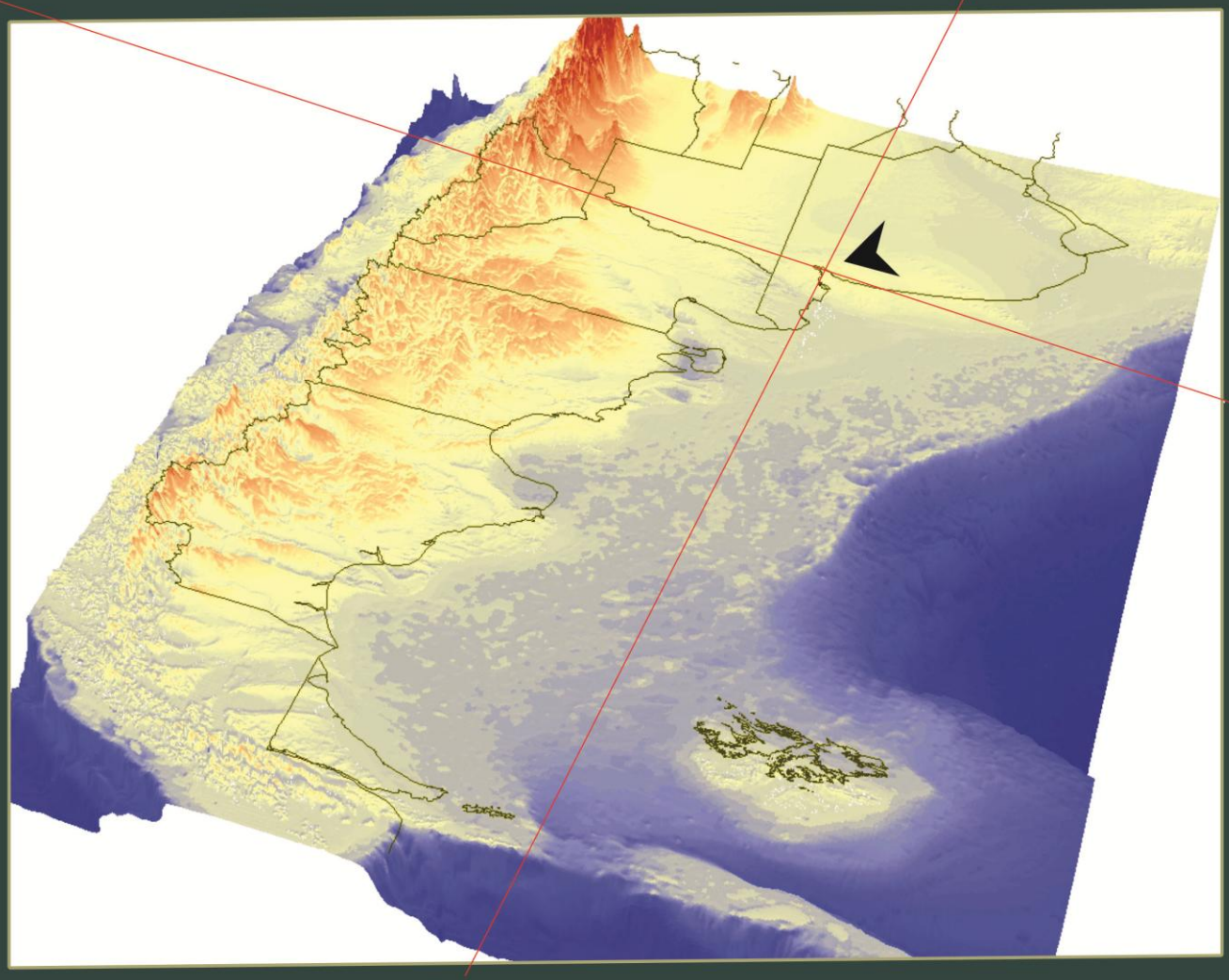
GEOTECNOLOGÍAS DEL SUR ARGENTINO. Casos de estudio



DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA Y TURISMO
UNS

2014

Título
GEOTECNOLOGÍAS DEL SUR ARGENTINO. Casos de estudio

Compiladores
Julio A. Uboldi
Guillermo R. Angeles
Jorge O. Gentili
Alejandra M. Geraldi
Walter D. Melo
M. Elizabeth Carbone

Comité Evaluador
Beatriz Aldalur (Depto. de Ingeniería, UNS, Bahía Blanca)
Luis Bertani (Depto. de Geografía, UNCOMA, Neuquén)
Gustavo Buzai (Depto. de Ciencias Sociales, UNLu, Luján)
Claudio Delrieux (Depto. de Ing. Eléctrica y de Computadoras, UNS, Bahía Blanca)
Hector Del Valle (CENPAT-CONICET, Puerto Madryn)
Maria Celia Garcia Larramendi (Fac. de Ciencias Humanas, UNCPBA, Tandil)
Cristina Massera (Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales, UNPSJB, Comodoro Rivadavia)
Elizabeth Mazzoni (Laboratorio de Teledetección y SIG, UNPA, Río Gallegos)
Raúl Rivas (Instituto de Hidrología de Llanuras, UNCPBA-CIC, Tandil)
Gabriela Rozas Dennis (Depto. de Biología, Bioquímica y Farmacia, UNS, Bahía Blanca)

Esta publicación contiene trabajos de investigación seleccionados en el marco de las
2das Jornadas de las Tecnologías de Información Geográfica del Sur Argentino
Departamento de Geografía y Turismo - Universidad Nacional del Sur
Bahía Blanca - 6,7 y 8 de agosto de 2014.

ISBN 978-987-1648-38-2
ISSN 2362-5406

Diseño de tapa
Walter D. Melo

Fuente tapa de libro: Modelo de elevación digital de terreno NOAA (www.ngdc.noaa.gov)

Geotecnologías del Sur Argentino. Casos de estudio

compilado por Julio Uboldi ... [et. al.]. - 1a ed. - Bahía Blanca : Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo (TIG). , 2014.
496 p. : il. ; 24x18 cm.

ISBN 978-987-1648-38-2

1. Investigación Científica. I. Geraldi, Alejandra Mabel II. Uboldi, Julio, comp.
CDD 507

Fecha de catalogación: 15/08/2014

ISBN 978-987-1648-38-2

ÍNDICE

SECCIÓN 1. DINÁMICAS EN EL ESPACIO RURAL

Análisis de los cambios socio-productivos en el espacio rural del Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires) *Guillermo R. Angeles - Mario F. Marini*…… 2
Evolución del área regada con pivot central en la provincia de Córdoba en el periodo 1995-2014 *Néstor J. Barrionuevo - María Victoria Feler* …… 19
Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno *C.C. Zajac - E.E. Zajac - J. Galantini - A. G. Vallejos* …… 32

SECCIÓN 2. TURISMO, HISTORIA, ARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO

Cartografía de la Patagonia Rebelde (1921) *Walter D. Melo*…… 45
El SIG como herramienta de recuperación de datos históricos: La Ruta de Llampilanguen (1804) *Walter D. Melo - Juan F. Jiménez - Sebastián L. Alioto*…… 63
El potencial turístico de la localidad de General Conesa en el marco del corredor Playas y Valles de la Patagonia argentina *Brenda Rodríguez - M. Elizabeth Carbone - Guillermo R. Ángeles*…… 73

SECCIÓN 3. SALUD Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina *María B. Ramos - Alicia M. Campo …* 84

SECCIÓN 4. TEMÁTICAS EDUCATIVAS

La fotogrametría en la elaboración de un Modelo Digital del Terreno *Lucía Brockerhof - Claudia Pizzichini - Beatriz Aldalur*…… 102
Cartografía, Sensores Remotos y SIG como asignatura de grado *Julián De Vito - Andrea Pamela Flores - Marcela Rivarola y Benítez*…… 109
Los SIG y las imágenes satelitales como herramientas aplicadas a la enseñanza de la geografía secundaria *Daila G. Pombo - Ma. Celeste Martínez Uncal*…… 123

SECCIÓN 5. DESARROLLOS METODOLÓGICOS MEDIANTE TIG'S

Sistema de Información Geográfica aplicado al arbolado urbano en Bahía Blanca *Daniel Angelillo - Solange Lemarchand - Beatriz Aldalur*…… 140
Modelado del coeficiente de retrodispersión en Banda X para girasol *M. Soledad Mieza - Walter R. Cravero…* 148
Aplicación de técnicas de textura en la clasificación de un sector urbano de la ciudad de Bahía Blanca mediante una imagen SPOT *Mariana S. Santamaría - Beatriz Aldalur*…… 157
Aplicación de geocodificación en SIG en un sector del Barrio Parque Patagonia *Andrea M. Silva - Claudia Sereno* …… 166
Delimitación de red de drenajes sobre la base de datos SRTM-90 y de cartas topográficas *Paula Zapperi - Beatriz Aldalur - Alicia M. Campo*…… 181

SECCIÓN 6. URBANISMO, PLANIFICACIÓN Y CATASTRO

Calidad de Servicio en Redes Eléctricas, su evaluación con herramientas *Carlos A. Agüero*..... 190
La Topología como base para el Análisis de Redes Eléctricas *Carlos A. Agüero - Juan A. Suarez - Daniel O. Anaut - Guillermo Di Mauro*…… 201
Análisis espacial del riesgo tecnológico. El uso de agroquímicos en el Partido de Luján. (Provincia de Buenos Aires) 2014 *Nicolás Caloni*…… 211

Expansión del área petrolera: impactos, cambios y transformaciones geográficas en el sudoeste de La Pampa – Argentina *Beatriz Dillon - Daila G. Pombo - Ma. Celeste Martínez Uncal - Carolina Diharce - Danilo Leone Escuredo - Leandro Palazzo*…… 219
Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema De Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades *Ana María de Aduriz - Cecilia Bergallo - Pablo Pessolano - Yanina Paglioni - Marisa Primicia - Karina Neuman - Ariel Bongiovanni* …… 237
¿Amenaza o impacto urbano y turístico? Los incendios en zonas serranas de la periferia urbana de Tandil (Pcia. de Buenos Aires, Argentina) *María Celia García*…… 247
Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity *Santiago Linares - Mariana del Fresno - Martín Meliendrez - Sebastián Milía*…… 262
Red GPS para la georreferenciación de límites dominiales registrados en el SITeBB (Sistema de Información Territorial Bahía Blanca)- Sector NO *Karina Neuman - Ariel Bongiovanni - Ana María de Aduriz - Cecilia Bergallo - Pablo Pessolano - Yanina Paglioni - Marisa Primicia*…… 280
Rupturas y continuidades en el transporte público de pasajeros en Santa Rosa La Pampa *Leandro Palazzo - Enzo Monteiro*…… 289
Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa *Daila G. Pombo - Ma. Celeste Martínez Uncal - Carolina Diharce*…… 303
Intervencion urbanistica estatal Barrio Ramon Carrillo – Santiago Del Estero *Guillermo L. Sanmarco - José M. Sanmarco - Leopoldo J. Arce*…… 319
Impacto de las políticas públicas en el ordenamiento del tránsito en áreas testigo de la ciudad de Bahía Blanca *Pablo A. Vazano - Federico G. Barragán - Julieta S. Laucirica*…… 340

SECCIÓN 7. PROCESOS FÍSICO-AMBIENTALES

Aplicación de TIG para el Estudio de la Dinámica Espacial de la Laguna la Picasa y el Dique Paso de las Piedras *Vanina S. Aliaga - Federico Ferrelli - María Cintia Piccolo - Vanesa Y. Bohn - Gerardo M.E. Perillo*…… 361
Aplicación de Sistemas de Información Geográfica al análisis de eventos climáticos extremos en la Región Semiárida Pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina) *Andrea S. Brendel - Vanesa Y. Bohn - María Cintia Piccolo* …… 372
Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste *Daniel Martín Cano - Edgardo Navarro*…… 384
TIG´s como Herramientas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos *Olga Cifuentes - Marcio Bonzini*…… 397
Diseño e implementación de una base de datos geográficos para el análisis de registros de radiación global de Bahía Blanca y Punta Alta *María Eugenia Fernández - Jorge O. Gentili - Alicia M. Campo*…… 414
Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro) *Sibila A. Genchi - Alejandro J. Vitale - M. Elizabeth Carbone - Gerardo M. E. Perillo - María Cintia Piccolo*…… 423
Análisis de la vulnerabilidad asociada a eventos de avenidas. Caso: Villa serrana La Gruta, provincia de Buenos Aires *Alejandra Geraldi - María Paula Michalijos - Stella Maris Visciarelli*…… 437
Huella Hídrica y calidad de agua para consumo en la localidad de Chasicó y sectores rurales adyacentes *Julieta S. Laucirica - Guillermo R. Ángeles - Alejandra Geraldi - Ricardo Stoessel*…… 450
Aplicación de herramientas de teledetección satelital y SIG para caracterizar a los humedales costeros de Bahía Blanca *María Julia Piovan - Paula Pratolongo - Georgina Zapperi - Gerardo M.E. Perillo*…… 463
Índices morfométricos aplicados al análisis de crecidas. Arroyo de la Ventana, Argentina *Andrea S. Scavone - Jorge O. Gentili - Verónica Gil*…… 478
Modificación del curso de los ríos en la cuenca del Senguer período 1994-2013 *Facundo Scordo - María Cintia Piccolo - Gerardo M. E. Perillo*…… 487



SECCIÓN 1.
DINÁMICAS EN EL ESPACIO RURAL

Ángeles, G. R. y Marini, M. F. 2014. Análisis de los cambios socio-productivos en el espacio rural del Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 1. pp. 2-18. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Análisis de los cambios socio-productivos en el espacio rural del Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires)

Guillermo Raúl Angeles [*]
Mario Fabián Marini [**]

Resumen

En este trabajo se analizan los cambios socio-productivos en el espacio rural del Partido de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina) a partir de un estudio multiemporal basado en datos procedentes de imágenes satelitales Landsat 5 y 7. Se consideraron dos campañas agrícolas (2004/05 y 2012/13) en donde se discriminaron distintos usos del suelo de acuerdo a cada ciclo fenológico identificado en base a la evolución del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (NDVI). Las clases obtenidas se cotejaron con las verdades de campo mediante una Matriz de Confusión. Posteriormente, se relacionó el producto de las imágenes satelitales para cada campaña agrícola con los registros de precipitación media. Los datos resultantes fueron relacionados con el mapa rural del año 2010 con el objetivo de analizar la situación existente en el medio rural y proponer acciones que propicien una sustentabilidad agropecuaria. Los resultados exhiben una marcada expansión de las tierras no laboreadas que se incrementaron del 59,4 % en el período 2004/05 al 70 % en la campaña 2012/13. Dicho incremento afecta principalmente a los pequeños y medianos productores (entre 100 y 500 has.), lo que evidencia un alejamiento de las actividades agrícolas por parte de los mismos. Esto se hace notorio considerando que las precipitaciones fueron más abundantes y mejor distribuidas durante el ciclo agrícola 2012/13 que en el 2004/05.

Palabras claves: Cambios socio-productivos, Medio rural, Usos del suelo.

Abstract

In this work, socioproductive changes in the rural area of the Bahía Blanca department (Buenos Aires, Argentina) were analysed. Several Landsat 5 and 7 satellite images were selected in order to make a multitemporal study. Selected scenes represented several phenological stages for each crop during the 2004/ 2005 and 2012/13 periods. The Normalized Difference Vegetation Index - NDVI - was obtained for each satellite scene. According to the NDVI evolution, different types of land use were established. A confusion matrix was used to evaluate the accuracy of the classification. After this, an interrelationship between the resulting from the image classification and the maps of mean rainfall (Thiessen Polygon Method) were developed. Finally, land use maps were overlapped whit Cadastre 2010 in order to analyse the rural area socio-economic situation and propose a sustainable agriculture strategy. The result show that the non-cultivated area increased from 59.4 % (2004/05 period) to 70 % (2012/13 period). Due to this small and medium-sized farmers (100-500 hectares) shift away from agriculture. This is particularly evident because precipitation during the 2012/13 period was more consistent than 2004/05.

Key Words: Socioproductive changes, rural area, land use.

[*] Docente-Investigador, Departamento de Geografía y Turismo - UNS. guillermo.angeles@uns.edu.ar
[**] Agencia de Extensión Rural Bahía Blanca - EEA INTA Bordenave. fmarini1@yahoo.com.ar

Ángeles, G. R. y Marini, M. F. 2014. Análisis de los cambios socio-productivos en el espacio rural del Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 1. pp. 2-18. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Las condiciones agroecológicas de la República Argentina permiten la producción de una gran variedad de cultivos que, desarrollados en sistemas agrícolas bajo riego o en secano, alcanzan altos rendimientos y posicionan al país como uno de los mayores productores de alimentos a nivel mundial. En este contexto, la región pampeana lidera el crecimiento agrícola y al mismo tiempo motoriza el desarrollo socioeconómico nacional, basado en un modelo agroexportador. Sin embargo, si en el contexto nacional consideramos las áreas marginales de la región pampeana y las regiones extrapampeanas es posible evidenciar las falencias de un modelo que, basado en políticas macroeconómicas inadecuadas, la tecnificación del agro y la expansión de las fronteras agrícolas a partir de la intensificación del uso del suelo para la producción de soja, ha derivado en un marcado retroceso en materia de desarrollo rural sustentable.

En el sudoeste bonaerense las condiciones climáticas y edáficas constituyen factores limitantes del potencial productivo regional. Caracterizado por un clima sub-húmedo seco y semiárido con aptitud para desarrollar actividades mixtas (ganadero-agrícola o agrícola-ganadera), la región presenta fuertes limitaciones para implementar un modelo de producción agrotecnológico tendiente a desarrollar una "agriculturización" intensiva basada en el cultivo de soja. En consecuencia, desde el punto de vista ecológico, la zona puede considerarse como marginal dentro de la región pampeana. Esta situación ha motivado que el SO bonaerense conforme una de las áreas productivas donde más han repercutido los efectos negativos de las políticas y procesos de desarrollo agropecuario que se han implementado en las últimas tres décadas. En este sentido, cabe mencionar que tales efectos impactan con mayor fuerza en los pequeños y medianos productores desencadenando procesos de desertificación social con deslocación económica y degradación ambiental tal como lo han mencionado diversos especialistas (Sili, 2000; Shroeder y Formiga, 2011; Loewy y Campaña, 2013 y Loewy et al 2013). Además, tal situación de deterioro en materia de desarrollo rural ha propiciado, desde la esfera política regional, la formulación de un Proyecto de Desarrollo del SO Bonaerense (enmarcado en la Ley N° 13647) cuyo objetivo es atender los desequilibrios generados en dicho territorio.

De acuerdo a diversos autores (Albaladejo, 2004; Sili, 2005; Loewy, 2007; Gudynas, 2009) el punto de partida para revertir esta situación debe centrarse en la implementación de modelos de desarrollo rural sostenibles sobre la base de las propias realidades e idiosincrasias de cada región productiva incentivando la aplicación de buenas prácticas agronómicas y promoviendo un desarrollo rural local basado en el concepto de multifuncionalidad agrícola. En consecuencia, es requisito conocer cómo funciona el sistema socioproductivo, quienes son sus actores y contar con información geográfica útil para generar herramientas de diagnóstico y de apoyo a la toma de decisión en materia de planificación territorial. Por esta razón, la construcción de un inventario de datos espaciales junto al reconocimiento y clasificación de los usos del suelo, adquiere especial significación para la planificación agrícola y socioeconómica del territorio. Para ello, la posibilidad de integrar datos derivados de técnicas de teledetección con aplicaciones de análisis basadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) se presenta como una metodología adecuada para obtener resultados de suma utilidad.

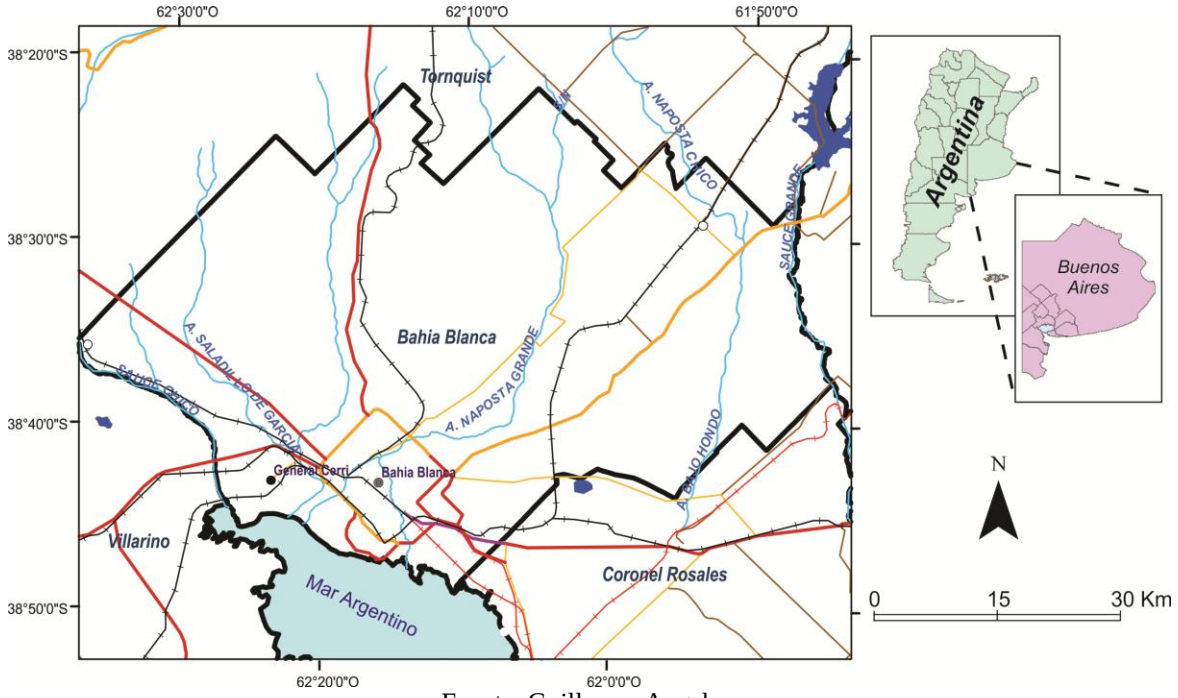
Por lo expuesto, en el presente trabajo se desarrolla un estudio multitemporal para determinar los usos del suelo en el Partido de Bahía Blanca (SO bonaerense) con el fin de alcanzar los siguientes objetivos: a) Analizar la dinámica de las tierras cultivadas considerando las campañas agrícolas 2004/05 y 2012/13 y b) Generar información temática, derivada del análisis espacial realizado con un SIG, que sirva como base para definir nuevas alternativas productivas en el ámbito rural.

Ángeles, G. R. y Marini, M. F. 2014. Análisis de los cambios socio-productivos en el espacio rural del Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 1. pp. 2-18. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Características del área de estudio

El Partido de Bahía Blanca se localiza en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (Figura 1) y cuenta con una superficie de 230.000 has y tiene una población de 301.572 habitantes (INDEC, 2010). Es importante destacar que, si bien el 70,5 % de su superficie (unas 162.276 has) corresponde a predios rurales sólo un 3,5% de la población vive en el medio rural. En contraste, el 96,3% de la población del Partido reside en la ciudad de Bahía Blanca.

Figura 1.
Localización del área de estudio.



Fuente: Guillermo Angeles.

Desde el punto de vista físico, se compone de dos unidades geomorfológicas homogéneas que presentan características edáficas y de relieve bien diferenciadas que además, inciden sobre los sistemas productivos (Gargano *et al.*, 1992). La primera de estas unidades consta de planicies bien drenadas, con una capa de tosca de entre 60 y 100 cm de profundidad y un horizonte superficial de 25 cm con textura franca a franco-arenosa. Los suelos dominantes corresponden al orden de los molisoles y entisoles y si bien abarcan un 62% de la superficie agropecuaria del Partido son suelos de poca fertilidad, bajos en niveles de materia orgánica y con limitantes importantes en cuanto a su profundidad, con amplios sectores con tosca aflorando en superficie que impiden el normal desarrollo de los cultivos. Estos suelos, en épocas de sequía, son susceptibles a erosión eólica a partir de su baja capacidad de retención de humedad (INTA, 1990). La segunda unidad geomorfológica se conforma de valles fluviales, formados por laderas y terrazas aluviales. Las laderas son arenosas con presencia de tosca a profundidades variables (entre 50 y 150 cm), mientras que las terrazas aluviales se componen de suelos de textura fina con fuertes limitaciones de drenaje y salinización.

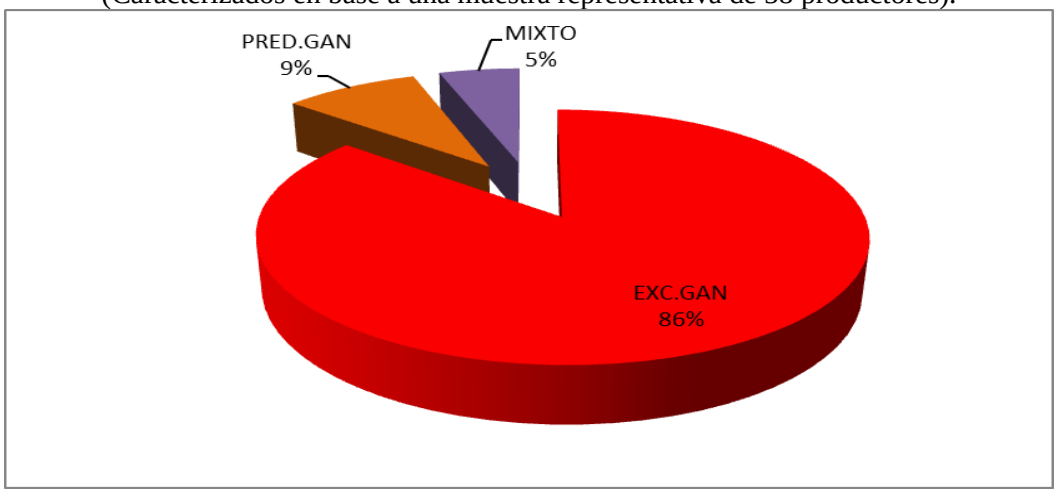
Por su situación relativa, el clima puede caracterizarse como una transición entre la categoría templado-húmedo y la de templado semiárido. La precipitación media es de 637,7 mm (período 1956-2010) con una distribución estacional que muestra un leve predominio de las lluvias de verano (203,2 mm - 31,9%) respecto a las registradas en otoño (172,5 mm - 27,1%) y en primavera (174,4 mm - 27,4%). En tanto, el 13,6% restante (86,9 mm) corresponde a la lluvia precipitada en invierno (Marinissen *et al.*, 2010).

Considerando los registros de precipitación anual del decenio 2001-2010, cabe destacar que la primera mitad del mismo fue más beneficiosa para el agro ya que contuvo registros por encima de los 800 mm con un máximo de 911 mm en 2004. En contraste, la segunda mitad presentó valores mínimos extremos de 349 y 475 mm en 2008 y 2009 respectivamente, que reflejaron un período de sequía que impactó significativamente en los sistemas agropecuarios provocando el fracaso de las cosechas de trigo y una considerable mortandad de hacienda (Saldungaray *et al.*, 2012).

En relación con los registros térmicos, considerando un período de 100 años (1900-2000) la temperatura media anual es de 15,3° C oscilando entre 23,4° C y 7,9° C según se consideré el periodo estival o invernal. En consecuencia, la amplitud térmica media anual es de 15,5° C. En tanto, el período libre de heladas es de aproximadamente 200 días siendo el 28 de abril la fecha media de ocurrencia de la primera helada con una variación de 23 días, mientras que la última helada tiene fecha media de ocurrencia el 8 de octubre, con una variación de 37 días (Aduriz y Saldungaray, 2007).

Desde el punto de vista productivo, el Partido de Bahía Blanca se emplaza en un sector marginal de la región pampeana conformando, junto a otros 21 partidos, el sudoeste bonaerense. Las condiciones agroecológicas del sector definen una aptitud para desarrollar actividades de ganadería extensiva y cultivos invernales. En este contexto, en la zona norte del Partido predominan los establecimientos con desarrollo de actividades agropecuarias mientras que el sector sur está asociado a la ganadería extensiva. Considerando una muestra representativa de 58 productores, se puede establecer que el 85% de la superficie rural se asocia con la cría extensiva de ganado bovino y el 15% restante con actividades mixtas (Figura 2).

Figura 2.
Sistemas productivos dominantes en el Partido de Bahía Blanca - Año 2013
(Caracterizados en base a una muestra representativa de 58 productores).



Fuente: Guillermo Angeles.

En relación con la producción ganadera cabe destacar que entre los años 2002 y 2010 como consecuencia del corrimiento de la actividad hacia áreas marginales y, fundamentalmente, por los efectos de la sequía del período 2008/2009 se redujo aproximadamente un 43% el stock ganadero (Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, 2012). Finalmente, de acuerdo con los datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2013), la producción agrícola muestra una fuerte reducción de las áreas cultivadas con trigo (cultivo emblemático de la región) y un aumento sostenido de las superficies sembradas con cebada y avena (Tabla 1). Ambas situaciones (reducción del stock ganadero y de la producción triguera) se reflejan en el medio rural, donde la población se redujo 60,2% entre 1991 y 2001 (Álamo y Luque, 2011) y el número de establecimientos agropecuarios (EAPs) disminuyó un 32% pasando de 348 en 1988 a 236 en 2010 (INDEC, Censo Nacional Agropecuario 2010).

Tabla I.

Superficie sembrada durante las campañas agrícolas 2004/05 y 2012/13.

Superficie Sembrada en Has.		
Cultivo	***Campaña 2004/2005***	***Campaña 2012/2013***
Trigo	57500	6634
Cebada	2000	9490
Avena	9000	16000

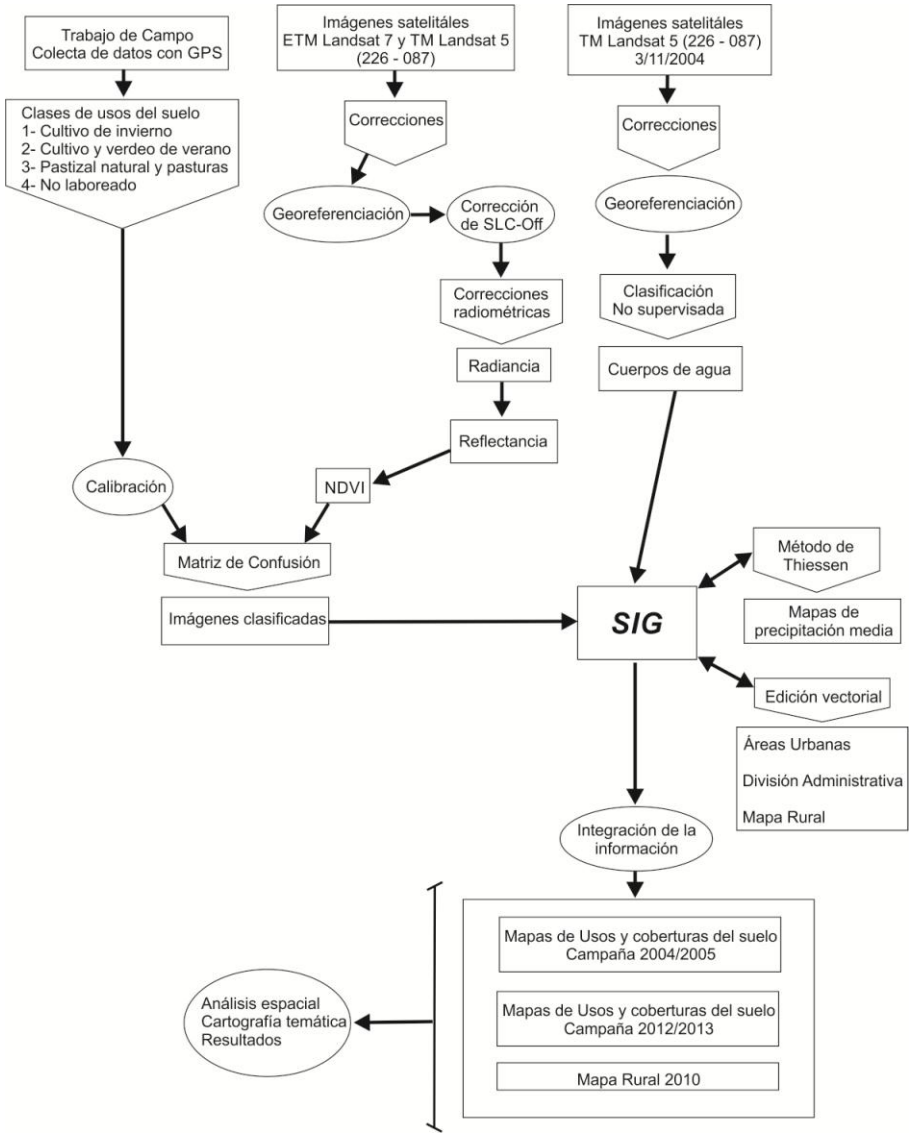
Fuente: Sistema Integrado de Información Agropecuaria – MinAgri.

Materiales y métodos

La figura 3, representa un esquema metodológico de las etapas implementadas para lograr los objetivos del trabajo.

En una primera etapa se definieron transectas con el objeto de relevar el área de estudio para identificar “in situ” los diferentes usos del suelo y, utilizando un GPS Garmin Vista HCx, determinar las coordenadas de los usos observados a nivel de predio. Los trabajos de campo se realizaron los días 6 y 26 de diciembre de 2012, lo que permitió diferenciar entre los cultivos de invierno que se encontraban próximos a cosecharse o bien ya se habían cosechado y los cultivos de verano que contrariamente a los anteriores estaban en su primera etapa de crecimiento. La información colectada fue almacenada en una base de datos que se diseñó considerando cuatro categorías de usos del suelo identificadas: a) Cultivos de invierno, b) cultivos y verdeos de verano, c) pasturas implantadas y pastizales naturales y d) no laboreado. Esta última categoría incluye tanto a lotes que no han sido trabajados en los últimos diez años (“campo natural”) como a aquellas parcelas con rastrojos de campañas anteriores, las de campos con médanos vegetados, etc.

Figura 3.
Esquema metodológico general.



Fuente: Guillermo Angeles.

En una segunda etapa, se aplicaron diversas técnicas de procesamiento de imágenes satelitales con el fin de clasificar los usos y coberturas del suelo para los dos períodos considerados (2004/2005 y 2012/2013). Se utilizaron imágenes TM Landsat 5 y ETM Landsat 7 (escenas 226-087) con fechas de adquisición comprendidas entre los meses de julio y febrero de modo tal que permitan identificar cultivos en diferentes etapas de sus ciclos fenológicos. Las imágenes satelitales fueron obtenidas desde el servidor Glovis administrado por la NASA y el USGS (United States Geological Survey) de los Estados Unidos. En la etapa de preprocesamiento, dichas imágenes fueron georeferenciadas aplicando el método del vecino más próximo y adoptando como sistema de referencia el WGS1984 con Datum POSGAR 98 y el sistema de proyección Gauss Krüger en Faja 4. Para el caso de las imágenes Landsat 7, fue necesario además, implementar una secuencia de seis filtrados sucesivos

utilizando filtros adaptativos con el objeto de subsanar el efecto de "bandeado" derivado del mal funcionamiento del SLC (Scan Line Corrector off) del sensor ETM+ que genera líneas con datos inválidos (Gaps).

Una vez efectuados los procesos descriptos anteriormente, se realizaron las correcciones radiométricas necesarias para convertir los valores digitales (ND) a radiancia mediante la aplicación de algoritmos desarrollados, en el año 2000, por el Laboratorio de Espectrometría del USGS. Posteriormente, los valores de radiancia fueron transformados a reflectancia aparente con el objetivo de expresar los resultados en valores referidos a parámetros físicos. Esta operación es requisito para poder comparar imágenes con diferentes fechas de adquisición y obtenidas bajo condiciones climáticas diversas (Chuvieco, 1996).

Finalmente, se procedió a calcular sobre cada imagen considerada el Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (Normalized Difference Vegetation Index –NDVI) cuyos valores se obtienen a partir de la diferencia normalizada entre las bandas espectrales correspondientes al rojo (R) e infrarrojo cercano (NIR) y oscilan entre 1 (vegetación muy densa) y 0 (ausencia total de vegetación) (Rouse et al., 1974). Los datos derivados de las imágenes NDVI permitieron identificar diferentes categorías de usos del suelo a partir de la evolución de dicho índice a lo largo del ciclo fenológico de cada cultivo o, en el caso de las áreas sin laboreo, del lote. Una vez efectuado el análisis de las imágenes NDVI, se aplicó el método de clasificación basado en el árbol de decisión que permite discriminar cada clase a partir de una serie de pasos sucesivos en función de los diferentes comportamientos espectrales. Una vez efectuadas las clasificaciones para cada período considerado (campañas 2004/05 y 2012/13) se generaron sendas matrices de confusión obteniéndose, los diferentes indicadores estadísticos de validación de las clasificaciones (precisión global y coeficiente Kappa).

Como procesos complementarios, fue necesario enmascarar manualmente las áreas urbanas así como generar una capa con los cuerpos de agua. Dicha capa temática se generó a partir de la clasificación no supervisada de una imagen TM Landsat 5 sobre la cual se aplicó el algoritmo de clasificación ISODATA – datos auto asociados iterativamente - propuesto por Duda y Hart (1973). La imagen seleccionada corresponde al 3 de noviembre de 2004 y coincide con los máximos hidrológicos para los períodos estudiados.

En una última etapa los datos resultantes de las imágenes clasificadas fueron exportados al SIG ARCView10.0® donde se procedió a integrar toda las información con los mapas de precipitaciones medias de cada campaña agrícola considerada obtenidos a partir del método de Thiessen con el mapa rural de 2010. Este último fue previamente georeferenciado, digitalizado y corregido para posibilitar el análisis final, elaborar cartografía temática y generar resultados.

Resultados y discusión

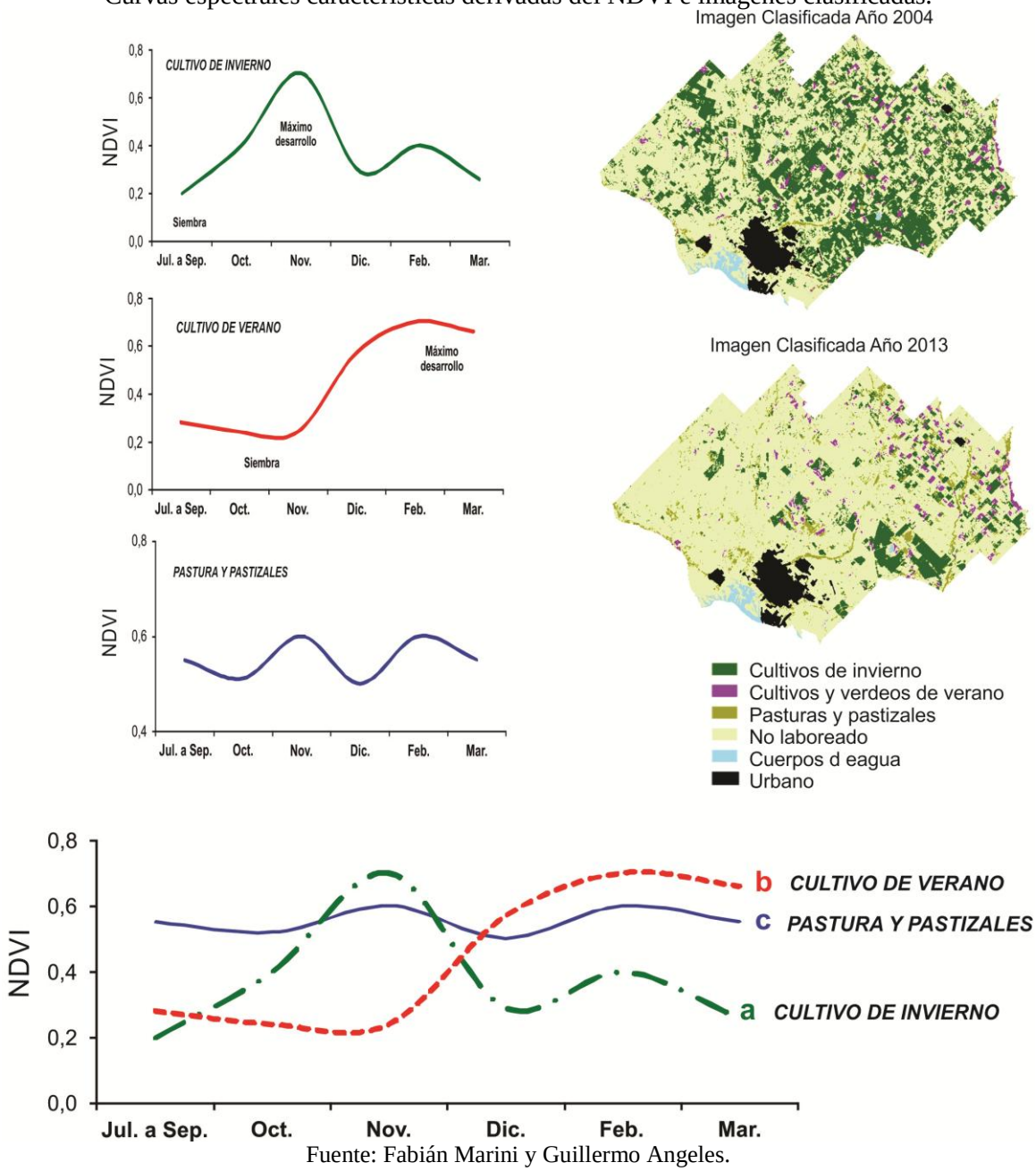
Las imágenes derivadas de aplicar el NDVI para analizar la evolución de los cultivos en diferentes etapas de sus ciclos fenológicos permitieron identificar patrones característicos de cultivos de invierno, cultivos de verano, pasturas implantadas y pastizales naturales y lotes no laboreados (Figura 4). Como se puede observar, para el caso de los cultivos de invierno, luego del período de siembra (entre abril y mayo) los lotes se encuentran laboreados y en consecuencia, los valores de NDVI son bajos. Durante la etapa de floración y maduración, los cultivos exhiben valores de NDVI en torno a 0,7. A fines de diciembre, los registros de este parámetro descienden notablemente producto de la cosecha que deja como material remanente el rastrojo. Para el caso de los cultivos y

verdeos estivales, las fechas de siembra se corresponden con la primavera, mientras que la etapa de floración y maduración se producen durante el verano. Por su parte, los pastizales naturales y las pasturas implantadas no muestran una curva fenológica definida sino que presentan valores de NDVI que oscilan en función del manejo del pastoreo.

La Figura 4 también muestra las imágenes clasificadas para cada campaña agrícola presentando la distribución de las cuatro clases discriminadas por ciclo fenológico, además de las dos enmascaradas manual y automáticamente (áreas urbanas y cuerpos de agua). Comparando ambas imágenes es notoria la disminución de la superficie cultivada sobre todo si se tienen en cuenta tanto los registros como la distribución de las lluvias a lo largo de las dos campañas agrícolas analizadas. Las figuras 5 y 6 muestran la distribución de las precipitaciones y la cantidad de lluvia precipitada durante las campañas 2004/2005 y 2012/2013. En las figuras mencionadas se puede apreciar que los registros pluviométricos en las 5 estaciones meteorológicas consideradas, fueron más abundantes y mejor distribuidos durante el ciclo agrícola 2012/2013, con una media anual de 588 mm. En tanto, el ciclo agrícola 2004/2005 recibió una precipitación media de 522 mm, pero con una distribución muy dispar, con registros medios de 261 mm en el sector Norte y Noroeste del partido y de 751 mm en el sector Este.

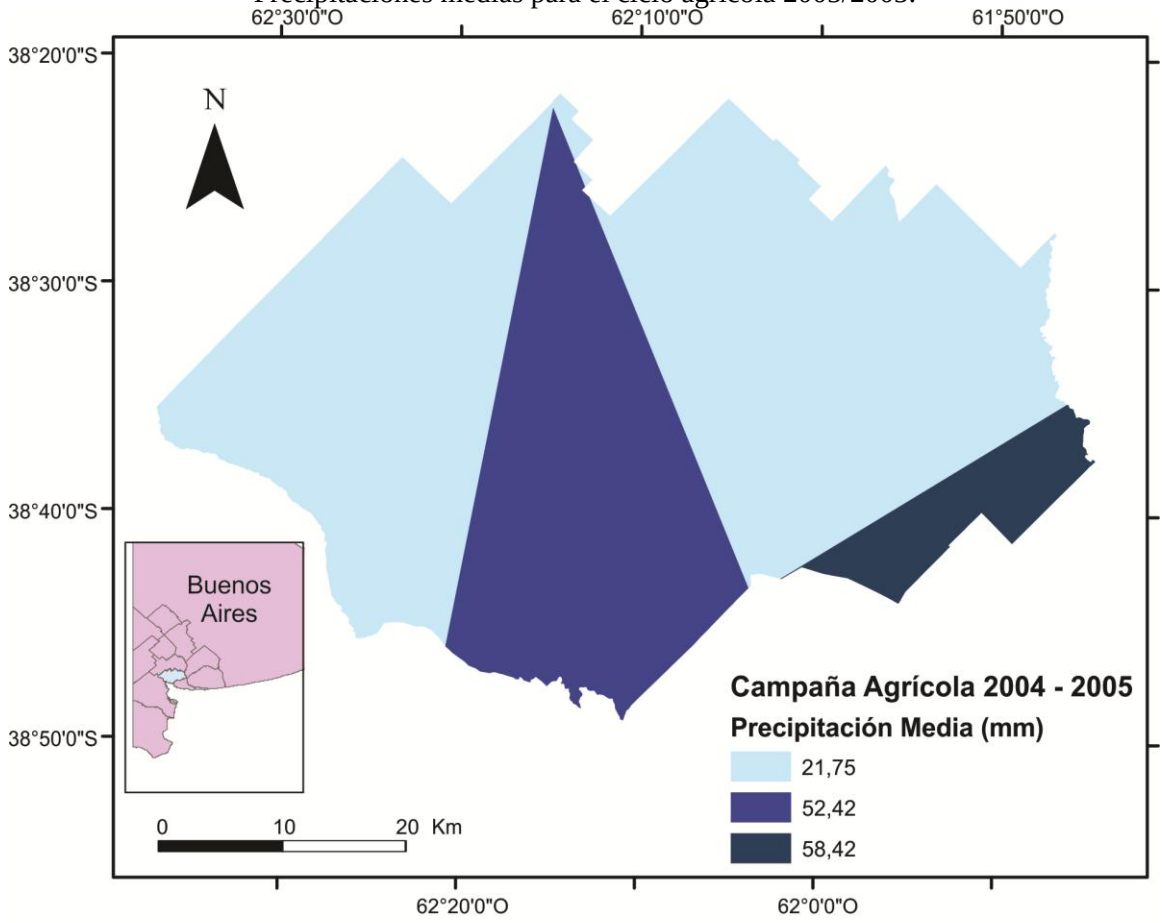
Figura 4.

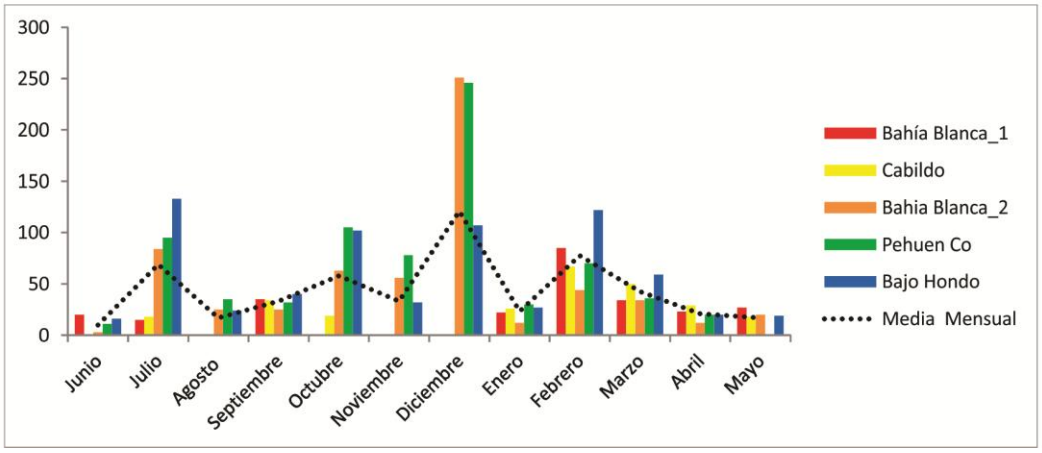
Curvas espectrales características derivadas del NDVI e imágenes clasificadas.



Fuente: Fabián Marini y Guillermo Angeles.

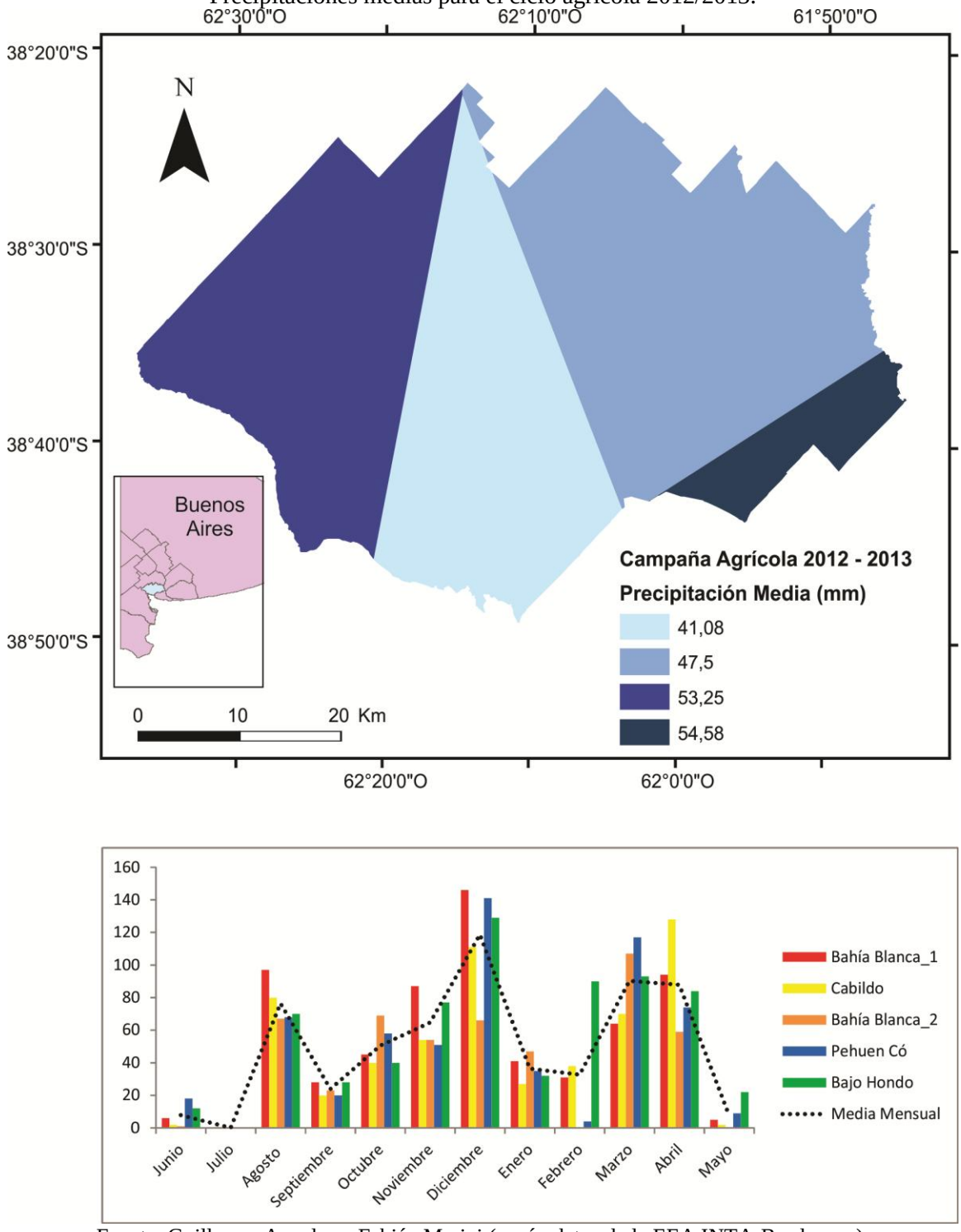
Figura 5.
Precipitaciones medias para el ciclo agrícola 2005/2005.





Fuente: Guillermo Angeles y Fabián Marini (según datos de la EEA INTA-Bordenave).

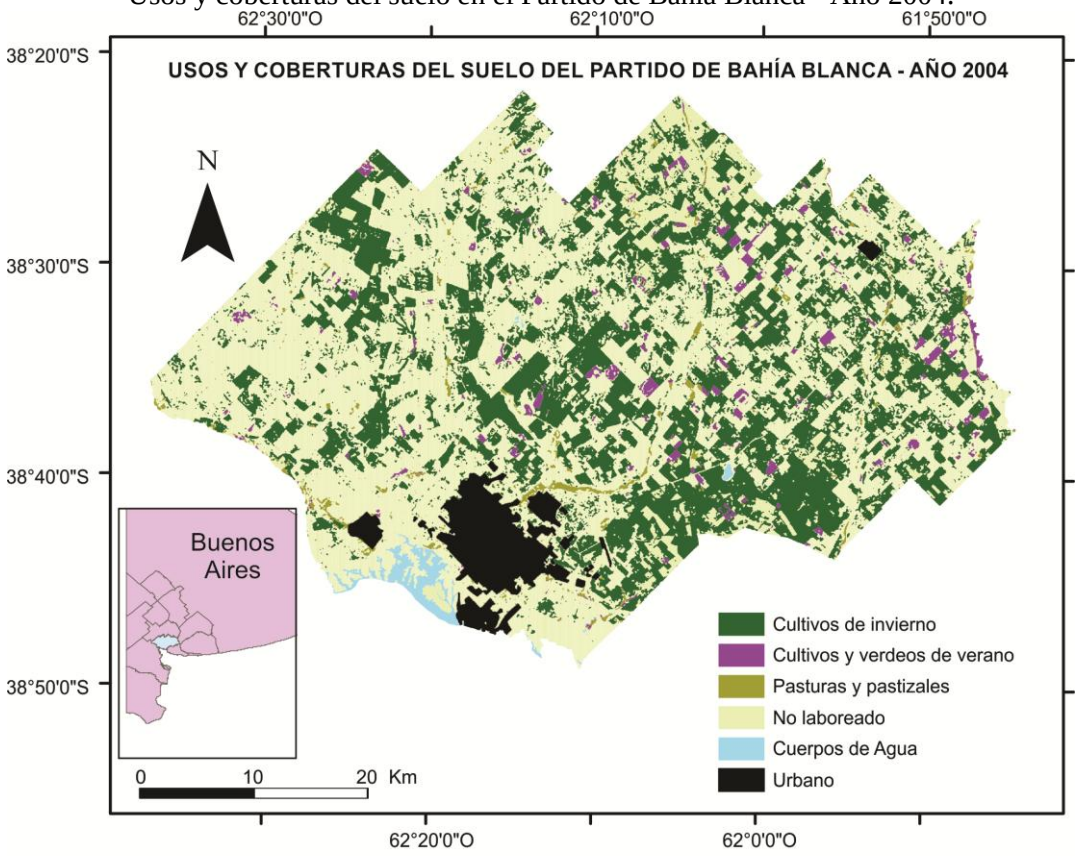
Figura 6.
Precipitaciones medias para el ciclo agrícola 2012/2013.



Fuente: Guillermo Angeles y Fabián Marini (según datos de la EEA INTA-Bordenave).

Esta situación de retroceso de la superficie sembrada se pudo corroborar además con datos oficiales difundidos por el Ministerio de Asuntos Agrarios que muestran un marcado retroceso de la superficie sembrada con trigo y un avance de las áreas sembradas con avena y cebada (Tabla 1). La clasificación de uso del suelo permitió calcular la superficie en hectáreas correspondiente a cada clase identificada tanto para el año 2005 como para el 2013 (Figuras 7 y 8) donde puede apreciarse el incremento de la superficie no laboreada que de ocupar el 59,4 % del área estudiada en 2005 paso a ocupar el 70% en 2013. Esta situación exhibe la merma en términos de producción de materias primas y también el retroceso del sector rural que se traduce en despoblamiento, abandono de las infraestructuras productivas, envejecimiento de las maquinarias agrícolas, deterioro de la red de caminos y cierre de escuelas rurales.

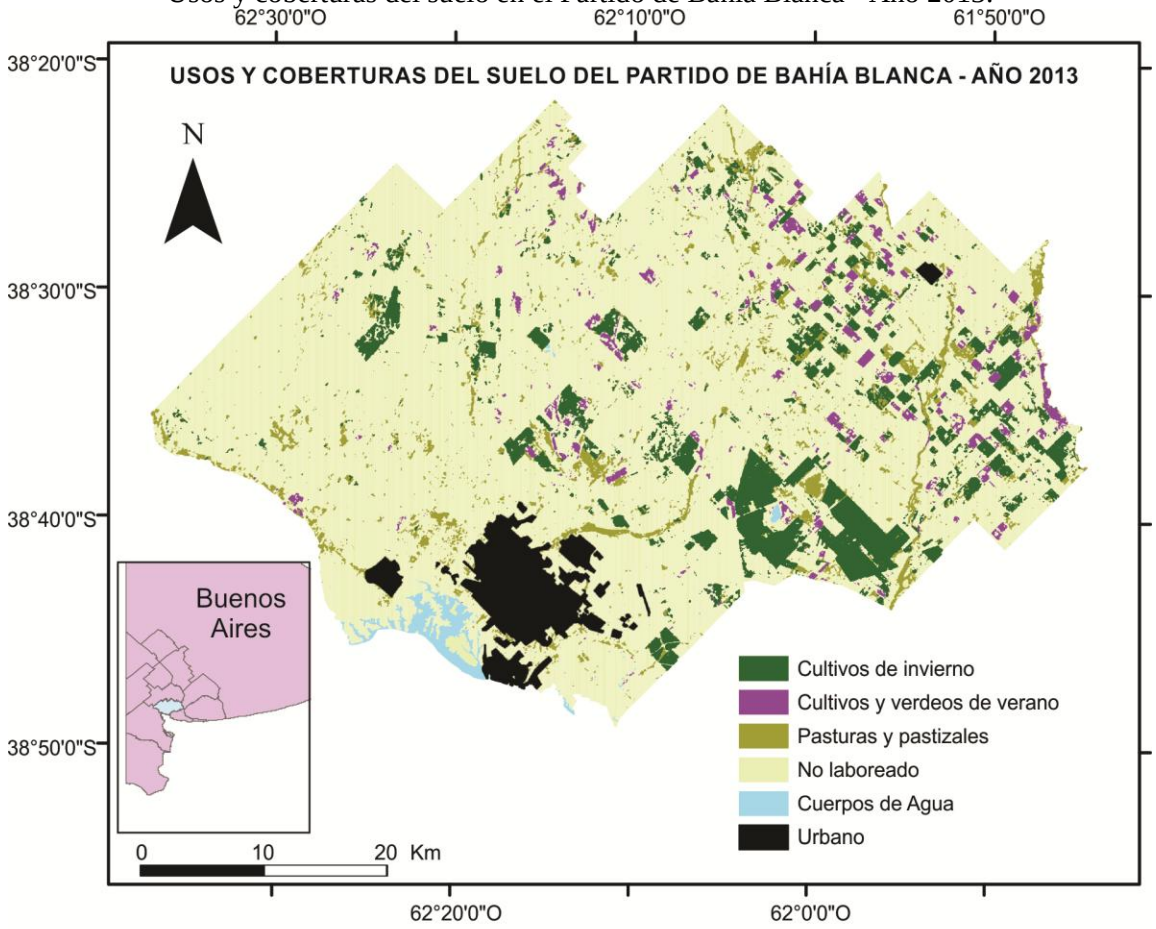
Figura 7.
Usos y coberturas del suelo en el Partido de Bahía Blanca - Año 2004.



Bahía Blanca		
Usos y cobturas 2004		
Categorias	Has.	% del Total
No Laboreado	136516,6	59,4
Cultivos de invierno	74421,6	32,3
Cultivos y verdeos de verano	4559,7	2
Pasturas y pastizales	2949	1,3
Agua	2228,6	1
Urbano	9324,5	4

Fuente: Guillermo Angeles y Fabián Marini .

Figura 8.
Usos y coberturas del suelo en el Partido de Bahía Blanca - Año 2013.

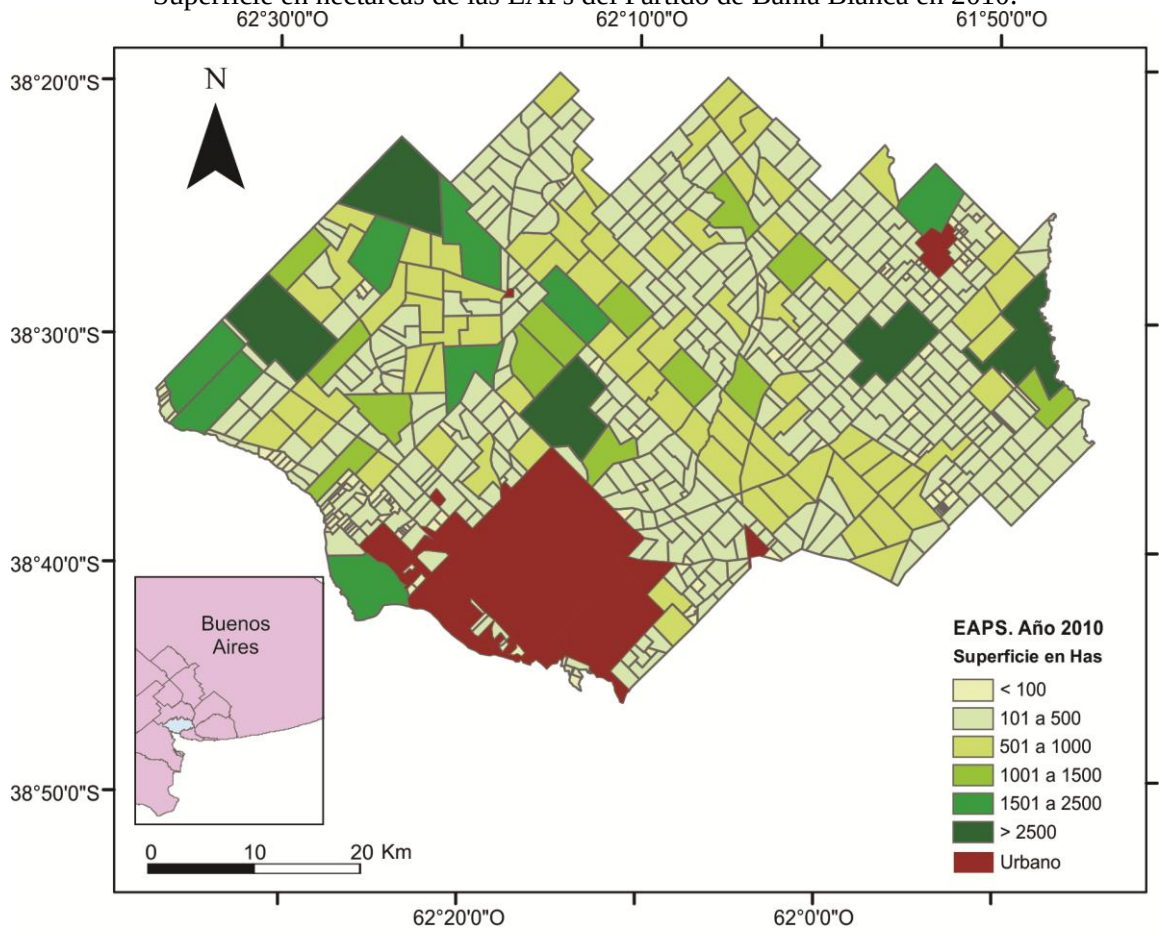


Bahía Blanca		
Usos y cobturas 2013		
Categorias	Has.	% del Total
No Laboreado	161012,1	70
Cultivos de invierno	39708	17,3
Cultivos y verdeos de verano	5658	2,5
Pasturas y pastizales	12059	5,2
Agua	2234,4	1
Urbano	9328,5	4

Fuente: Guillermo Angeles y Fabián Marini.

En lo que respecta a las características de los establecimientos rurales en relación con su extensión, del análisis del mapa rural 2010 (Figura 9) surge que un 60% de los establecimientos se incluyen en el estrato correspondiente a la clase 2 (101 a 500 Has). Esta situación, evidencia que los perjuicios derivados del deterioro del medio rural afectan directamente a los pequeños y medianos productores.

Figura 9.
Superficie en hectáreas de las EAPs del Partido de Bahía Blanca en 2010.



Partido de Bahía Blanca		
EAPS Año 2010 - Estratos	Cantidad	% del Total
< 100 Has	135	21,9
101 a 500 Has	372	60,3
501 a 1000 Has	81	13,1
1001 a 1500 Has	14	2,3
1501 a 2500 Has	8	1,3
> 2500 Has	5	0,8
Total de Parcelas	617	

Fuente: Guillermo Angeles y Fabián Marini
(en base a información del Mapa Rural - 2010).

Conclusiones

Desde el aspecto metodológico, la utilización de diferentes geotecnologías permitió establecer los usos del suelo en el partido para las campañas agrícolas 2004/2005 y 2012/2013. En este sentido, el estudio de la evolución del NDVI resultó efectivo para caracterizar los diferentes cultivos y generar

una valiosa base de información cartográfica. Asimismo, la integración de la información en un SIG posibilitó la comparación entre ambos períodos y el análisis de los cambios socio-productivos ocurridos.

Desde el punto vista socio-territorial, se pudo evidenciar como la combinación entre los factores climáticos y los desatinos en materia de políticas de gestión agropecuaria impactan sobre el medio rural y afectaron fundamentalmente a los pequeños y medianos productores. Un reflejo de esta situación es el retroceso de la superficie sembrada. Esto se vio reflejado en los resultados de la imagen clasificada para la campaña agrícola 2012/2013, donde un 70% del área de estudio quedó catalogado dentro de la categoría "No Laboreado".

Bibliografía

ADURIZ, Miguel A. y SALDUNGARAY, María C. "*La evolución del sector agropecuario del Partido de Bahía Blanca*". Revista AgroUNS. Bahía Blanca: Dpto. de Agronomía, UNS, 2007, Vol. 4, N° 8, pp. 9-12.

ÁLAMO, Matías y LUQUE, Natalia. Procesos socioespaciales en el sudoeste bonaerense y su incidencia en el espacio rural. Los casos de Bahía Blanca y Coronel Rosales a fines del siglo XX. En: Actas VII Jornadas Patagónicas de Geografía, UNPSJB, Comodoro Rivadavia, Argentina, 2011.

ALBALADEJO, Christophe. "*Innovaciones discretas y reterritorialización de la actividad agropecuaria en Argentina, Brasil y Francia*". En: UNS, INRA-SAD, Meditations, IRD/UR y Dynamiques Rurales (Eds.). Desarrollo local y nuevas ruralidades. Bahía Blanca: UNS-INRA, 2004, pp. 369-412.

INDEC. Censo Nacional Agropecuario Año 2010. [En línea]. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010, http://www.indec.mecon.ar [5 de octubre de 2013].

CHUVIECO SALINERO, Emilio. *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Rialp, 1996.

DUDA, R.O., y HART, P.E. *Pattern classification and scene analysis*. New York: John Wiley and Sons, 1973.

GARGANO, A.; ADURIZ, M. y SALDUNGARAY, M.C. *Tipificación y análisis de los sistemas agropecuarios predominantes del Partido de Bahía Blanca y elaboración de modelos mejorados*. Bahía Blanca: UNS-MBB, 1992.

GUDYNAS, Eduardo. "*Desarrollo sostenible: Una guía básica de conceptos y tendencias hacía otra economía"*. Revista Otra Economía [En línea]. São Leopoldo: Unisinos, Primer Semestre 2009, Vol. IV, n° 6, http://www.riless.org/otraeconomia/gudynas6.pdf [25 de marzo de 2014].

INDEC, 2010. Censo Nacional de Población y Viviendas 2010. Resultados definitivos de la Provincia de Buenos Aires. [En línea]. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010, http://www.ec.gba.gov.ar [12 de marzo de 2014].

Ángeles, G. R. y Marini, M. F. 2014. Análisis de los cambios socio-productivos en el espacio rural del Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 1. pp. 2-18. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

INDEC, 2010. Censo Nacional Agropecuario Año 2010. Disponible en línea en: http://www.indec.mecon.ar (consultado el 5 de mayo de 2014).

INTA – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. "Atlas de Suelos de la República Argentina". Buenos Aires: INTA, 1990, Tomo I.

LOEWY, Tomás. "*Indicadores sociales de las unidades productivas para el desarrollo rural en Argentina"*. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica. México D.F.: CIEco, UNAM, 2007, Vol. 9, pp.75-85.

LOEWY, T. y CAMPAÑA, H. Ruralidad del sudoeste bonaerense en el contexto provincial y nacional. En: Actas VI Jornadas Argentino Uruguayas de Economía Ecológica – ASAUEE, Salta, Argentina, 2013.

LOEWY, T.; ÁLAMO, M.; MILANO, F. y CAMPAÑA, H. Otra ruralidad: metas para un Proyecto Territorial del Sudoeste Bonaerense. En: Actas VIII Jornadas interdisciplinarias de estudios agrarios y agroindustriales (CIEA), Buenos Aires, 2013.

MARINISSEN, A.; LAURIC, M.A. y COMA, C. Partido de Bahía Blanca. Caracterización del estado productivo actual. [En línea]. Bordenave: INTA, EEA Bordenave, 2010, http://inta.gob.ar/documentos/partido-de-bahia-blanca.-caracterizacion-del-estado-productivo-actual.-julio-2010/ [16 de abril de 2013].

MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Inmediata reacción de la provincia frente a la sequía. InfoAgrarios [En línea]. La Plata: MAA, Año 3, N°6, marzo 2012, http://www.maa.gba.gov.ar/2010/prensa/Periodico/marzo_2012.pdf [12 de noviembre de 2013].

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA DE LA NACIÓN. Sistema integrado de información agropecuaria. [En línea] Buenos Aires: MINAGRI, 2013, http://www.siia.gov.ar [21 de abril de 2014].

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H. et al. *"Monitoring the vernal advancemet of retrogradation of natural vegetation: Final Report"*. Oreenbello, MD.: NASA/OSFC., 1974.

SALDUNGARAY, M.C.; ADURIZ, M. y CONTI, V. *"Caracterización del sector agropecuario de los Partidos de Bahía Blanca y Coronel Rosales"*, Bahía Blanca: Dto. de Agronomía, UNS, 2012.

SHROEDER, ROMINA y FORMIGA, Nidia. "*Oportunidades para el desarrollo local: El caso del Sudoeste Bonaerense (Argentina)"*. Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Dto. de Geografía, 2011, vol. 20, n° 2, julio-diciembre, pp. 91-109.

SILI, Marcelo. *"La Argentina Rural. De la crisis de la modernización agraria a la construcción de un nuevo paradigma de desarrollo de los territorios rurales"*. Buenos Aires: INTA, 2005.

SILI, Marcelo. *"Los espacios de la crisis rural. Geografía de una Pampa olvidada"*. Bahía Blanca: EdiUNS, 2000.

Ángeles, G. R. y Marini, M. F. 2014. Análisis de los cambios socio-productivos en el espacio rural del Partido de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 1. pp. 2-18. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

USGS - United States Geological Survey. *"Multi Resolution Land Characteristics 2000 Image Preprocessing Procedure"*. Washington: USA Department of Interior, 2000.

Barrionuevo, N. J. y Feler, M. V. 2014. Evolución del área regada por pivote central en la provincia de cordoba en el periodo 1994-2014. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 2. pp. 19-31. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Evolución del área regada por pivote central en la provincia de Córdoba en el periodo 1994-2014

Néstor José Barrionuevo [*]
María Victoria Feler [**]

Resumen

Las áreas regadas mediante el sistema de pivote central se incrementaron en forma sostenida en la provincia de Córdoba a partir de la década de los noventa. El objetivo de este trabajo consistió en realizar un análisis espacio temporal de los círculos de riego por pivote central como sistema de riego suplementario correspondientes a cultivos extensivos en la provincia de Córdoba en el período 1994-2014. Para tal fin se utilizaron imágenes provenientes del sensor Thematic Mapper del satélite Landsat 5, Extended Thematic Mapper del satélite Landsat 7 y Operational Land Imager del Landsat 8. Como metodología se realizó una clasificación visual de imágenes satelitales y se generaron capas de información en formato vectorial en un sistema de información geográfica para cada año analizado. Las imágenes utilizadas fueron obtenidas en forma gratuita del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de la República Federativa de Brasil. Como resultado preliminar del análisis, se registró una preponderancia en la presencia de círculos de riego a partir de 1994 en la zona central de la provincia, específicamente en los departamentos de Juárez Celman, Río Primero, Río Segundo y Tercero Arriba. Asimismo, se observó la incorporación de círculos de riego en los departamentos de Marcos Juárez, San Alberto y San Javier en menor proporción.

Palabras claves: Riego; círculo de riego; teledetección; sistema de información geográfica

Abstract

The areas irrigated by center pivot system increased steadily in the province of Córdoba from the nineties. The aim of this study was to conduct an analysis of spatiotemporal circles as center pivot irrigation system corresponding supplementary irrigation to field crops in the province of Cordoba in the period 1995-2014.For this purpose the sensor images from Landsat Thematic Mapper 5, Extended Thematic Mapper on Landsat 7 and Operational Land Imager used Landsat 8. As a visual methodology satellite image classification was performed and data layers were generated in vector format on a geographic information system for each year analyzed. The images used were obtained free of charge from the U.S. Geological Survey and the National Institute for Space Research of the Federative Republic of Brazil. As a preliminary result of the analysis, a preponderance in the presence of irrigation circles since 1994 in the central area of the province, specifically in the departments of Juarez Celman, Río Primero, Río Segundo y Tercero Arriba Second was recorded. Also, the incorporation of irrigation circles was observed in the departments of Marcos Juárez, San Alberto and San Javier in smaller proportions.

Keywords: Irrigation; irrigation circle; remote sensing; geographic information system

* Técnico SIG y Teledetección, Instituto de Clima y Agua - INTA Castelar.
barrionuevo.nestor@inta.gob.ar
** Profesional investigador, Instituto de Clima y Agua - INTA Castelar. feler.maria@inta.gob.ar

Barrionuevo, N. J. y Feler, M.V. 2014. Evolución del área regada por pivote central en la provincia de cordoba en el periodo 1994-2014. En *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 2. pp. 19-31. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Tanto la actividad económica como el desarrollo en muchas regiones del mundo se ve limitada por la disponibilidad de agua (Arnell, *et al.;* 2001). Por lo tanto, resulta imprescindible propiciar y establecer políticas que avalen un manejo sustentable de este recurso en todos los niveles. Una de las áreas donde el agua juega un rol importante es en los cultivos de riego.

La escasez de agua dulce y la competencia entre los usuarios está aumentando en un mayor número de países (FAO; 2002) La producción agropecuaria es la de mayor demanda de agua dulce a nivel mundial y en este esquema el riego en sus diferentes tipos de obtención juegan un papel relevante en la utilización y obtención del recurso agua. Esto contribuye a incrementar la relación entre los rendimientos de los cultivos y el agua utilizada en la agricultura de secano (FAO; 2002).

Actualmente los mayores esfuerzos se dirigen a la agricultura bajo riego, que depende principalmente del agua superficial de los ríos o del agua subterránea de los acuíferos. Para sostener este incremento tanto en la producción, como en la superficie de los cultivos, muchos países en desarrollo dependen del riego (FAO; 2002).

En la República Argentina, en su último Censo Nacional Agropecuario (CNA) del año 2002 se detalla que habría 1.355.596 hectáreas regadas. Muchas jurisdicciones en el país contienen pequeñas áreas bajo riego, en tanto que otras pocas dan cuenta de grandes superficies.

En este informe también realizó un ranking de las provincias que superan el promedio según el tamaño del área regada (58.939 hectáreas / Provincia). Estos datos son útiles para crear un indicador que contribuya a generar políticas de ordenamiento provincial. El orden es el siguiente: 1º Mendoza, 2º Buenos Aires, 3º Salta, 4º Córdoba, 5º Jujuy, 6º San Juan, 7º Río Negro, 8º Entre Ríos, 9º Tucumán, y 10º Catamarca. El resto de las provincias no superaron el tamaño menor a dicho promedio.

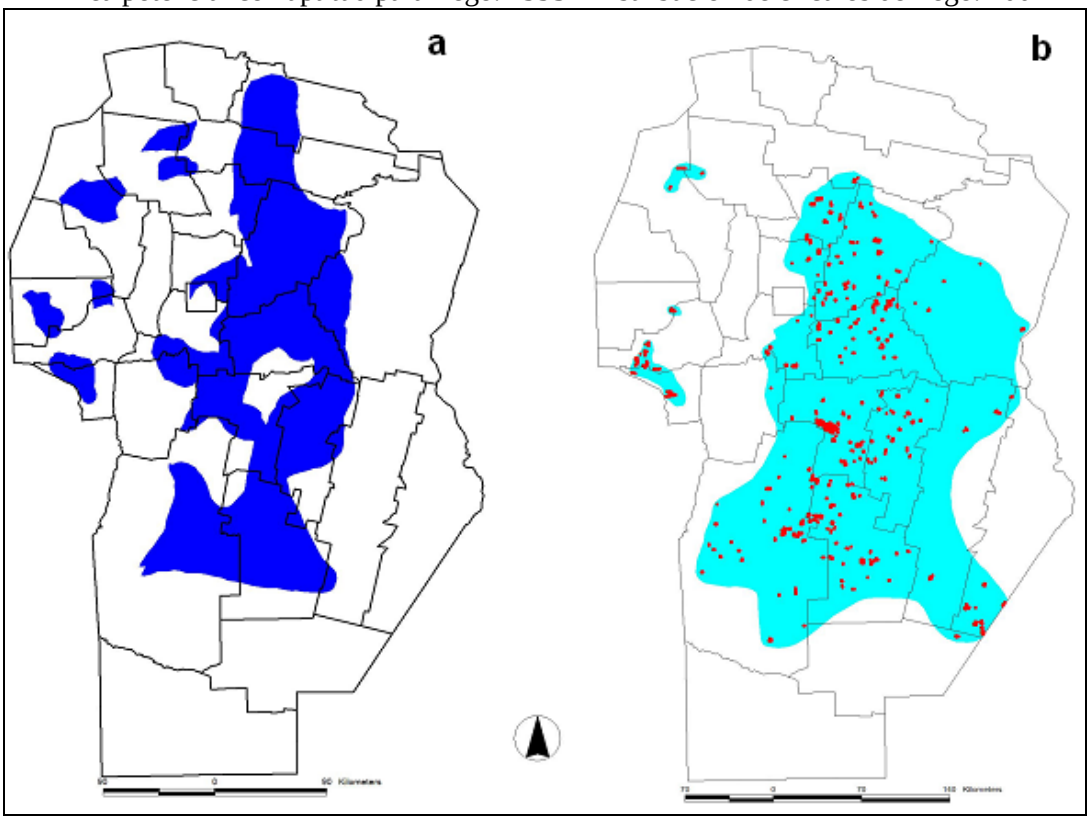
El aumento del área regada con el consecuente consumo de agua, podrían provocar en un futuro la profundización de los niveles freáticos o piezométricos, la disminución de la reservas de agua subterránea y el deterioro de la calidad de la misma por variaciones en la concentración de sales y/o contaminantes. De esta manera, surge la importancia de representar las áreas regadas por medio del sistema de pivote central, utilizando un sistema de información geográfico (SIG) que permita tener conocimiento tanto de la superficie en un tiempo determinado como de la evolución de la misma a través de los años. Se entiende por "área regada" a los terrenos que se están regando en un momento determinado del año (Montesinos *et al*.; 2007).

El Grupo de Suelos de INTA Manfredi junto con la Secretaría de Agricultura y Recursos Renovables de la provincia de Córdoba (1995) estimaron una superficie posible de regar de aproximadamente 1.500.000 hectáreas, consistentes en la combinación de suelos aptos para riego y agua de calidad (Figura 1 a). Posteriormente, el área de agronomía de la E.E.A. INTA Manfredi actualizó el relevamiento, donde mediante una cartografía temática se pudo observar la distribución de los círculos de riego hasta el año 2004 para toda la provincia de Córdoba (Martellotto, et al.; 2005) (Figura 1 b).

Barrionuevo, N. J. y Feler, M.V. 2014. Evolución del área regada por pivote central en la provincia de cordoba en el periodo 1994-2014. En *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 2. pp. 19-31. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 1 a Área potencial con aptitud para riego. 1995

Figura 1 b Distribución de círculos de riego. 2004



Fuente: Elaboración propia a partir de Martellotto *et al*., 2005.

Es importante mencionar que el trabajo citado en la Figura 1, fue realizado para los años 2000, 2003 y 2004. Por lo tanto, la finalidad de este estudio fue ampliar a 19 la cantidad años relevados para los cultivos de verano, comprendiendo el periodo 1994-2014.

En la provincia de Córdoba, las áreas irrigadas en cultivos extensivos mediante el sistema de pivote central se incrementaron en forma sostenida a partir de la década del noventa. Este aumento se vio favorecido tanto por la estacionalidad de las precipitaciones (que se producen durante los meses fríos) y durante la época estival se registran sequías, como por el auge en la importación de tecnología de riego en el sector agropecuario. Asimismo, se destaca que la implementación de este sistema conlleva a un notable desarrollo socio-económico (Martellotto, *et al*.; 2005).

A raíz de lo planteado anteriormente, los objetivos de este trabajo fueron realizar un análisis espacio temporal de la evolución del área regada mediante el sistema de pivote central para el período 1994-2014 y generar información geoespacial de base para futuros estudios y toma de decisiones en la provincia de Córdoba.

Materiales y métodos

El área de estudio se centró en la provincia de Córdoba (Argentina), que comprende una superficie total de 165.321 km2, se encuentra ubicada entre los paralelos 29º30´ y 35º de latitud sur y entre los meridianos 61º 47' y 65º46´ de longitud oeste. Esta provincia contiene parte de las regiones Chaqueña, Espinal y Pampeana dentro de la clasificación biogeográfica (Cabrera y Willink; 1980). En lo que respecta a vegetación, presenta una predominancia de bosque xerófilo caducifolio, con un estrato herbáceo de gramíneas previo a las modificaciones sufridas por la

acción antrópica. Las imágenes fueron obtenidas en forma gratuita del sitio del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) de la República Federativa de Brasil.

La identificación de los círculos de riego se llevó a cabo mediante clasificación visual de imágenes satelitales provenientes del sensor Landsat 5 TM (Thematic Mapper) y Landsat 7 ETM+ (Extended Thematic Mapper Plus) y Landsat 8 OLI (Operational Land Imager). La resolución temporal es de 16 días en los tres sensores, la resolución radiométrica en Landsat TM 5 y ETM+ es de 8 bits pero en Landsat 8 OLI es de 16 bits. La superficie de cobertura es de 180 km por 180 km para los tres sensores. Las resoluciones espacial y espectral se observan en la tabla I.

Tabla I.
Características de los satélites Landsat 5, 7 y 8.

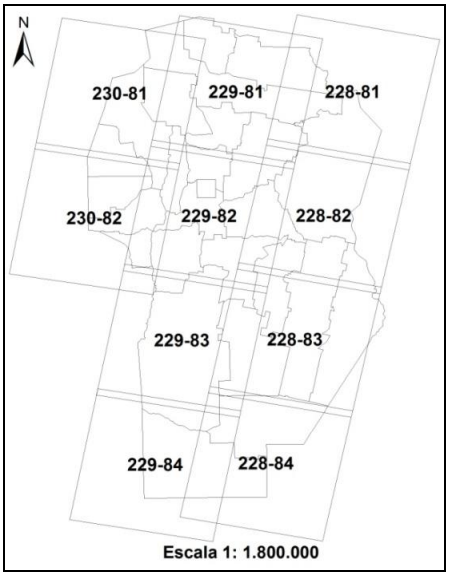
Sensor	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8	Banda 9	Banda 10	Banda 11
TM	0,45 0,52	0,53 0,60	0,63 0,69	0,76 0,90	1,55 1,75	10,4 12,5	2,08 2,35	-	-	-	-
ETM+	0,45 0,52	0,53 0,61	0,63 0,69	0,78 0,90	1,55 1,75	10,4 12,5	2,09 2,35	0,52 0,90	-	-	-
Región	Azul	Verde	Rojo	NIR	SWIR	TIR	SWIR	Pan			
OLI	0,435 0,451	0,452 0,512	0,533 0,590	0,636 0,673	0,851 0,879	1,566 1,651	2,107 2,294	0,503 0,676	1,363 1,384	10,60 11,19	11,5 12,51
Región	Aerosol	Azul	Verde	Rojo	NIR	SWIR	SWIR	Pan	Cirro	TIR	TIR

Fuente: Elaboración propia a partir de información del sitio oficial Landsat http://landsat.usgs.gov/

Para el estudio se utilizaron las imágenes de los path 228, 229 y 230 y los row 081, 082, 083 y 0 correspondientes a los satélites Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI sumando un total de 10 imágenes para cubrir la superficie de toda la provincia de Córdoba (Figura 2).

Figura 2.

Path-Row de los satélites Landsat.



Fuente: Elaboración propia.

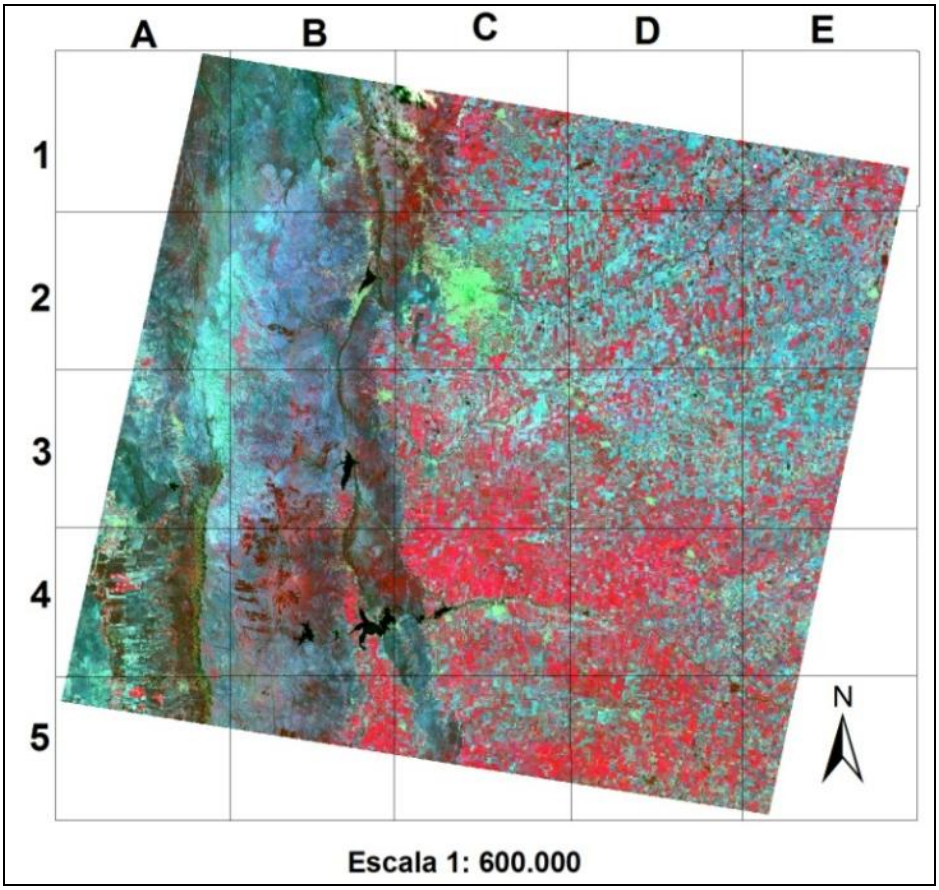
Las fechas de las imágenes que se emplearon para realizar la clasificación correspondieron a los meses de verano (enero, febrero y marzo), las cuales permitieron observar los cultivos en estados fenológicos de crecimiento activo y de esta manera facilitaron diferenciar los distintos usos del suelo. Para cubrir la superficie total de la provincia de Córdoba y el periodo comprendido entre los años 1994 y 2014, exceptuando el año 2012 por falta de imágenes de buena calidad, se procesaron 190 imágenes satelitales.

Procesamiento de imágenes

Posteriormente, las imágenes seleccionadas se sometieron a un proceso de importación y corrección geométrica a la proyección Universal Transverse Mercator (UTM) en zona 20 Sur y el Datum WGS 84. Se confeccionaron grillas de 5 x 5 superpuestas a cada imagen satelital (Figura 3) que contuvieran la superficie total de las mismas. Posteriormente, cada imagen fue barrida visualemente cuadro a cuadro para identificar los círculos de riego y generar las capas de información en formato vectorial. Se calculó la superficie correspondiente al área regada (hectáreas) representada por los círculos a nivel departamental y provincial.

Figura 3.

Diseño de grilla 5x5 de barrido de las imágenes por path row.



Fuente: Elaboración propia.

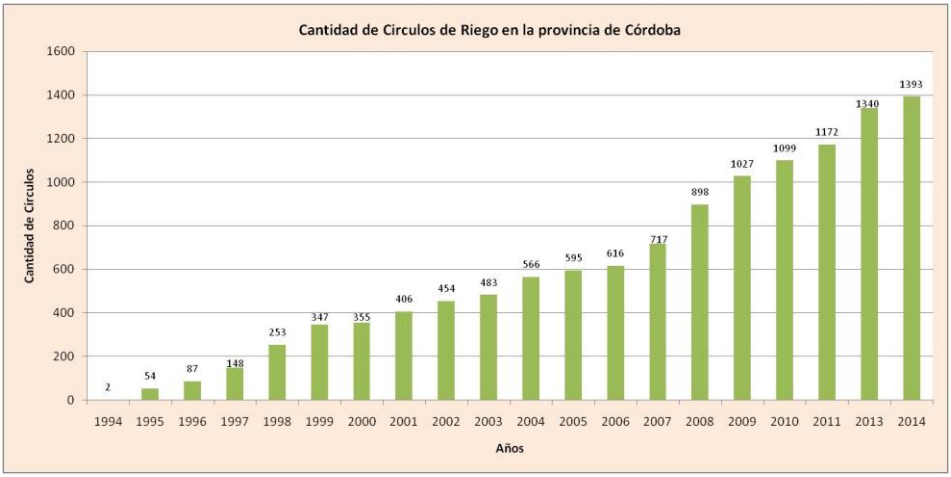
Resultados y discusión

A partir de la metodología expresada anteriormente, se lograron ubicar y cuantificar los círculos de riego en cada una de las imágenes. En la Figura IV se detalla el número total de círculos de riego para las 170 imágenes analizadas correspondientes a los años estudiados y su evolución a través del tiempo. Se observa un incremento sostenido en el número de círculos, fluctuando desde 2 círculos en el año 1994 a 1393 círculos en el año 2014.

Barrionuevo, N. J. y Feler, M.V. 2014. Evolución del área regada por pivote central en la provincia de cordoba en el periodo 1994-2014. En *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 2. pp. 19-31. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 4.

Evolución de la cantidad de círculos de riego en la provincia de Córdoba.

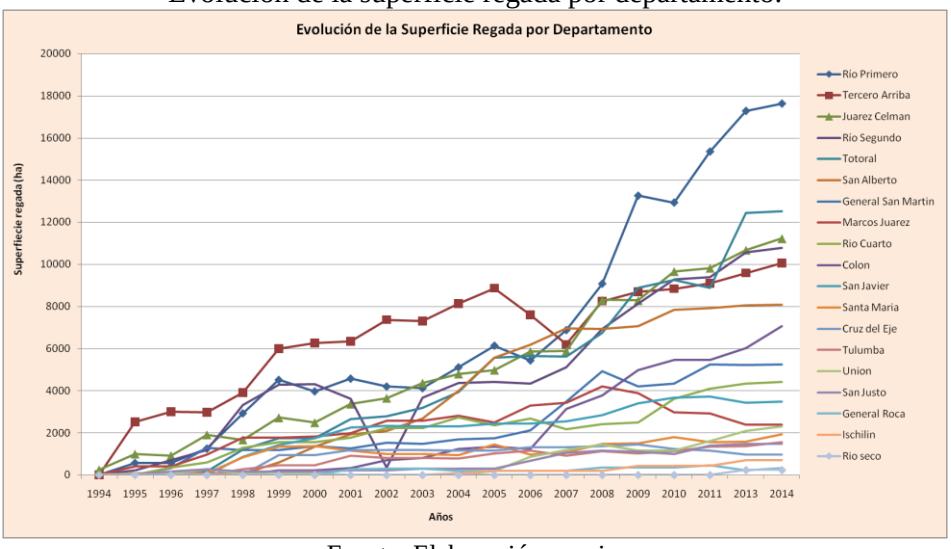


Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se calculó la superficie correspondiente a cada uno de los círculos, para cada departamento y para cada uno de los años de estudio, lo cual se representa en el gráfico de la Figura 5. Asimismo, fue posible analizar la tendencia de la superficie regada por departamento a través de los años. Es importante destacar el aumento sostenido de la superficie regada en los departamentos citados en el gráfico, destacándose la preponderancia del departamento Tercero Arriba hasta el año 2006, siendo luego superado ampliamente a partir del siguiente año por Río Primero.

Figura 5.

Evolución de la superficie regada por departamento.

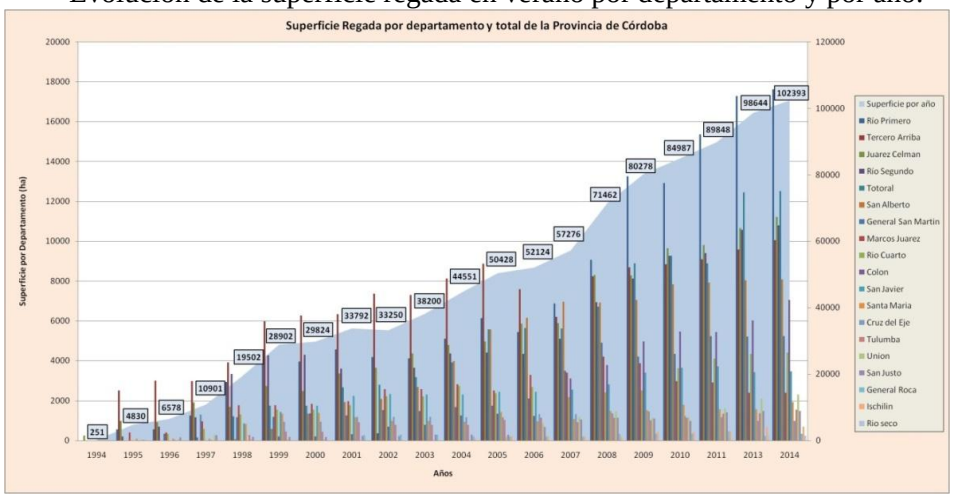


Fuente: Elaboración propia.

En respuesta al análisis espacio temporal, se observa la tendencia general y por departamento con que los productores fueron incorporando esta tecnología a lo largo del tiempo, pasando de

un solo departamento en 1994 a 18 en 2011, cubriendo una superficie regada total de 90112 hectáreas bajo el sistema de pivote central (Figura 6).

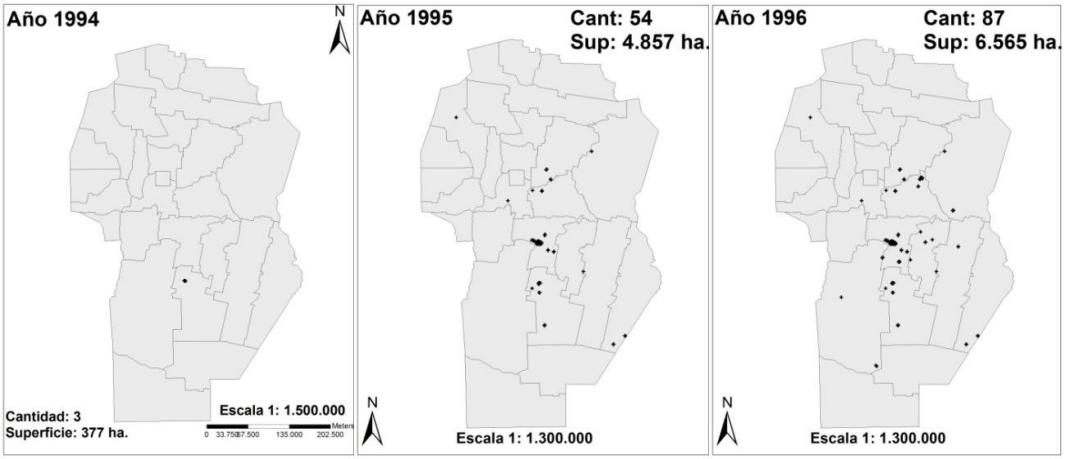
Figura 6.
Evolución de la superficie regada en verano por departamento y por año.



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se generó la cartografía temática de la distribución de círculos de riego para los años comprendidos en el período estudiado (Figura 7).

Figura 7.
Distribución de círculos de riego en la provincia de Córdoba. 1994-2014.



Barrionuevo, N. J. y Feler, M.V. 2014. Evolución del área regada por pivote central en la provincia de cordoba en el periodo 1994-2014. En *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 2. pp. 19-31. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.





Fuente: Elaboración propia.

En la cartografía temática se observa cómo evolucionó la cantidad de círculos de riego y su dirección de expansión, que dependió fundamentalmente de la disponibilidad de agua subterránea y de la presencia de suelos aptos para agricultura. La mayor concentración de círculos se observa en la región central de la provincia. En 1995 incorpora el uso de esta tecnología el departamento de Marcos Juárez, situado al sudeste de la provincia de Córdoba y tres años más tarde, los departamentos de San Alberto y San Javier, situados al centro oeste de

la provincia (zona de Traslasierra). La adopción de esta tecnología en los últimos departamentos mencionados fue más marcada, habiéndose relevado un total de 131 círculos de riego durante el año 2011, en contraposición con 41 círculos registrados en el departamento de Marcos Juárez para el mismo año.

Luego a partir de los centroides que se generaron a partir de los círculos de riego en el período de estudio, se procedió a realizar un estudio de densidad de círculos de riego mediante el estimador de densidad kernel de estos puntos obtenidos en toda la provincia de Córdoba. El método de estimadores focales (Moreno Jiménez; 1991) para el cálculo de densidades a partir de variables referidas espacialmente a entidades puntuales, incluye una serie de parámetros que pueden condicionar de manera importante los resultados obtenidos. Lo que hace singular a este estimador es que adopta un enfoque no paramétrico para la formulación de funciones de densidad, entonces no se imponen asunciones tan rígidas a los datos como sucede con un método paramétrico.

El método kernel en el análisis geoespacial (Cardoso, et al; 2010), se refiere a un método de modelado local, en forma similar a la técnica de densidad por matriz. Su aplicación en este trabajo permitió representar las variaciones en la distribución geográfica de los círculos de riego, definiendo los departamentos de la provincia donde hay concentración y dispersión que permitan identificar patrones en el comportamiento del riego suplementario. En el trabajo se tomaron los años 1995 (Figura VIII a), 2000 (Figura VIII b), 2005 (Figura VIII c) y 2014 (Figura VIII d) para observar la densidad de los círculos de riego a nivel provincial.

Figura 8 a
Densidad kernel del año 1995

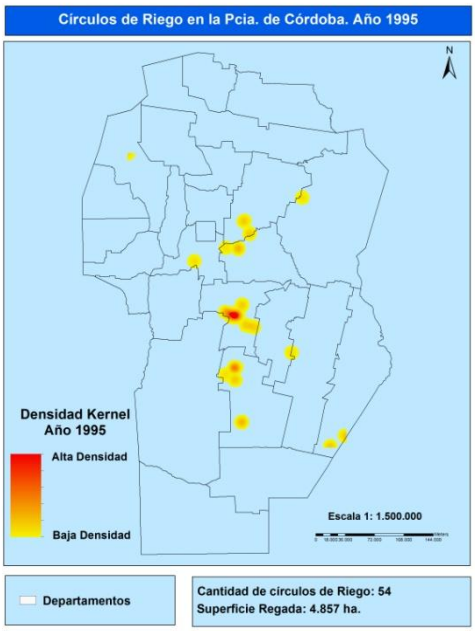


Figura 8 b
Densidad kernel del año 2000

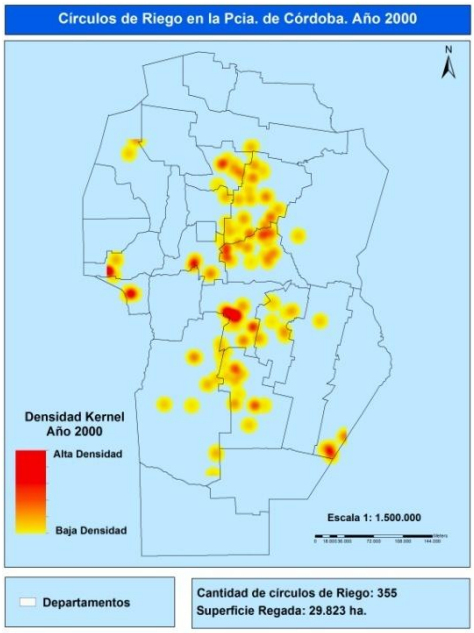
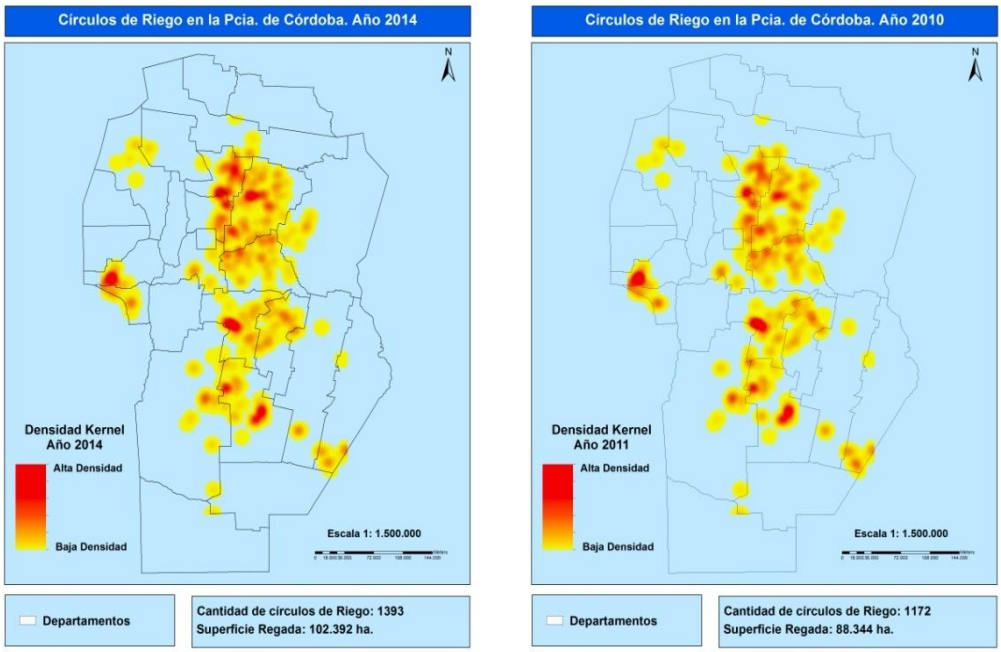


Figura 8 c
Densidad kernel del año 2005

Figura 8 d
Densidad kernel del año 2014

Barrionuevo, N. J. y Feler, M.V. 2014. Evolución del área regada por pivote central en la provincia de cordoba en el periodo 1994-2014. En *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 2. pp. 19-31. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

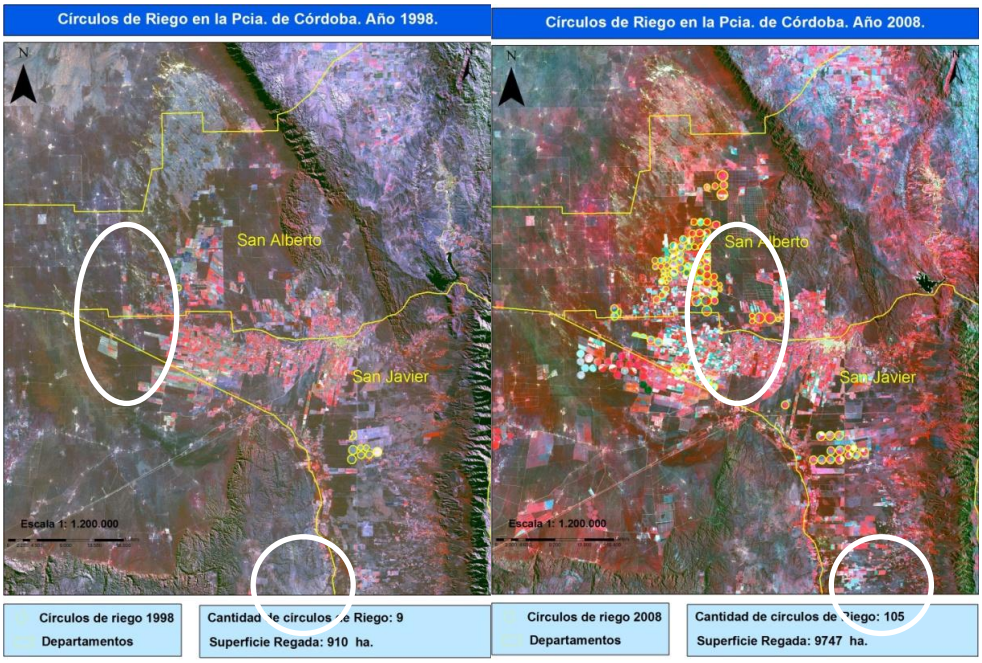


Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, en la cartografía citada puede observarse la dinámica del cambio en el uso del suelo en los departamentos de San Alberto y San Javier, donde en el año 1998 la cantidad de círculos fue de 9 y una superficie regada de 910 hectáreas y en el año 2008 pasó a ser de 105 círculos con una superficie regada de 9747 hectáreas (Figura 9). Esto fue producto de la agriculturización de la zona, que es semiárida y por lo tanto no permite la existencia de cultivos extensivos bajo el régimen de secano.

Figura 9.

Evolución del riego en los departamentos de San Javier y San Alberto.



Fuente : Elaboración propia.

Como estudio posterior a este trabajo se propone clasificar las imágenes satelitales en forma supervisada para identificar los cultivos predominantes que utilizan como sistema de riego al pivote central. También realizar una evaluación de los requerimientos hídricos y suelos predominantes que presentan los cultivos en la zona central de Córdoba.

Conclusiones

Del análisis espacio temporal se concluye que la zona central de la provincia de Córdoba, particularmente los departamentos de Río Segundo, Río Primero, Tercero Arriba y Juárez Celman son los lugares donde se concentró la expansión del sistema de riego por pivote central. La cartografía temática obtenida es útil como información de base para futuros estudios del uso consuntivo del agua en la agricultura en la provincia de Córdoba. Asimismo, resulta práctico para realizar comparaciones interanuales de la dinámica de la presencia de círculos de riego.

Bibliografía

ARNELL, Nigel, et al. *"Chapter 4. Hydrology and Water Resources.* En: Climate Change 2001. Impacts, adaptation, and vulnerability." IPCC. Cambridge University Press, pp.193-233. 2001.

CABRERA, Ángel y WILLINK, Abraham. *"Biogeografía de América Latina"*. Washington, Organización de Estados Americanos. 2da edición corregida Selección de capítulos. Cátedra de Ecología – Facultad de Agronomía – UBA. S/f. Biomas y tipos de vegetación de la Argentina.1980.

CARDOSO, Oswaldo.; et al.*" Localización óptima de expendios de carne porcina con Sistemas de Información Geográfica en la ciudad de Resistencia, Argentina".* Cuadernos de Geografía. Revista colombiana de Geografía, número 19, pp. 87-96. Universidad Nacional de Colombia. 2010.

NACIONES UNIDAS. *"Agua para todos, agua para la vida"*. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. 2007.

MARTELLOTTO, Eduardo; et al. *"Inventario y caracterización del riego suplementario en la provincia de Córdoba"*. Boletín Nro. 10. I.S.S.N: 1668-2882. Área de agronomía. E.E.A. INTA Manfredi. 2005.

MONTESINOS, Simón; et al. *"Estimación de la superficie en regadío mediante técnicas de teledetección: conceptos y su aplicación operativa".* Jornadas sobre Aguas subterráneas en España ante las Directivas europeas: retos y perspectivas. 7 al 9 de noviembre de 2007. Santiago de Compostela (España). 2007.

MORENO JIMÉNEZ, Antonio. *"Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores kernel".* Treballs de la Societat Catalana de Geografía 6. 1991.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDADES PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). *"Agua y cultivos".* Roma. 2002.

Zajac, C. C.; Zajac, E. E.; Galantini, J. y Vallejos, A. G. 2014. Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno. En. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 3. pp. 32-43. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno

Zajac C. C. [*]
Zajac E. E. [*]
Galantini J. [**]
Vallejos A. G. [(*)1]

Resumen

En el Sudoeste Bonaerense la adopción de la agricultura de precisión es incipiente y sólo productores innovadores son los usuarios de la misma. Los objetivos del trabajo fueron: a) Obtener el rendimiento medio partidario para cebada y trigo; b) Determinar NDVI para fechas próximas a floración en cebada y trigo en el área experimental y c) Correlacionar el rendimiento medio partidario en cereales de invierno y las imágenes NDVI. Los cultivos utilizados fueron cebada y trigo, se estimo el rendimiento medio partidario por ha y se descargaron los NDVI quincenales partidarios para el 2012. Se realizaron regresiones entre los rendimientos (cebada, trigo) y los NDVI medios (octubre, noviembre) en busca de posibles interrelaciones. Los resultados permitirían la utilización de imágenes NDVI en el estudio de variables biológicas en 12 partidos del Sudoeste Bonaerense dadas las condiciones particulares del ensayo. Se observo una tendencia decreciente en el NDVI (octubre, noviembre) y el rendimiento medio partidario en cereales de invierno mayores a los 200 kg/ha/partido. Se encontraron regresiones significativas entre los rendimientos medios partidarios (cebada, trigo) y los valores de NDVI medios partidarios (octubre, noviembre) con un r^2 0,79 y 0,74, de forma que podrían utilizarse los rendimientos medios partidarios y los NDVI para realizar estimaciones de rendimiento en el área experimental.

Palabras claves: trigo, cebada, agricultura de precisión, NDVI

Abstract

In the southwest of Buenos Aires the adoption of precision agriculture is incipient and only innovators farmers are their users. The objectives of this work were: a) To obtain the main county yield for barley and wheat; b) To determine NDVI for dates close to flowering in barley and wheat in the experimental area; c) To correlate the main county yield in winter cereals and the NDVI images. The crops utilized were barley and wheat, it was estimated main county yield per ha for barley and wheat and downloaded the biweekly county NDVI for the 2012. Were performed regression between yields (barley, wheat) and the main NDVI (October, November) in order to provide possible interrelations. The results would allow the utilization of NDVI images in the study of biological variables in 12 county's of southwest of Buenos Aires given the particularly condition of the test. Was observed decreasing trend in the NDVI (October, November) and the main county yield in the winter cereals uppers to 200 kg/ha/county. There were found significant regression between main county yields (barley, wheat) and the values of main county's NDVI (October, November) with r^2 values of 0.79 and 0.74, so that could be used the main county yields and the NDVI for make estimations of yield in the experimental area.

Key words: wheat, barley, precision agriculture, NDVI

[1] CIC – CERZOS – CONICET (**)– UNS (*)**.** avallejo@criba.edu.ar. Dept. de Agronomía (UNS), San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires.

Zajac, C. C.; Zajac, E. E.; Galantini, J. y Vallejos, A. G. 2014. Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno. En. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 3. pp. 32-43. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Las explotaciones agropecuarias argentinas han tenido importantes cambios en sus sistemas productivos con la gradual implementación de la llamada agricultura de precisión (AP) y el manejo por sitio especifico (SE). La difusión de esta tecnología en Argentina comenzó con el lanzamiento del Proyecto de Agricultura de Precisión del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Manfredi en Córdoba (Bragachini *et al.*, 2006).

En el Sudoeste Bonaerense (SOB) la adopción de la AP es incipiente y sólo productores innovadores son los usuarios de la misma, de ahí el interés de conducir mayores estudios zonales para determinar la capacidades reales de adopción y dilucidar inconvenientes técnicos surgidos de la implementación de la AP. Aunque en zonas agroecológicas más propicias para el desarrollo del cultivo de trigo como Tandil (Bragachini et al, 2007), y cebada en Tres Arroyos (Méndez et al., 2010), han obtenido resultados promisorios en sus ensayos aplicando AP en ambos cultivos.

La utilización de sensores remotos en el SOB resulta interesante en la determinación del rendimiento en cultivos de invierno; algunos autores como Boca y Rodriguez (2012) mencionan que en el futuro habrá un incremento en el uso de imágenes derivadas de sensores remotos, ya que se espera que varios sistemas ópticos de alta resolución sean puesto en funcionamiento, lo que redundará en mayores resoluciones, disponibilidad, variedad y menor costo.

La teledetección satelital brinda conocimiento del territorio, permite el monitoreo de fenómenos ambientales, inventariar recursos naturales y determinar áreas afectadas por fenómenos climáticos (Occhiuzzi *et al.*, 2011).

El sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) es un radiómetro hiperespectral montado en los satélites Terra/Aqua, con resolución temporal de 1 a 2 días, 36 canales entre el visible y el infrarrojo térmico, barrido de 2330 km (USGS, 2013).

Gonzáles *et al.* (2008) citan que mediante algoritmos la NASA ha generado a partir de las imágenes MODIS distintos productos. Uno de ellos es el MOD 13 Q1 que está compuesto por 12 bandas, de las cuales la 1 corresponde al NDVI, con resolución temporal de 16 días y espacial de 250 m.

Otros autores como Paruelo (2008) mencionan que varios índices espectrales han sido propuestos como estimadores de la presencia y condición de la vegetación (Fensholt *et al.*, 2004), sin embargo el NDVI ha sido y es el más usado.
El NDVI se calcula como:

$$NDVI = \frac{(IR - R)}{(IR + R)}$$

donde R e IR corresponden a la reflectancia en la porción roja e infrarroja del espectro, respectivamente.

El NDVI ha mostrado tener una fuerte relación con la biomasa (Sellers, 1985), el índice de área foliar (Baret et al., 1989) y la productividad primaria neta aérea (Paruelo *et al.*, 1997). Occhiuzzi et al. (2011) señalan que los índices de vegetación desarrollados en base a datos capturados por plataformas MODIS son un típico producto de uso en el sector agropecuario.

En el SOB, Marini (2008) analizando la variación anual del NDVI para lotes representativos de "cultivos de invierno" (trigo), observó que a fines de abril los lotes se encontraban laboreados, lo que se tradujo en bajos índices. Durante las etapas de floración y espigazón (noviembre) se

alcanzaron valores cercanos a 0,80. A fines de diciembre el NDVI desciende como consecuencia de la etapa de madurez fisiológica y la cosecha del cultivo. En marzo y abril del año siguiente, el suelo presentó residuos del cultivo o mostró altos índices. Esta última condición obedece generalmente a la incorporación de un cultivo forrajero de invierno (avena), con lo que puede hablarse de uso mixto agrícola-ganadero en tales lotes.

Farrell y Rivas (2008) concluyeron mediante su trabajo que el momento óptimo para estimar el rendimiento en girasol, a partir del producto MODIS TERRA Vegetation indices 16 day (L16 day - L3 global -250 m SIN GRID V 005) es a inicios de floración y mitad de antesis.

Otros autores como Berarcoco et al. (2004) en el partido de San Antonio de Areco, provincia de Buenos Aires, encontraron correlaciones significativas (r^2 de 0,85) entre el NDVI medidos en espigazón y el rendimiento en trigo.

Kruger *et al*. (2005) mencionan que las condiciones edafoclimáticas en el SOB determinan que los sistemas de producción sean predominantemente mixtos, y que los cereales de invierno sean la alternativa casi excluyente para gran parte de la agricultura regional; tal vez por este motivo la AP no ha tenido mucha difusión en la región. Además durante la secuencia de cultivos forrajeros, no es posible seguir recolectando datos de monitores de rendimiento (MOR).

Otro inconveniente que ha surgido en la zona es que no es habitual la descarga de datos MOR por parte de los productores, inclusive muchos contratistas durante la cosecha apagan sus MOR y no mapean rendimiento perdiéndose una valiosa fuente de información agronómica. Algunas de las causas posibles de este fenómeno pueden ser la falta de calibración de los MOR por parte de los contratistas y el sobreprecio por el servicio de mapeo y procesamiento que deben abonar loa productores. En estas situaciones la utilización de imágenes satelitales como las MODIS serían una herramienta valiosa para suplir la falta de mapas de rendimiento (MR).

Debido a la insuficiente información científica disponible en la zona es importante evaluar las relaciones existentes entre el rendimiento y las imágenes NDVI para cebada y trigo en el SOB, con la intención de aportar datos experimentales que permitan investigaciones futuras aplicadas a AP.

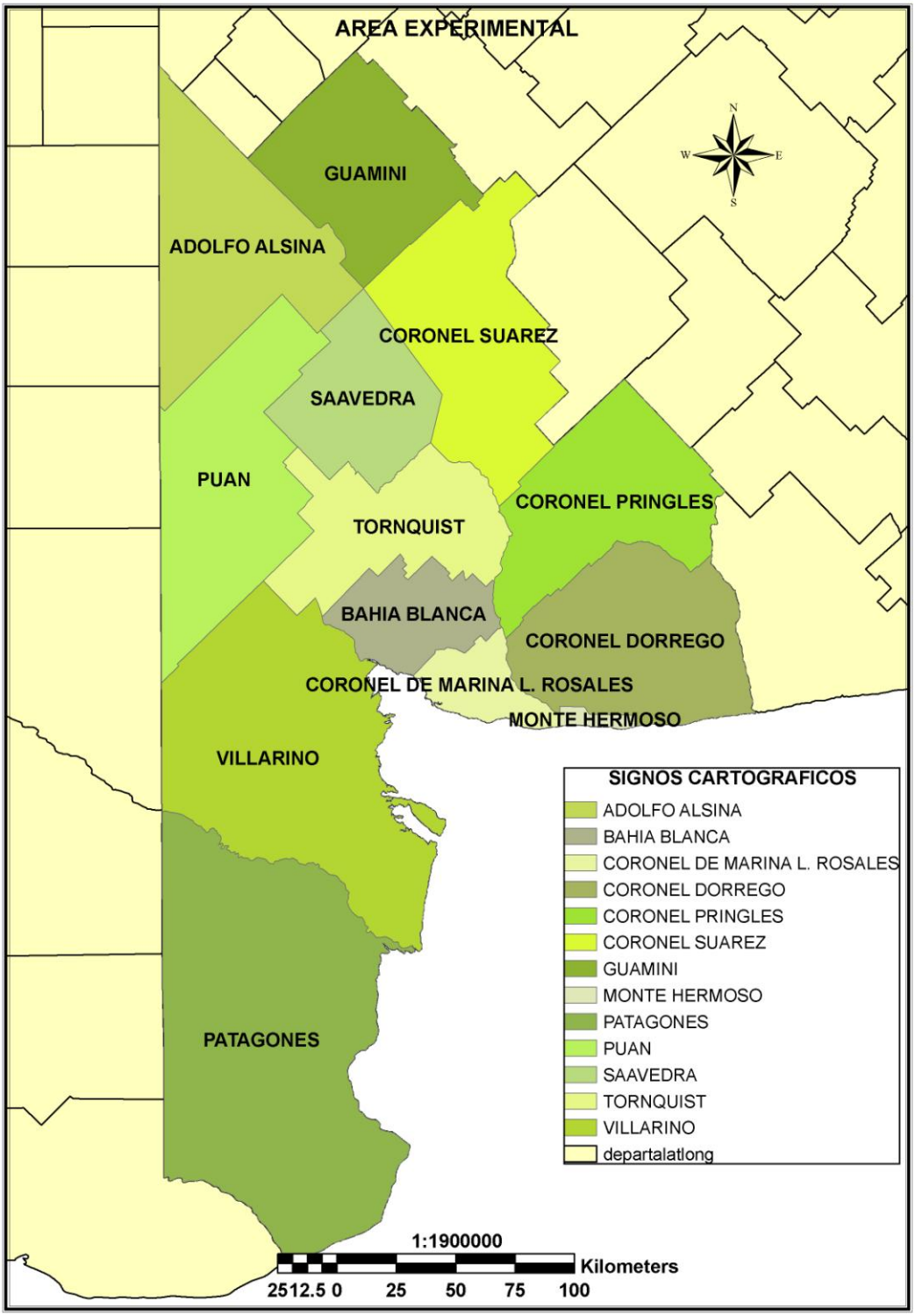
Los objetivos de esta investigación fueron: a) Obtener el rendimiento medio partidario para cebada y trigo; b) Determinar NDVI para fechas próximas a floración en cebada y trigo en el área experimental; y c) Correlacionar el rendimiento medio partidario en cereales de invierno y las imágenes NDVI.

Materiales y Métodos

Como se observa en la figura 1 el estudio se realizó en 12 partidos ubicados en el SO Bonaerense (SOB).

Zajac, C. C.; Zajac, E. E.; Galantini, J. y Vallejos, A. G. 2014. Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno. En. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 3. pp. 32-43. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 1.
Área de estudio que incluye 12 partidos del SOB.

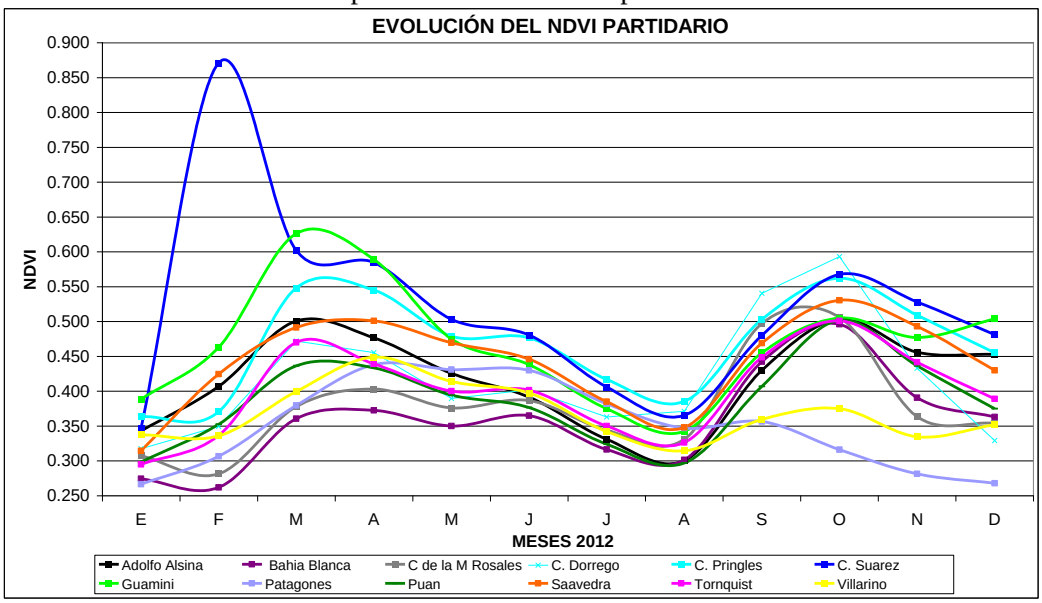


Los cultivos utilizados fueron cebada (*Hordeum sp.*), y trigo (*Triticum sp.*) bajo los sistemas de siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), con una superficie total cosechada de 401.000.ha y de 605.000 ha en la campaña 2012.

Zajac, C. C.; Zajac, E. E.; Galantini, J. y Vallejos, A. G. 2014. Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno. En. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 3. pp. 32-43. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Disponiendo de datos de producción total y superficie cosechada por partido y cultivo (La Nueva Provincia, 2013), se procedió a estimar el rendimiento medio partidario por ha. Seguidamente se descargaron los NDVI quincenales partidarios para el año 2012 (USDA, 2014) promediándose (2 por mes) y se generaron las curvas que se observan en la figura 2.

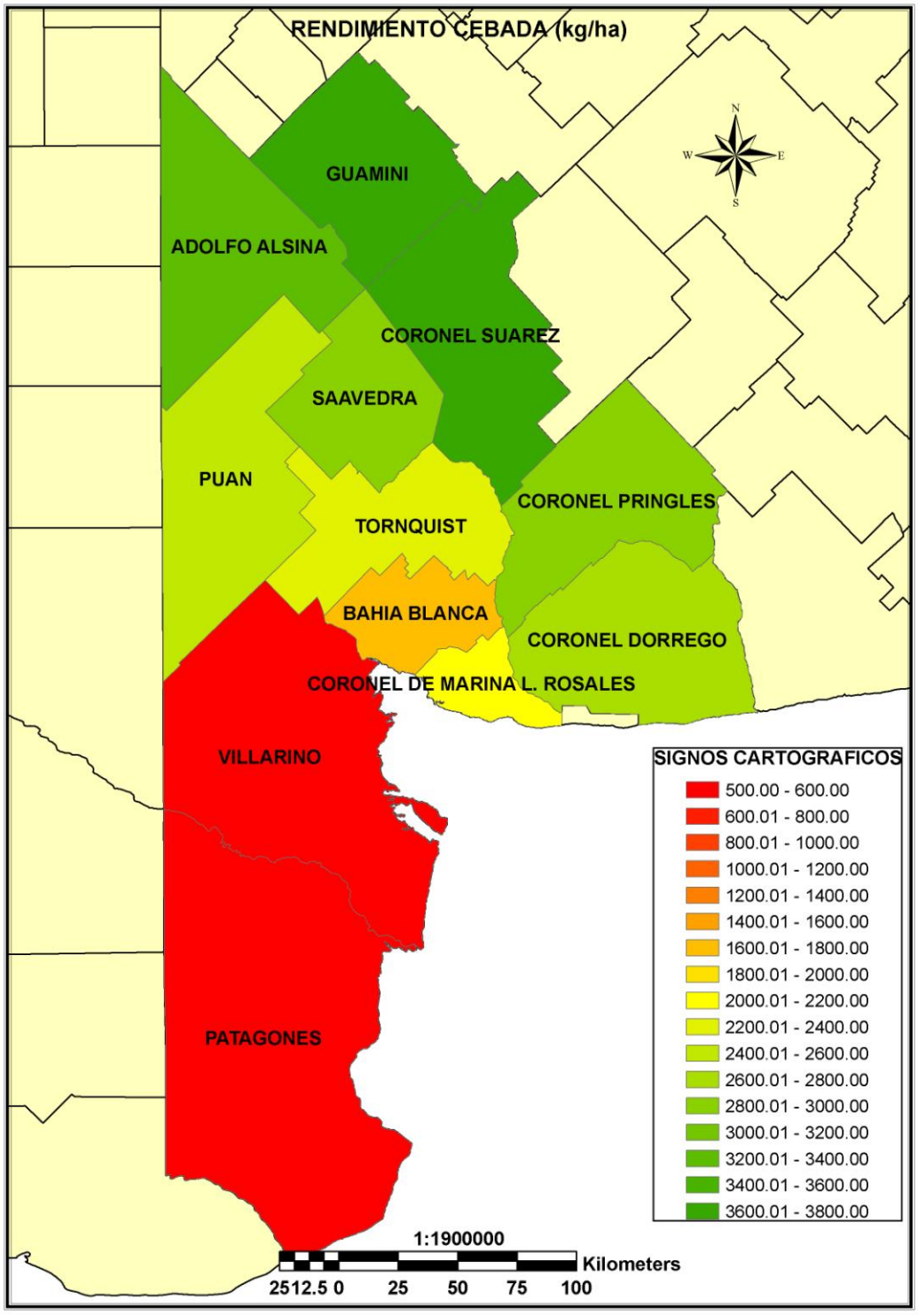
Figura 2.
Evolución del NDVI partidario en el área experimental durante el 2012.



Posteriormente se seleccionaron los NDVI para los meses de octubre y noviembre del 2012 por su proximidad con la floración de cebada y trigo respectivamente. Se delimitaron los partidos estudiados en el área experimental con la ayuda de un SIG, donde se elaboraron las bases se datos de cada partido con información proveniente de gabinete (nombre del partido, rendimiento medio partidario para cada cultivo (Figura 3 y 4), NDVI para el mes de octubre y noviembre (figura 4 y 5), superficie cosechada y producción total partidaria).

Zajac, C. C.; Zajac, E. E.; Galantini, J. y Vallejos, A. G. 2014. Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno. En. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 3. pp. 32-43. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 3.
Rendimiento medio partidario para cebada en el SOB (kg/ha).



Zajac, C. C.; Zajac, E. E.; Galantini, J. y Vallejos, A. G. 2014. Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno. En. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 3. pp. 32-43. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 4.
Rendimiento medio partidario para trigo en el SOB (kg/ha).

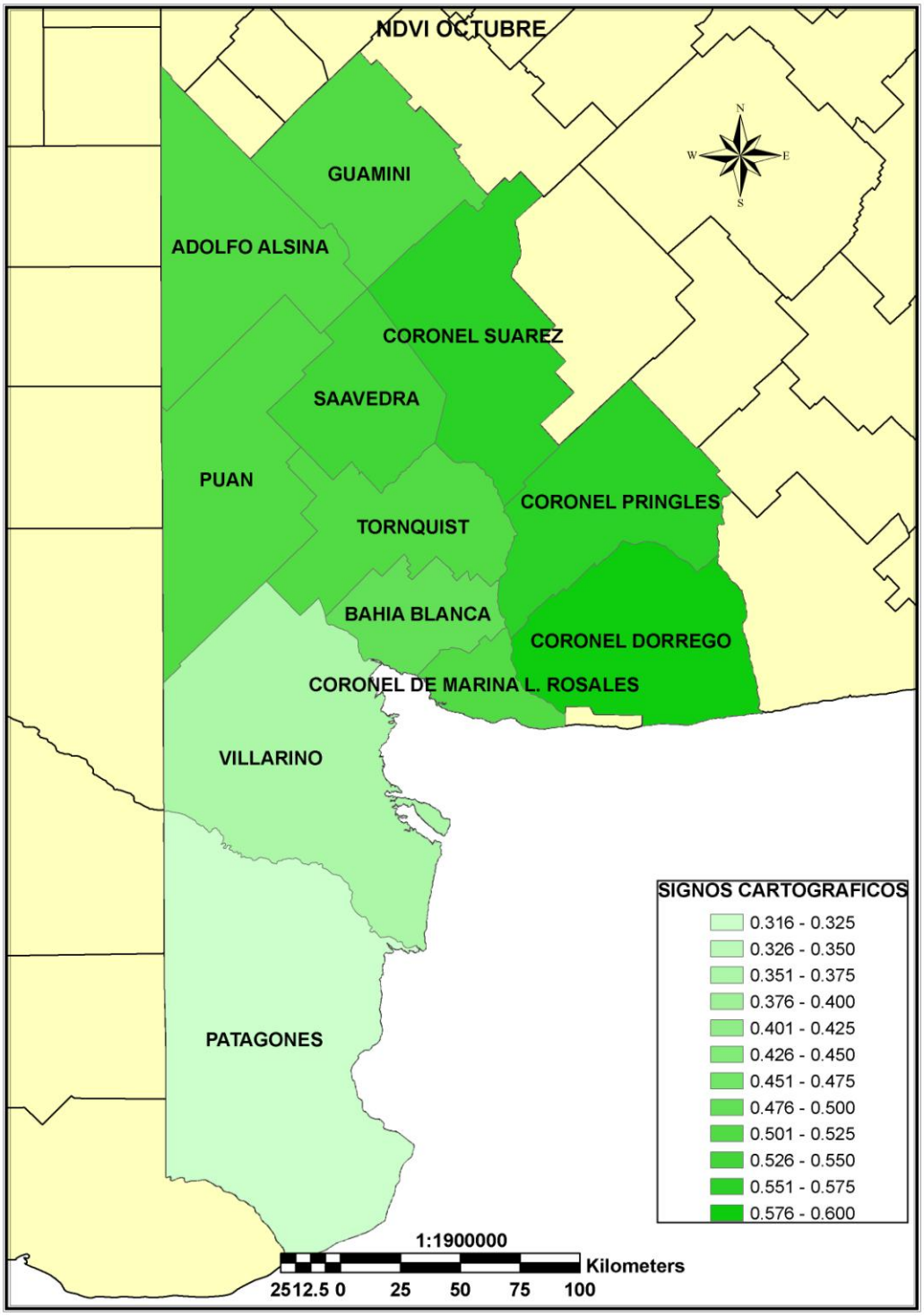


Figura 5.
NDVI medio partidario para octubre del 2012 en el SOB.

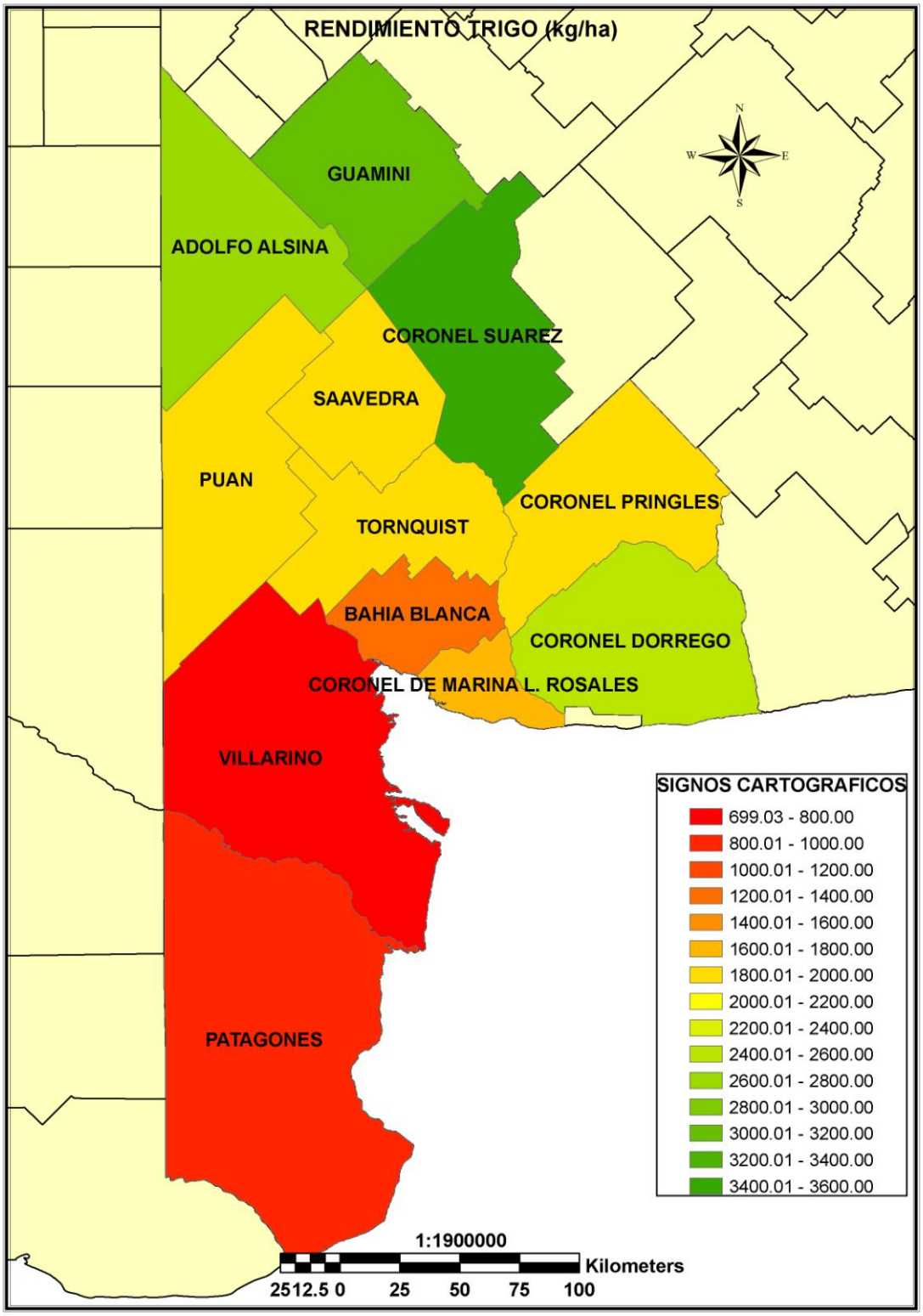
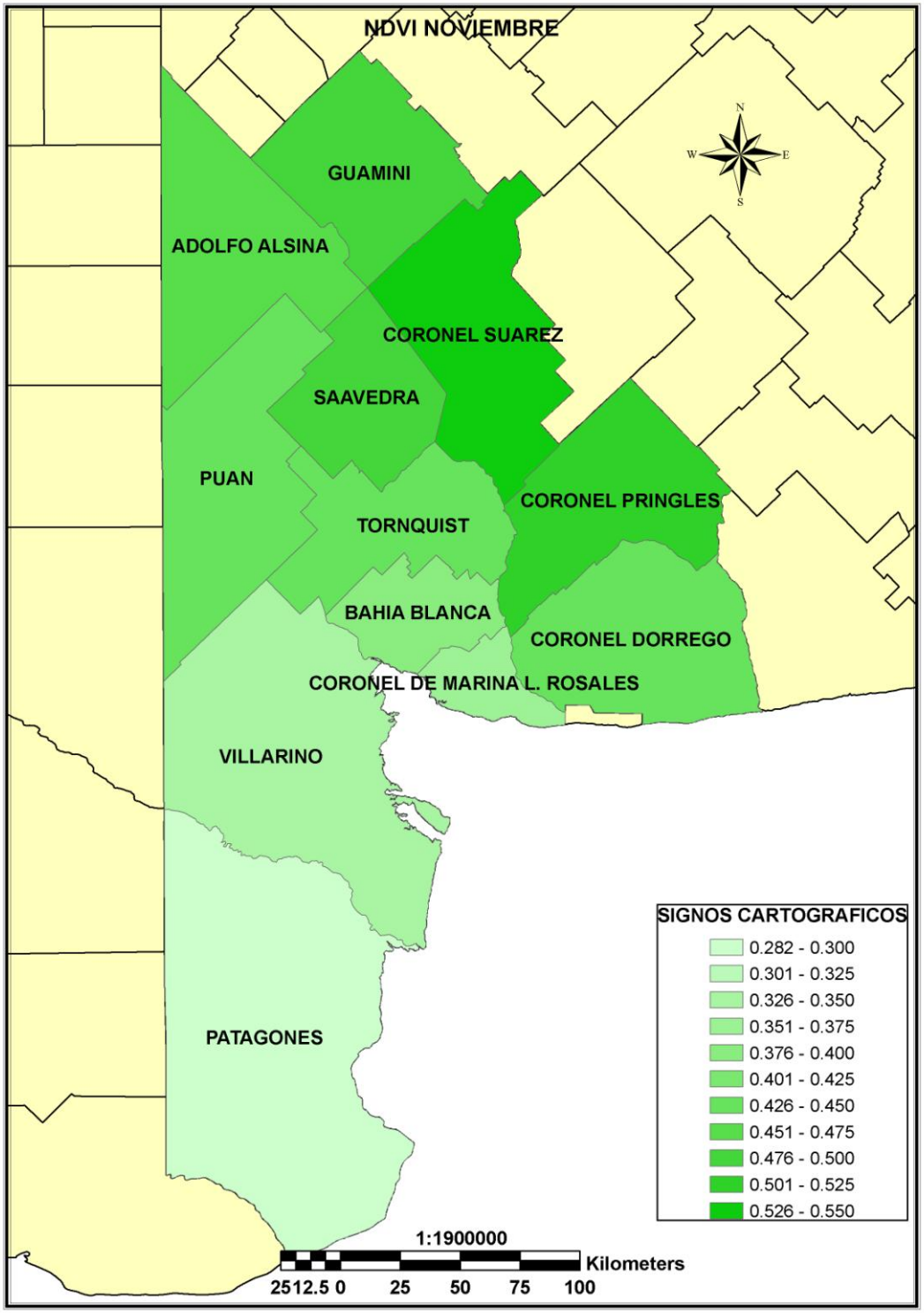


Figura 6.
NDVI medio partidario para noviembre del 2012 en el SOB.



Se realizaron regresiones entre los rendimientos medios partidarios (cebada, trigo) y los NDVI medios partidarios (octubre, noviembre) en busca de posibles interrelaciones.

Zajac, C. C.; Zajac, E. E.; Galantini, J. y Vallejos, A. G. 2014. Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno. En. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 3. pp. 32-43. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Resultados y Discusión

A partir de los datos analizados según la metodología descrita en Materiales y Métodos se observa en la Figura 7 y 8 los resultados experimentales obtenidos luego de realizar las regresiones entre los rendimientos medios partidarios (cebada, trigo) y el NDVI medio partidario (octubre, noviembre) con un nivel de confianza de 0,95, lo que indica una alta correlación en el entre las variables analizadas.

Figura 7.
Regresión entre el rendimiento medio partidario en cebada y el NDVI medio para octubre 2012.

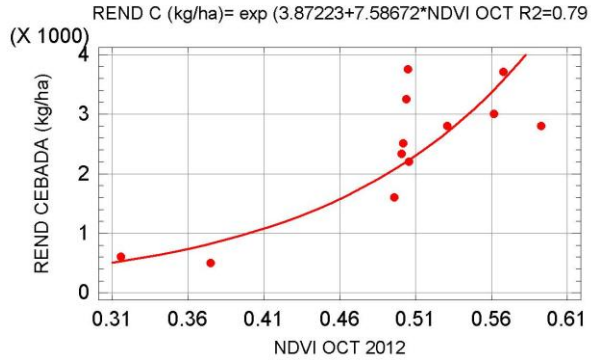
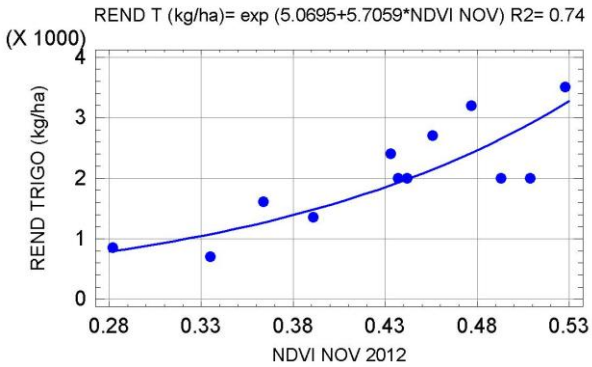


Figura 8.
Regresión entre el rendimiento medio partidario en trigo y el NDVI medio para noviembre 2012.



Los resultados preliminares permitirían la utilización de imágenes NDVI en el estudio de variables biológicas en 12 partidos del SOB dadas las condiciones particulares del ensayo, aunque habría que intensificar los esfuerzos en realizar estudios futuros que corroboren lo mencionado, validando en el tiempo y espacio los resultados obtenidos.

Se encontraron diferencias entre los valores de NDVI medios partidarios y los mencionados por Marini (2008) debido posiblemente a las diferencias de escala utilizadas en el estudio y a condiciones agrometeorológicas desfavorables durante el periodo de floración en la región (bajas precipitaciones y altas velocidades del viento), lo que ocasiono aborto floral y maduración fisiológica anticipada en ambos cultivos con la consecuente disminución del los NDVI.

Sería interesante evaluar en el tiempo las imágenes NDVI con el objetivo de analizar la dinámica fenológica del cultivo de cebada y trigo, determinar el rendimiento a escala de lote en base a estos sensores y la heterogeneidad ambiental para realizar manejo por SE en sistemas zonales.

Conclusiones

Se observo una tendencia decreciente en el NDVI partidario (octubre, noviembre) y el rendimiento medio partidario en cereales de invierno con dirección norte/sur y este/oeste con variaciones mayores a los 200 kg/ha/partido en el área experimental.

Se encontraron regresiones significativas entre los rendimientos medios partidarios para cebada, trigo y los valores de NDVI medios partidarios (octubre y noviembre) con un r^2 0,79 y 0,74 para el SOB, de forma que podrían utilizarse en futuros estudios los rendimientos medios partidarios y los NDVI medios partidarios para realizar estimaciones de rendimiento en el área experimental.

Bibliografia

BARET F., GUYOT, G. y D. MAJOR. *"Crop biomass evaluation using radiometric measurements"*. Photogrammetria, Elsevier, vol 43, nº 5 pp. 241–256, 1989.

BERARDOCCO Marcos M., HARTMANN Tomás, HILBERT Jorge Antonio. *Utilización de sensores remotos en agricultura de precisión, Introducción al uso de cámara digital en el manejo de sitio especifico*. Instituto de Ingeniería Rural, INTA, Hurlingham, Argentina, 2004.

BOCA Teresa y RODRÍGUEZ Gabriel. *Métodos estadísticos de la evaluación de la exactitud de productos derivados de sensores remotos*. Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar, Hurlingham, Buenos Aires, Argentina, 2012.

BRAGACHINI Mario Alberto, MÉNDEZ Andrés Aníbal, SAAVEDRA Alejandro, SCARAMUZZA Fernando, PROIETTI Federico. *La Agricultura de Precisión en Argentina. Presente y Futuro*. 6º Curso de Agricultura de Precisión. 25 al 27 de julio de 2006. INTA E.E.A. Manfredi, Córdoba, Argentina, 2006.

BRAGACHINI Mario Alberto, MÉNDEZ, Andrés Aníbal, PROIETTI Federico, VILLARROEL Diego Daniel, JUAN Néstor Antonio, OTERMÍN Jorge, WOYCIK Horacio. *Agricultura de Precisión. Hacia el manejo de la calidad de granos en el cultivo de trigo*. Tandil, Provincia de Buenos Aires, pp. 53-57. En Trigo 2007. Boletín de Divulgación Técnica Nº 1. Ediciones INTA, E.E.A. Manfredi, Córdoba, Argentina, 2007.

FAREL Mauricio, RIVAS Raúl. *Relación entre índices de vegetación provenientes de imágenes MODIS y el rendimiento en girasol en el área centro de la Pampa, Argentina*. pp. 183-184. En XII Reunión Argentina de Agrometeorología. 8 al 10 de octubre de 2008. Asociación Argentina de Agrometeorología (A.A.D.A.), San Salvador de Jujuy, Argentina, 2008.

FENSHOLT Rasmus, SANDHOLT Inge, RASMUSSEN Mads O. *"Evaluation of MODIS LAI, FAPAR and the relation between FAPAR and NDVI in a semi-arid environment using in situ measurements"*. Remote Sensing of Environment, nº 91, pp. 490–507, 2004.

GONZÁLES Liliana, PAREDES Paula Natalia, RIAL Pablo Eduardo. *Severidad de la sequía en Santa Cruz: evaluación a través de índices de vegetación de imágenes MODIS*. En B.G. Díaz

Zajac, C. C.; Zajac, E. E.; Galantini, J. y Vallejos, A. G. 2014. Evolución del NDVI y el rendimiento partidario en cereales de invierno. En. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 3. pp. 32-43. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

y P. Calviño (Comp.) Jornadas Regionales de Información Geográfica y Ordenamiento Territorial. Ministerio Secretaría General de la Gobernación, proyecto SIT, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina, pp 71, 2008.

KRUGER, Hugo, AGAMENNONI, Raul José, RIPOLL, Marcelo. *Siembra directa de trigo en el sur de la región Semiárida Pampeana*. Boletín Técnico Nº 14. INTA E.E.A. Hilario Ascasubi. Ed. Unidad de Comunicaciones INTA, Bahía Blanca, Argentina, 2005.

LA NUEVA PROVINCIA. Los rindes van en picada. Bahía Blanca, 05/01/2013, Con el Campo, p.11.

MARINI, Fabian M. *"El avance de la frontera agrícola en el área adyacente al sistema Sierras de la Ventana, Buenos Aires, Argentina"*. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, Investigaciones Geográficas, nº 47, pp 111-121, 2008.

MÉNDEZ Andrés Aníbal, VILLARROEL Diego Daniel, MASSIGOGE José, VÉLEZ Juan Pablo. *Análisis del rendimiento y la calidad de la cebada cervecera en función de la profundidad de tosca en el perfil del suelo*. En IX Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola – CLIA 2010. XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2010. 25-29 de Julho 2010. Ed CLIA/CONBEA, Vitória - ES, Brasil, 2010.

OCCHIUZZI Sandra E. (Coord.), MERCURI Pablo (Coord.), PASCALE (Coord.). *Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario*. pp. 130. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. 1ª ed, Buenos Aires, Argentina, 2011.

PARUELO, José María. "La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos". Asociación Española de Ecología Terrestre. Ecosistemas, 2008, vol. 17, nº 3, pp. 4–22.

PARUELO, José María, EPSTEIN H.E., LAUENROTH W.K., and I.C. BURKE. *"ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland Region of the US"*. Ecology, vol. 78, pp. 953–958, 1997.

SELLERS P.J. *"Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration". International Journal of Remote Sensing"* , vol. 6, nº 8, pp 1335–1372, 1985.

USDA. 250-meter MODIS/NDVI Time Series Database from the Global Agriculture Monitoring (GLAM) Project available at (http://pekko.geog.umd.edu/usda/test/ (Accessed 27/04/2014).

USGS. Land Processes Distributed Active Archive Center. Available at https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_overview (Accessed 07/02/2013).



SECCIÓN 2.
TURISMO, HISTORIA, ARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO

Melo, W. D. 2014. Cartografía de la Patagonia Rebelde (1921). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 4. pp. 45-62. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Cartografía de la Patagonia Rebelde (1921)

Walter Daniel Melo [*]

Resumen

A mediados de 1920 una crisis se abatió sobre el territorio de Santa Cruz, determinando que los obreros rurales realizaron dos huelgas generales. En ambas, el Presidente Irigoyen envió a poner orden al Cnel. Héctor Varela. Sin embargo, en la 2da huelga (1921) se ocuparon estancias y el conflicto fue con mayor énfasis. El Cnel. Varela, al mando de un Regimiento de Caballería apoyó a los estancieros lanzándose a una represión indiscriminada. Cientos de huelguistas fueron fusilados, otros fueron reintegrados por la fuerza a las estancias y unos pocos escaparon rumbo a Chile. El objetivo de este trabajo es reconocer la magnitud geográfica del conflicto y reconocer los sitios de interés histórico. El método es a través de una cartografía actual, ubicando el sitio de los enfrentamientos, fusilamientos y detenciones, como así también la ruta trazada por los huelguistas y el ejército. La base de información cartográfica se inició con reconocer el posicionamiento de los parajes y estancias en mapas antiguos. Con el uso de Google Earth, se trasladaron al GIS. La fuente bibliográfica de cabecera fue la de Bayer, 1970. De esta manera, se detectaron 5.000km de recorrido realizados por tropas del ejército y unas 3.700 por los obreros. Los dramáticos acontecimientos e intensidad se evidencian en los tres meses de persecución incansable del ejército a lo largo de tres ejes de penetración, localizados en el extremo sur, la meseta central y cuenca del Deseado.

Palabras claves: Cartografía, Patagonia, huelgas, estancias, GIS

Abstract

In the middle of 1920 a crisis befell the territory of Santa Cruz, determining that rural workers held two general strikes. In both , the President Yrigoyen sent to bring order to the Col. Hector Varela. However, in the 2nd strike (1921) farm occupied and conflict was more emphasis. The Col. Varela, commanding a Cavalry Regiment gave his support to landowners rushing to indiscriminate repression. Hundreds of strikers were shot, others were reinstated by force farms and few escaped towards Chile. The objective of this work is to recognize the geographical extent of the conflict and recognize the historical sites. The method is through a current mapping , locating the site of the clashes, shootings and arrests, as well as the path traced by the strikers and the army. The basis of cartographic information began with recognizing the positioning of the sites and farms in old maps. Using Google Earth , they moved to the GIS. The bibliographic source head was the of Bayer, 1970. Thus, were detected 5,000 km journey made by army troops and about 3,700 km for workers. The dramatic events and intensity are evident in the three months of relentless pursuit of the army along three axes of penetration, located in the extreme south, the Central Plateau and Deseado basin.

Keywords: Map, Patagonia, strikes, farms, GIS

[*] Docente-Investigador, Departamento de Geografía y Turismo (UNS) - Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET). wdmelo@iado-conicet.gob.ar

Melo, W. D. 2014. Cartografía de la Patagonia Rebelde (1921). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 4. pp. 45-62. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Durante la 1ra Guerra Mundial una crisis económica se abatió sobre el territorio patagónico, acentuando las diferencias que existían entre los grandes estancieros y los obreros rurales. En el extremo sur, un número significativo de estancias eran propiedades pertenecientes a los grandes grupos económicos, que además diversificaban sus excedentes en actividades comerciales y navieras, mientras que los obreros rurales vivían y trabajaban en condiciones precarias. En su mayoría eran hombres sin familias y generalmente provenían de las zonas rurales del sur Chileno (Mansilla Pérez, 2010).

Al finalizar la 1rea. Guerra Mundial, a mediados de 1920 y activados por dirigentes anarquistas los obreros comenzaron a realizar en Río Gallegos una huelga general. Estos ocuparon estancias y tomaron rehenes. El Presidente Irigoyen envió a poner orden al Tte. Cnel. Héctor B. Varela, quien estaba al mando del 10° de Caballería. En esta instancia, el Tte. Coronel consiguió que se llegara a un acuerdo, donde se reconocía la mayor parte de los pedidos de los huelguistas y logrando que los estancieros labren un convenio laboral.

Una vez que el ejército se retiró de Santa Cruz, los estancieros no cumplieron con las pautas acordadas y en Septiembre de 1921 el conflicto se reinició, esta vez con mayor énfasis. Los obreros rurales dieron a su protesta una gran virulencia, primero tomando las estancias y luego víveres, caballos, armas y rehenes. Sin embargo, los huelguistas nunca descartaron la posibilidad de dialogo con el ejército, pues estos habían solucionado el primer conflicto.

Nuevamente es enviado el Coronel Héctor B. Varela y esta vez decidió dar su apoyo a los estancieros y comerciantes enrolados en la Liga Patriótico Argentina, lanzándose a una persecución y represión indiscriminada. Un grupo de delincuentes infiltrados en los huelguistas, autodenominados el Consejo Rojo, cometieron una serie de desmanes a los que se los atribuyeron a los trabajadores, donde la prensa local y de Buenos Aires generalizó en estos comportamientos el grave cariz de la situación. De esta manera, la prensa de entonces siguió estos hechos basándose en partes oficiales, los cuales anunciaban las caídas de obreros como enfrentamientos armados.

Durante la huelga cientos de huelguistas fueron fusilados, otros reintegrados por la fuerza a las estancias y algunos pocos escaparon rumbo a Chile. Estos hechos fueron denunciados algunos años después en forma parcial por José María Borrero en un capítulo de su libro *La Patagonia Trágica*, (Borrero, 1928), el cual no poseía rigor histórico ni pruebas contundentes dejando liberada a diversas interpretaciones lo ocurrido durante las huelgas.

No fue hasta cincuenta años después de los hechos que el historiador Osvaldo Bayer se volcó a la investigación profunda de los acontecimientos que llevaron a su aclaración en su obra "Los Vengadores de la Patagonia Trágica" (Bayer, 1971) y posteriormente editada en cuatro tomos como La Patagonia Rebelde (Bayer, 1993). En estas ediciones, Bayer publicó que según los partes militares los fusilamientos sumaron 283 muertes, sin embargo también destaca que los sindicatos de entonces contabilizaron 1500 víctimas.

Antecedentes

La cartografía de los acontecimientos de la huelga de 1921 nace a partir de las investigaciones que desarrolló Bayer, pues en uno de sus tomos (Tomo II, Bayer 1993) se encuentra un mapa del territorio con los centros y estancias más relevantes, demarcando el área de operaciones según los

movimientos de los distintos jefes militares. Más recientemente, en 2009 se creó el circuito histórico "Tras los pasos de los huelguistas" (Lagallé, 2014) entre las localidades de Gobernador Gregores y Puerto Deseado. En la primera localidad se han organizado recorridos históricos que recuperan parte de la ruta de los huelguistas en la zona rural inmediata, mientras que en la segunda se realizó una prolija recuperación de sitios urbanos relacionados con la histórica huelga (Mansilla et al, 2011).

Objetivos

De esta manera, el objetivo de este trabajo radica en ubicar geográficamente en el área rural la totalidad de los hechos y sitios documentados en Santa Cruz durante la huelga de 1921y reconocer la magnitud geográfica del conflicto, localizando las estancias y parajes mencionados en las fuentes cuantificando los derroteros hechos por las tropas descriptos por Bayer. A su vez, esta localización permitirá también reconocer a los visitantes ocasionales de los diferentes sitios lo sucedido en la campaña de la Patagonia Austral, contribuyendo a mantener los hechos en la memoria colectiva.

Área de estudio

Los sucesos históricos de 1921 de alguna u otra manera abarcaron una gran totalidad del por entonces Territorio Nacional de Santa Cruz, hoy provincia de Santa Cruz (Figura 2). La misma cuenta con una superficie de 243.943km^2 (INDEC, 2001) y por aquel entonces la población era de 17.925 habitantes (Censo Territorios Nacionales). Esto significa que la densidad poblacional para el territorio era de un habitante cada 13.6 km^2. Esta situación de vacío poblacional se incrementaba debido a que los principales centros urbanos se localizaban en la costa, siendo los más importantes Puerto Deseado, Puerto San Julián, Puerto Santa Cruz, Paso Ibañez (L. Piedrabuena) y Río Gallegos. A lo largo de la costa se situaban otros apostaderos menores, como Caleta Olivia, Mazaredo, Cabo Blanco, Bahía Laura y Puerto Coig.

Hacia el centro del territorio, en el norte tenía su desarrollo el eje ferroviario Las Heras – Puerto Deseado, el cual había permitido además que se crearan pequeños centros poblados en Fitz Roy, Pico Truncado y Jaramillo (Mansilla et al). En el resto del territorio únicamente estaba El Calafate, a orillas del lago Argentino, pues no existía la actual localidad de Gobernador Gregores, paraje que era conocido como Cañadón León y donde funcionaba únicamente una herrería. Faltarían algunas décadas para que luego se desarrollaran centros urbanos en Los Antiguos, Perito Moreno, El Turbio, 28 de Noviembre y Caleta Olivia.

La organización espacial santacruceña se basaba en la monoproducción de la extracción lanar ovina y el centro de las actividades eran las estancias. Estas propiedades se habían expandido sobre el territorio nacional a partir de inversores provenientes de la localidad de Punta Arenas, la cual funcionaba como centro económico de la Patagonia Argentino-Chilena (Barberia, 1993). La colonización se determinó en dos etapas, la primera abarcó desde 1880 hasta 1909 y la segunda a partir de la construcción del FC Puerto Deseado Las Heras (Ciselli, 1999). Esta situación combinó dos variables particulares como lo son el económico y el ambiental. Las tierras con mejores aptitudes de explotación se localizan en el arco que define la zona de los lagos santacruceños del faldeo cordillerano y el límite austral con Chile. A su vez, los primeros en adquirir tierras fueron los grandes grupos económicos, que avanzaban desde Punta Arenas y unas pocas familias lo hicieron desde las islas Malvinas. También se seleccionaba el área costera por la proximidad a los puertos (Ciselli, 1999). Posteriormente, los pioneros o colonizadores menores ocuparon la meseta central y la zona norte, hecho que fue facilitado por el desarrollo ferroviario. De esta manera, los principales

grupos económicos, como S.A. Menéndez Bethy, Patagonia Sheep Farmig, Braun, etc., concentraron grandes extensiones de tierras en el sector que presentaba las mejores condiciones ambientales del territorio (Barbería, 1993), acentuando las diferencias sociales existentes en la diversidad rural.

De esta manera, una importante cantidad de la población que vivía en el territorio Santacruceño se encontraba diseminada en el área rural. La ausencia de centros poblados era cubierta por los hoteles de campo, como La Leona, Güer Aike, Le Marchand, La Esperanza. La Osamenta, etc. Estos a veces eran acompañados por una sucursal de las tiendas de ramos generales pertenecientes a alguno de los grupos dominantes (La Anónima y Argensud), como en Bahía Laura o el paso sobre el río Chico del Santa Cruz. Estos puntos eran utilizados por estancieros, peones, esquiladores y carreros como centros de intercambio, información y residencia temporal de los obreros, que generalmente eran extranjeros. La comunicación era a través de caminos internos de las estancias y para las primeras décadas del siglo XX los medios de transportes eran chatas y carretones, solamente el ferrocarril existía en el norte del territorio uniendo Las Heras y Puerto Deseado (Ciselli, 1999). Se destaca que también existieron diseminados puestos policiales, como Gúer Aike, El Perro, Gdor. Moyano, donde a veces acompañaban a los almacenes u hoteles.

Un dato significativo para esta contienda, se destaca que por entonces en los Territorios Nacionales no se elegían democráticamente a las autoridades. Asimismo, los centros urbanos para ser considerados municipios debían sobrepasar una determinada cantidad de población, por lo tanto en Santa Cruz estos casi no existían como tal, funcionando como comisiones de fomentos donde las autoridades eran designadas por el gobernador (Mansilla et al, 2011).

Materiales y método

Los hechos históricos que se describen en este trabajo fueron publicados previamente por diversos autores. Sin embargo, la fuente bibliográfica de cabecera utilizada fue la investigación histórica que realizara el escritor e historiador Osvaldo Bayer (1993), completada con información de otras fuentes que ampliaron la información a escala local o bien, que explican la organización territorial de entonces. Con el análisis de material bibliográfico histórico se recuperaron la mayoría de los nombres de las estancias y parajes recorridos por los actores intervinientes mencionados en las fuentes. Por lo tanto, la base de información cartográfica se inició con reconocer el posicionamiento de los parajes y estancias en mapas antiguos, consultando los documentos de Chapeaurouge (1901), Wilkinson y Lefrançois (1903), Nágera (1926) y Correa Falcón (1937).

Se ubicaron los campamentos militares y huelguistas y se procedió a identificar las rutas de las principales falanges de ambos bandos. Asimismo, se localizaron los sitios de los hechos acaecidos durante la huelga, estos fueron lugares de enfrentamientos, rendiciones y de fusilamiento grupales, aislados o posteriores a la huelga, descriptos en la bibliografía citada.

Se destaca que se desconoce la totalidad de los recorridos hechos por el ejército y los huelguistas, sin embargo cuando se constató la presencia de alguno de los bandos en algún paraje o estancia, estos sí fueron localizados.

Para los hechos de 1921, tanto los huelguistas como las tropas del ejército se organizaron en tres franjas de penetración que iban desde la costa hacia la meseta central y Cordillera. De esta manera, en este trabajo, el análisis de los hechos también sectoriza el territorio en tres franjas (Figura 1).

Al Norte, la franja se concentra en el eje que traza las vías del FC Puerto Deseado - Las Heras, con su área de influencia en Lago Buenos Aires y Caleta Olivia, ocupando un área cercana a los 45.000km^2.

En el Centro, se presenta el área de mayor desarrollo y complejidad. Ocupando un área cercana a los 140.000km^2, los centros costeros desde donde se inician las incursiones de penetración son dos, Puerto San Julián y Puerto Santa Cruz. Asimismo, estos recorridos se concentran en Cañadón León, para continuar por diversos caminos en la Meseta Central, incluyendo los lagos Viedma y Cardiel en la cordillera y que finalizarán en el área de Tres Cerros, zona lindante con el eje Norte.

La franja Sur, con unos 50.000km^2, tiene su punto de difusión a partir de la ciudad de Río Gallegos, abarcando desde una línea imaginaria que va desde Lago Viedma hasta Puerto Coyle (o Coig), área lindante con la franja central, y desde allí, hasta el extremo sur del territorio, lindante con la República de Chile.

En Google Earth, se localizó las coordenadas correspondientes y de esta manera se trasladaron al GIS. No obstante, la tarea del reconocimiento de estancias se vio facilitada puesto que una gran parte aún mantiene sus nombres desde la época fundacional, algunas continúan en manos de las familias involucradas y solo unas pocas cambiaron de nombre.

Los recorridos de ambos bandos se recuperó a través de reconocer en Google Earth los ámbitos geográficos descriptos en el relato bibliográfico. Este software contiene imágenes con una resolución cercana al metro que permite reconocer los pasos, caminos y cañadones probables que se utilizaron en el conflicto (Figura 2). Además, esta situación permitió reconocer estructuras urbanas (estaciones, hoteles, etc.) o rurales (estancias, galpones, hoteles de campo) mencionadas en la bibliografía. Posteriormente los datos se exportaron como archivos KMZ para ser incorporados al SIG. Luego, para la localización espacial en el mapa final, la base topográfica se confeccionó con un modelo digital DEM SRTM correspondiente a la provincia de Santa Cruz. (Zona Pto Deseado srtm 23-22 Lago Buenos Aires srtm 22-22, Lago Argentino srtm 22-23 y Río Gallegos srtm 23-23).

Para completar los recorridos, se utilizaron imágenes SPOT (Cedidas por CONAE), las que se articularon con la base de mapas históricos y de esta forma reconocer los recorridos (Figura 4).

Para el proceso de manejar la información, se utilizó el software ArcGIS 10, donde la mayor parte correspondió a digitalizar los hechos en puntos y líneas. Se utilizaron capas de información divididas en: Ambiente, Organización espacial y Movimientos (Figura 4).De esta manera, la redacción cartográfica se basó en representar variables lineales y puntuales, con simbologías propias para esta última (Figura 2).

Melo, W. D. 2014. Cartografía de la Patagonia Rebelde (1921). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 4. pp. 45-62. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 1.
Territorio Nacional de Santa Cruz. Franjas de sectorización geográfica de los acontecimientos de la huelga de 1921.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

Figura 2.
Utilización de Google Earth para: A) reconocimiento de caminos a través de la meseta central santacruceña.

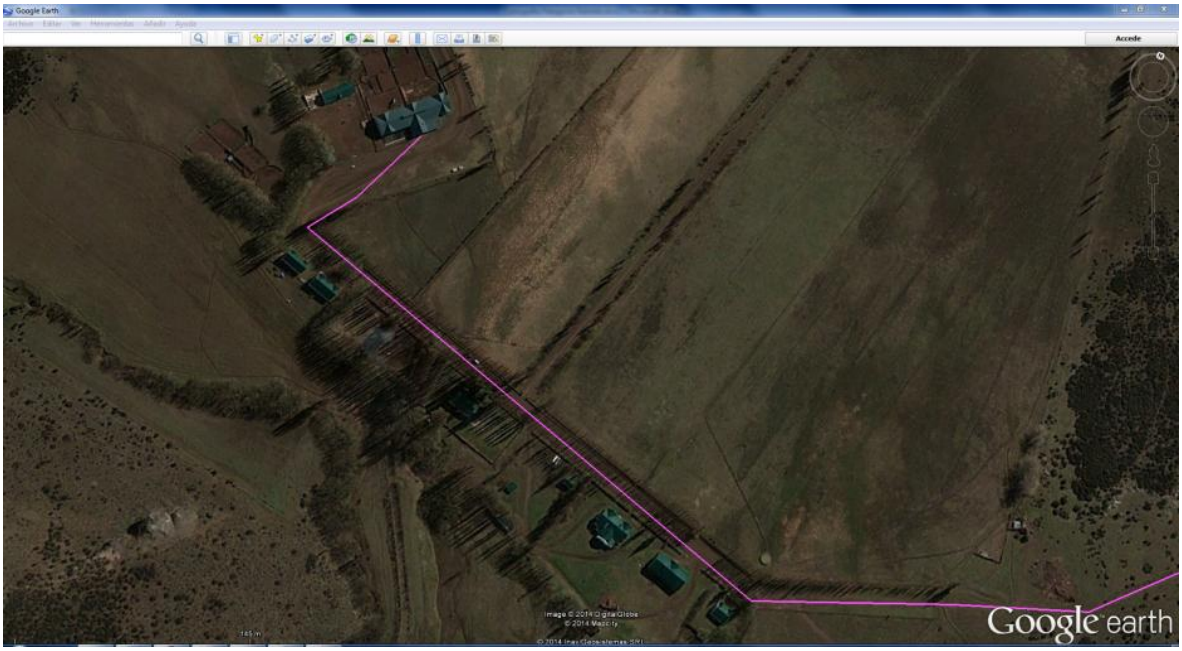


Fuente: Elaborado por Walter D. Melo.

Melo, W. D. 2014. Cartografía de la Patagonia Rebelde (1921). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 4. pp. 45-62. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

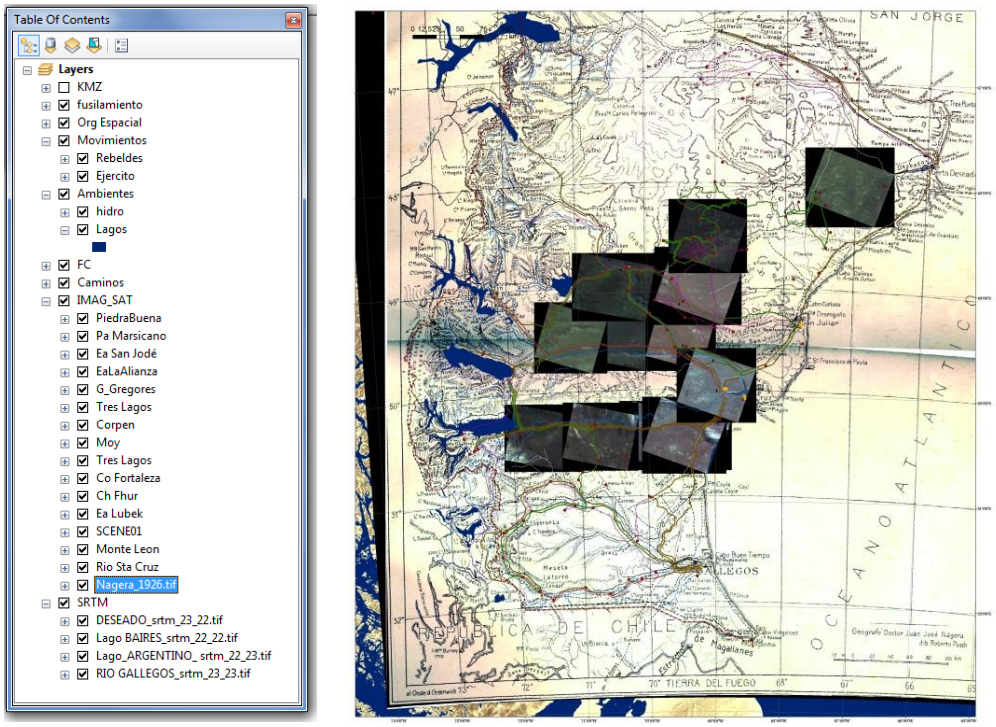
Figura 3.

Alta resolución que permite recuperar el probable camino realizado durante el escape de algunos sobrevivientes de la masacre en la Estancia La Anita (Lago Argentino), hacia la República de Chile.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

Figura 4.
SIG con tabla de contenidos e imágenes SPOT articulado con carta Nágera, 1926.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

Figura 5.
Referencias cartográficas de la carta La Patagonia Rebelde.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

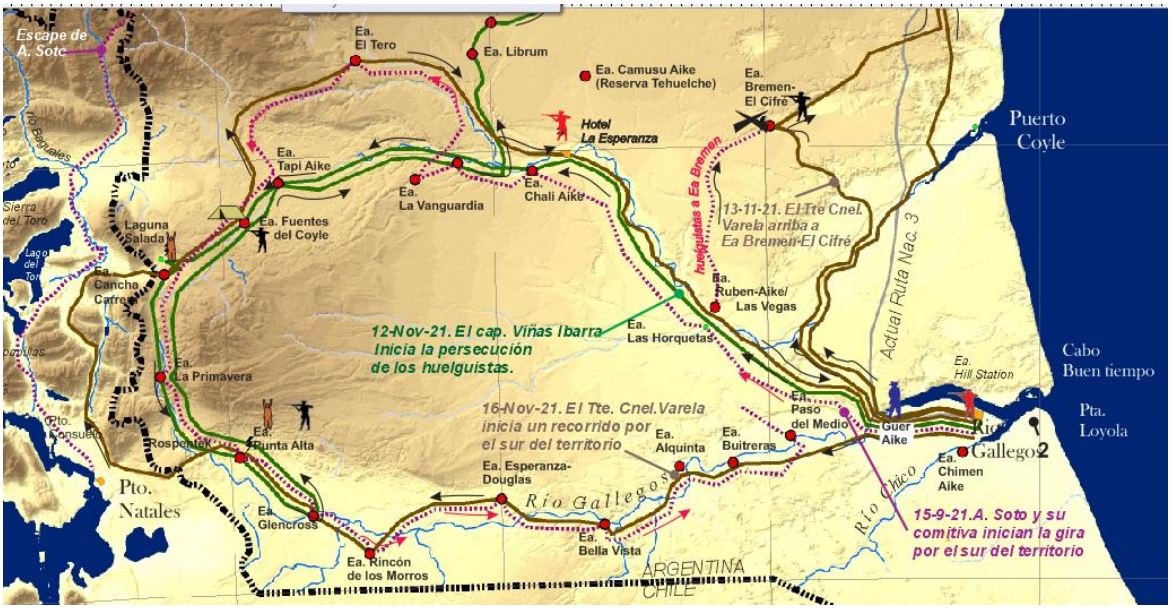
Melo, W. D. 2014. Cartografía de la Patagonia Rebelde (1921). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 4. pp. 45-62. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Resultados

Los líderes huelguistas basaron su organización en dividir en tres secciones latitudinales al territorio santacruceño. El Norte, en el eje Las Heras – Puerto Deseado, el levantamiento fue liderado por José Font (a) Facón Grande. El Centro por Albino Arguelles, con sede en San Julián, y el sur por el líder máximo del movimiento huelguistas, Antonio Soto. No obstante, existían líderes menores que actuaban en las diversas batidas que hacían por las estancias (Castagno, 2012).

La actividad huelguista se inició en septiembre de 1921 cuando Antonio Soto comenzó un raid por el extremo sur del Territorio (Figura 6). En este viaje trató de lograr adherentes a la causa y recorrió varias estancias. Su recorrido fue a lo largo del río Chico de Gallegos, el borde cordillerano y retornando hacia el Este por el río Gallegos.

Figura 6.
Llegada de las Tropas del Ejército, Varela hacia Ea. Bremen, lugar del primer fusilamiento. Inicio de la huelga con el recorrido de A. Soto, su persecución por parte de Anaya hacia Fuentes del Coyle y los fusilamientos producidos por éste.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

El movimiento huelguista efectivo comenzó en Octubre, donde además de la huelga, se promovió la toma de estancias, rehenes y víveres. Los rehenes solían ser administradores de las estancias o sus hijos o los gerentes de las sucursales de las tiendas La Anónima o La Argensud. No obstante, en las estancias que tenían grupos familiares los huelguistas dejaban a una persona a cargo del sustento y seguridad de las mismas.

El 10 de noviembre de 1921, arribaron a Río Gallegos las tropas del ejército al mando del Coronel Varela. Dos días después, este jefe junto a una comisión, llegó a la estancia Bremen el Cifré, ubicada 60 km al oeste de Puerto Coig (Coyle). Allí los dueños tenían capturado un obrero, fruto de un enfrentamiento armado entre la familia propietaria y un grupo de obreros provenientes de Ea

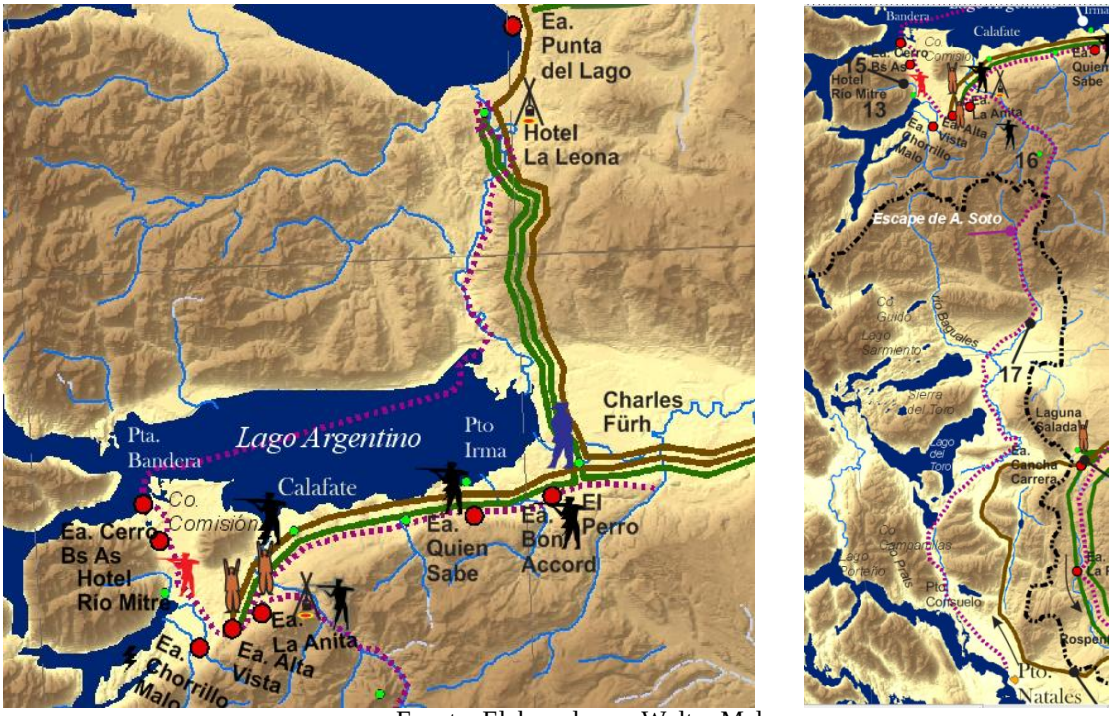
Ruben Aike-Las Vegas. Al llegar Varela a la estancia Bremen fusila allí mismo a este huelguista, siendo la primera víctima del conflicto (Figura 6).

Mientras tanto, el Capitán Viñas Ibarra con sus tropas había comenzado la persecución del grupo de Soto, realizando un camino similar al mismo. Luego del 14 de noviembre, en dicha persecución, cometió fusilamientos en las estancias Fuentes del Coyle y Punta Alta, en el extremo sudoeste del territorio. Llegó hasta Glencross sin lograr atrapar a Soto, retornando al Norte. Varela, que había llegado desde el camino del extremo sur, bordeando el río Gallegos, solicitó ingresar al territorio Chileno en busca del líder huelguista, ingresando por Rospentek y saliendo por cancha Carrera. No obstante, sin novedades regresó hacia Río Gallegos por La Esperanza (Figura 6).

Sin embargo, Antonio Soto no regresó a Río Gallegos, recorrió otras estancias por el centro del territorio, alcanzando llegar hasta la meseta central, al Norte de Cañadón León (hoy Gob. Gregores). Los últimos días de la huelga los pasó en la zona de Lago Argentino, visitando además campamentos huelguistas en la zona del lago Viedma y Hotel La Leona (figura 7)

Figura 7.

Derecha: Raid del Capitán Viñas Ibarra (Verde) y del dirigente Antonio Soto (Rojo punteado).
Izquierda: Escape de A. Soto desde la Ea. La Anita hacia Puerto Natales.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

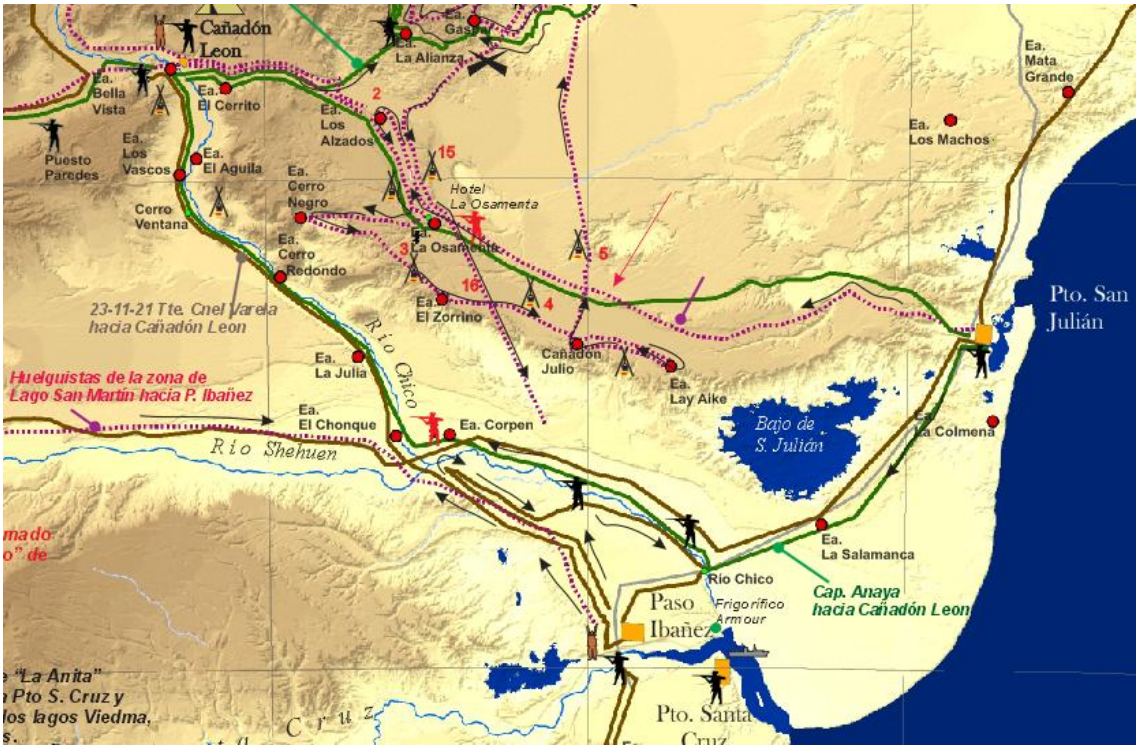
El capitán Viñas Ibarra continuó hacia el valle del río Santa Cruz para arribar los primeros días de diciembre a la zona del lago Argentino. Allí cometió fusilamientos en las Estancias Quien Sabe y parajes El Perro, ubicados al Este del lago Argentino y Cerro Comisión, al Oeste de El Calafate. No obstante, los fusilamientos más emblemáticos fueron el 7 de diciembre en la estancia La Anita. Allí se habían concentrado un gran número de huelguistas, donde se debatía sobre la situación reinante. Luego de pactar la rendición, fueron fusilados un número de obreros que aún se discute y que

diversas fuentes lo citan cercano a los cuatrocientos hombres. A pesar de esta situación, Viñas Ibarra no pudo atrapar a Soto, quien junto a un pequeño grupo, logró escapar desde la Ea. La Anita hacia Puerto Natales (Chile) y desde allí hacia Punta Arenas, donde vivirá hasta sus últimos días (figura 7). Varela arribó un día después a la Ea. La Anita, con la situación controlada, retornó a Puerto Santa Cruz para volver inmediatamente a la zona de los lagos. Allí inspeccionó el lago Viedma, el área del lago San Martín y el lago Posadas para luego regresar a Puerto Santa Cruz.

Mientras estos hechos acaecían en la zona Austral, se aclara que previamente el 16 de noviembre el Coronel Varela había arribado a la población de Paso Ibáñez (actualmente L. Piedrabuena), mientras que el Capitán Anaya lo hacía desde Puerto San Julián (Figura 8). La columna de huelguistas de la zona central, liderada por el herrero Albino Argüelles, había tomado dicha población. Varela consigue retomar Paso Ibáñez y reprime con torturas y fusilamientos. Posteriormente, Varela persiguió a los que lograron escapar capturándolos en Río Chico, cometiendo allí nuevos fusilamientos. Conjuntamente con el Capitán Anaya da persecución a otro grupo de huelguistas y en Cañadón León los logran atrapar, fusilando estimativamente a más de cien obreros.

Figura 8.

Raid del Cnel. Varela y el Capitán Anaya en el eje Cañadón León – Pto San Julián-Paso Ibáñez.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

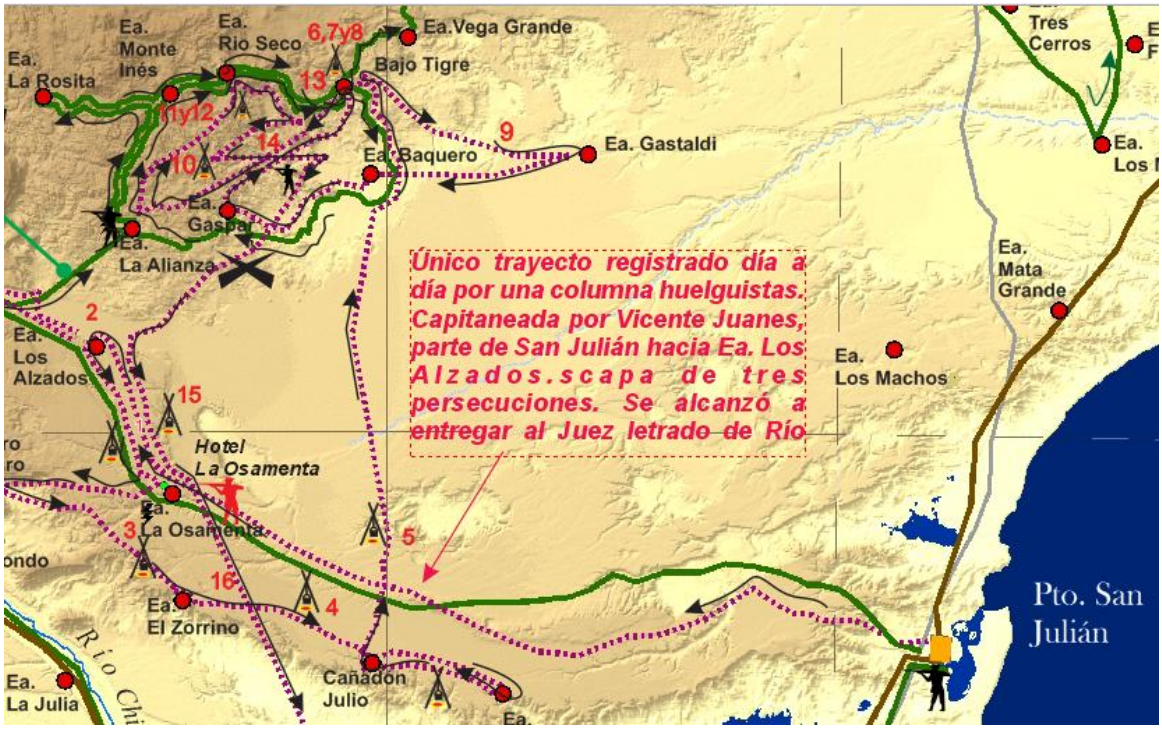
Luego del gran fusilamiento de Cañadón León, se continuó con rastrilladas menores en los alrededores, registrándose un fusilando en el paraje Puesto Paredes y posteriormente otra vez en Cañadón León. Varela se retiró de la zona mientras el Capitán Anaya continuó en el sector. En esta

zona se produjeron una de las más encarnizadas persecuciones. Los huelguistas sabían que si los atrapaban serían fusilados, de esta manera se produce una batida de más de 1000 km y de más de un mes por las intrincadas geoformas del macizo central.

Entre el 17 y 25 de diciembre se produjeron fusilamientos en Tapera de Casterán, La Alianza, Ea Gaspar, Los Granaderos y San José, En esta última caerán fusilados unos cien huelguistas, entre ellos el dirigente del área central, Albino Arguelles. De este sector, Bayer logra recuperar el único trayecto registrado día a día por una columna de huelguistas. Ésta era capitaneada por Vicente Juanes, que partiendo de San Julián, se escapa de tres persecuciones y alcanza a entregarse al Juez letrado de Río Gallegos, evitando así ser fusilado (Figura 9)

Figura 9.

Trayecto registrado día a día por la columna huelguistas. Capitaneada por Vicente Juanes.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

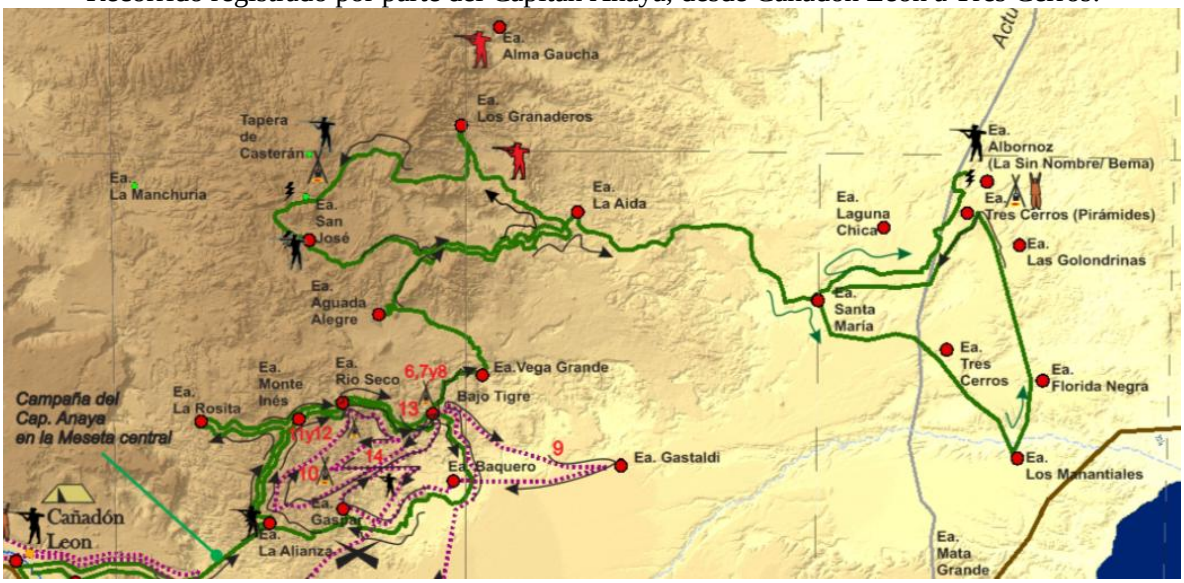
El raid del Capitán Anaya culmina en los últimos días de diciembre en la zona de Tres Cerros. En la estancia del comisario Albornoz (La Sin Nombre-Bema), luego de ser torturados, fueron fusilados entre ocho y diez hombres siendo éstos las últimas víctimas de esta falange militar.

Paralelamente a los hechos acaecidos en la zona de Tres Cerros, se producían también los últimos acontecimientos en el eje Puerto Deseado-Las Heras (Figura 8). En esta zona el líder de las huelgas era José Font (a) Facón Grande. Su área de operaciones abarcaba la zona que cubría Puerto Deseado, Bahía Laura, Las Heras, Caleta Olivia alcanzando hasta Ea. Los Granaderos (Tirachini, 1955).

Melo, W. D. 2014. Cartografía de la Patagonia Rebelde (1921). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 4. pp. 45-62. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 10.

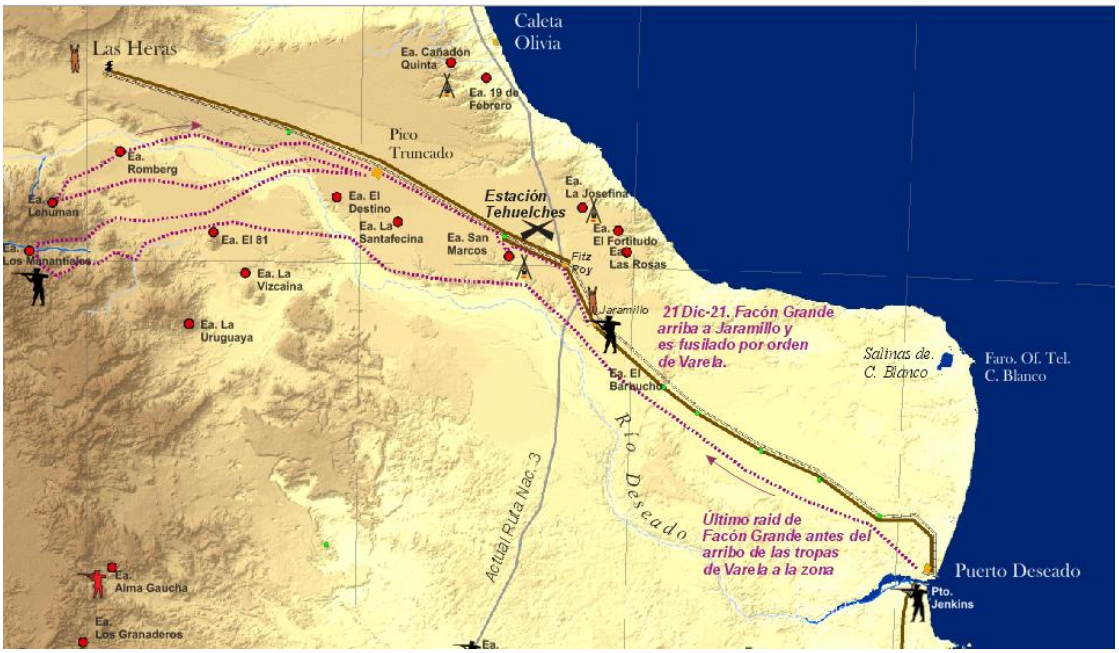
Recorrido registrado por parte del Capitán Anaya, desde Cañadón León a Tres Cerros.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

Varela partió de Puerto San Julián, luego de pasar por Bahía Laura, arribó a Puerto Deseado. Con el apoyo logístico que le brindaba contar con una infraestructura ferroviaria, movilizó sus tropas a lo largo del eje Puerto Deseado-Las Heras (Fig. 11). La población de Las Heras había sido tomada por un grupo de huelguistas y se envió hacia allí una comisión militar, produciéndose fusilamientos en esa localidad. Luego retornaron a Puerto Deseado con los prisioneros restantes y dos de ellos fueron fusilados en Puerto Jenkins.

Figura 11.
Acciones de las tropas de Varela entre Puerto Deseado y Las Heras.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

El 20 de diciembre Varela partió desde Jaramillo hasta la Estación Tehuelches en busca del grupo de huelguistas donde estaba José Font y que se encontraban acampando en la estancia San Marcos, vecina a dicha estación (Figura 8). Varela iba en automóvil junto con un grupo de soldados, al llegar a la estación se produce un enfrentamiento armado, donde mueren tres huelguistas y un conscripto, siendo éste la única víctima del ejército durante la totalidad de los hechos. Posteriormente una comisión perteneciente a este grupo de huelguistas se presenta en la estación ferroviaria de Jaramillo a parlamentar. Allí son detenidos y torturados por las tropas de Varela, para posteriormente ser fusilarlos. Entre ellos se encontraba el líder José Font.

El 28 de diciembre Varela y sus tropas retornaron a Puerto Deseado, donde fueron recibidos calurosamente dando por finalizado oficialmente el conflicto. Sin embargo, los fusilamientos continuarían en forma aislada, registrándose en Hotel La Esperanza, Corpen, Ea. Alma Gaucha etc. No obstante, por relatos dispersos se estima que hubo varios más durante el año 1922. Según evaluaciones tomadas de datos militares se calcula en 283 las víctimas, sin embargo nunca hubo datos oficiales publicados. Diversos sindicatos aseguran que las muertes fueron alrededor de 1.500 obreros.

Conclusiones

Los hechos ocurridos en la Patagonia Austral durante 1921 fueron profundamente analizados por especialistas de la historia. Sin embargo, desde la Geografía aún se pueden aportar conclusiones.

Se detectaron 7.120 km de recorrido lineal realizados por tropas del ejército y se registraron 30 sitios de fusilamiento (Figura 12). No obstante, se destaca que existieron numerosas comisiones

menores que batieron el territorio en diversas direcciones y que no se registraron. Lo mismo sucede con los fusilamientos individuales ocurridos durante y posterior a la huelga.

Los tres ejes de penetración; Zona Norte (Deseado-Las Heras), Zona Centro (San Julián – Cañadón León) y Zona Sur (Lago Argentino-Ea. Punta Alta-Río Gallegos) tuvieron diferencias en cuanto a la intensidad de los hechos dramáticos:

Figura 12.
Mapa de los acontecimientos ocurridos durante la huelga de 1921 en el Territorio Nacional de Santa Cruz.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

- La Zona Sur tiene 10 sitios de fusilamiento localizados en el oeste y sudoeste del sector, área de influencia de las grandes estancias. Contiene los puntos con mayor cantidad de víctimas en maza

-La Zona Centro tiene la mayor cantidad de sitios de fusilamientos (16), localizados en el centro de la zona y en el eje Cañadón León-Paso Ibáñez. Con escaso número de grandes estancias, las victimas corresponderían en su mayoría a los latifundios costeros y los limitantes con la Zona Sur.

La Zona Norte contiene la menor cantidad de puntos de fusilamiento (4). En esta zona predominaban pequeños y medianos propietarios donde los hechos más graves se dieron a lo largo del eje ferroviario Deseado – Las Heras.

Dado los medios de movilidad, las enormes distancias, las rutas con que se contaba, la escasa información geográfica, la muy baja densidad poblacional (13.6 km^2 por hab.) y la complejidad morfológica del territorio, se destaca la efectividad del ejército en realizar su tarea con 200 hombres, donde acabó con el movimiento en dos meses y con solo una baja en toda la campaña. El objetivo por acabar con la protesta rural, los líderes y sus seguidores, recorriendo enormes distancias y superando las duras condiciones ambientales para cometer esta serie de crímenes, se trataría de demostrar cuales eran las consignas ideológicas del sistema político-económico de entonces, sin dar lugar a la crítica por parte de los afectados. De esta manera se cumple con uno de los objetivos propuestos, que era reconocer la magnitud geográfica del conflicto, donde la persecución incansable del ejército, la intensidad de los hechos y los dramáticos acontecimientos se evidencian tanto en la distribución y cantidad de puntos de fusilamiento como en las enormes distancias recorridas.

Bibliografía

BARBERÍA Elsa 1995. Los dueños de la tierra en Patagonia Austral. 1880-1920.(Universidad Federal de la Patagonia Austral. Buenos Aires. 1995

BAYER, O. 1972. Los Vengadores de La Patagonia Trágica - Tomos I y II. Editorial: Editorial Galerna, Buenos Aires.

BAYER, O. 1993. La Patagonia Rebelde. Tomo I (Los Bandoleros), Tomo II (La Masacre), Tomo III (Humillados y Ofendidos) y Tomo IV (El Vindicador). Editorial Planeta Argentina, Buenos Aires.

BORRERO J.M., 1928. La Patagonia Trágica. Editorial Americana, 1963 - 238 páginas

CASRTAGNO José Manuscrito de memorias, en Santos C. R. “Facón Grande y otros dieciséis relatos”. 1ra Ed. 242p. Tejuelo Ed.

CHAPEAUROUGE C, 1901Carlos de Atlas del plano catastral de la República Argentina Buenos Aires: Eigendorf y Lesser,

CISELLI. Graciela, 1999. Bailando al compás de la lana. El ovino: Motor de desarrollo de Puerto Deseado (1881-1944). UNP San Juan Bosco. Comodoro Rivadavia, Chubut.

CISELLI, Graciela, 1999. El Ferrocarril:Medio de Transporte o vehículo poblador? En Briano, H.A. El Ferrocarril de Puerto Deseado al lago Nahuel Huapí. Biblioteca Pública popular y Municipal F.Ameghino. Puerto Deseado..Editorial Dunken.Buenos Aires.

CORREA FALCON, Edelmiro, 1924 A. La Patagonia argentina. Libro 1: estudio gráfico y documental del Territorio Nacional de Santa Cruz. Buenos Aires: Talleres G. Kraft, 1924.

INDEC, 2001.

LAGALLE, 2014. Circuito Historico Turistico (2009) "Tras los pasos de los huelguistas" Ruta de la huelga de 1921. Revisionismo histírico. Pág. Web.

MANCILLA M., SANTI S, SANTOS C. Y ZUÑIGA W., 2011. “De cara a la livertá”. Tejuelo Editores. Buenos Aires.

MANCILLA PÉREZ, Luis, 2010. Chilotes Fusilados en la Patagonia, Chiloé, Chile.

WILKINSON y LEFRANÇOIS. Plano de la Gobernación de Santa Cruz y Territorio de Magallanes, 1903 Tenencia de tierras en el extremo sur de Argentina y Chile. Bs.As.

TIRACHINI, Juan B. (1955): "Mi Labor de Medio Siglo en la Patagonia" Ediciones Hipocampo - Buenos Aires.

Melo, W. D.; Jiménez, J. F. y Alioto, S. L. 2014. El SIG como herramienta de recuperación de datos históricos: La Ruta de Llampilanguen (1804). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 5. pp. 63-72. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

El SIG como herramienta de recuperación de datos históricos: La Ruta de Llampilanguen (1804)

Walter Daniel Melo [*]
Juan F. Jiménez [**]
Sebastián L. Alioto [***]

Resumen

Con los aportes de la historia y la geografía, e interactuando con la diversidad de aplicaciones que contienen los SIG, el presente trabajo trata de recuperar antiguas vías de comunicación. Nace de una investigación realizada por Jiménez y Alioto (en prensa) sobre la relación de las sociedades nativas con el ganado introducido por los europeos en la región pampeana. La documentación más relevante es la descripción de un viaje realizado en 1804 por el cacique Llampilanguen, que partiendo desde la reducción de Trupf-Trupf en la actual IX Región chilena, llegó a la Laguna del Monte en la provincia de Buenos Aires. Por lo tanto, el objetivo consistió en rescatar parte de la ruta mencionada, hasta la zona de Curamalal, en las sierras de la Ventana, totalizando una distancia de unos 1000 km. El criterio utilizado contempló que, dadas las condiciones de traslado de la época, la ruta de un grupo que se movía a caballo y trasladaba animales sólo podía extenderse por parajes que tuvieran disponibilidad de agua en distancias cortas. En la metodología se utilizaron fuentes históricas con la antigua toponimia; la base cartográfica fue un modelo de elevación SRTM y tomas de Google Earth; y el SIG utilizado fue ArcGis 10.0, que con sus herramientas de buffer conectó los parajes relevantes.

Palabras claves: SIG, historia, rutas, ganado, sociedades nativas.

Abstract

With the contributions of history and geography, and interacting with the diverse applications that GIS contain, the present work tries to recover ancient roads. It emerged from an investigation by Jiménez and Alioto (in press) on the relationship between native societies and cattle introduced by Europeans in the Pampas. The most relevant documentation is the description of a journey made in 1804 by the *cacique* Llampilanguen who, departing from the Trupf-Trupf zone in the current Chilean IX Region, arrived at the Laguna del Monte in the province of Buenos Aires. Therefore, the objective was to rescue part of the mentioned route, up to the Curamalal area in the Sierras de la Ventana, adding up an overall distance of about 1000 km. The criterion used kept in mind that, given the transfer conditions at that time, the route used by a group which moved on horseback and carrying animals could only spread through places which have water availability over short distances. The methodology included the use of historical sources with ancient place names; the cartographic base was a SRTM elevation model and Google Earth shots; and the utilized GIS was ArcGIS 10.0, whose buffer tools were used to connect the relevant locations.

Keywords: GIS, history, roads, livestock, native societies.

[**] Docente-Investigador, Departamento de Geografía y Turismo (UNS) - Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET). wdmelo@iado-conicet.gob.ar
[**] Departamento de Humanidades - UNS.
[***] Departamento de Humanidades - UNS.

Melo, W. D.; Jiménez, J. F. y Alioto, S. L. 2014. El SIG como herramienta de recuperación de datos históricos: La Ruta de Llampilanguen (1804). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 5. pp. 63-72. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

En este trabajo el objetivo consistió en rescatar parte de la ruta mencionada, desde el área de la reducción de Trupf Trupf hasta la zona de Curamalal, en las sierras de la Ventana, totalizando una distancia de unos 1000 km. De esta manera, se logrará comprender cuales eran los sitios geográficos más relevantes que tenían los grupos aborígenes para movilizarse en los grandes espacios.

El viaje de Llampilanguen a las pampas: registro, contexto histórico e importancia historiográfica

El 10 de noviembre de 1793, una Real Orden le indicaba al Virrey del Río de la Plata y al gobernador y presidente del Reino de Chile dar cuenta de la posibilidad de abrir una ruta terrestre que comunicara a Buenos Aires con las localidades chilenas (Archivo General de Simancas, Secretaría de Guerra, 6885 Doc. 508). Los primeros intentos por responder a esa R.O. pueden verse en las instrucciones dadas a Tomás O'Higgins, quien durante su viaje por la Araucanía debía averiguar sobre los pasos cordilleranos empleados por los nativos y las rutas seguidas por ellos hacia las pampas de Buenos Aires (O'Higgins, 1943 [1796-1797]).

En 1803, las autoridades comenzaron una segunda etapa de indagaciones: por un lado, intentaron averiguar, sin buenos resultados, qué sabían al respecto los misioneros franciscanos (Archivo Franciscano de Chillán, Carpeta 10, fs. 46-47 vta.; 64-65); por otro, y con mejores perspectivas, emprendieron una serie de viajes de exploración de los boquetes cordilleranos y de las rutas pampeanas. Entre los viajeros involucrados en esos intentos se hallaban Cerro y Zamudio, quien cruzó los Andes por el paso de Maule en 1803 (ver su Diario en Archivo General de la Nación -en adelante AGN- IX 39.5.5); Barros lo hizo por los boquetes de Ancoa, Achihueno y Alico en 1804 (ver su Diario en AGN IX 19.7.4); Justo Molina por el boquete de Antuco en 1805 (ver su Diario en AGN IX 39.5.5), y finalmente Luis de la Cruz, que cruzó por Antuco y llego a Melincué en 1806 (ver su Diario en Archivo General de Indias, Audiencia de Chile, 179). La obtención del relato del viaje de Llampilanguen se enmarca dentro de estas indagaciones (una visión general de este proceso en Navarro Floria, 1994).

El cacique Llampilanguen no fue el primero en visitar al Virrey de Buenos Aires a principios del siglo XIX: a partir de 1802, la presencia de caciques provenientes de la Araucanía es una constante, y varios de ellos aparecen en la Comandancia de Luján (AGN IX 1.7.1). Lo que le da importancia a este viaje es que, a diferencia de los demás visitantes, el cacique realizó un relato de su trayecto frente a los miembros del Consulado de Buenos Aires, quienes lo dejaron registrado documentalmente (Declaración del Cacique D. Juan Yampilangien, Buenos Aires, 6-10-1804. AGN, Actas Manuscritas del Consulado de Buenos Ayres, División Colonia, Sección Gobierno, Sala IX, 29.1.4., Tomo 4º, f. 82V). Hasta donde sabemos, es uno de los pocos relatos de viaje realizados por nativos que existen para el siglo XIX (los otros pueden consultarse en Bello Maldonado, 2011).

Llampilanguen pertenecía a un grupo de dirigentes indígenas que habían de seguir una política de colaboración con las autoridades hispánicas: el hecho de que tuviera un nombre de pila revela que estaba bautizado, claro indicio de buena voluntad hacia el orden imperial. Uno de los fondos de poder de estos líderes consistía en su buena relación con las autoridades, su conocimiento del funcionamiento de la estructura burocrática y su capacidad de establecer lazos personales en todos los niveles de la burocracia imperial (Boccara, 1998).

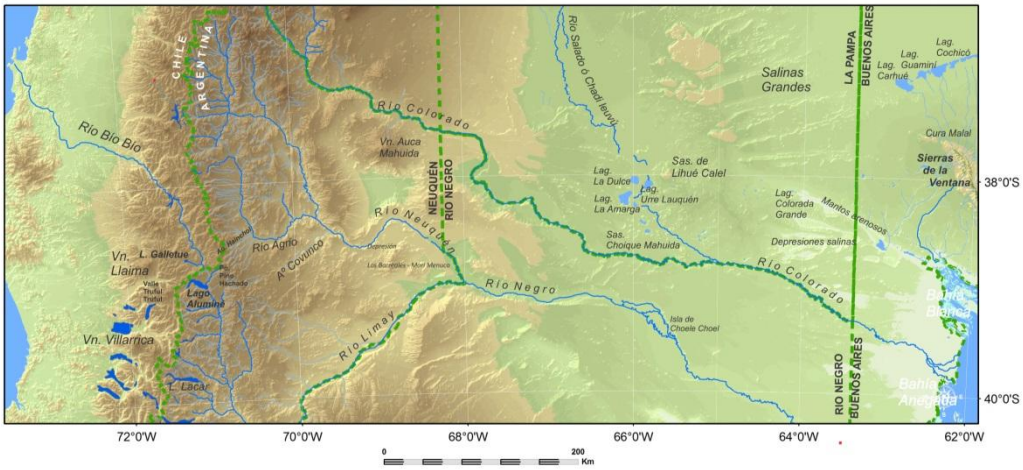
La gente de la reducción de Truff-Truff pensaba emprender este viaje a Buenos Aires desde 1796, fecha en que le pidieron un pasaporte para presentarle al virrey rioplatense al capitán Tomás O´Higgins, en el momento en que los visitó mientras atravesaba la Araucanía siguiendo el Camino de los Llanos que vinculaba Valdivia con Los Ángeles (O'Higgins 1943 [1796-

1797]). El objetivo que los guiaba era abrir una nueva ruta comercial que les permitiera participar en el lucrativo intercambio de textiles por ganados con indígenas y criollos. Esta oportunidad les había estado vedada durante gran parte del siglo XVIII por el conflicto entre los grupos cordilleranos *pewenche* y *huilliche*.

Área de estudio

El área que ocupa actualmente la ruta realizada por el cacique Llampilanguen se inicia en la actual IX Región chilena, desde la comunidad Trupf-Trupf (Truf Truf, Temuco) hasta Curamalal en la provincia de Buenos Aires, abarcando unos 900 km de extensión (Figura 1).

Figura 1.
Área de estudio.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

En el sector chileno, la IX Región contiene las actuales provincias de Malleco y Cautín, la Cordillera de Los Andes se encuentra formada por algunos cordones transversales y otros en forma de arco. Tiene sus mayores cumbres en volcanes como el Lonquimay, Tolhuaca y Llaima. Con un clima húmedo y verano fresco (IGM, 1983), este sector del área de estudio está contenido en la ecoregión valdiviana y el sector oriental pertenece a la subregión del Bosque de Araucanía Andina (Dinerstein et al, 1995). La comunidad dominante de este distrito es el bosque de pehuén, árbol que cuenta con ejemplares enormes de hasta 1000 años de edad. Lo acompañan en menor número la lenga y el ñire. Entre los arbustos, los más conocidos son los calafates y las cañas coligües.

El sector argentino corresponde a las actuales provincias de Neuquén, Río Negro, La Pampa y Buenos Aires. En la provincia de Neuquén, el área de estudio comprende un sector de la cuenca hidrográfica del río Neuquén. En el sector de análisis, esta provincia tiene un clima de transición Oeste a Este que va desde el Subhúmedo Andino, semiárido de montaña y semiárido de meseta (Abeucci C. y Sarafian). Esta situación determina dos ecorregiones: El Bosque Andino-Patagónico y la Estepa Arbustiva Patagónica (árida). El Bosque Andino-Patagónico es continuación del Bosque de Araucanía Andina de Chile y según Cabrera, 1976, contienen al distrito fitogeográfico Subantártico del Pehuén. Estepa Arbustiva Patagónica, con suelos pedregosos, ricos en carbonato de calcio y pobres en materia orgánica, se caracteriza fisonómicamente por presentar una estepa arbustivo-herbácea con distintas especies de coirones y arbustos (Sapoznikow et al,).

En la provincia de Río Negro, el área de interés se localiza entre los ríos Colorado y Negro. Este sector pertenece a la ecoregión del Monte (SIAN, 1997). El clima es templado-árido y escasas

precipitaciones con predominio de precipitaciones en torno a los 100 mm y ocasionalmente hasta 200 mm. Los suelos son predominantemente ardisoles. La salinidad y la pedregosidad son rasgos frecuentes. La vegetación es pobre, y el jarillal predomina tanto en las mesetas como en los taludes de las terrazas fluviales y en las planicies bajas.

En la provincia de la Pampa, el área de interés es la porción sudeste. Los suelos tienen capas petrocálcicas y zonas medanosas. El clima es templado y seco con marcados déficits hídricos. Contiene dos subregiones, el del Caldén, sector semiárido y de transición entre la Pampa y el Monte y el de los Algarrobos, subhúmedo de transición. Al Este de la confluencia de los ríos Salado (Curacó) y Colorado se extiende el área de Valles pampeano – bonaerenses (Melo et al, 2003). Los valles se encuentran alineadas en tres cadenas separadas entre sí por cerros mesas. Estas geoformas presentan en su interior formaciones lagunares salinas. Desde la depresión Colorada Grande hasta el salitral de la Vidriera estas unidades se encuentran rodeadas por extensas cadenas de mantos arenosos.

En la actual provincia de Buenos Aires, le corresponde la ecorregión de la Pampa, también llamada Llanura o Pradera Pampeana. El clima, con lluvias que oscilan en 600 mm, es templado-húmedo a subhúmedo con veranos cálidos. En el oeste se ha desarrollado un extenso sistema de lagunas de aguas dulces o salobres, a veces encadenadas entre sí. La formación vegetal originaria es el pastizal templado, cuya comunidad dominante es el flechillar. Predominan géneros de gramíneas, pastizales halófilos, con pasto salado y espartillo; pajonales y comunidades boscosas de espinales restringidas a barrancas. La suavidad del relieve es interrumpida por las sierras de la Ventana, En las Sierras Bonaerenses los contrastantes cambios morfológicos, edáficos y a veces microclimáticos, han favorecido la presencia de comunidades vegetales propias.

Los cursos hídricos del sector de interés

En el sector chileno, el Lago Galletué tiene una longuitud de unos 6.2 km y un ancho de 2.2 km. Conjuntamente con el lago Icama da lugar al nacimiento del rio Bio Bio, uno de los más caudalosos del país. Perteneció a un sistema glacial que recibía los aportes de hielo que fluían del Volcán Llaima y Sierra Nevada y a los cuales aún está unido por afluentes menores.

El río Colorado es originado por los afluentes del extremo Norte de la provincia de Neuquén y del Sudoeste de la provincia de Mendoza. Este escurre a lo largo de 922 kilómetros con dirección Noroeste-Sudeste hacia la costa Atlántica, atravesando transversalmente el país por las jurisdicciones de cinco provincias (MHOSP, 2003).

El río Neuquén nace en el extremo Norte de la provincia homónima. En este trayecto recibe el aporte de un buen número de afluentes desde los cerros cordilleranos que llegan desde su margen derecha. Sus tributarios más importantes son los últimos que recibe, el río Agrio y el arroyo Covunco. A partir de esta confluencia el río Neuquén toma rumbo al este - sudeste hasta la confluencia de este cauce con el del río Limay para convertirse en el Río Negro. Con el fin de controlar las crecidas del río Neuquén, ántes de finalizar pasa previamente por la depresión natural de los lagos Los Barreales - Mari Menuco y por el lago Pellegrini creado para el mismo fin (Abeucci C. y Sarafian). Se destaca que en el siglo XIX, el río Neuquen bordeaba estas depresiones.

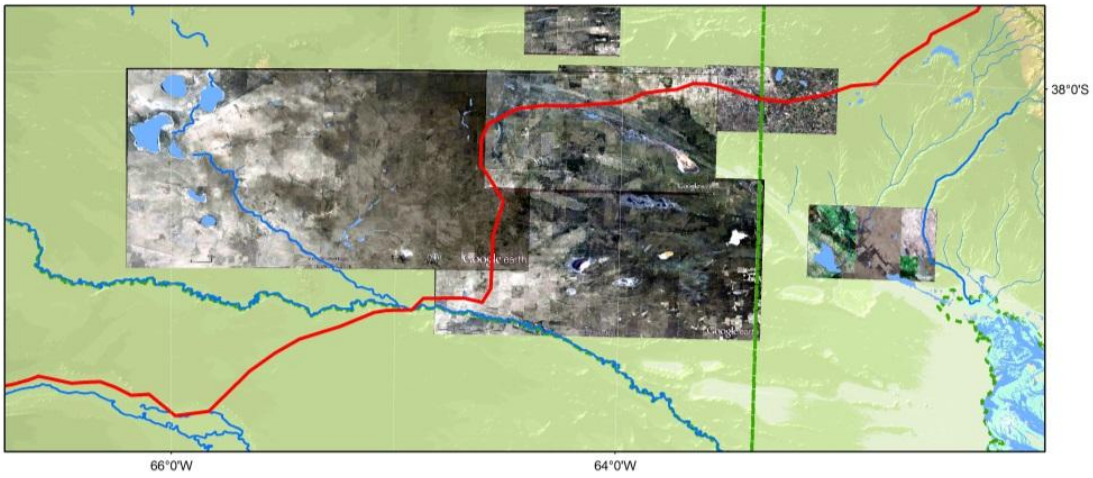
El río Negro se origina de la confluencia del río Limay que se caracteriza por ser un río muy regular, ya que sus aguas provienen de lagos, y del río Neuquén que, en cambio, es irregular pues las lluvias de otoño producen crecidas extraordinarias. El río escurre desde su naciente por un valle formado por la intensa erosión desarrollada en las mesetas patagónicas y se encuentran bardas de diferentes alturas con tendencia a disminuir hacia el este. Este valle tiene un ancho variable que va de 5 Km en Chelforó a 25 Km en Choele-Choel. (Martinez,). A pesar de ser

uno de los ríos más importantes del país, sus únicos tributarios son los dos ríos que lo conforman.

Materiales y métodos

Los hechos históricos que se describen en este trabajo fueron anteriores a la creación de los países de Chile y Argentina; por lo tanto la demarcación de límites tanto internacionales como provinciales que aparecen en este trabajo son para comprender en la actualidad cual fue la traza de la ruta estudiada. A partir del análisis de material cartográfico histórico, se evaluaron las probables rutas utilizadas por el grupo indígena en cuestión, uniendo parajes, cuerpos de agua y cursos hídricos. Con el fin de encontrar la ruta seguida por los diferentes grupos a lo largo del tiempo en el sector chileno, se estudiaron las cartas de Meyer (1853), Paz Soldán (1888) y Fuentes (1903); también se capturaron imágenes con Google Earth para reconocer el terreno de los posibles sitios recorridos por el grupo. Posteriormente estas tomas se georeferenciaron en Envi.

Figura 2.
Imágenes de Google Earth georreferenciadas e insertadas en el SIG.

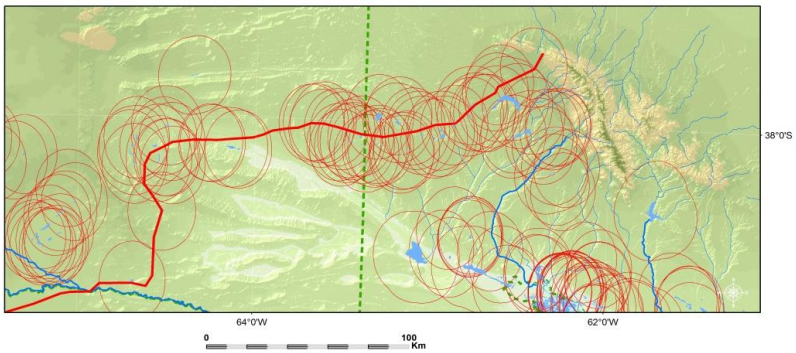


Fuente: Elaborado por Walter Melo.

Para determinar los tramos de la ruta acerca de los cuales no se detallan en el relato los lugares atravesados, se utilizó la limitante que tenían las largas travesías de grupos en aquellas épocas, que era de unos treinta kilómetros diarios. A esto se le sumaba la necesidad que tenía el ganado de beber agua diariamente. En ese sentido, se utilizó la herramienta buffer de ArcGIS, que tiene la posibilidad de ver la influencia de un objeto a través de la creación de anillos concéntricos. De esta manera, se determinó en 30 km. la influencia de los cuerpos lagunares y posteriormente se unió linealmente a los más cercanos (Figura 3).

Melo, W. D.; Jiménez, J. F. y Alioto, S. L. 2014. El SIG como herramienta de recuperación de datos históricos: La Ruta de Llampilanguen (1804). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 5. pp. 63-72. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 3.
Herramienta buffer de ArcGIS, con la influencia lagunar circular de 30 km.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

En el tramo argentino, además de las imágenes de Google Earth (Figura 2), se obtuvieron imágenes Spot para analizar con mayor detalle los sitios de interés. Tanto las imágenes Spot como las obtenidas por Envi se insertaron en el SIG. El sistema de información geográfico utilizado fue ArcGIS 10. En el mismo se creó un archivo shape para la ruta del grupo, mientras que los archivos de los recursos hídricos pertenece al archivo del Instituto Geográfico Nacional. La base topográfica utilizada en el mapa final es del modelo srtm dem de la Nasa, utilizándose para Chile los identificados como 22_21 y 22_20; mientras que para Argentina fueron 23_20, 23_21, 24_20 y 24_21.

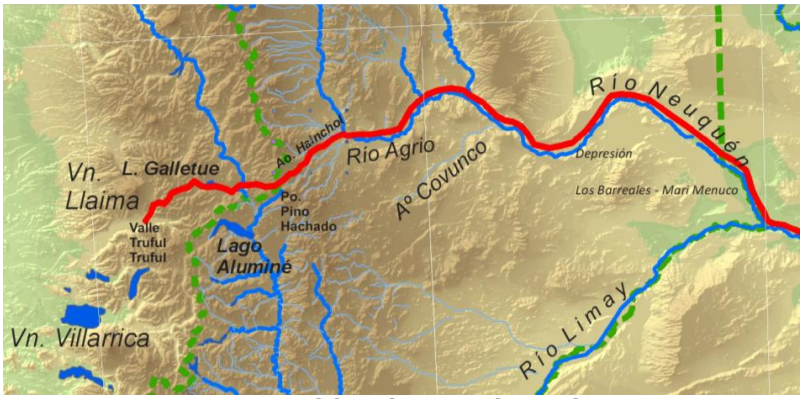
Resultados

En la primera parte del recorrido realizado por el grupo del cacique Llampilanguen se recuperó el siguiente texto:

"... de Leblonga fuimos a Guilleltue, Valle grande, donde siempre hay gentes y todo lo necesario para la vida, de carnes, aguas, leñas, frutales y Arboles muy grandes"

Se interpreta que el grupo, situado en la actual IX Región (Región de la Araucanía) de la República de Chile, arribó, después de recorrer el valle de Truful Truful, a la laguna de Galletué (Guilleltué), área de transición entre el bosque lluvioso valdiviano y la subregión del Bosque de Araucanía Andina. Del texto se desprende que las condiciones ambientales del área de la laguna Galletué facilitaban el desarrollo de las actividades humanas y por lo tanto tenía población permanente (Figura 4).

Figura 4.
Ruta entre el área actual de Truful Truful y la confluencia de los río Neuquén y Limay.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

El texto del cacique continúa:

"... desde alli llegamos á la Cordillera de Puelmanda, pasamosla ese dia, y aloxamos en un Valle de Pinos que son los últimos hasta donde los hay dela Cordillera para acá; desde ay venimos al rio Ranchil … ...desde ay venimos al rio Ranchil hasta que entró al Río Naukien"

La cordillera de Puelmanda se estaría refiriendo a la Puel Mapú, tierra del lado Este de la Cordillera de los Andes y el valle de pinos, localizados en el borde de la subregión del Bosque de Araucanía Andina, sería el que actualmente se conoce como paso de Pino Hachado. El río Ranchil sería el Arroyo Hainchol, afluente del rio Agrio y que en este texto se reconoce a ambos cursos como uno solo. Por lo tanto, después de cruzar por Pino Hachado, el grupo siguió por el arroyo Hainchol y luego por el río Agrio hasta alcanzar el río Neuquén (Naukien).

"... y trayendolo a mano derecha que es el Sur. vimos un Rio que venia de la misma parte, y se junta con Naukien que el llaman Limanleu"

El grupo continuó por la margen izquierda del rio Neuquén, hasta arribar a la confluencia de este con el río Limay (Limanleu) (Figura 4). Se destaca que si bien en el tramo del río Neuquén el viaje presentaba el beneficio de contar constantemente con el recurso del agua, se estima que este sector habría presentado las mayores dificultades para atravesarlo debido al desarrollo de barrancas y de valles encajonados.

"... y traximos el Limanleu á la derecha por un mes alojando a sus orillas, donde hay todo lo necesario para la vida, y no hay Piedra;"

Los pueblos aborígenes reconocían al actual rio Negro también como Limanleu, tratándolo como una continuación del río Limay, debido esto posiblemente a la ausencia de tributarios en lo que resta de su trayecto hasta su desembocadura en el mar. En el tramo recorrido por el grupo, el río Negro tiene su flanco erosivo sobre el lado sur, situación que genera durante unos 200 km, hasta la isla de Choele Choel, una serie de barrancas. En cambio, la margen norte ofrecía un sitio de depositación de los sedimentos erosionados de las barrancas y por esta situación fue elegida por el grupo para transitar y acampar (Figura 5).

Figura 5.
Recorrido entre el área actual de la confluencia del rio Neuquén con el Limay y el río Colorado.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

"…dexando á Limanleu cortamos al N. por una altura que no tiene agua, ,,,y aloxamos una noche todavia sin agua; al otro dia llegamos á un Rio de aguas turvias que se llama Wielen,"

En este tramo el grupo abandona la ruta a lo largo de cursos de agua, prácticamente desde su partida en la actual IX Región chilena. El objetivo de abandonar el río Negro era alcanzar el río Colorado (Wilen). No obstante, la separación más cercana entre ambos cursos es de unos 37 km., distancia que se podría haber hecho en una jornada, y en el relato se marca que estuvieron acampando en ese trayecto. No se hace referencia a la confluencia del río Colorado con el rio Salado (Chadileuvú), eje que conducía también hacia el norte a lo largo de humedales. Es posible que el grupo conociera esa ruta, pero seguir por allí hubiese implicado alargar el recorrido hacia Curamalal. De esta manera, se siguió una ruta de unos 80 km a través del desierto.

"...Wielen, lo pasamos á bado con nras. cargas, y hay Árboles y traiendolo á la mano derecha venimos por sus orillas algunos dias hasta que cortamos ál N."

Cruzan el río Colorado hacia la actual provincia de La Pampa. Alcanzan el área de la eco-región del monte, pues los árboles que se observan debieron ser caldenes y algarrobos. Si bien en el relato se marca que estuvieron algunos días sobre la margen izquierda del río, no se habrían desplazado más kilómetros de los que podrían haber hecho en una jornada. Esto es debido que si seguían por este curso, al marchar al norte se habrían acercado al área de salinas, salitrales y mantos arenosos del sudeste pampeano, lugar conocido como tierra del diablo (Zeballos, 1879) y difícil de atravesar para el ganado, a la vez de alejarse de la laguna Guada (Figura 6).

Figura 6.
Recorrido entre el área actual del río colorado y laguna Nahuel Có.



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

"... acabados los Arboles llegamos á Guada cuyo nombre dan p.r que hay muchas calabazas Silvestres, y de Guada llegamos á una laguna que tiene Sal, y está en el mismo camino, dexando esta Salina al S. cortamos para el N"

En este sector, los caldenes y algarrobos dan lugar a los arbustos espinosos y por eso el grupo no los observó. Vecina al área de las grandes depresiones salinas y mantos arenosos del Sudeste pampeano, predominan pequeñas lagunas de aguas salobres o saladas. Al marchar hacia el norte, el grupo alcanza a la laguna Guada, y luego de seguir por una ruta que encadena varias lagunas menores, alcanzan Nahuel Có.

Melo, W. D.; Jiménez, J. F. y Alioto, S. L. 2014. El SIG como herramienta de recuperación de datos históricos: La Ruta de Llampilanguen (1804). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 5. pp. 63-72. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

"… llegamos á un lugar que llaman Fresco donde suelen haber Indios por haber agua todo el año en esteritos, y hay Leña, de allí á otro lugar Nahuelcó q.e las aguas son salobres"

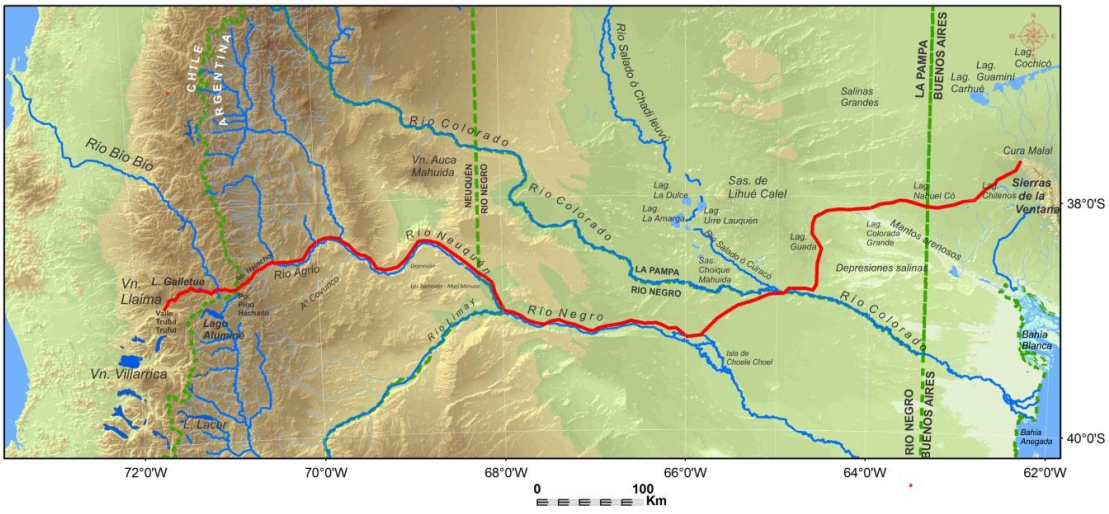
En los límites actuales de las provincias de La Pampa y Buenos Aires, el aumento de las precipitaciones da lugar al pastizal pampeano y las formaciones lagunares, combinados con las formaciones leñosas (algarrobo, caldén, etc.). Por lo tanto el sitio denominado Fresco pudo tratarse de un área extensa donde predominaban esas condiciones. Es posible que el tramo realizado entre el río Colorado y Nahuel Có tuviese alternativas paralelas debido a la presencia de diversos pequeños cuerpos de aguas salobres. Dependiendo de las condiciones de humedad de la región y las características de la conformación del grupo, los sitios precisos de la ruta podrían haber variado.

"…de Nahuelcó siempre al Norte llegamos á una Cuesta que se llama Curamalá,"

La ruta que sigue desde Nahuel Có hasta Curamalal está conformada por diversas lagunas y cursos de agua que los unen, varias de ellas pertenecientes a la cuenca de la laguna Los Chilenos. Este tramo ofrecía buenas condiciones topográficas y presencia de fuentes de agua como para realizar sin grandes obstáculos los 80 kilómetros que separan ambos puntos.

Con este último tramo relevado, se concluye que la ruta trazada alcanzó unos 1000 km de recorrido (Figura 7), y que los sistemas de información geográfica y los elementos que ofrecen las tecnologías de información geográfica constituyen una buena herramienta para la elaboración de trabajos interdisciplinarios, como en este caso con profesionales de la historia.

Figura 7.
Ruta trazada por en 1804 por el cacique Llampilanguen, entre la reducción de Trupf trupf (IX Región en Chile) y Curamalal (Pcia de buenos Aires, Argentina).



Fuente: Elaborado por Walter Melo.

Bibliografía

ABEUCCI C. y SARAFIAN P. *CUENCA DEL RÍO NEUQUÉN- Cuenca Nº 62*. Subsecretaría de Recursos Hídricos.

BELLO MALDONADO, A. 2011. *Nampülkafe. El viaje de los mapuches de la Araucanía a las pampas argentinas*. Temuco, Ediciones Universidad Católica de Temuco.

Melo, W. D.; Jiménez, J. F. y Alioto, S. L. 2014. El SIG como herramienta de recuperación de datos históricos: La Ruta de Llampilanguen (1804). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 5. pp. 63-72. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

BOCCARA, G. 1998. *Guerre et ethnogenèse Mapuche dans le Chili Colonial. L´invention du soi*. París, L´Harmattan.

CABRERA, A. L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*, Tomo II Fs. 1. Ed. ACME. Bs. As. Argentina. 1-85 pp.

DARH. 2004. Evaluacion De Los Recursos Hidricos Superficiales En La Cuenca Del Rio Bio Bio. Departamento de Administracion de Recursos Hidricos, Informe Tecnico S.D.T. Nº 183. Direccion General De Aguas. Ministerio De Obras Públicas. Gobierno de Chile. Santiago.

DINERSTEIN E, DM OLSON, DJ GRAHAM, AL WEBSTER, SA PRIMM, MP BOOKBINDER, G LEDEC; 1995. *A conservation assessment of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington, DC, USA. The World Bank. 129 p.

IGM. 1983. *Carta Ecorregiones de Chile*. Instituto Geográfico Militar de Chile.

MARTINEZ, S. *Cuenca del río Negro- Cuenca Nº 64.* Subsecretaría de Recursos Hídricos.

MELO, W.D., SCHILLIZZI, R., PERILLO, G.M.E. y PICCOLO, M.C. 2003. Influencia del área continental pampeana sobre el origen y la morfología del estuario de Bahía Blanca. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 10:65-72.

MEYER, J. 1853. Die Republiken Chili, La Plata und Uruguay, 1853. (with) Sudl. Theil von Patagonia. H.S(chleifmann sculp). Stahlstich, Druck u. Verlag des Bibliographischen Instituts in Hildburghausen, (1860). Atlas.

NAVARRO FLORIA, P. 1994. *Ciencia y política en la región Nordpatagónica: el ciclo fundador (1779-1806).* Temuco, Departamento de Humanidades/Facultad de Educación y Humanidades, Universidad de la Frontera.

O'HIGGINS, T. 1943 [1796-1797]. "Diario de viaje del capitán D. Thomas O'Higgins de orden del virrey de Lima, el marqués de Osorno. 1796-1797." *Revista Chilena de Historia y Geografía*, 103:30-82, Santiago de Chile.

SAPOZNIKOW A, REEVES C, DEGORGUE G, SESSA G , DE LA RETA M. 2008. Flora de la Estepa. Consolidación e Implementación del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica para la Conservación de la Biodiversidad ARG/02/G31. Fundación Patagonia Natural: Puerto Madryn, 35 p.

SIAN, 1997. *Mapa de Ecoregiones*. Sistema de Información Ambiental Nacional.

ZEBALLOS, E. 1879. Mapa Descripción Amena de la República Argentina. En *Viaje al país de los Araucanos*. J. Peuser 1881.

Rodríguez, B.; Carbone, M. E y Ángeles G. R. 2014. El potencial turístico de la localidad de General Conesa en el marco del corredor Playas y Valles de la Patagonia Argentina. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 6. pp. 73-82. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

El potencial turístico de la localidad de General Conesa en el marco del corredor Playas y Valles de la Patagonia Argentina

Brenda Rodríguez [*]
M. Elizabeth Carbone [**]
Guillermo R. Ángeles [***]

Resumen

La integración de rutas turísticas asociando dos o más centros con infraestructura y equipamiento que permitan su uso y desarrollo, es una de las estrategias más utilizadas desde las gestiones políticas a diferentes escalas gubernamentales. El objetivo de este trabajo es analizar el potencial turístico de General Conesa en el marco del corredor patagónico. Se cuantificaron las variables internas y externas de la matriz FODA para esta localidad como centro turístico de estadía y distribución. El valor integrado de las variables internas (2,83) y externas (3,10) indica un importante posicionamiento de la mencionada localidad como centro en el corredor patagónico. Los datos obtenidos se elaboraron en un SIG y se generaron mapas temáticos con los recursos naturales y culturales, con la restauración y alojamiento que ofrece la localidad en el marco del corredor y de las variables interrelacionadas.

Palabras claves: Matriz FODA, SIG, recursos turísticos, General Conesa

Abstract

The integration of tourist routes combining two or more centers with infrastructure and equipment to enable their use and development is one of the most used strategies from managements to different government levels. In this research the tourism potential of General Conesa under the Patagonia corridor is analyzed. Internal and external variables of the SWOT matrix for the town stay as a tourist center and distribution were quantified. The integrated value of internal variables (2.83) and external (3.10) indicates a significant position of the town as a center in the Patagonian corridor. The data were processed in a GIS and thematic maps were generated with natural and cultural resources, with catering and accommodation offered within the resort corridor and interrelated variables.

Keywords: SWOT Matrix, SIG, tourist resources, General Conesa

[*] Departamento de Geografía y Turismo - UNS. 12 de Octubre 1198, 4 piso. Bahía Blanca.
[**] Docente-Investigadora, Departamento de Geografía y Turismo (UNS) - IADO (CONICET). 12 de Octubre 1198, 4 piso. Bahía Blanca. ecarbone@criba.edu.ar
[***] Docente-Investigador, Departamento de Geografía y Turismo - UNS. 12 de Octubre 1198, 4 piso Bahía Blanca.

Rodríguez, B.; Carbone, M. E y Ángeles G. R. 2014. El potencial turístico de la localidad de General Conesa en el marco del corredor Playas y Valles de la Patagonia Argentina. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 6. pp. 73-82. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

El turismo puede ser el incentivo para el desarrollo local de un gran número de zonas. Esta actividad permite dinamizar las actividades económicas tradicionales y valorizar las particularidades culturales y naturales locales, La actividad turística tiene su espacio de análisis dentro del ámbito económico-productivo, como uno de los vértices de la sustentabilidad. El mismo se encuentra relacionado, en términos generales con la generación de ingresos a través de la producción de bienes y servicios y de puestos de trabajo y tecnologías afines a la actividad turística (Morillo, 2002). Para poder determinar el potencial turístico de un área se debe realizar un diagnostico integrado que considere la oferta, la demanda, la competencia y las tendencias del mercado turístico. En este tipo de estudios en los últimos años se ha incrementado el uso de indicadores y variables económicas (Medina y Jimenez, 2011).

La cuantificación de las variables involucradas en el diagnostico de situación de la actividad turística integradas por ejemplo en una matriz FODA permite establecer estrategia para la optimización de la actividad turística identificando las fortalezas y debilidades. Una de las estrategias utilizadas para el desarrollo turístico regional es la implementación de corredores turísticos de estadía, integrados por rutas troncales de circulación, con atractivos turísticos de jerarquía (Secretaría de Turismo, 2005) Otros autores definen estos corredores como un eje de comunicación entre dos o más centros turísticos (Boullón, 1985).

Desde el año 2009 se ha puesto en marcha el desarrollo del corredor turístico denominado Playas y Valles de la Patagonia integrado por los siguientes municipios: Río Colorado, General Conesa, Carmen de Patagones, Viedma, San Antonio Oeste, Las Grutas, Sierra Grande, Playas Doradas, Puerto Madryn, Puerto Pirámides, Trelew, Rawson, Playa Unión, 28 de Julio y Gaiman (Fig.1).

Una de las localidades que forma parte de este corredor turístico es General Conesa, ubicada en el cruce de Ruta Nacional N° 250 y Ruta Nacional N° 251 sobre la margen del Río Negro, el cual lo atraviesa en toda su extensión. El objetivo de este trabajo es analizar el potencial turístico de dicha localidad en el marco del mencionado corredor de estadía.

Materiales y método

Este trabajo de investigación plantea por un lado un abordaje a escala regional abarcando los 15 municipios del corredor y por otra parte plantea una escala local involucrando una de las localidades del corredor en este caso General Conesa. Se elaboró una matriz FODA para cada una de las localidades que integran el corredor (Ponce Talancón, 2006)

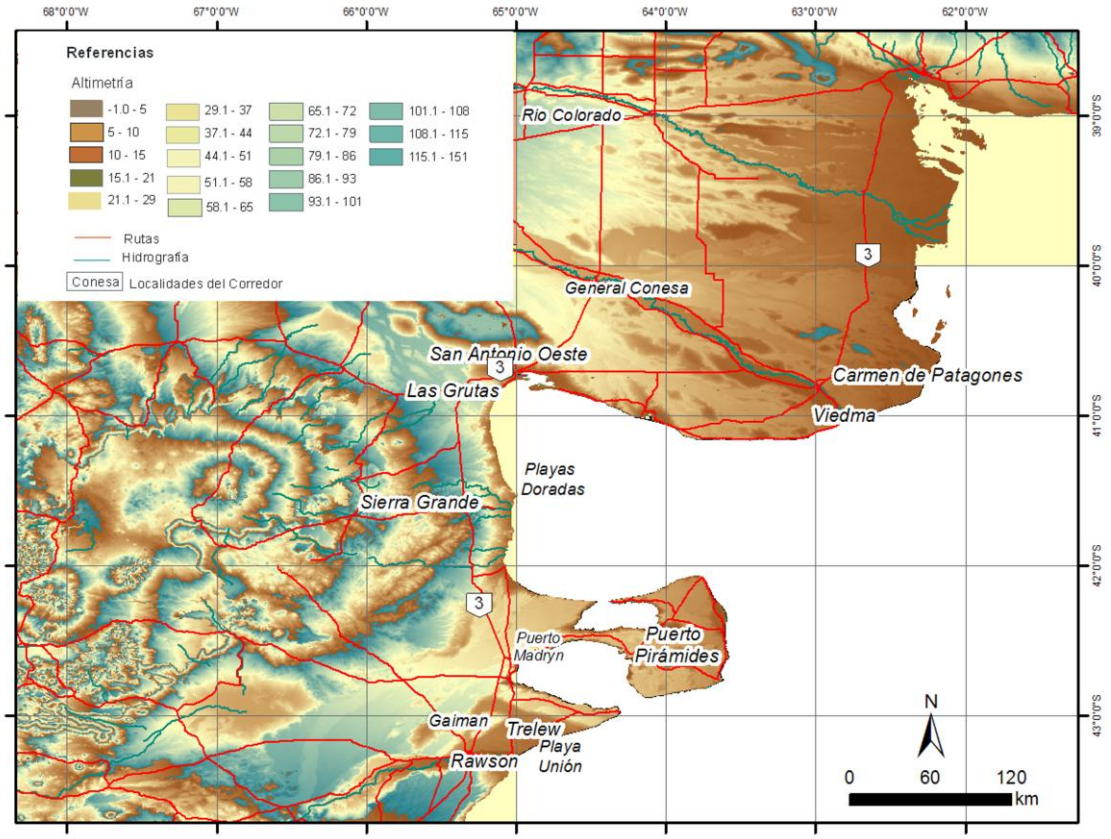
Las variables internas y externas fueron transversales para todos los municipios. Se realizó la ponderación de acuerdo a la debilidad y fortaleza con valores que varían de 1 a 4, para los factores internos. Las variables externas fueron calificadas de acuerdo al grado de influencia de la amenaza o la oportunidad sobre el área de estudio con valores de 1 a 4 según sea baja o alta respectivamente. Algunos de los factores internos considerados se presentan a modo de ejemplo en la Tabla I.

Los datos que permitieron obtener el peso de cada variable fueron obtenidos de diferentes fuentes: a. Plan Estratégico de Turismo 2016 y 2020. b. Relevamiento de atractivos turísticos y planta de cada una de las localidades del corredor. c. Mapa de rutas. d. Cartas topográficas (Gral. Conesa, San Antonio Oeste).

Tabla I.
Peso ponderado de variables internas matriz FODA.

FACTORES INTERNOS	Peso	Calificación	Peso ponderado
FORTALEZAS			
Presencia de recursos naturales de jerarquia	0,15	4	0,6
Cercanía a un importante destino de sol y playa de la Patagoni	0,12	4	0,48
Aumento de inversión de capitales locales dirigidos a la oferta	0,1	4	0,4
Importante nodo de comunicación entre las principales ciudad	0,05	4	0,2
Existencia de atractivos culturales	0,075	4	0,3
DEBILIDADES			
Insuficiente señalética en el ingreso a la localidad.	0,15	2	0,3
Escasa oferta respecto de la restauración	0,05	2	0,1
Inexistencia de una Oficina de Turismo permanente	0,05	1	0,05
Escasa oferta de actividades turísticas	0,05	2	0,1

Figura 1.
Localización del corredor de estadía Playas y Valles de la Patagonia.



Fuente: Elaboración M. Elizabeth Carbone.

La cuantificación de la matriz fue sistematizada de manera comparativa abordando las variables internas y externas elaboradas a tal fin. Cabe aclarar que este trabajo de investigación forma parte de uno más extenso donde se analizan todos los municipios involucrados. Para esta presentación se analiza la situación particular de General Conesa. Se realizó un relevamiento in situ de los recursos turísticos naturales y culturales, de la oferta (alojamiento, restauración, empresas de turismo activo e instalaciones de uso público), de la demanda y la información y comercialización turística. Para el relevamiento de los atractivos y planta turística se elaboraron y completaron las fichas de atractivos correspondientes, durante las cinco campañas realizados

al área de estudio. Esta información se cumplimentó con entrevistas y encuestas a actores sociales de la localidad de General Conesa. Para la identificación y caracterización de la demanda turística se realizaron entrevistas a los propietarios de los hoteles y al encargado de la Dirección de Cultura y Turismo con el fin de conocer el perfil del turista.

El tratamiento y análisis de la información, por medio del SIG, permitió desarrollar cartografía regional del corredor turístico y de las variables FODA. También se obtuvieron los mapas temáticos de base para estudiar las características físicas, la restauración, la hotelería y la planta turística de General Conesa.

Resultados

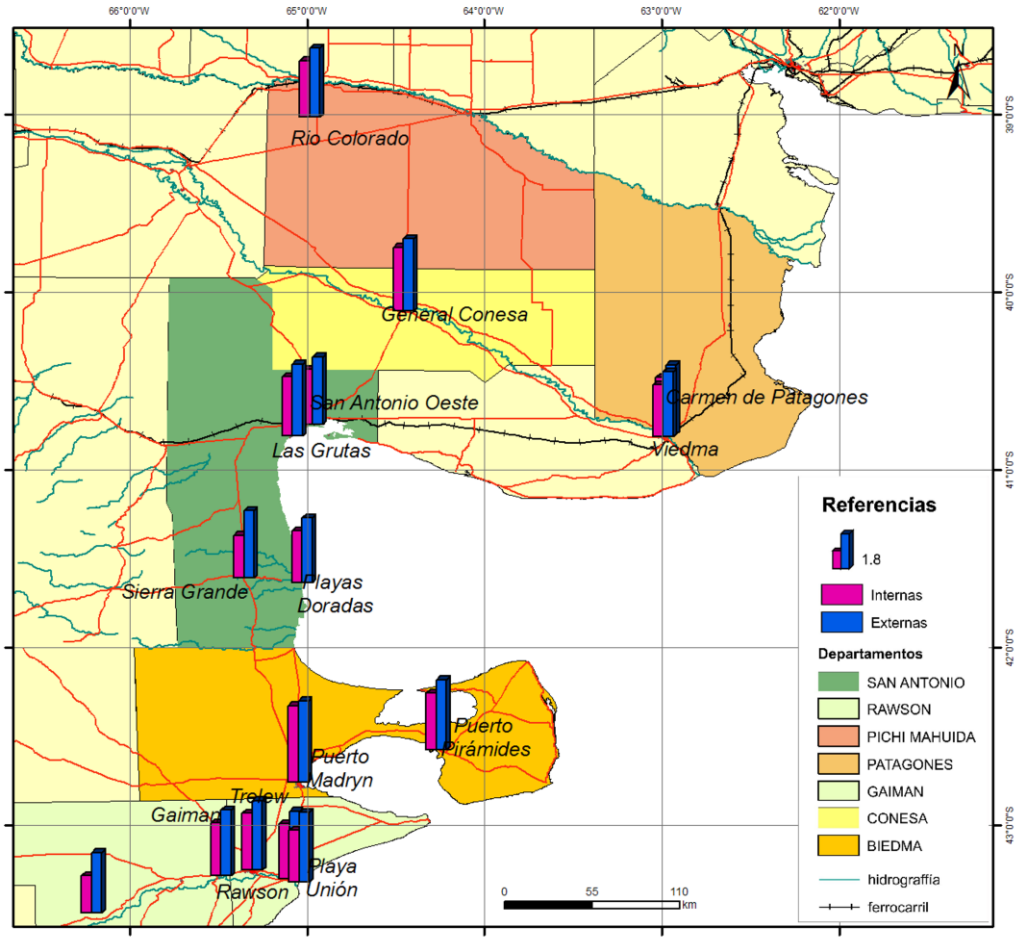
Análisis de los factores internos y externos de las localidades del corredor

Los valores obtenidos para las variables internas muestran una diferencia notable entre las localidades que presentan atractivos naturales de jerarquía 3 y los de jerarquía 1 y 2. En los centros del primer grupo encontramos las localidades de Puerto Madryn y Puerto Pirámides. En el segundo grupo identificado tenemos la mayoría de las localidades, aunque en muchas de ellas los atractivos se complementan representando una oferta turística variada y completa que motiva la actividad turística. Lo mismo sucede con los atractivos históricos culturales, aunque en esta clase se incorporan los eventos programados que dan identidad a cada localidad del corredor.

Los resultados del análisis de cada localidad además de los atractivos, involucra la planta turística propia y la comercialización de estos productos en el mercado turístico nacional e internacional. Los valores de los factores internos integrando fortalezas y debilidades varían entre 2,01 y 2,83 (Fig. 2). Muchas de las variables analizadas en cuanto a las debilidades obtienen un peso relativamente alto en cuanto a deficiencia en un 64% de las localidades del corredor, como sucede con la calidad de la señalética y la comercialización del producto turístico.

Uno de los factores externos analizados en esta matriz se refiere al aumento de turistas a nivel interno e internacional en los últimos años, en más de 23% con respecto al año 2005 (MINTUR,2010). El mencionado corredor turístico está en continuo desarrollo, principalmente en la implementación de estrategias comunes a todos los municipios en cuanto a la comercialización e inserción de los productos turísticos en el mercado de forma integral. Asimismo esta acción es complementaría para los futuros inversionistas públicos o privados. Los valores de los factores externos varían entre 2,67 y 3, 10 calificando las localidades que poseen mayor demanda turística con valores cercanos al último indicado (Fig. 2).

Figura 2.
Variables internas y externas de las localidades del corredor turístico.



Fuente: Elaboración M. Elizabeth Carbone.

Potencial turístico de General Conesa

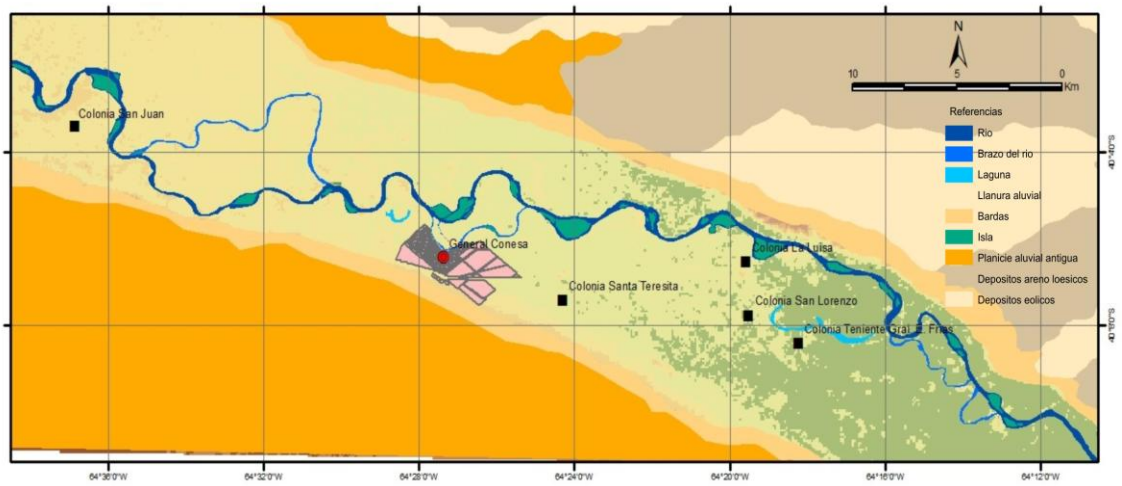
El análisis FODA para esta localidad que integra el tramo inicial del corredor de estadía, permitió una evaluación de los factores fuertes y débiles que en su conjunto diagnostican la situación interna de la misma. El valor integrado de las variables internas (2,76) y externas (2,9) indican un importante posicionamiento de la misma como centro en el corredor patagónico.

Se ubica dentro del área denominada Monte de Transición, al noreste de la provincia de Río Negro sobre planicies sedimentarias bajas. Se caracteriza por la presencia de estepas arbustivas medias y altas. El suelo es areno-limoso, moderadamente alcalino y con escasa cantidad de materia orgánica. Por su ubicación en el extremo NE de la provincia corresponde a un clima semiárido, con precipitaciones de 200 a 350 milímetros anuales y una temperatura media de aproximadamente 15° C Con respecto a los vientos, éstos son secos y fríos provenientes del sudoeste (SMN, 2001).
El río Negro atraviesa la totalidad del Departamento de Conesa en sentido NO-SE con un recorrido de 150 km y un caudal medio de 928 m^3/seg (Departamento Provincial de Aguas). Es el principal recurso hídrico del Valle de Conesa. Es un río de carácter

alóctono, sigue su curso a través de las terrazas que forman la meseta patagónica, en el valle de inundación y tierras aptas para uso agrícola, producto de la sedimentación.

Desde el punto de vista geomorfológico el área de General Conesa localizada sobre la margen sur del río Negro, se caracteriza por la presencia de los siguientes geoambientes (Fig. 3): Llanura de inundación: conforma una amplia planicie de derrame fluvial donde se desarrolla una red de drenaje superficial anastomosada. Las áreas contiguas al curso de agua integran los depósitos fluviales correspondientes a las terrazas más bajas (Beigt, 2001). Las bardas son depósitos de la planicie de inundación del Río Negro (continental y fluvial) constituidos por gravas, arenas gruesas a finas, limos y arcillas. También se observan depósitos arenoso-loessicos que cubren la antigua planicie aluvial rionegrenses con materiales más finos, areno limosos, lo que permite una cierta edafización y da lugar a la utilización agrícola de algunos campos con una notable mejoría de su aptitud en dirección este y los depósitos eólicos se forman por encima de la planicie, al mismo tiempo que se desarrolla la actual llanura de inundación en los valles de los ríos (Hoja Geológica 3966-IV, Choele Choel).

Figura 3.
Geoambientes del área de estudio .

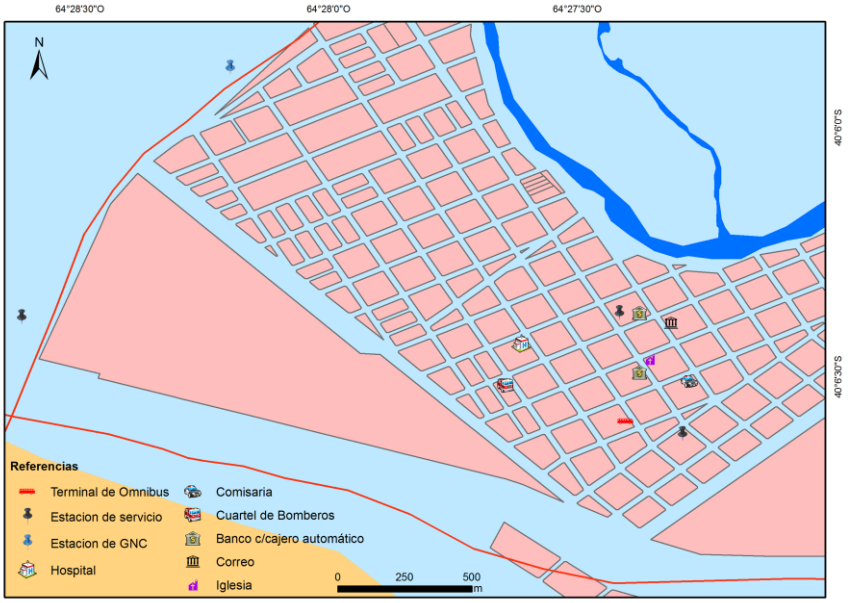


Fuente: Elaboración Guillermo Ángeles en base a la Hoja Geológica Gral. Conesa – Viedma 41631 de SEGEMAR.

Planta Turística

El equipamiento de la localidad está integrado por centros de atención sanitaria, uno de mayor especialización en la zona urbana, otro relacionado con la atención primaria en barrios y puestos de atención rural. También cuenta con centros de educación en todos los niveles tanto en la zona urbana como rural. La seguridad del sector está representada por distintos dependencias. La infraestructura de servicios básicos es completa. La distribución de estos y otros servicios se observa en la figura 4.

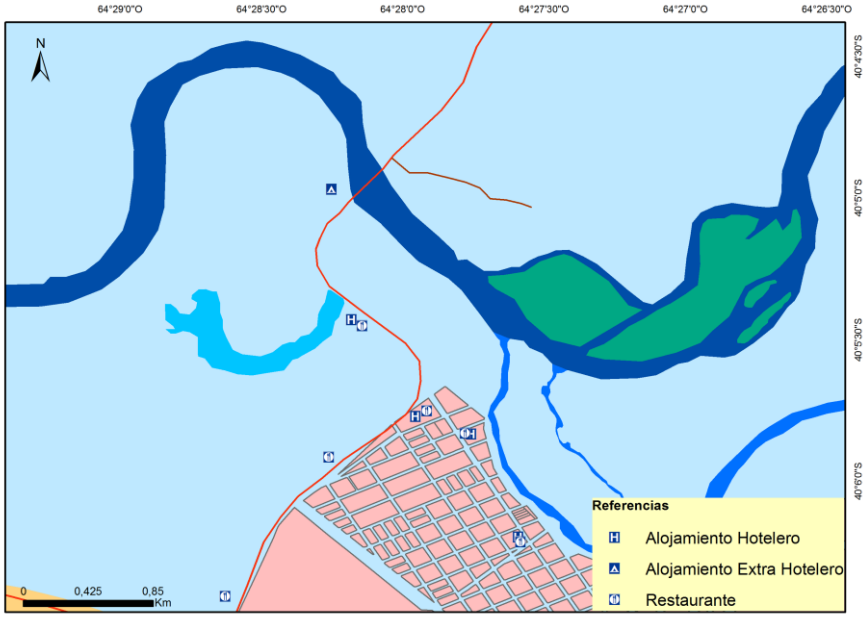
Figura 4.
Equipamiento e infraestructura de Genera Conesa.



Fuente: Elaboración propia en base al plano catastral municipal de General Conesa.

La oferta de alojamiento (Fig. 5) es diversa en cuanto a las categorías. El análisis de la misma arroja un total de 520 plazas divididas en hoteles, departamentos y camping municipal. Esta localidad presentó un incrementó de alojamiento hotelero y extra hotelero en un 120% desde 1997 al 2012. La tendencia en los últimos cinco años es la especialización de los servicios hoteleros para completar las condiciones de las categorizaciones actuales cada vez más exigentes.

Figura 5.
Localización de la restauración y alojamiento de General Conesa.



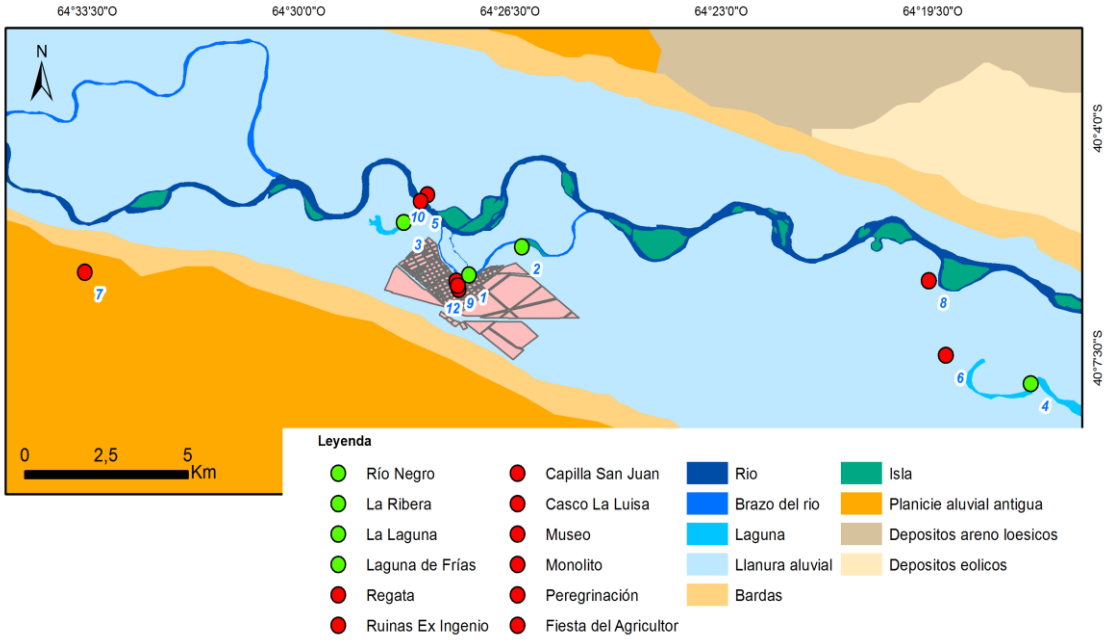
Fuente: Elaboración propia en base al plano catastral municipal de General Conesa.

La oferta gastronómica incluye restaurantes, parrillas, comedores y confiterías. Los primeros representan el 43% del total. La distribución de los mismos es en cercanía de la RN 251, lo que permite la fácil visualización por parte de los turistas o excursionistas que visitan el área (Fig.5).

Recursos turísticos

Los atractivos naturales en el área de Gral. Conesa están representados por el Río Negro jerarquizado con la categoría II (Boullon, 1985) y las lagunas utilizadas para avistaje de aves y pesca. La cuenca de este río es la segunda del país, luego de la del río de La Plata. Es la mayor de la Patagonia, además de ser uno de los cinco ríos más caudalosos del país. Se observa la presencia de islas y meandros a lo largo de todo su trayecto, en el cual se puede practicar deportes náuticos, paseos en pequeñas embarcaciones, natación, avistajes de flora y fauna, entre otras actividades (Rodríguez, 2012). Además el río es utilizado para un evento programado de carácter internacional, que es la regata, el medio de navegación utilizado es el kayacs en sus diversas modalidades.

Figura 6.
Atractivos turísticos en el área de General Conesa.



Los atractivos culturales históricos se agrupan en lugares históricos, ruinas y sitios arqueológicos, manifestaciones religiosas y museos. Todos estos lugares identifican los principales rasgos sociales y culturales de la historia del pueblo, asociados con antiguas actividades económicas productivas en el caso del Ingenio azucarero que se expandió a las colonias cercanas a Conesa, con los depósitos y otras instalaciones a fines.

Los acontecimientos programados que generan una demanda turística importante se refieren a la fiesta provincial del Agricultor que genera un importante flujo de turistas con una estadía mayor a dos días en esta localidad. La Regata internacional del Río Negro es una competencia deportiva de canotaje maratón caracterizada principalmente por ser la regata más larga del mundo en su especialidad con un recorrido de 500 Km La duración es de ocho días incluyendo dos días de descanso. Otro de los eventos programado es una fiesta religiosa la peregrinación al Santuario de la Virgen Misionera que convoca gran cantidad de personas que pernoctan por más de tres días en la localidad (Rodríguez, 2012).

Análisis Cualitativo de la Demanda

La duración de la estadía del turista es de dos noches en promedio durante todo el año, en época estival varia de 2 hasta 5 días. La época de mayor demanda o afluencia de turistas comienza a mediados de diciembre, y se extiende durante los meses de enero y febrero. Asimismo, cabe destacar el perfil del turista que visita Conesa es un turista exigente en cuanto a la calidad del servicio.

Demanda Potencial

Se distinguen dos grupos de potenciales visitantes de Gral. Conesa. a.el primero de ellos se caracteriza por elegir como destino principal de sus vacaciones al centro turístico de sol y playa *Las Grutas.* Durante los meses de mayor afluencia de turistas a este destino, por agotamiento del alojamiento muchos de ellos llegan a Gral. Conesa en busca de alojamiento con el fin de pernoctar una noche, y al día siguiente regresar a su destino principal,

El otro grupo de turistas incluye a todos aquellos que viajan en sus vehículos particulares transitando por ambas rutas, 250 y 251, y que debido a distancias a recorrer entre su cuidad de origen y el destino para pasar sus vacaciones, pernoctan en Gral. Conesa. Un ejemplo de ello son aquellos que se dirigen desde el sur de la Patagonia (Tierra del Fuego, Santa. Cruz) hacia destinos turísticos ubicados en el centro y norte del país (Bs. As, Córdoba, Santa. Fé, entre otros), como así también los que se dirigen a destinos ubicados al sur del país como Puerto Madryn, Calafate, entre otros. Tal situación implica distancias de más de 1000 km de recorrido, por lo que Gral. Conesa posee una localización estratégica para poder realizar un descanso durante el recorrido de su viaje (Rodríguez, 2012)

Luego de analizar la oferta y de la demanda turística de General Conesa, se puede mencionar que posee un importante posicionamiento dentro del corredor turístico de estadía y distribución patagónico. Una de las estrategias adoptadas por esta localidad y siguiendo las acciones colectivas de las localidades restantes se refiere a la elaboración de folletería turística integrada, ofreciendo cada producto turístico, de manera integral. Además se realizan intercambios de informantes turísticos y se desarrollan audio-guías para sistemas GPS sobre el recorrido del corredor, advirtiendo la llegada al lugar y ofreciendo información acerca del destino en el que se encuentra. Otro de los objetivos a cumplir por los municipios parte, es la confección de una agenda de actividades sin superposiciones entre los destinos y la colocación de señaletica adecuada en las rutas que conforman este corredor.

Conclusiones

La evaluación de los factores internos y externos para cada localidad del corredor permitió realizar un diagnostico de situación integrado. Esta herramienta que puede considerarse sencilla y permite obtener una perspectiva general de las debilidades y amenazas para poder intensificar las fortalezas y oportunidades del área de estudio involucrada. La matriz elaborada puede ser actualizada periódicamente de acuerdo a la disponibilidad de datos específicos, quizás se pueda integrar toda la información en una base de datos regional o nacional útil en la promoción y desarrollo turístico de zonas que aun no están totalmente insertas en el mercado turístico.

La localidad de General Conesa ubicada en la margen sur de uno de los ríos más importantes del país le otorgan una categorización muy importante en la jerarquización de atractivos que la posiciona favorablemente en el contexto del corredor turístico Playas y valles de la Patagonia. De acuerdo con la presente investigación, la actividad turística puede ser una herramienta de desarrollo económico y social fundamental para esta zona patagónica.

Rodríguez, B.; Carbone, M. E y Ángeles G. R. 2014. El potencial turístico de la localidad de General Conesa en el marco del corredor Playas y Valles de la Patagonia Argentina. *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 6. pp. 73-82. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Bibliografía

BEIGT, Débora. 2001. *Vulnerabilidad física y social de los asentamientos humanos permanentes en las llanuras de inundación. Caso: Localidad de General Conesa. Provincia de Rio Negro*. Seminario de Lic. En Geografía. Biblioteca de Geografía. UNS. Bahía Blanca.

BOULLÓN, Roberto, 1985. *Planificación del espacio turístico*. Ed. Trillas. México. 110 pp

MEDINA, Alfonso C. y JIMÉNEZ, Federico B. 2011 Propuesta metodológica con SIG para la evaluación de la potencialidad del territorio respecto a actividades ecoturísticas y de turismo activo. *Investigaciones Turísticas.* N° 1, enero-junio, pp. 134-147,

MINISTERIO DE TURISMO, 2010. Informe de la región Patagónica. Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable. 223 pp.

MORILLO, Marysela 2002. Sustentabilidad socio-ambiental de la actividad turística receptora. Revista Economía No. 18 69-107. México ISSN-1315-2467

PONCE TALANCÓN, Humberto 2006 La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales. Contribuciones a la Economía 31-57. México. ISSN 16968360

SECRETARIA DE TURISMO,.2005. *Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable 2016 de la República Argentina.* 235 pp

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL, 2001 Estadísticas climáticas de General Conesa - Viedma.

RODRÍGUEZ Brenda Soledad, 2012. Turismo sustentable en la localidad de General Conesa. Situación actual y perspectiva futura. Tesis de grado de Lic. en Turismo. UNS Bahía Blanca. 84 pp.



SECCIÓN 3.
SALUD Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Ramos, M. B. y Campo, A. M. 2014. SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 7. pp. 84-100. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina✓

María B. Ramos *
Alicia M. Campo **

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas que permiten captar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y sus atributos. Los SIG aplicados a la salud constituyen un instrumento de apoyo a la planificación, evaluación y organización del sistema de salud. El objetivo del siguiente trabajo consiste en presentar la elaboración de un SIG-Salud para la ciudad de Punta Alta y demostrar sus ventajas como instrumento de diagnóstico, planificación e intervención. La metodología utilizada consistió en la georreferenciación y digitalización del plano de la localidad y la incorporación de información territorial referida a la atención de la salud, sobre la base de encuestas realizadas a la población y de la atención médica, a partir de datos de atención primaria brindados por el Hospital Naval Puerto Belgrano. Se obtuvo cartografía temática de gran relevancia para la gestión de los servicios de salud de la ciudad. Esta herramienta permite optimizar recursos, evaluar centros de atención y establecer objetivos para la planificación a corto, mediano y largo plazo. El SIG-Salud facilita la toma de decisiones a los efectos de lograr mejorar el sistema de salud en la población de Punta Alta.

Palabras claves: SIG – Salud, Atención médica, Atención de la salud

Abstract

The Geographic Information Systems (GIS) are tools to capture, store, analyze, transform and present all geographic information and attributes. GIS for health are a tool to support the planning, evaluation and organization of the health system. The aim of this paper is to present the development of a GIS-Health for Punta Alta city and demonstrate its advantages as a diagnostic tool, planning and intervention. The methodology consisted of georeferencing and digitization of the locality and the incorporation of spatial information related to health care, based on population surveys and data of primary health care, provided by the Hospital Naval Puerto Belgrano. Thematic mapping of great relevance for the management of health services of the city was obtainedThis tool optimizes resource, permit evaluate health centers and set goals for planning short, medium and long term. The SIG-health facilitates decision-making for the purpose to improve the health system for Punta Alta population.

Keywords: GIS - Health, medical attention, health care

✓ El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación *"Geografía Física Aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diversas escalas témporo-espaciales"* dirigido por la Dra. Alicia M. Campo y subsidiado por la SGCyT-UNS (24/G067).
* Universidad Nacional del Sur. mberamos@uns.edu.ar
** Universidad Nacional del Sur – CONICET. amcampo@uns.edu.ar

Ramos, M. B. y Campo, A. M. 2014. SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 7. pp. 84-100. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Las investigaciones de la salud son generalmente de carácter espacial y para su análisis se requiere que los datos utilizados en ellas se combinen en un marco geográfico común. En la actualidad se aprecia una tendencia progresiva en los estudios realizados dentro del campo de la Geografía de la Salud, al empleo de Sistemas de Información Geográfica. Los mismos, como sistemas integrados para trabajar con información espacial se convierten en una herramienta esencial para la toma de decisiones. Los llamados SIGSA (Sistemas de Información Geográfica en Salud) o SIG-Epi (Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología) se califican como una herramienta de apoyo en el análisis de situación de salud, en la vigilancia, planeamiento y evaluación de intervenciones en el Sector Salud. Una de las ventajas de los SIG es que permite sistemáticamente la síntesis y análisis integrados de indicadores epidemiológicos, ambientales, demográficos, sociales, culturales y otros, en diversas escalas y unidades espaciales de referencia. A su vez posibilita el manejo de grandes volúmenes de información georeferenciadas con rapidez (Iñiguez Rojas, 1998).

Según Cockings *et al.* (2004) los SIG tienen la capacidad de definir unidades geográficas para propósitos específicos tendientes a mejorar la distribución de los recursos para la atención médica y de la salud. El análisis de la distribución y localización espacial de una enfermedad y del servicio médico disponible en una localidad es un componente integral de la geografía de la salud. Los SIG permiten la organización de los datos de manera que puedan ser analizados y cartografiados fácilmente. La determinación de áreas, incluyendo nodos con la disposición de servicios, accesibilidad y distancia a los centros de atención primaria son algunas de las ventajas de la implementación de un SIG a la salud (Campo de Ferreras *et al.*, 2004).

A nivel internacional, varios investigadores han demostrado la utilidad de SIG dentro de un contexto de la salud, Cromley y McLafferty (2002) para la atención de la salud pública y SIG, Gatrell y Loytonen (1998), Gatrell y Senior (1999) plantearon desarrollos teóricos sobre la temática. Por otra parte, en Catalunya han utilizado los sistemas de información geográfica para la elaboración de un atlas electrónico de salud (Generalitat de Catalunya, 2006); en el municipio de Bejucal, Cuba, se ha diseñado un SIG para el sector de la salud denominado SIG-SB (Hernández Sigler *et al.*, 2004). El SIG-ESAC: Sistema de Información Geográfica para la gestión de la estadística de salud de Cuba fue realizado por Fernández Núñez (2006) con el objetivo de facilitar la gestión de la estadística de salud ya que permite cartografiar y hacer diferentes tipos de análisis de importantes indicadores de salud: morbilidad, mortalidad, demográficos, recursos y servicios.

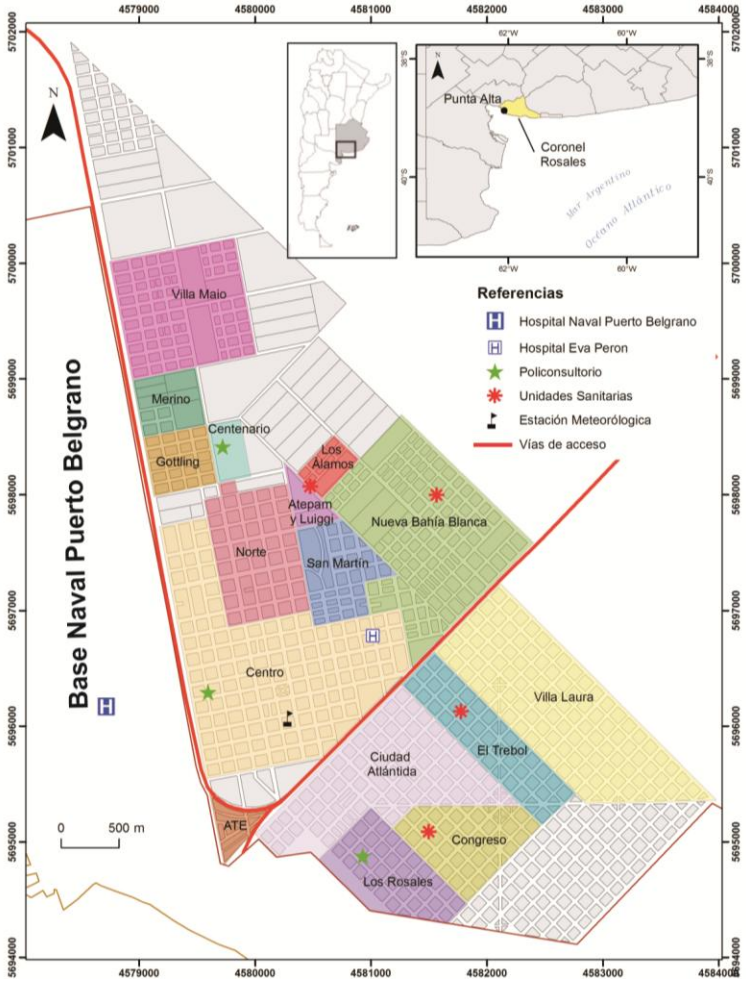
En la Argentina también se han realizado varios estudios que demuestran las ventajas de los SIG para la salud. Se han aplicado a la malaria con el fin de analizar la evolución espacial de la patología en los últimos 30 años y generar una base de datos de fácil accesibilidad para su uso por especialistas del tema o instituciones (Curto *et al.*, 2003). Ramírez (2002) realizó un estudio donde utilizó los SIG para establecer la localización óptima de los hospitales en la provincia del Chaco. El objetivo era demostrar si la actual localización de hospitales públicos respondía al criterio de justicia social; en caso de que no se cumpliera, saber cuál era la localización óptima de los hospitales lo que permitiría ayudar a futuras tomas de decisiones referidas a la relocalización de equipamientos. También se han utilizado SIG para determinar áreas vulnerables a sufrir accidentes de tránsito en la ciudad de Resistencia (Foschiatti *et al*., 2002) y para realizar el análisis temporal cuantitativo de los centros de evacuados en Santa Fe de la Vera Cruz generados a consecuencia de la crecida del río Salado desde abril de 2003 a julio 2004 (Stieffel y Fritschy, 2004).

Ramos, M. B. y Campo, A. M. 2014. SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 7. pp. 84-100. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Son de gran difusión los SIG elaborados a nivel de macro-escala o meso-escala, como por ejemplo, los SIG referidos a epidemiologías, sin embargo, son escasos los confeccionados para planificar la salud a nivel local o municipal. De esta manera, el objetivo del siguiente trabajo consiste en presentar la elaboración de un SIG-Salud para la ciudad de Punta Alta, provincia de Buenos Aires, Argentina.

La ciudad de Punta Alta cabecera del partido de Coronel de Marina Coronel Rosales se localiza a 38º 43' Sur y 62º 06' Oeste, en el extremo suroeste de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1). Limita al oeste y noroeste con el partido de Bahía Blanca, al norte con el partido de Coronel Pringles, al sur con el océano Atlántico y al sureste con el partido de Coronel Dorrego, cuyo límite natural es el río Sauce Grande. Dista 27 km de la ciudad de Bahía Blanca. Posee una población aproximada de 58.000 habitantes incluyendo villas y barrios periféricos. La particularidad en cuanto a la composición de la población radica en su origen heterogéneo, debido a la presencia de la Base Naval Puerto Belgrano (HNPB). Desde sus inicios el crecimiento de la ciudad de Punta Alta estuvo muy vinculado a la misma ya que debido a su presencia convergieron jóvenes de distintas provincias del país para realizar el Servicio Militar Obligatorio. Por otra parte, personal militar destinado a unidades de la Base Naval e Infantería de Marina se radicó definitivamente en la zona donde establecieron sus grupos familiares quedando vinculados laboralmente a la Base Naval.

Figura 1.
La ciudad de Punta Alta.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Metodología

Para el diseño y elaboración del SIG Salud se utilizó el software Arc GIS 9.1. En primer lugar se procedió a realizar la georreferenciación y digitalización del plano de la ciudad de Punta Alta brindado por la Municipalidad del Partido de Coronel de Marina Coronel Rosales en formato papel. Una vez alcanzada esta instancia se elaboraron los ejes y calles y base de datos afín, el trazado de las rutas y ferrocarril. Todo lo mencionado formaría la base territorial necesaria para comenzar a incorporar datos pertinentes a la salud. De esta manera se añadió: a) localización de los centros de asistencia: HNPB con sus pertinentes policonsultorios periféricos, hospital público Eva Perón, salas médicas dependientes de la Secretaría de Salud y Acción Social de la municipalidad de Coronel Rosales; b) Incorporación de las tablas de datos médicos provenientes del Hospital Naval Puerto Belgrano; c) Incorporación de la información de las encuestas elaboradas con el fin de realizar una caracterización de la ciudad de Punta Alta respecto a cuestiones vinculadas con la salud. Dicha encuesta se organizó en dos partes: la primera, con aspectos generales como calidad de la construcción de la vivienda; cantidad de personas que habitan en el hogar; grupo de edad a la que corresponden sus miembros; ocupación del entrevistado; servicios que poseen; si cuentan con obra social. La segunda parte, más específica y referida concretamente a la atención primaria de la salud, comprendió preguntas tales como: lugar al que concurre con mayor frecuencia para una consulta médica; causa de selección de dicho lugar; dónde se atiende por una emergencia; motivo más recurrente de necesidad de consulta médica; especialista médico que visita en más ocasiones y cómo calificaría a la atención recibida. Se obtuvo cartografía temática de gran relevancia para la planificación y la gestión de los servicios de salud de la ciudad.

Resultados

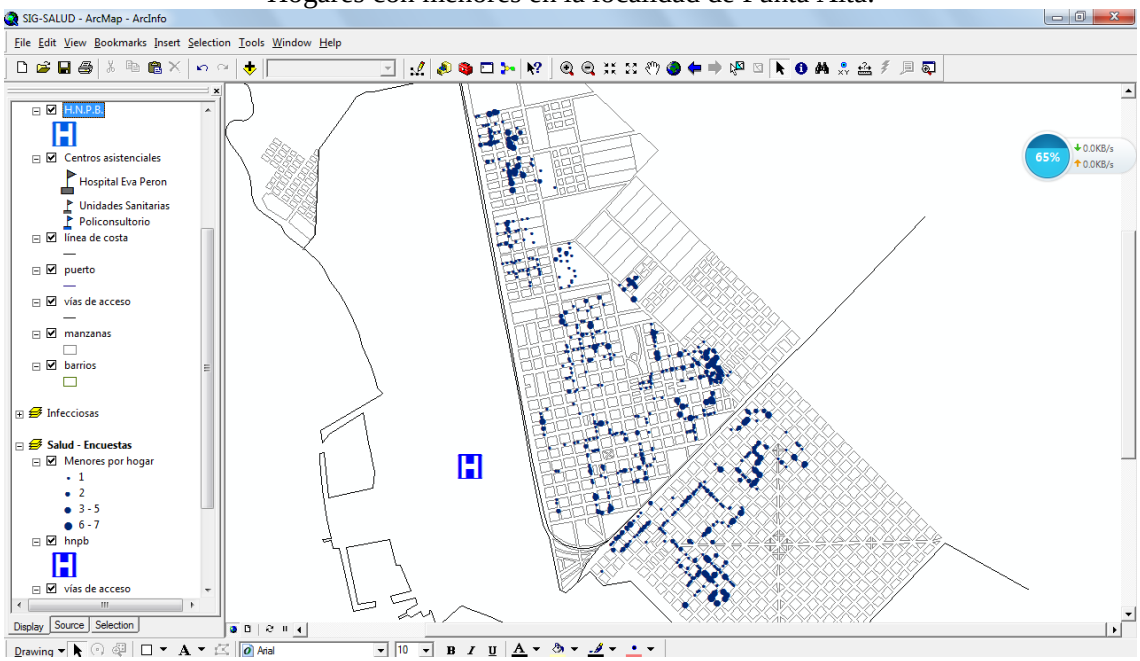
El SIG-Salud elaborado para la ciudad de Punta Alta pretende abarcar no sólo la atención médica, es decir los datos de pacientes enfermos, números de hospitales, salas médicas, etc., sino además la atención de la salud que incluye variables como las analizadas en las encuestas. La base de datos mencionada fue el sustento para el diseño y desarrollo de la cartografía temática.

Aplicación a la atención de la salud

La cartografía elaborada permite visualizar la distribución y localización espacial de la información recopilada por las encuestas. La espacialidad de dichos datos es de gran relevancia para la salud, su organización y planificación.

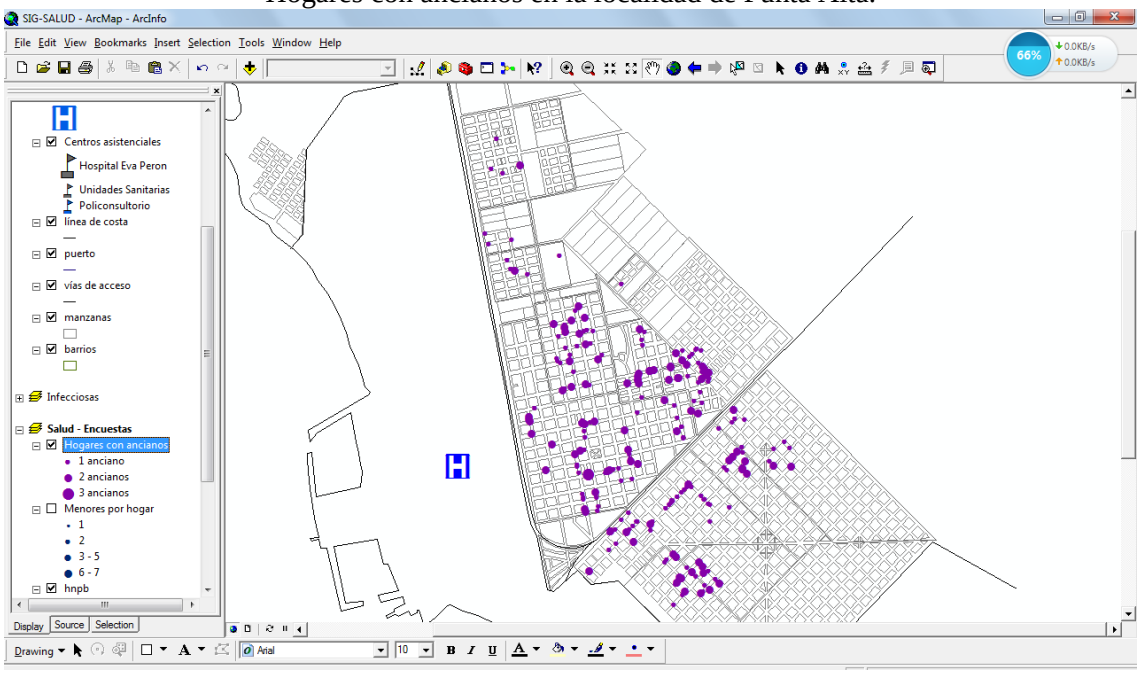
Con respecto a la distribución y predominancia de los diferentes grupos etarios en la localidad se observó que las familias más numerosas con respecto al número de niños se ubican en los barrios Villa Maio, Congreso, Los Rosales, El Trébol y Nueva Bahía Blanca; mientras que los ancianos se concentran en los barrios más tradicionales de la ciudad como son Centro, Norte, San Martín y Ciudad Atlántida. A su vez, en estos barrios es donde se ubican la mayor cantidad de hogares donde viven ancianos solos. Lo más importante del SIG es que no sólo permite mostrar la distribución por grupos etarios, sino que además jerarquiza según la cantidad de personas que habita cada hogar (Fig. 2 y Fig. 3).

Figura 2.
Hogares con menores en la localidad de Punta Alta.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Figura 3.
Hogares con ancianos en la localidad de Punta Alta.

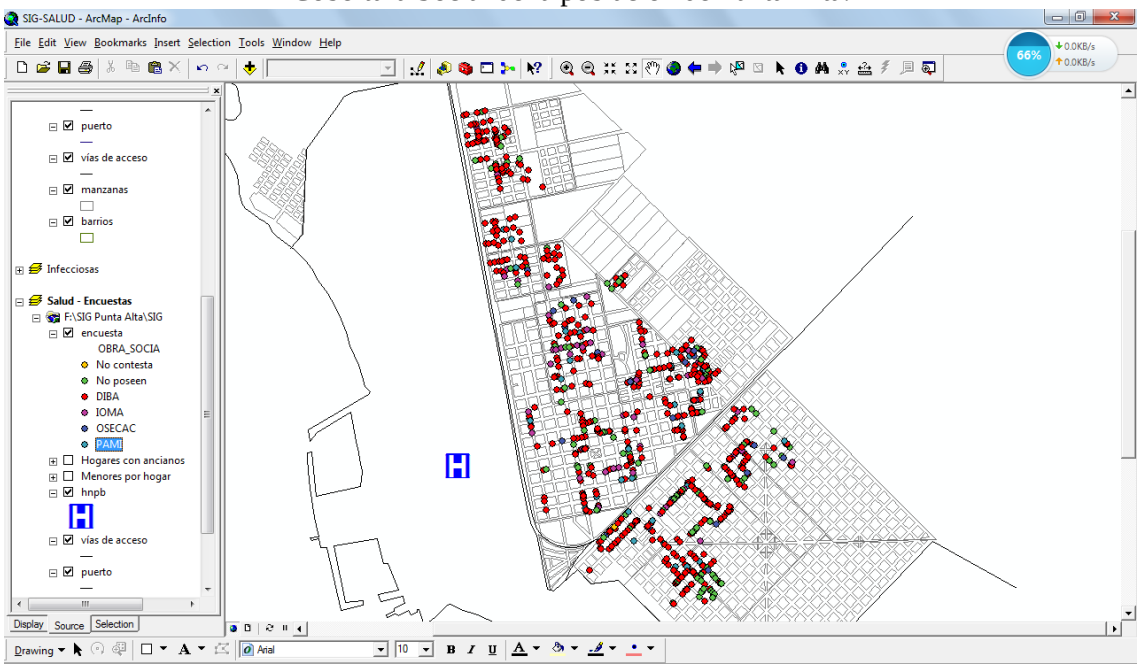


Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Con respecto a la cobertura médica, del total de personas encuestadas el 83,4 % contestó poseer una obra social. Se observa un amplio predominio en todos los barrios de la obra social Dirección de Bienestar de la Armada (DIBA), hecho que pone de manifiesto la gran influencia y grado de conexión de la población con la Base Naval Puerto Belgrano. La segunda obra social más representativa es IOMA con el 9 % y le sigue PAMI y OSECAC con un porcentaje menor.

Como es de esperar, PAMI predomina en los barrios con mayor cantidad de ancianos. Con respecto a la ausencia de prestación social, la mayor cantidad de hogares con esta característica se encuentran en los barrios Los Alamos y los que se ubican más al sur en la ciudad: Congreso, Rosales y Villa Laura (Fig. 4).

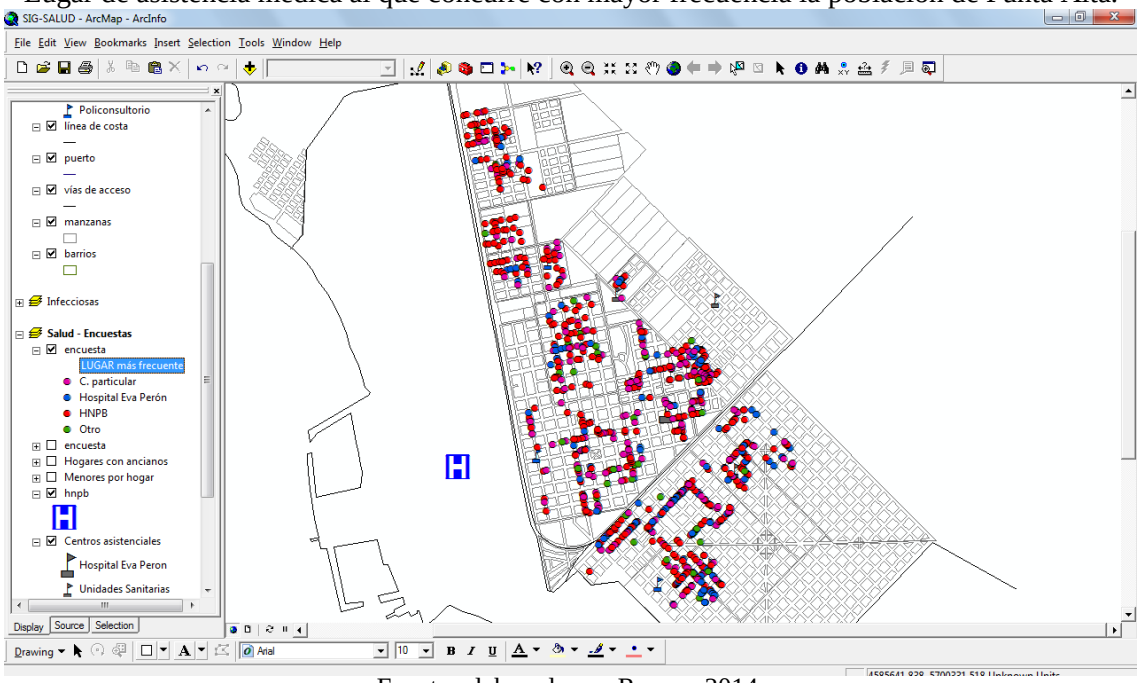
Figura 4.
Cobertura Social de la población de Punta Alta.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

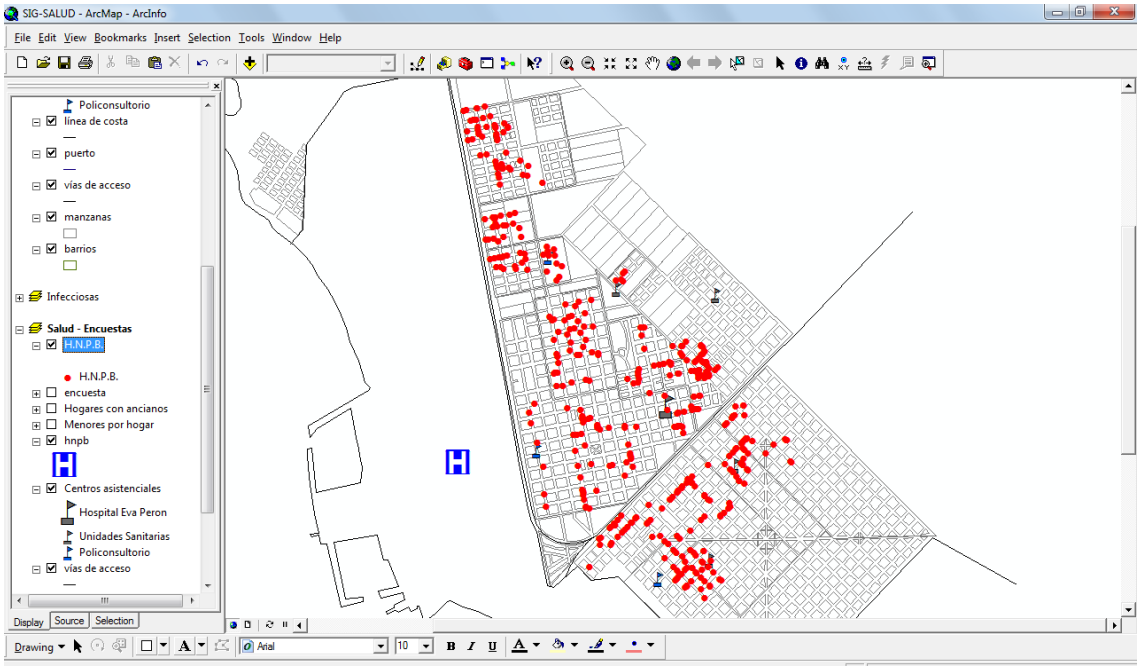
Conocer el lugar al que la población concurren con mayor frecuencia para una atención médica es fundamental para organizar la atención primaria de la salud. En este caso se consideraron: consultorios particulares; Hospital Eva Perón (incluidas las salas médicas); Hospital Naval Puerto Belgrano; Policonsultorios y otros que la población indicara. La mitad de la población (50,8 %) respondió ir al Hospital Naval Puerto Belgrano; a esta opción le siguen los consultorios particulares, el Hospital Eva Perón, incluidas las salas médicas y por último un pequeño grupo expresó su preferencia por dirigirse al hospital Pena de Bahía Blanca o llamar a un servicio de emergencia. Estos datos se reflejan en la cartografía brindada por el SIG. Es así que los que van principalmente a los consultorios particulares son personas del Centro y San Martín; mientras que la población que se dirige en mayor medida al hospital Eva Perón pertenece a los barrios Atepam, Los Rosales y Villa Laura. En lo que se refiere al Hospital Naval, todos los barrios poseen un alto porcentaje de población que frecuenta dicho nosocomio, sin embargo, los que mayor lo hacen pertenecen son los que viven en Merino, Villa Maio y Centenario (Fig. 5 y Fig. 6).

Figura 5.
Lugar de asistencia médica al que concurre con mayor frecuencia la población de Punta Alta.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Figura 6.
Personas que concurren al Hospital Naval Puerto Belgrano.

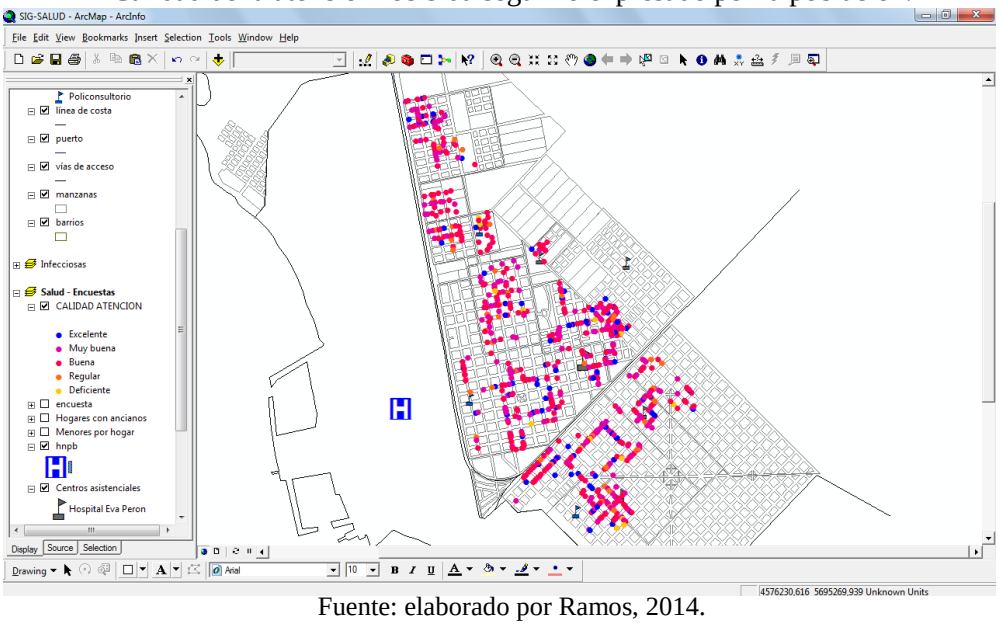


Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

El SIG le permite conocer a la Secretaría de Salud y Acción Social de la municipalidad de Coronel Rosales, aquellos sectores de la ciudad cuya población no posee una obra social o se encuentran desprovistos de una cobertura sanitaria cercana. Por otra parte y en el caso particular del Hospital Naval Puerto Belgrano cuya representatividad en la ciudad es indiscutible, el SIG

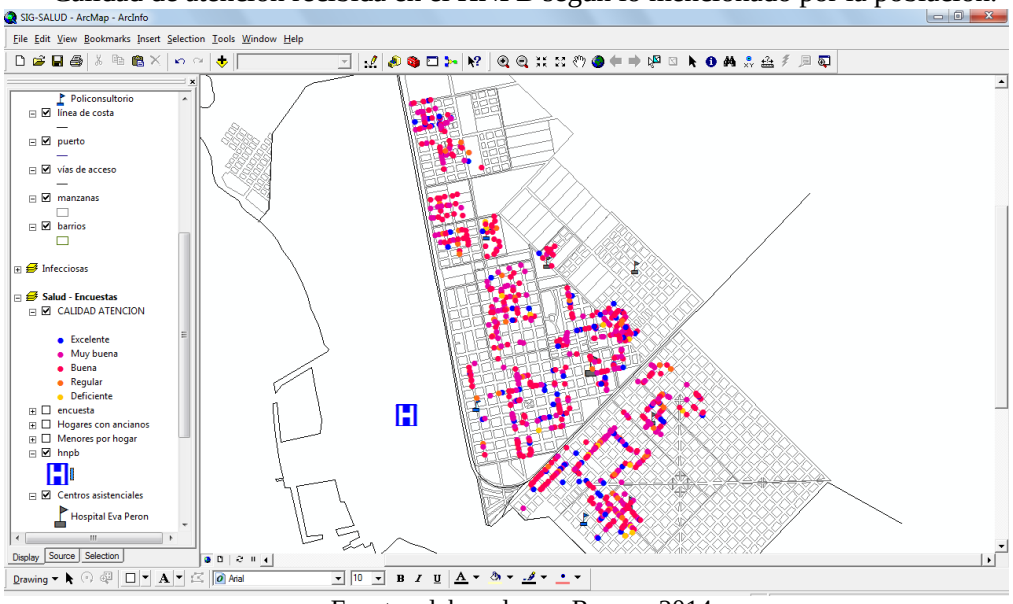
permitió discriminar la información y seleccionar sólo aquellas personas que concurrían a dicho nosocomio. Luego se combinó esta opción con otra que pedía evaluar la atención recibida. De esta manera, el personal y la dirección del hospital puede conocer qué apreciación tiene la población de Punta Alta de la atención que se brinda en el mismo y de dónde concurren especialmente sus pacientes (Fig. 7 y 8). También es posible, gracias a las tablas anexas que sustentan la información territorial conocer el motivo de la consulta; el profesional más solicitado; entre otras variables.

Figura 7.
Calidad de la atención recibida según lo expresado por la población.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Figura 8.
Calidad de atención recibida en el HNPB según lo mencionado por la población.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

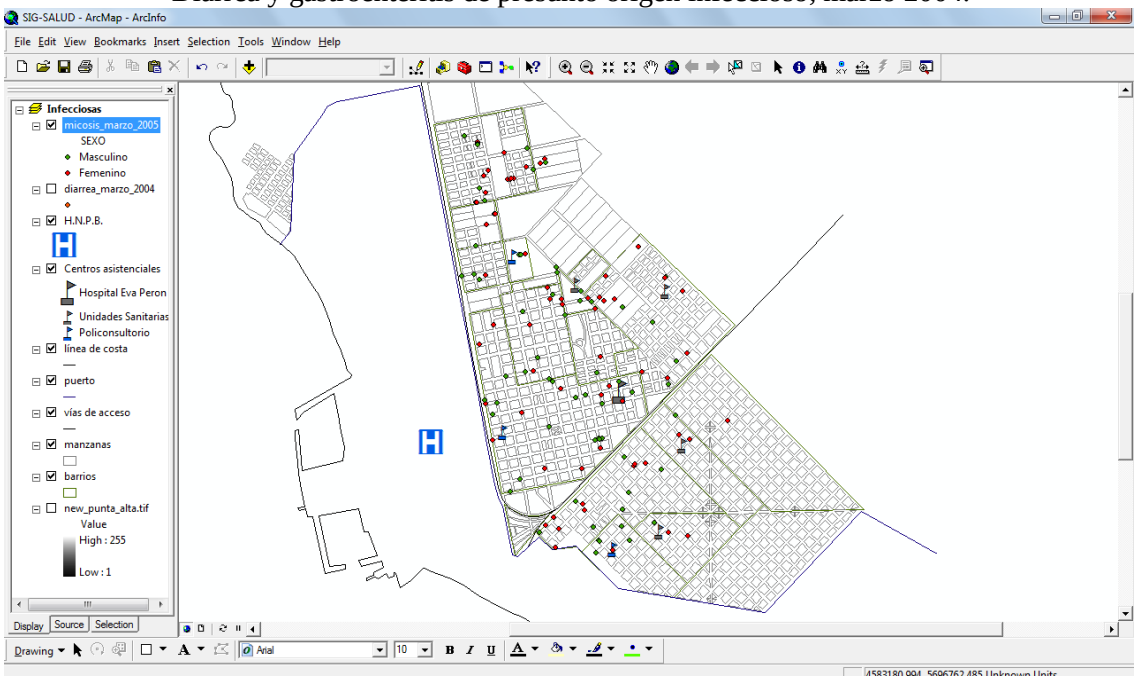
Ramos, M. B. y Campo, A. M. 2014. SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 7. pp. 84-100. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Aplicación a la atención médica

Los datos de las consultas realizadas en el HNPB se pueden incorporar al SIG – Salud para observar no sólo su espacialidad sino además para establecer, como se observó con la atención de la salud, grupos etarios más afectados, necesidades por barrio, filtrar y seleccionar sólo un día de atención, graficar y demás análisis que surjan de lo que se necesite estudiar. Todos los datos de las tablas entregadas por el HNPB se han incorporado al SIG y pueden ser representadas en el plano de Punta Alta.

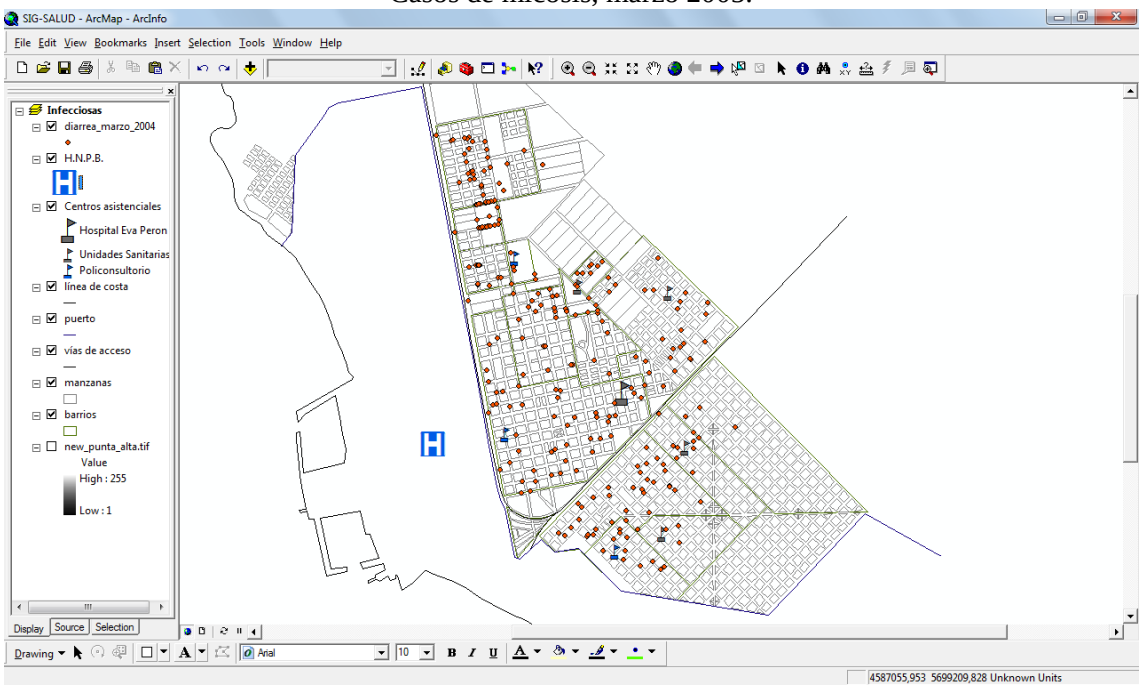
A modo de ejemplo se localizaron diversos eventos de enfermedades frecuentes en la ciudad de Punta Alta utilizando el SIG – Salud y se realizarán algunas de posibilidades de análisis que ofrece. De acuerdo con lo anteriormente dicho, en la figura 9 se indica la localización de los casos de diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso que ocurrieron en el mes de marzo de 2004. En la figura 10 se espacializaron los casos de micosis acaecidos en marzo de 2005 y se realizó una discriminación por sexo, utilizando azul para el sexo masculino y rojo para el femenino.

Figura 9.
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso, marzo 2004.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

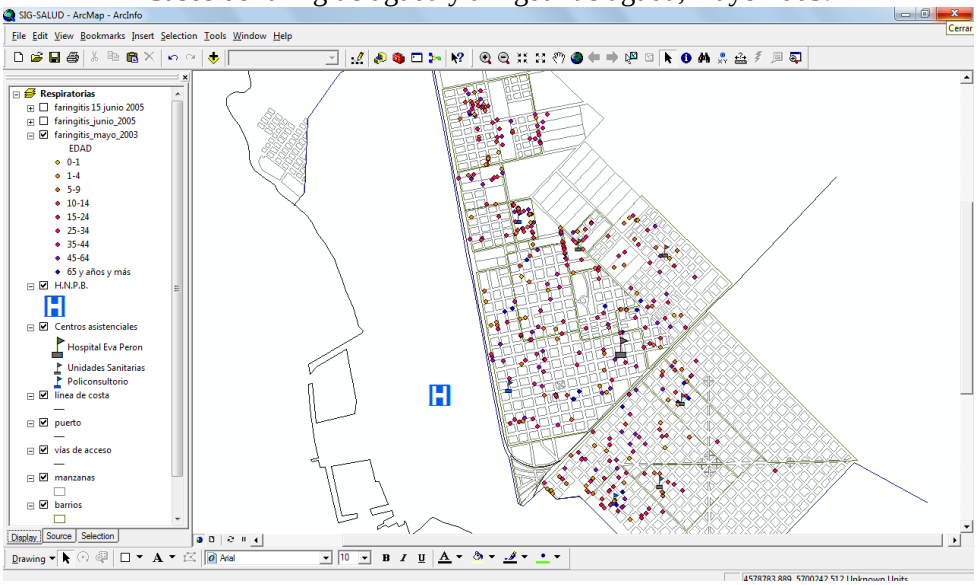
Figura 10.
Casos de micosis, marzo 2005.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

La figura 11 indica los casos de faringitis aguda y amigdalitis aguda ocurridos en mayo de 2003. Los mismos se representaron discriminados por rango de edad y se utilizó una gama de color. Con respecto a las consultas realizadas por esta misma afección en junio de 2005 la figura 12 indica la totalidad de consultas mientras que en la figura 13 sólo se indicaron las correspondientes al día de mayor atención que fue el día 15 de mencionado mes. En esta última figura se observa una mayor concentración de casos en el centro – sur de la ciudad.

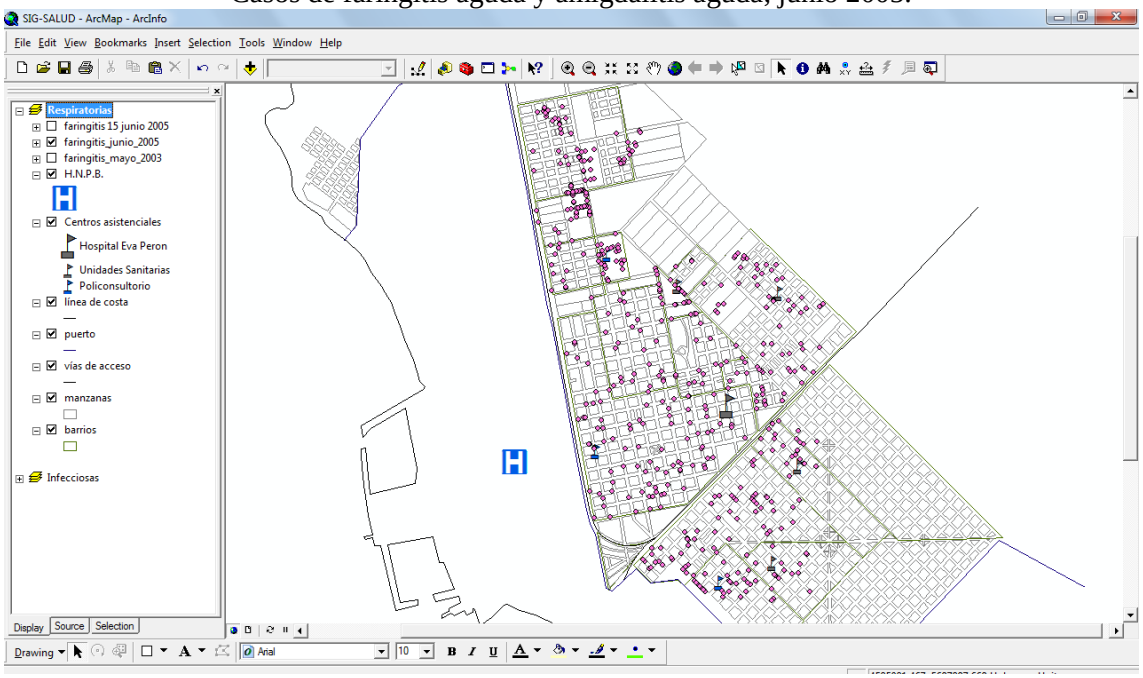
Figura 11.
Casos de faringitis aguda y amigdalitis aguda, mayo 2003.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014

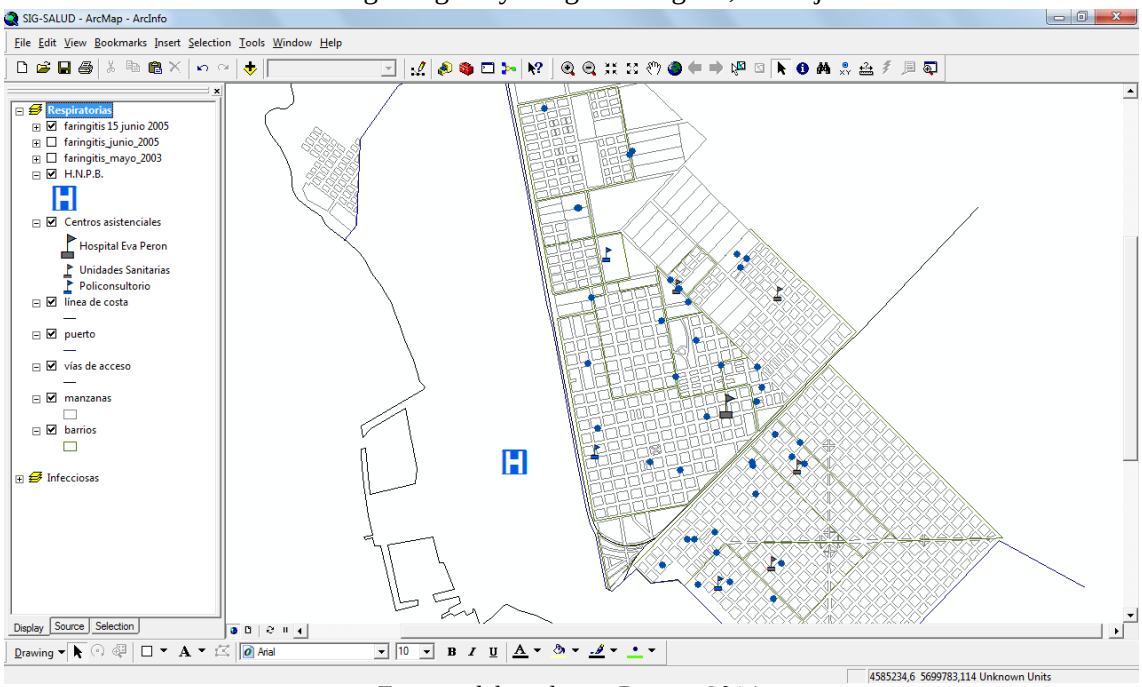
Ramos, M. B. y Campo, A. M. 2014. SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 7. pp. 84-100. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 12.
Casos de faringitis aguda y amigdalitis aguda, junio 2005.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Figura 13.
Casos de faringitis aguda y amigdalitis aguda, 15 de junio 2005.

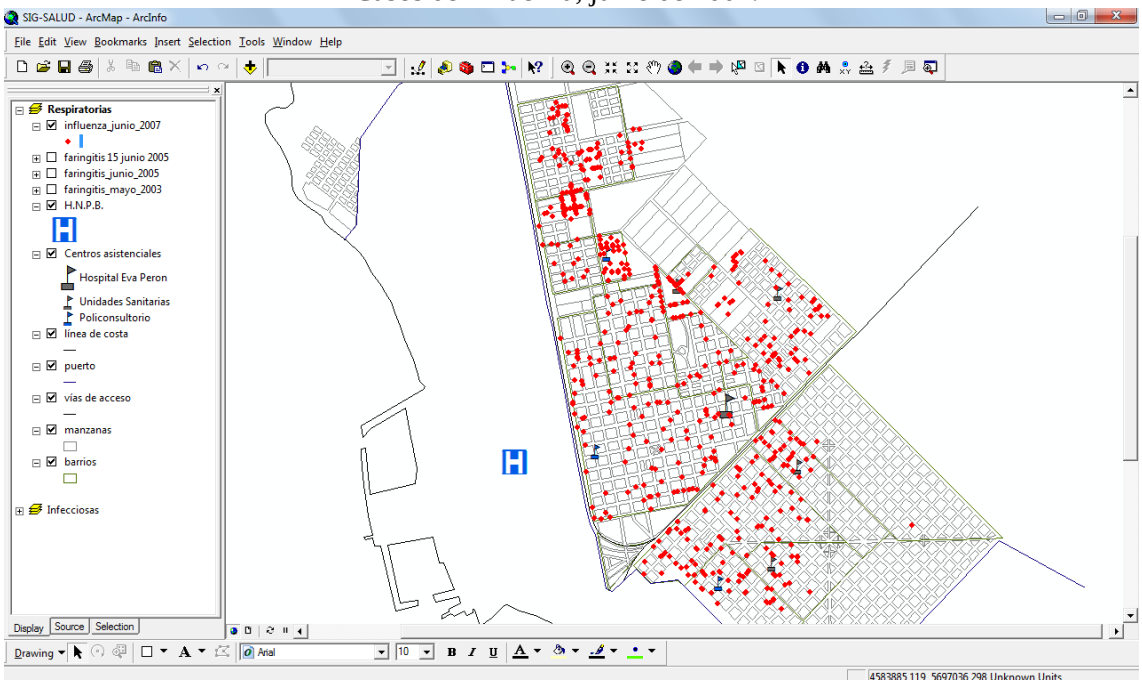


Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

La figura 14 muestra los casos de influenza correspondiente al mayor evento registrado: junio 2007. En la figura 15 se localizó sólo el grupo etario más afectado.

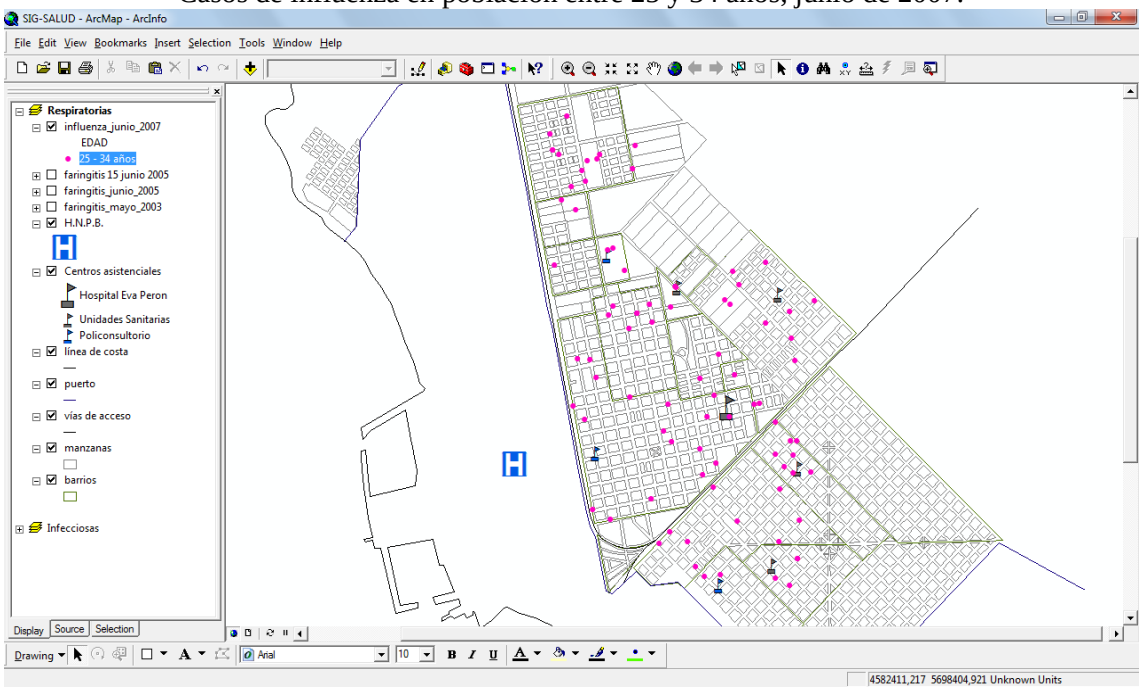
Ramos, M. B. y Campo, A. M. 2014. SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 7. pp. 84-100. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 14.
Casos de influenza, junio de 2007.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Figura 15.
Casos de influenza en población entre 25 y 34 años, junio de 2007.

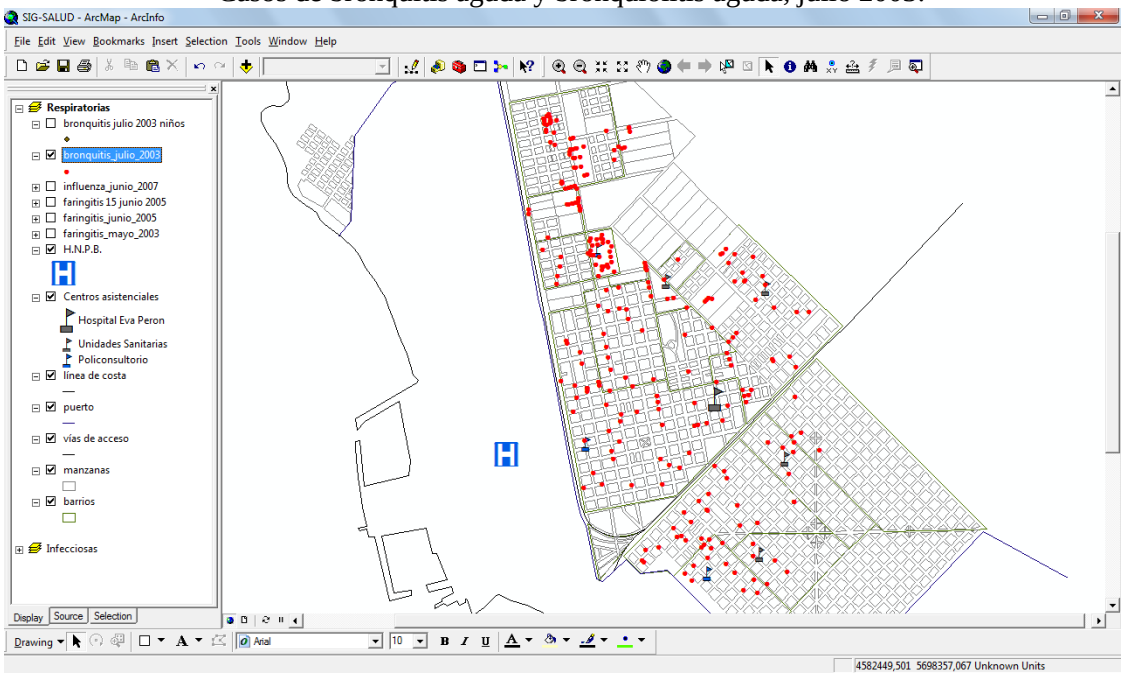


Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Los principales casos de bronquitis analizados correspondieron al año 2003. En dichos casos analizados se observó que el grupo de edad más afectado fue el de los niños. A tal fin se seleccionaron para representar en el plano las consultas de niños de entre 1 y 4 años realizadas en julio de 2003 (Fig. 16 y 17). Siendo los niños un grupo de riesgo en cuanto compete a esta

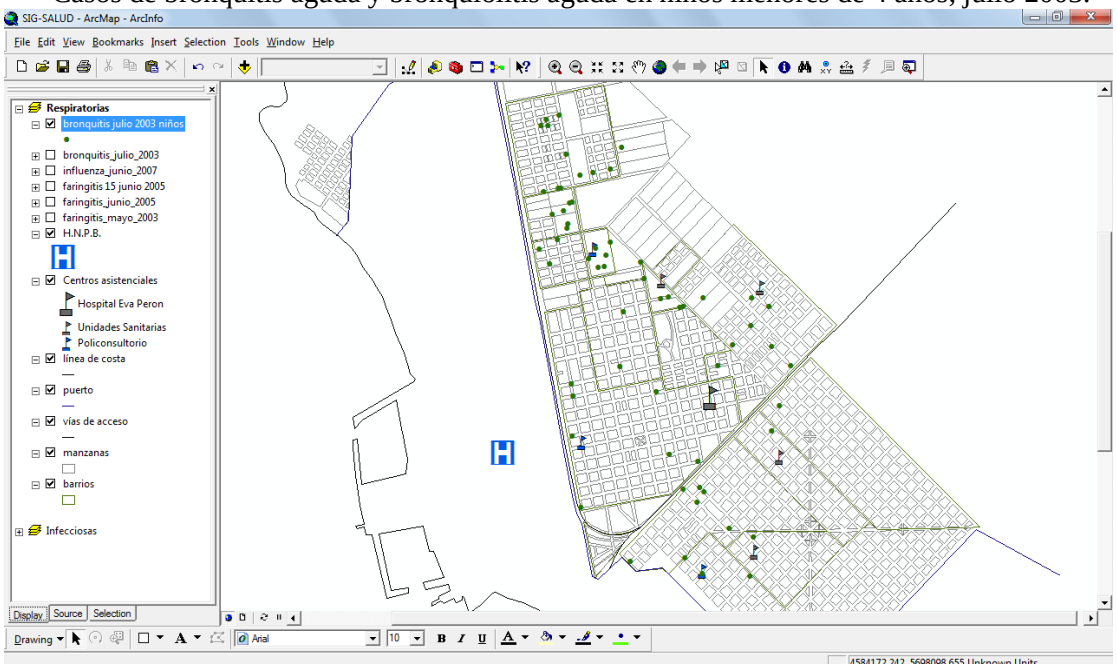
enfermedad puede ser relevante para el hospital estudiar el número de atenciones de un determinado barrio o sector. El SIG permite mediante la superposición de múltiples capas vectoriales discriminar los casos de estudio. En este caso, a modo de ejemplo se seleccionaron las consultas de niños menores de 4 años que habitan en el sector norte de la ciudad con su tabla anexada (Fig. 18).

Figura 16.
Casos de bronquitis aguda y bronquiolitis aguda, julio 2003.



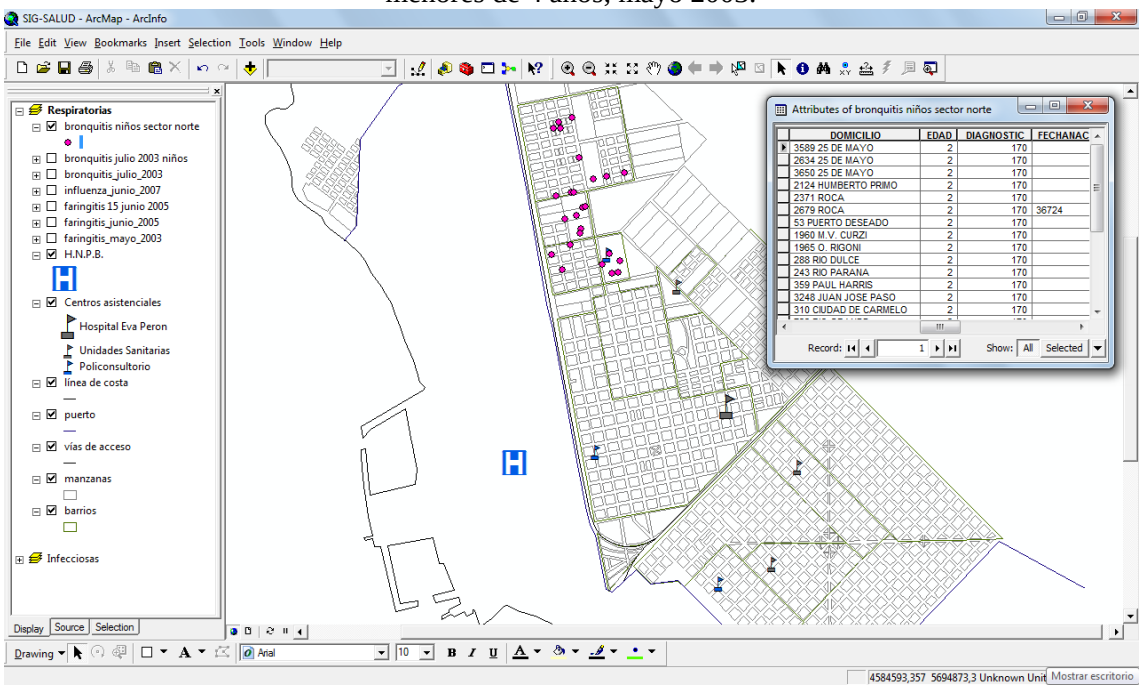
Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Figura 17.
Casos de bronquitis aguda y bronquiolitis aguda en niños menores de 4 años, julio 2003.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Figura 18.
Casos de bronquitis aguda y bronquiolitis aguda en el sector norte de la ciudad de niños menores de 4 años, mayo 2003.



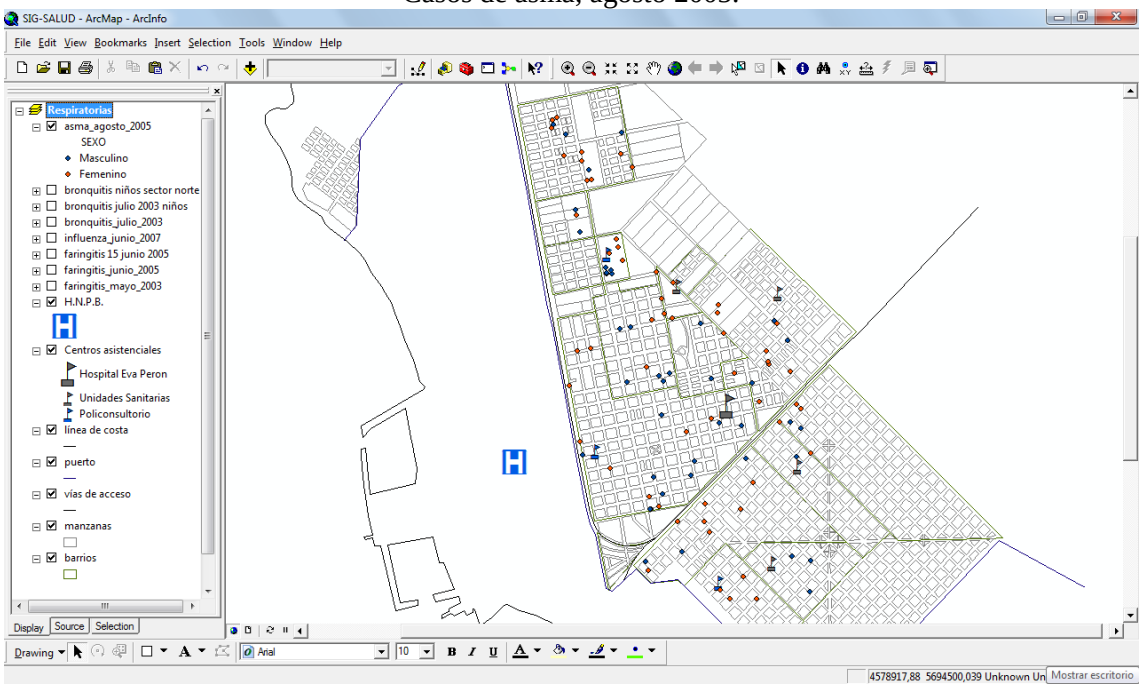
Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

La figura 19 muestra los casos de asma producidos en agosto de 2005 discriminados por sexo mientras que la figura 20 sólo representa los dos días de mayores eventos identificados en el apartado 5, el día 10 y el día 24. El poder elegir las fechas a representar permite no sólo su comparación sino también su análisis con respecto a otras variables como por ejemplo el estado de tiempo. En este caso se observa que el día 10 fueron más frecuentes las consultas realizadas por personas domiciliadas en el sector norte de la ciudad, el viento, según el estudio realizado a estos efectos, provenía del cuadrante NO, mientras que el día 24 hubo mayores atenciones de pacientes que viven en el sector centro-sur de Punta Alta. En el caso de este último día analizado se estaba bajo el dominio de una masa de aire fría con vientos provenientes del SO.

Por otra parte y en especial para enfermedades respiratorias como el asma el SIG puede ser una herramienta muy importante ya que tratándose de una enfermedad crónica se puede tener los pacientes identificados e incluso clasificados según alguna característica de su morbilidad.

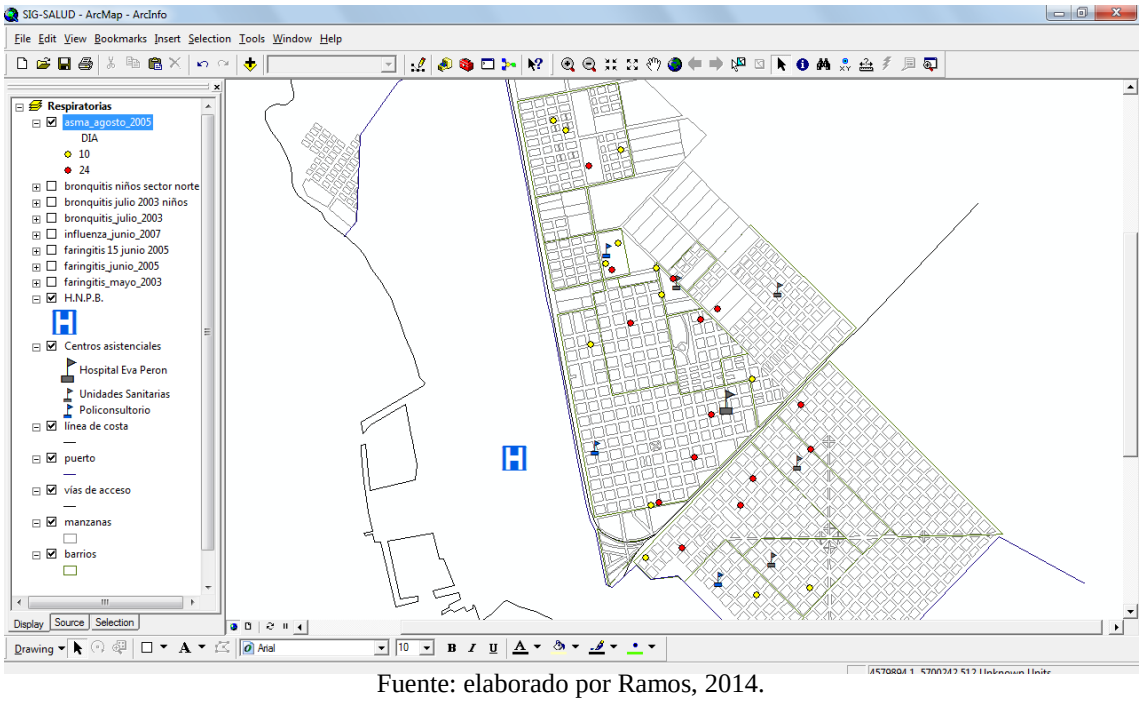
Ramos, M. B. y Campo, A. M. 2014. SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 7. pp. 84-100. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 19.
Casos de asma, agosto 2005.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Figura 20.
Casos de asma ocurridos los días 10 y 24 de agosto 2005.



Fuente: elaborado por Ramos, 2014.

Reflexiones finales

El empleo de los SIG en el estudio de la planificación de la salud es relevante debido a que requiere de un análisis geográfico espacial y temporal que demanda grandes volúmenes de

información provenientes de distintas fuentes e involucra la correlación de distintas variables. El SIG Salud tiene un alto potencial para visualizar información temática georreferenciable. Posibilita la toma de decisiones basadas en datos espaciales que permiten la optimización de recursos, identificar necesidades de salud insatisfechas, caracterizar áreas y grupos poblacionales de alta prioridad y la vigilancia, monitoreo y descripción espacial de eventos de salud. El SIG – Salud desarrollado resulta ser una herramienta muy eficaz para la organización de un gran volumen de datos y demuestra sus ventajas como instrumento para evaluar, diagnosticar, planificar e intervenir en el sistema asistencial de la salud de la ciudad de Punta Alta.

Bibliografía

CAMPO DE FERRERAS, A; PICCOLO, M. y RAMOS, M., 2004. Enfermedades respiratorias en relación con el viento predominante en Punta Alta (Buenos Aires). XXII Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. AAGG 2004 - IGM. pp. 262 - 263. Resumen.

COCKINGS, S.; DUNN, CH.; RAJ, B., y WALKERD, D., 2004. Users' perspectives on epidemiological, GIS and point pattern approaches to analysing environment and health data, Health & Place 10, 169 – 182.

CROMLEY, E. y MCLAFFERTY, S., 2002. GIS and Public Health. The Guilford Press, New York.

CURTO, S; CARBAJO A. y BOFFI R., 2003. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en epidemiología. Caso de estudio: Malaria en la Argentina (1902 – 2000). GAEA. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Congreso Nacional de Geografía. 64 Semana de Geografía. Bahía Blanca. pp 193 – 206.

FERNÁNDEZ NÚÑEZ H., 2006. SIG-ESAC: Sistema de Información Geográfica para la gestión de la estadística de salud de Cuba. Rev Cubana Hig Epidemiol 2006; 44(3).

FOSCHIATTI A; LUCCA A; RAMIREZ L. y REY C., 2002. Contribución de los SIG para la determinación de áreas vulnerables a sufrir accidentes de tránsito en la ciudad de Resistencia (Chaco – Argentina). Revista Serie Geográfica, N° 10; 131 – 142.

GATRELL, A., y LOYTONEN, M., 1998. GIS and Health. Taylor & Francis, London.

GATRELL, A., y SENIOR, M., 1999. Health and health care applications. In: Longley, P.; Goodchild, M.; Maguire, D. y Rhind, D. (Eds.),Geographic al information systems: Management Issues and Applications,Vol. 2,2nd Edition. Wiley,New York,pp. 925 – 938.

GENERALITAT DE CATALUNYA, DEPARTAMENT DE SALUT., 2006. Atlas electrónico de Salud de Catalunya. Sistema de información geográfica del Departamento de Salud.

HERNÁNDEZ SIGLER B; CARBALLO DORVIGNY J; ALVAREZ PORTAL R., e INTERIÁN PÉREZ, S., 2004. Diseño e implementación de una aplicación SIG para el Sector de la Salud en el Municipio Bejucal (SIG-SB). CENPALAB.

IÑIGUEZ ROJAS, L., 1998. Geografía y salud: temas y perspectivas en América Latina. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 14(4):701-711.

Ramos, M. B. y Campo, A. M. 2014. SIG y su aplicación a la salud de la población de Punta Alta, Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 7. pp. 84-100. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

RAMÍREZ, L., 2002. ¿Dónde localizar hospitales públicos? Las nuevas tecnologías – SIG – como herramientas de apoyo a la planificación territorial. Un caso de estudio aplicado a la Provincia del Chaco – Argentina. Revista Serie Geográfica, N° 10; 121 – 130.

STIEFFEL, M., y FRITSCHY, B., 2004. Centros de evacuados y aplicación de SIG, Santa Fe de la Vera Cruz, Argentina. GAEA. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Congreso Nacional de Geografía. 65 Semana de Geografía. Santa Fe de la Vera Cruz. pp 321 – 328.



SECCIÓN 4.
TEMÁTICAS EDUCATIVAS

Brockerhof, L.; Pizzichini, C. y Aldalur, B. 2014. La fotogrametría en la elaboración de un Modelo Digital del Terreno En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 8. pp. 102-108. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

La fotogrametría en la elaboración de un Modelo Digital del Terreno

Lucía Brockerhof [*]
Claudia Pizzichini [**]
Beatriz Aldalur [***]

Resumen

Los alumnos de la cátedra de Fotogrametría de la carrera de Agrimensura del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur, trabajan en sus prácticas de laboratorio con un programa de características fotogramétricas que permite elaborar Modelos Digitales del Terreno (MDT) a partir de pares estereoscópicos. El objetivo de este trabajo es difundir las grandes posibilidades que brinda la fotogrametría digital para la construcción de un MDT mostrando lo desarrollado en esta cátedra. La primera etapa consistió en identificar las cámaras fotogramétricas empleadas en la toma de fotogramas incorporando los parámetros de orientación interna. Posteriormente se confeccionaron las orientaciones relativa y absoluta del modelo empleando puntos del control de campo y de gabinete. Para incrementar información sobre las coordenadas X, Y, Z de áreas en las que se necesitaba mayor detalle, se digitalizaron vectores observando el terreno natural en tres dimensiones y se construyó una TIN (red de triángulos irregulares) de la zona de superposición. Sobre la base de los archivos vectoriales logrados se confeccionaron las curvas de nivel y el MDT. Los alumnos adquieren formación en el uso de herramientas propias de la fotogrametría digital. Estas técnicas forman parte del amplio campo que abarca la Geomática.

Palabras clave: Fotogrametría digital, Modelo Digital del Terreno, Cátedra de fotogrametría

Abstract

Students of Photogrammetry class of the Surveying career from Engineering Department of the Universidad Nacional del Sur, work in their laboratory practices with a program of photogrammetric characteristics that allows developing Digital Terrain Models (DTM) from stereo pairs. The aim of this paper is to spread the great possibilities offered by digital photogrammetry to build a DTM showing what it´s developed in this cathedra. The first step was to identify the photogrammetric cameras used in making photograms incorporating internal orientation parameters. Afterwards the relative and absolute orientations were produced using ground control points field and tie points. To increase information about the X, Y, Z coordinates where areas with more detail needed, vectors observing the natural terrain in three dimensions were digitized and was built a TIN (triangulated irregular network) of the overlap region. Based on the achieved vector files, the contours and the MDT were made. The students acquire training in the use of digital photogrammetry own tools. These techniques are part of the wide field which includes the Geomatic.

Key words: Digital Photogrammetry, Digital Terrain Model, Photogrammetry cathedra

[*] Alumna, Depto. de Ingeniería - UNS, Av. Alem 1253, 1er piso. lu.brocke@gmail.com
[**] Docente, Depto. de Ingeniería - UNS, Av. Alem 1253, 1er piso. claudiapizzi@gmail.com
[***] Docente-Investigadora, Depto. de Ingeniería - UNS, Av. Alem 1253, 1er piso. baldalur@uns.edu.ar

Brockerhof, L.; Pizzichini, C. y Aldalur, B. 2014. La fotogrametría en la elaboración de un Modelo Digital del Terreno En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 8. pp. 102-108. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

La fotografía aérea es una herramienta empleada por un abanico de disciplinas. Desde el punto de vista de la explotación de la información que brindan, existen aspectos importantes de su uso multidisciplinario como son los datos sobre la topografía, el uso y cobertura del suelo y la integración de los datos derivados de las fotografías aéreas en un sistema de información geográfica (López Cuervo y Estévez, 1980).

Las posibilidades brindadas por la fotogrametría analógica y analítica resultaron desde hace años, muy onerosas para implementar en las aulas de nuestras universidades. Con el desarrollo de la fotogrametría digital, la cátedra de Fotogrametría de la Universidad Nacional del Sur (UNS) ha podido llevar a adelante sus prácticas mediante el aprendizaje de un programa de características fotogramétricas donado por el Consejo Profesional de Agrimensura de la Provincia de Buenos Aires (CPA) que instruye, entre otras cosas, en la ejecución de Modelos Digitales del Terreno (MDTs).

Los MDT son muy utilizados en los Sistemas de Información Geográfica (SIGs) ya que éstos permiten el manejo de elementos puntales, lineales y de superficie con topología, así como explotación de la información gráfica relacionada con una base de datos alfanumérica. A partir de ellos, se pueden realizar numerosas aplicaciones como pueden ser diseño y trazado de carreteras, canales y cualquier obra lineal, perfiles longitudinales y transversales, cubicaciones, mapas de pendientes, mapas de orientaciones, mapas de cuencas de drenaje (Pozo Ríos, 2002). Las utilidades que ofrecen, los sitúan como uno de los productos fotogramétricos más requeridos e importantes (Sosa, 2002).

Existen diferentes metodologías para la obtención de un MDT. Entre ellas podemos citar la toma directa de datos por medio de levantamientos topográficos empleando estaciones totales o el Posicionamiento Global Satelital (GPS[1]) o mediante el uso de productos del radar o del láser desde plataformas aéreas o satelitales. También se pueden construir MDT en forma indirecta digitalizando las curvas de nivel a partir de los mapas topográficos convencionales, ya sea a través del escáner con posterior vectorización o en forma manual mediante tableta digitalizadora o pantalla.

La fotogrametría realiza los MDT a partir de fotografías aéreas, apoyándose en el análisis de pares estereoscópicos y en la extracción de la información de los mismos durante la fase de restitución, siempre con la ayuda de la visión estereoscópica. En esencia, la fotogrametría digital permite a sus usuarios realizar todas las técnicas que llevan a construir el modelo de un objeto, brindando a través de los sucesivos procesos, las coordenadas **x, y, z** del objeto relevado.

De forma general, la unidad básica de información en un MDT es un valor de altitud **z**, al que acompañan los valores correspondientes de **x** e **y**, expresados en un sistema de proyección geográfica con una precisa referenciación espacial. La altitud se describe básicamente mediante un conjunto finito y explícito de cotas. El valor propio de un punto de localización arbitraria será, en su caso, estimado por interpolación a partir de los datos de su entorno.

Si bien la metodología que se apoya en las fotografías aéreas es costosa, por el instrumental empleado, existen actualmente programas económicamente más accesibles que permiten llevar adelante esta tarea. Uno de ellos es el programa Photomod, de origen ruso (www.racurs.ru) con el que es posible realizar Modelos Digitales del Terreno y ortofotos entre otros productos. Más información sobre las capacidades de este programa y su fundamento teórico se pueden

[1] Se conserva la sigla en inglés, GPS (Global Positioning System)

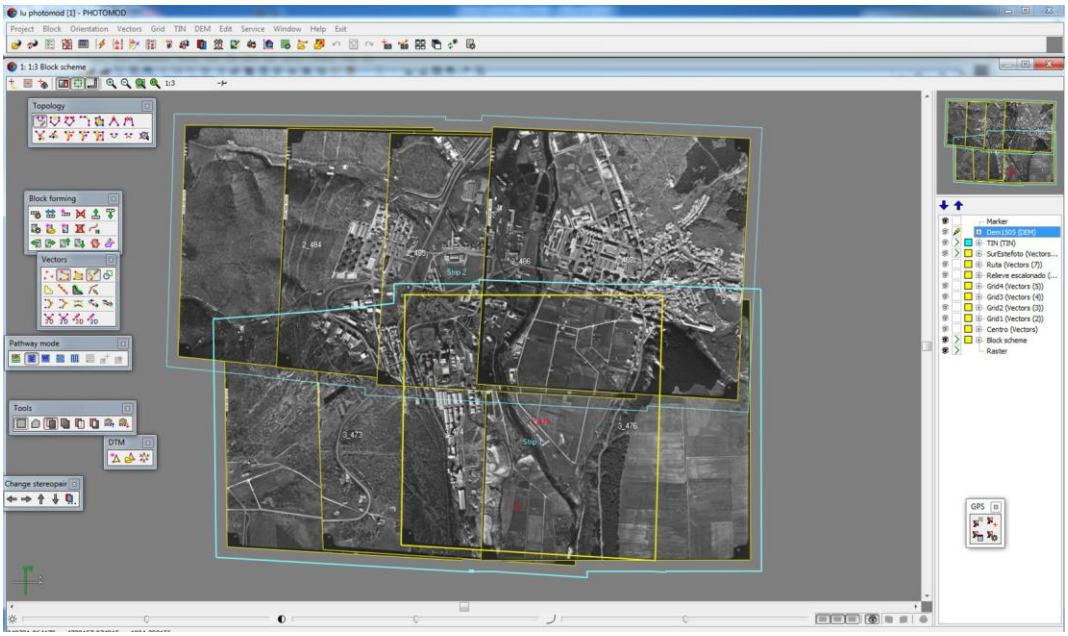
encontrar en Adrov y Titarov (2004). Este programa es el empleado en las prácticas de la cátedra de Fotogrametría del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur. El objetivo de este trabajo es difundir las grandes posibilidades que brinda la fotogrametría digital para la construcción de un MDT mostrando lo desarrollado en esta cátedra.

Materiales y métodos

En este trabajo se utilizaron 8 fotografías aéreas e información sobre 17 puntos de control facilitados por la cátedra de Fotogrametría de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Los fotogramas corresponden a un vuelo de marzo de 1994 en escala 1:5000 escaneados con escáner fotogramétrico a 907 dpi, lo que permitió tener una resolución espacial de un píxel que equivale a 0,28 m en el terreno. El escáner empleado en formato A3 incluye las marcas fiduciales de cada fotograma, por las características que posee brinda resultados con la mayor calidad radiométrica y geométrica. El área de trabajo pertenece a la zona de Guardo, Palencia, Junta Castilla-León, España. Las 8 fotografías aéreas forman parte de dos corridas y permiten la confección de seis modelos. El área de estudio corresponde a una región con importantes desniveles y variada infraestructura urbana, presentado una topografía accidentada. El programa utilizado fue Photomod 5 Lite. Si bien la cátedra cuenta con licencia de este programa, existe la posibilidad de trabajar también con un demo que establece la limitación en la cantidad de fotogramas a emplear por proyecto.

La primera etapa del trabajo comprendió el ingreso de los fotogramas por corridas, en este caso constituían cuatro por cada una de ellas y la realización de las orientaciones interior, relativa y absoluta. Las dos corridas del área de estudio constituyen un bloque que se pueden observar como mosaico rectificado con los porcentajes de superposiciones longitudinales y transversales una vez que se ingresan los puntos de control (Fig.1). El programa cuenta con diferentes módulos empleados para ir cumplimentando las distintas tareas. Ejemplo: *Block Layout*, *Block Forming* y *AT* (Aerotriangulación). La figura 1 muestra la ventana del programa con las dos corridas ensambladas una vez que se le han incorporado los puntos de control terrestre.

Figura 1.
Imagen de la pantalla del programa Photomod 5 mostrando las dos corridas con fotogramas rectificados.



Fuente: Elaborado por Brockerhof, Pizzichini, Aldalur.

La orientación interna de cada una de las fotografías permitió la reconstrucción del haz de rayos que dio origen a la imagen. Los dos sistemas de coordenadas pixel e imagen se vinculan mediante la señalización en pantalla de las coordenadas de las cuatro marcas fiduciales, tarea que se realiza para cada fotograma, para lo cual se aplicó la transformación afín (Liba y Järve, 2009) y cuyo resultado se puede verificar a través de un reporte de los errores cometidos en la bisección de cada punto (localización mediante el cursor en pantalla). En cada fotograma, las dos primeras marcas fiduciales se identifican en forma manual y en forma automática las otras dos restantes. La distancia focal de la cámara ingresada fue 151.490 mm. Esta información, de distancia focal y de coordenadas de las marcas fiduciales, es extraída del certificado de calibración de la cámara y para nuestro trabajo fue provista por la UNT. No se tenían valores del error de distorsión de la lente por lo que este dato no pudo ser incorporado al programa.

Se estableció un error medio cuadrático (RMS[2]) máximo para la orientación interna de 0.500 píxel. El siguiente paso fue la realización de la orientación relativa. Esta etapa está dirigida a eliminar la paralaje vertical, para ello es necesario que se intersecten los rayos homólogos de cinco puntos en la zona de superposición. Los excedentes o residuales determinan los errores producidos. La tarea consistió en la medición y transferencia en pantalla de los puntos de control, a todos los fotogramas. Es importante que los puntos de apoyo de campo se encuentren emplazados preferentemente en la zona de triple superposición longitudinal y en la superposición transversal.

El trabajo continúa con la búsqueda, medición y transferencia de los puntos de enlace *(ties* o de gabinete) los cuales deben ser numerosos y deben ubicarse a nivel del terreno. Aquí se trabaja con el módulo AT, que muestra en todo momento si existe uniformidad en la cantidad de puntos según las 6 zonas de Von Grüber. Más detalles sobre las orientaciones interna, relativa y absoluta pueden obtenerse en Kasser y Egels (2002) y Mikhail *et al.* (2001).

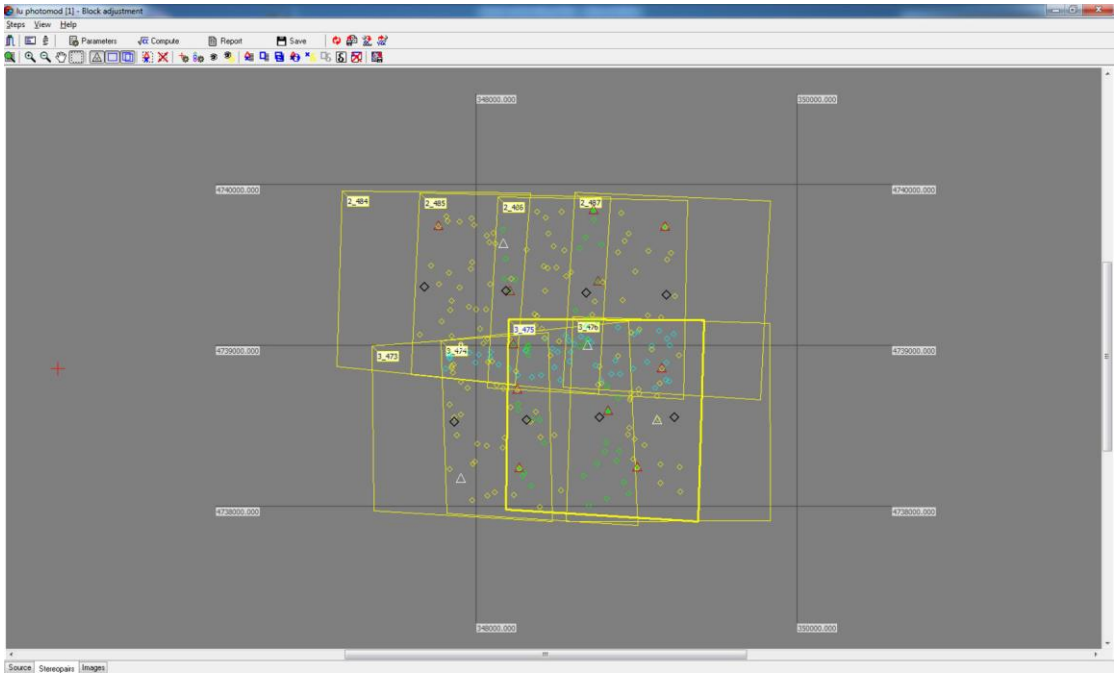
Si bien el programa presenta la opción de realizar la transferencia de puntos de enlace en forma automática, esto no es recomendable por la cantidad de puntos que incorpora y que después el operador debe filtrar y controlar eliminando errores cometidos en la correlación de las imágenes. En este trabajo, y para el primer MDT se incorporaron 227 puntos de enlace.

Una vez que se densificaron los puntos de control de campo con puntos de control de gabinete, se realizó la orientación externa o absoluta. Este paso consiste en efectuar la aerotriangulación para lo cual se hace la compensación del bloque por mínimos cuadrados y por ajuste de rayos. Desde el reporte de errores cometidos se realiza la evaluación de la posición **x, y, z** y **ϕ, ω, κ** de cada punto para poder efectuar su corrección. El resultado obtenido, luego de realizar las tres orientaciones, se muestra en la figura 2.

[2] Se conserva la sigla en inglés, RMS (Root Mean Square)

Brockerhof, L.; Pizzichini, C. y Aldalur, B. 2014. La fotogrametría en la elaboración de un Modelo Digital del Terreno En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 8. pp. 102-108. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 2.
Imagen de la pantalla del programa Photomod 5 mostrando el resultado de aplicar las tres orientaciones.



Fuente: Elaborado por Brockerhof, Pizzichini, Aldalur.

La segunda etapa del trabajo consistió en densificar la localización de puntos del terreno en áreas donde existieran mayores variaciones topográficas y sobre líneas de quiebre que representaban todos los cambios contrastantes en la forma del suelo. Esto se logró creando capas vectoriales mediante la digitalización de puntos que cumplieran esa condición.

La digitalización de cada uno de ellos fue realizada visualizándolos en los pares estereoscópicos y en tres dimensiones. La visión 3D se elabora mediante el método de los anaglifos, para lo cual se debe observar el área de estudio desde lentes especiales para este tipo de visión. Se crearon además varias capas vectoriales a partir de grillas regulares de tres por cuatro puntos que fueron localizadas sobre el terreno natural en zonas llanas y sobre las que no se tenía información en formato vectorial.

Sobre la base de todas las capas vectoriales realizadas se creó el modelo TIN[3] (Red de triángulos irregulares). Esta red está formada por triángulos donde cada vértice es uno de los puntos digitalizados por visión estereoscópica o es un punto de la grilla regular.

A partir de las coordenadas conocidas de los puntos de control de campo, de los puntos de gabinete y de la posibilidad de obtener las coordenadas de nuevos puntos a través de la interpolación polinómica de la elevación, en los triángulos de la TIN, se confeccionó el MDT. Para ello se determinó el cálculo de nuevas coordenadas en una distribución regular de celdas de 1 m.

[3] Se conserva la sigla en inglés, TIN (Triangulated Irregular Network)

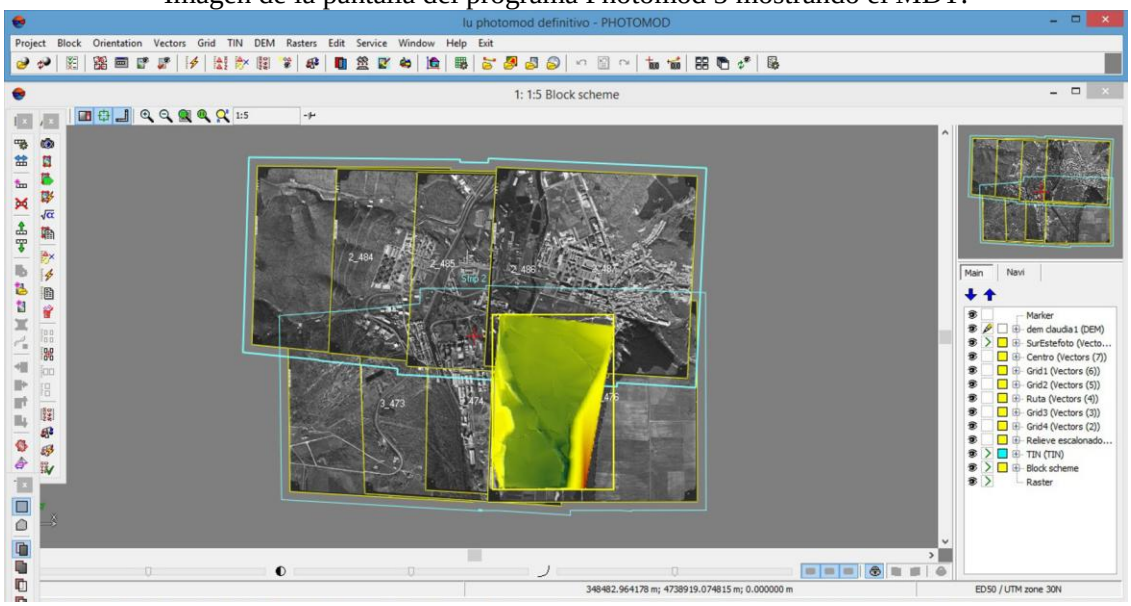
Brockerhof, L.; Pizzichini, C. y Aldalur, B. 2014. La fotogrametría en la elaboración de un Modelo Digital del Terreno En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 8. pp. 102-108. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Resultados y discusión

El reporte de la orientación interior reveló el resultado de los errores producidos al relacionar la ubicación de las marcas fiduciales con sus coordenadas de imagen. Los valores obtenidos estuvieron comprendidos entre 0.053 píxel y 0.243 píxel.

El resultado final de la compensación del bloque por mínimos cuadrados presentó un error medio cuadrático para los residuales de las coordenadas de los puntos de control igual a 0,202 m en planimetría y a 0,187 m en altimetría. Respecto a los puntos de enlace se obtuvieron errores de 0,091 m y 0,150 m en planimetría y en altimetría, respectivamente. La figura 3 permite observar el MDT del terreno obtenido mediante la aplicación de técnicas fotogramétricas y trabajando con pares estereoscópicos.

Figura 3.
Imagen de la pantalla del programa Photomod 5 mostrando el MDT.



Fuente: Elaborado por Brockerhof, Pizzichini, Aldalur.

Conclusiones

La cátedra de fotogrametría entiende que los alumnos tienen la capacitación necesaria para iniciarse en el estudio, análisis y desarrollo de estas técnicas fotogramétricas y pretende que ellos puedan seguir entrenándose para lograr un mayor crecimiento.

Los modelos del terreno logrados a través de estos procedimientos fotogramétricos, proporcionan coordenadas planialtimétricas a escala de detalle, imprescindibles en numerosos estudios del ámbito de las ciencias de la tierra y de la ordenación del territorio donde el conocimiento de la topografía es esencial. Los errores altimetría están dentro del orden de los 0,50 m.

El grado de detalle logrado en el MDT dependerá de la escala de la fotografía empleada y de los parámetros que se fijen para su cálculo.

Brockerhof, L.; Pizzichini, C. y Aldalur, B. 2014. La fotogrametría en la elaboración de un Modelo Digital del Terreno En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 8. pp. 102-108. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Agradecimientos

Al Ing. José Juliá y al Ing. Javier Carelli de la Universidad Nacional de Tucumán por facilitarnos las fotografías aéreas y la información de los puntos de control, necesarios para realizar estas prácticas en la Universidad Nacional del Sur.

Al Consejo Profesional de Agrimensura de la Provincia de Buenos Aires (CPA), por la donación del programa Photomod 5.

Bibliografía

ADROV, V. N., T. y TITAROV, P. S. 2004. "Digital photogrammetric system PHOTOMOD and its usage for pushbroom imagery processing", [En línea], http://www.racurs.ru/?page=256 [12/03/2014].

KASSER, M. y EGELS, Y. 2002. Digital Photogrammetry. Editorial Taylor & Francis, Londres, 351pp.

LIBA, N., y JÄRVE, I. 2009. *Making Orthophotomosaic about Tartu City with Photomod program and its geometrical quality*. En: International Federation of Surveyors (FIG) Working Week, Surveyors Key Role in Accelerated Development, Eilat, Israel, 9pp.

LOPEZ CUERVO y ESTÉVEZ, S. 1980. Fotogrametría. Madrid, EGRAF, S.A., 367 pp.

MIKHAIL, E. M., BETHEL, J. y Mc GLONE, J. C. 2001. Introduction to Modern Photogrammetry. Editor John Wiley & Sons, Inc., Estados Unidos, Nueva York, 479 pp.

POZO RÍOS, M. 2002. *Desarrollo de equipos de fotogrametría: Explotación del dato digital*. En: IX Congreso Nacional de Ingeniería Gráfica, Santander, España, 9pp.

SOSA, S. 2002. "Algunas experiencias con procedimientos accesibles de fotogrametría digital". *Mapping*, Editor eGeoMapping, España, Nº 81, pp.58-67, ISSN 1131-9100.

Programa Photomod 5, www.racurs.ru, [10 de marzo de 2014].

De Vito, J.; Flores, A. P. y Rivarola y Benítez, M. 2014. Cartografía, Sensores Remotos y SIG como asignatura de grado. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudios*. Capitulo 9. pp. 109-122. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Cartografía, Sensores Remotos y SIG como asignatura de grado

Julián De Vito [*]
Andrea Pamela Flores [**]
Marcela Rivarola y Benítez [***]

Resumen

Desde el año 2003, en la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) se dicta la asignatura "Cartografía, Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica" en el marco de las licenciaturas de Ecología Urbana y Urbanismo. Dada la demanda regional por parte de organismos públicos de personal capacitado en el uso de dichas herramientas, a partir del 2012, también se ofrece la Tecnicatura en SIG. Teniendo en cuenta los diferentes planes de estudio y el momento en que la asignatura es ofrecida, el equipo de docentes ha incrementado el uso de las TIGs en las prácticas de evaluación. El objetivo final es la introducción a los conceptos básicos de representación, el acercamiento a las fuentes de información locales y a las herramientas actuales para el estudio del territorio. El trabajo a continuación da cuenta de una serie de actividades por módulo, desarrolladas en el marco de la asignatura y que integran los conceptos fundamentales del análisis espacial con estudios de casos. Asimismo, las prácticas fueron realizadas con herramientas gratuitas y robustas como el Atlas 500K, los programas 2Mp y SOPI, de desarrollo íntegramente nacional, el programa GVSIG y el visor en línea "Mapas del Conurbano" de la UNGS.

Palabras clave: cartografía, sensores remotos, sistemas de información geográfica, TIGs

Abstract

Since 2003, at the National University of General Sarmiento (UNGS), is taught the subject "Cartography, Remote Sensing and Geographic Information System", within the frame of two careers, Urban Ecology and Urbanism. Due to the demands of the regional public agencies, regards to human resources trained on the use of these tools, since 2012 also it is offered a Technical degree on GIS. Taking into account the different study programmes and the moment in which the subject is offered, professors team have increased the use of GITs on the evaluation practices. The main goal is the introduction into the basic concepts of representation, the approach to local information sources and the current tools for territorial study. The following work gives account for developed activities for each module within the framework of the subject, integrating the fundamental concepts of spatial analysis with case studies. Also, the practices were made with free and robust tools as the Atlas 500k, 2MP and SOPI software, development entirely national, the GVSIG and the online service "Conurban Mapping" by UNGS.

Key words: cartography, remote sensing, geographic information system, GITs.

[*] Responsable de Comunidad de Usuarios y Vinculación Institucional de SoPI, CONAE. Paseo Colón 751, CP 1063, CABA. jdevito@conae.gov.ar
Docente-Investigador, UNGS. J. M. Gutiérrez 1150, CP 1613, Malvinas Argentinas, Bs. As. Argentina. jdevito@ungs.edu.ar
[**] Docente-Investigadora, UNGS. J. M. Gutiérrez 1150, CP 1613, Malvinas Argentinas, Bs. As. Argentina. pflores@ungs.edu.ar
[***] Docente-Investigadora, UNGS. J. M. Gutiérrez 1150, CP 1613, Malvinas Argentinas, Bs. As. Argentina. mrivarol@ungs.edu.ar

De Vito, J.; Flores, A. P. y Rivarola y Benítez, M. 2014. Cartografía, Sensores Remotos y SIG como asignatura de grado. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudios*. Capitulo 9. pp. 109-122. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

La asignatura se inició con el formato de un taller extracurricular que podían cursar los estudiantes de todas las carreras ofrecidas en la UNGS y particularmente dirigida a los que optaban por aquellas que se dictaban en el Instituto del Conurbano (ICO). En general, los interesados eran alumnos becados o que colaboraban en diversos proyectos de investigación y, dada la poca formación en conceptos y aplicación de las herramientas cartográficas y de sensores remotos (Miraglia y Rivarola y Benitez, 2006), requerían de una capacitación más convencional.

En tal sentido, debieron articularse los conceptos vinculados a la cartografía básica, los sensores remotos y posteriormente los sistemas de información geográfica, a fin de integrar, visualizar y trabajar con los datos en formatos raster y vectorial. Teniendo en cuenta los perfiles de los egresados de las licenciaturas del ICO y la potencialidad de los entornos SIG, en 2003 se formalizó la inclusión del taller con formato de asignatura, al principio como optativa y luego como parte de la currícula académica de las licenciaturas de Ecología Urbana (actualmente licenciatura en Ecología) y Urbanismo, integrando actualmente el plan de estudios de las mismas[1].

Las prácticas se desarrollan en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (LabSIG), que cuenta con equipamiento informático de última generación lo cual permite desarrollar actividades específicas en Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) con más de 60 horas de práctica. En el marco de la creación de la Tecnicatura Superior en Sistemas de Información Geográfica, una carrera de pregrado que se ofrece desde 2012, el LabSIG ha ampliado su capacidad, actualizando el hardware e incorporado otros programas a los que ya se utilizaban, asimismo se ha incluido la asignatura a su plan de estudios[2].

La asignatura apunta a introducir a futuros usuarios de la cartografía en conceptos básicos e imprescindibles para desarrollar no sólo la lectura de los diversos productos oficiales, sino la generación de los mismos en base a sus propias investigaciones.

Los objetivos de la materia y los contenidos propuestos están orientados a que los alumnos desarrollen la capacidad de identificar las distintas escalas de representación cartográfica y que se entrenen en la lectura de la información que contiene. Asimismo, que comprendan las ventajas que presenta la organización de la información tanto en formato vectorial como raster y la potencialidad de los SIG en la integración de los mismos. A continuación se listan los lineamientos principales de la asignatura:

- El entrenamiento en el uso de la información en formatos no digitales.
- La comprensión de la diferencia entre los productos obtenidos a partir de diversos sensores remotos y sus aplicaciones.
- La interpretación visual de la información contenida tanto en imágenes satelitales como en fotografías aéreas.
- El desarrollo de la capacidad de operar un SIG que integre información a diferentes escalas.

[1] Licenciatura en Ecología: Plan anterior, reconocimiento oficial y validez nacional: Res. (MCyE) Nº2280/98, Resolución (CS) Nº2998/09. Plan actual, reconocimiento oficial y validez nacional: Res. (MCyE) Expediente (ME) Nº3113/98, Resolución (CS) Nº4294/12.
Licenciatura en urbanismo: Plan anterior, reconocimiento oficial y validez nacional: Res. (MCyE) Nº276/00, Resolución (CS) Nº2999/09. Plan actual, reconocimiento oficial y validez nacional: Res. (MCyE) Expediente (ME) Nº3115/98, Resolución (CS) Nº4293/12.

[2] Reconocimiento Oficial y Validez Nacional: Res. (MCyE) Nº 1358/11, Resolución (CS) Nº 4391/12

- Fomentar a los estudiantes en la implementación de la herramienta técnica dentro del proceso de investigación y desarrollo profesional.

Los contenidos procedimentales

- Lectura de la cartografía y realización de ejercicios.
- Recolección e interpretación de datos cualitativos y cuantitativos.
- Planteo de Problemas. Discusión colectiva; consensos y disensos. Elaboración de conclusiones.
- Trabajos prácticos (usos de fuentes de información oficial en papel y servidores de imágenes satelitales y archivos en formato vectorial, selección y análisis de los datos de interés, presentación de informes individuales y grupales).
- Elaboración e interpretación de material gráfico, tabulado y cartográfico.
- Ejercitación en computadora con programas de SIG de diversa complejidad a fin de visualizar los archivos, procesar imágenes satelitales para obtener productos nuevos, editar capas vectoriales y superponerlas para elaborar mapas.

La organización de la materia

La materia se organiza en tres módulos fundamentales: La cartografía, los sensores remotos y los sistemas de información geográfica. Para lograr los objetivos fijados la asignatura ofrece un fuerte contenido práctico, a partir de la utilización de recursos impresos en papel (cartas topográficas, fotografías aéreas e imágenes satelitales, tabulados con información socio-económica de tipo censal). Asimismo se presentan diversos materiales digitales como escenas satelitales, productos cartográficos y elementos vectoriales disponibles en catálogos y portales de libre acceso.

En cada una de las clases se realiza un abordaje teórico con una práctica asociada a una aplicación concreta. El objetivo es vincular estudios de casos de manera transversal a diversas problemáticas ambientales y urbanas derivadas de procesos naturales y/o antrópicos que son de incumbencia en cada una de las carreras, pudiendo de esta forma despertar el interés en estas nuevas tecnologías. Cada módulo requiere de la elaboración de trabajos prácticos con diferentes grados de complejidad a medida que se avanza en los contenidos teóricos. Finalmente, y como parte de una incorporación genuina de los contenidos, se realiza un trabajo integrador que incluye el procesamientos digital de imágenes satelitales, la generación de capas derivadas, la incorporación de las mismas a un Sistema de Información Geográfica y la posterior salida cartográfica.

Partiendo de la premisa que todo dato puede ser geolocalizable, la posibilidad de espacializar los elementos físicos junto a las variables sociales y/o tal vez hechos históricos, aportan nuevos elementos que muchas veces son ignorados y que enriquecen las tradicionales perspectivas de abordaje de las problemáticas.Por último, se destaca que el equipo de docentes ha elaborado un manual de base que concentra los conceptos referidos a cada módulo de forma introductoria, con ejemplos locales y que es bibliografía obligatoria en la asignatura (Miraglia et al, 2010).

La Cartografía

En esta unidad temática los estudiantes realizan operaciones básicas cartográficas, tales como ubicación de un punto por sus coordenadas geográficas y planas, medición de distancias, cálculo de la cota de un punto, cálculo de superficies y perfiles topográficos. El objetivo de esta práctica es familiarizar a los estudiantes en la correcta lectura e interpretación de la información que

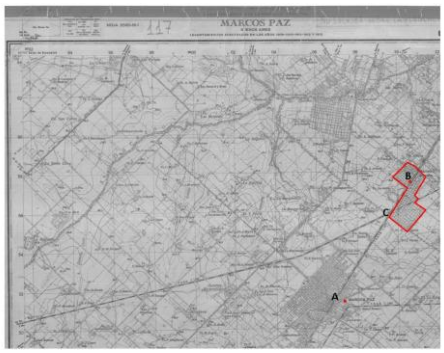
brindan las cartas topográficas así como el repaso de unidades de medición y representación de los datos.

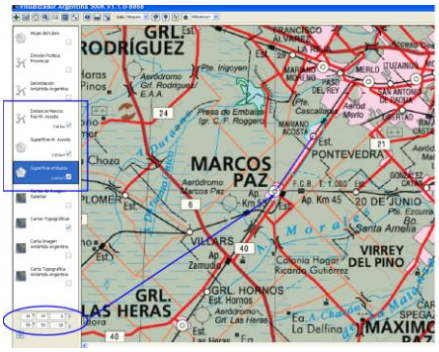
Luego de la entrega del informe escrito con los resultados obtenidos por cada estudiante, se presentan el Atlas 500K[3] y el Google Earth como herramientas digitales con diferentes ventajas. La primera, permite repasar el sistema de representación adoptado por nuestro país y se visualiza por primera vez la integración de la información de tipo vectorial y raster (cartas topográficas e imágenes satelitales) a escala 1:500.000 cubriendo todo el territorio nacional. La segunda permite familiarizar a los estudiantes con escalas con distintos niveles de detalle, cubriendo el globo y ofrece imágenes históricas (en general desde el 2002 a la fecha). La Figura 1 presenta un ejemplo de localización de un punto por sus coordenadas geográficas y cálculo de área y distancia en los diferentes formatos de información.

Figura 1.

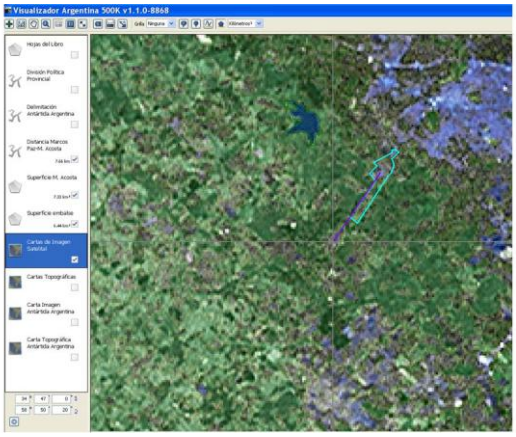
Localización por coordenadas geográficas y cálculo de áreas y distancias con cartografía en papel y digital.

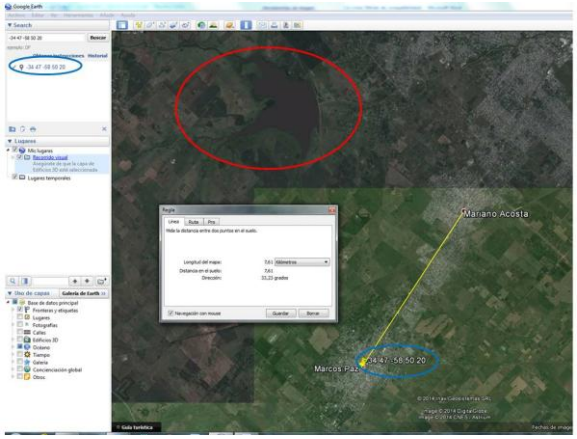
1.1 **1.2**





1.3 **1.4**





Fuente: Carta topográfica MARCOS PAZ, hoja 3560-18-1 (Instituto Geográfico Militar), levantamientos efectuados en los años 1909, 1910, 1911, 1912, 1913; fecha de impresión: 1925; escala 1:50.000. Atlas 500k. Google Earth versión 7.1.

En el caso 1.1, se pide a los estudiantes que calculen las coordenadas geográficas del punto A (Marcos Paz, cabecera), la distancia al punto B (Estación Mariano Acosta) y la superficie del polígono C (Mariano Acosta). En el caso 1.2, ya con el Atlas 500k como herramienta, ingresan

[3] Se compone principalmente de cartas topográficas e imágenes satelitales a escala 1:500.000, cubriendo el territorio nacional. Elaborado por la CONAE y el IGN.

las coordenadas calculadas utilizando la función navegar por latitud y longitud a modo de verificación. Además realizan el cálculo de área y de distancia nuevamente con el software. En este sentido, observan los cambios ocurridos entre el año de levantamiento e impresión de la carta (1925) y los nuevos elementos en el territorio. En este caso en particular, se destaca la aparición del embalse de la represa I. Roggero. Luego se activan las cartas de imagen satelital y se mide la superficie del cuerpo de agua artificial (caso 1.3). En el caso 1.4, con el Google Earth, que permite una visualización con mayor detalle, nuevamente se ubica el punto A por sus coordenadas y se vuelven a medir distancias. Por último, y como parte de la evaluación, se discuten y se evalúan de forma crítica, con los estudiantes, los diferentes resultados y la precisión de los mismos. En este sentido también se plantea la utilidad de cada estrategia de medición a diferentes escalas.

Los Sensores Remotos

En el módulo referido a los sensores remotos se introduce a los estudiantes en los conceptos básicos de la ingeniería satelital, los GPS, la teledetección y el procesamiento digital de imágenes, haciendo uso de las plataformas e instrumentos conocidos vinculados a las aplicaciones más relevantes.En una primera etapa, al igual que con las cartas topográficas, se presentan los elementos de las cartas satelitarias que permiten a los estudiantes familiarizarse con los patrones de interpretación visual (la forma, el tamaño, el tono, el color, la textura, la sombra, el patrón, la ubicación y la asociación). Para ello se trabaja con imágenes satelitarias impresas del IGM – CONAE a escala 1:50.000.

Los contenidos teóricos incluyen: Ventajas de la percepción remota; plataformas y sensores; historia de la teledetección; misiones satelitales de observación de la Tierra y el Plan Espacial Argentino; satélites y órbitas; ancho de barrido; resolución temporal; estructura de una imagen digital; concepto de píxel; resolución espacial; interpretación visual, espectro electromagnético; interacción energética con la atmósfera y la superficie terrestre; ventanas atmosféricas; respuesta espectral y reflectancia; la visión humana; teoría del color; número digital; resolución radiométrica; histograma; realces de histograma; esquema de un sensor, tipos de datos; sensores activos vs. sensores pasivos; mecanismo de adquisición de datos; fuentes de imágenes y de cartografía digital; disponibilidad de productos en la web; tipos de formatos de archivo; sistema GPS; procesamiento de imágenes; filtrado espacial, álgebra de bandas e índices normalizados.

En cuanto a las prácticas cada uno de estos temas tiene una aplicación específica y están organizados en casos de estudios en los que se utilizan los programas 2Mp y SOPI, de desarrollo íntegramente nacional. En el Anexo I se presenta una síntesis del tipo de información utilizada en cada trabajo práctico. De esta manera se propone un abordaje a problemáticas de diferente escala y complejidad, acordes a los conceptos que los estudiantes van incorporando a lo largo de las clases teóricas y a las habilidades en el manejo de los programas a medida que avanzan con las prácticas en las computadoras. Asimismo en cada práctica se remarcan las ventajas y posibilidades de uso de cada una de las escenas utilizadas ya sea por sus características o por su disponibilidad en diferentes servidores como los catálogos de CONAE[4], INPE[5] y USGS[6].

[4] http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/catalogo-de-imagenes
[5] http://www.dgi.inpe.br/CDSR/
[6] http://earthexplorer.usgs.gov/

Los sistemas de información geográfica

El primer objetivo en la introducción de este módulo es conceptual, y se relaciona con la utilización de los sistemas de información geográfica para el análisis de procesos territoriales integrando múltiples variables cualitativas y cuantitativas.

El otro objetivo, se vincula con la potencialidad de los SIG como instrumento para la planificación previa y como instrumento para evaluar a posteriori planes de la gestión local y regional, por lo que se entrena a los estudiantes en el manejo de herramientas básicas de edición y procesamiento.

En este último módulo se propone un trabajo práctico integrador cuya propuesta original fue publicada en el trabajo *"Estimación del grado en que el medio ambiente de la ciudad de Buenos Aires favorece el desarrollo del mosquito Aedes Aegypti"* (De Vito, 2003) pero que ha sido readapatada para su aplicación educativa utilizando un software libre (GvSIG 1.12).

El trabajo se denomina "Riesgo de Dengue en la Ciudad de Buenos Aires" y su objetivo es detectar las zonas que presentan características propicias para el desarrollo del vector (mosquito *A. aegypti*), transmisor del virus del dengue. En la introducción del trabajo práctico se presentan las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo de este insecto y los pasos para elaborar un proyecto geoespacial con salidas cartográficas. El producto final es un "mapa de riesgo" que tiene tres categorías (alto, medio, bajo). Posteriormente se valida el modelo con datos de campo de la Secretaría de Ambiente y Planeamiento Urbano de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Para ello se plantean dos etapas: una de análisis y selección de datos e información disponible, donde a partir de la información teórica se discute su pertinencia, y la otra de procesamiento de datos raster para la detección de zonas de riesgo y su consecuente elaboración de cartografía temática. Asimismo se introduce a los estudiantes en el uso del programa GvSIG 1.12 como entorno de integración de información de tipo raster y vectorial útil. El primer mapa se elabora en base a los datos de campo que incluyen información de frecuencia de captura de ovitrampas de las campañas de octubre de 2000 a mayo de 2001 en el marco de estudios para la prevención del dengue[7].

El mapa temático presenta a los barrios de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires agrupados en tres categorías, según los valores de criticidad: baja, media y alta (agrupación según saltos naturales, señalización de tipo semáforo: verde, amarillo, rojo).

Para ello, luego de familiarizar a los alumnos con los marcos de trabajo y las herramientas básicas del programa. Se abordan cuestiones como la edición de tablas, unión a una capa vectorial de base (barrios de la ciudad[8]) para agregar atributos cualitativos, cuantitativos. También se repasan y abordan de forma práctica las técnicas de representación gráfica de la información y los elementos fundamentales (norte, escala gráfica y numérica, leyenda) para la elaboración de un mapa temático.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de la salida gráfica obtenida.

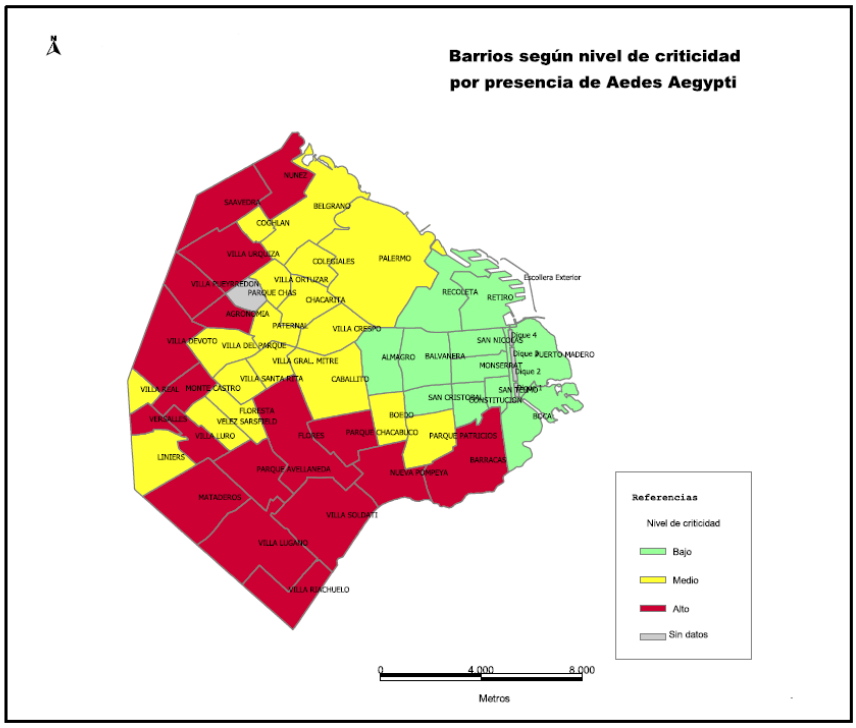
[7] Los mismos se presentan tabulados, informando la cantidad de "semanas postivas" en las que se detectó la presencia del mosquito por mes para el periodo consierado, para cada barrio de la ciudad. Además se detalla la cantidad de semanas positivas totales, para el período crítico (aquel en que la temperatura resulta propicia para el ciclo de vida del mosquito) y el no crítico.

[8] http://data.buenosaires.gob.ar/dataset/barrios

De Vito, J.; Flores, A. P. y Rivarola y Benítez, M. 2014. Cartografía, Sensores Remotos y SIG como asignatura de grado. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudios*. Capitulo 9. pp. 109-122. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 2.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Barrios según nivel de criticidad por presencia de *Aedes Aegypti*.



Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados por la Secretaría de Ambiente y Planeamiento Urbano de la ciudad de Buenos Aires.

Para la elaboración del segundo mapa, que da cuenta de las zonas con oferta de ambientes propicios para el desarrollo del vector, se proporciona una carpeta con diversas capas raster y vectoriales para que los estudiantes discutan y generen criterios de selección de la información realmente útil y que incide en el ciclo de vida del mosquito. Las capas[9] son:

- Raster: imágenes LandSat-7 ETM+ 2000-11-02 Reflectancia y Temperatura de Brillo, LandSat-7 ETM+ 2000-12-20 Reflectancia y Temperatura de Brillo, LandSat-7 ETM+ 2001-02-06 Reflectancia y Temperatura de Brillo, LandSat-7 ETM+ 2001-04-11 Reflectancia y Temperatura de Brillo, LandSat-7 ETM+ 2001-05-13 Reflectancia y Temperatura de Brillo, modelos digitales de elevación provenientes de ASTER y SRTM,
- Vectoriales: barrios de la ciudad, espacios verdes, basurales, cementerios, curvas de nivel, red vial y red de transporte (ferrocarriles, premetros y subterráneos).

Las capas se encuentran publicadas en servidores nacionales y todas son de acceso gratuito. Además se presenta a los estudiantes el servidor de mapas de la UNGS[10] ya que almacena información sobre 24 partidos del conurbano bonaerense y otras capas generales de la región del Gran Buenos Aires.

En la siguiente etapa se instruye a los estudiantes en las técnicas de procesamiento de la información de tipo raster y las herramientas que ofrece el programa.

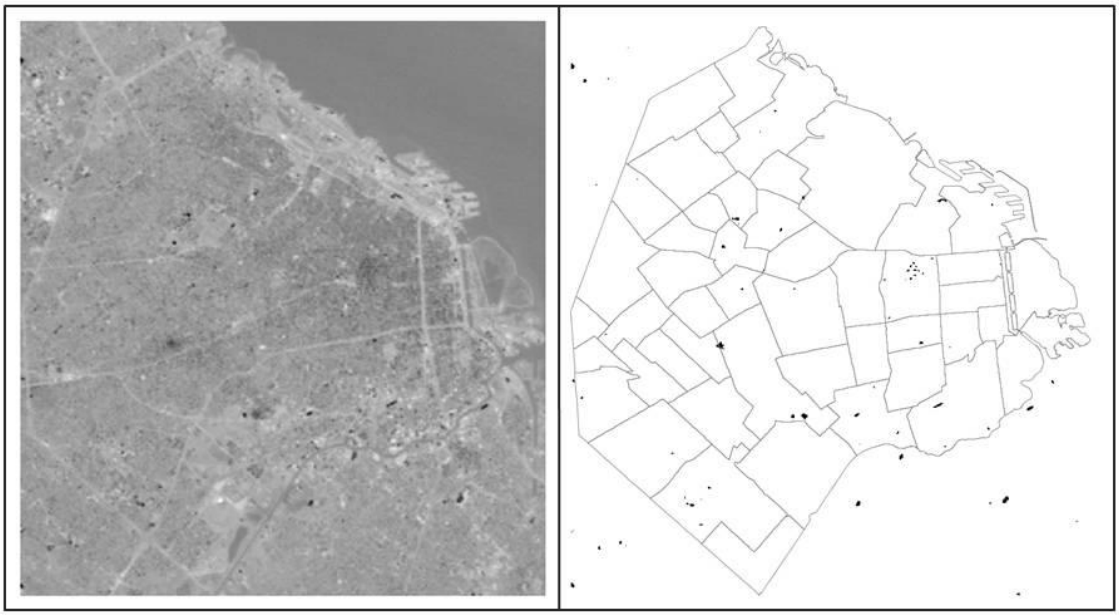
[9] Con proyección EPSG: 32721
[10] http://mapas-lsig.ungs.edu.ar/visor/map.phtml

El primer paso implica trabajar con una capa que contiene los valores de temperatura (°K), seleccionando la fecha de adquisición de la escena que cada estudiante considere apropiada en función de la época propicia para el desarrollo del mosquito. La capa se reclasifica con valores binarios considerando que el valor "1" es un indicador de condiciones favorables para el mosquito[11]. Teniendo en cuenta que la eclosión de los huevos del *Aedes Aegypti* es beneficiada a temperaturas mayores a 288° K, la reclasificación se realiza según el siguiente criterio:

"valores de brillo >= 288"= 1;
"valores de brillo < 288" = 0

El resultado para la imagen LandSat-7 ETM+ 2000-11-02 (temperatura de brillo) se presenta en la figura 3.

Figura 3.
Reclasificación de la temperatura de brillo en valores binarios. a. LandSat-7 ETM+ 2000-11-02 (temp. brillo). b. Reclasificación en valores binarios (negro=0, blanco=1).



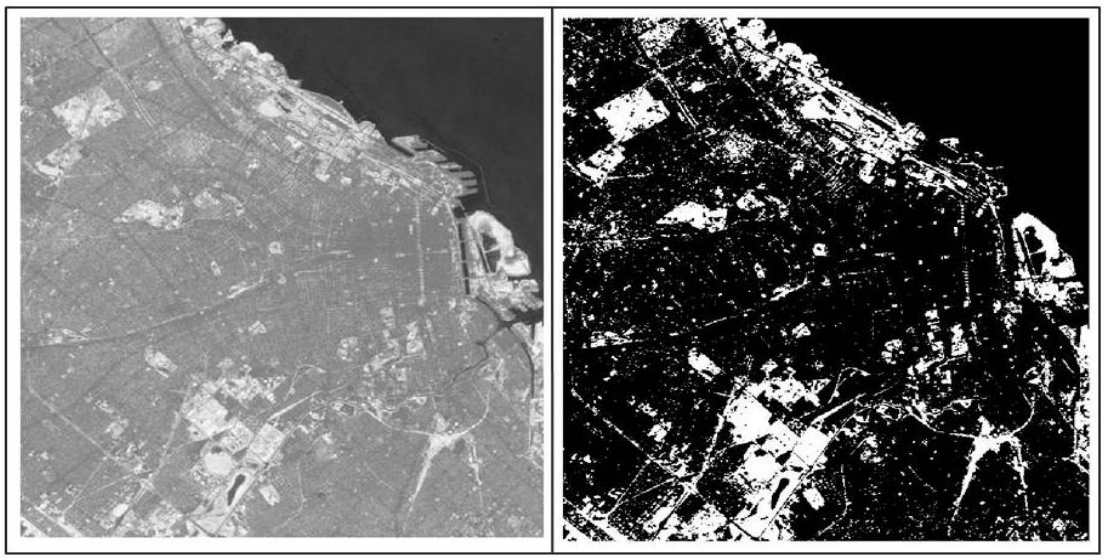
Fuente: Elaboración propia en base a imagen LandSat-7 ETM+ 2000-11-02.

El segundo paso se relaciona con que la presencia de vegetación también propicia la presencia del vector. En este caso se procesa el raster expresado en valores de reflectancia en la fecha coincidente a la de la imagen seleccionada anteriormente[12]. En este punto se introduce a los estudiantes en el uso del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), repasando los conceptos de firma espectral vistos anteriormente. Luego de la obtención de la capa con valores de NDVI se procede a la reclasificación de la misma. Para ello se toman en cuenta los siguientes criterios:

"Valores NDVI >= 0,3" =1;
"Valores NDVI < 0,3"= 0

[11] Antes de la clasificación se aplica un realce: recorte de colas (2%)
[12] Ídem.

Figura 4.
Reclasificación de la capa de NDVI en valores binarios. a. LandSat-7 ETM+ 2000-11-02 (reflectancia) b. Reclasificación en valores binarios (negro=0, blanco=1).

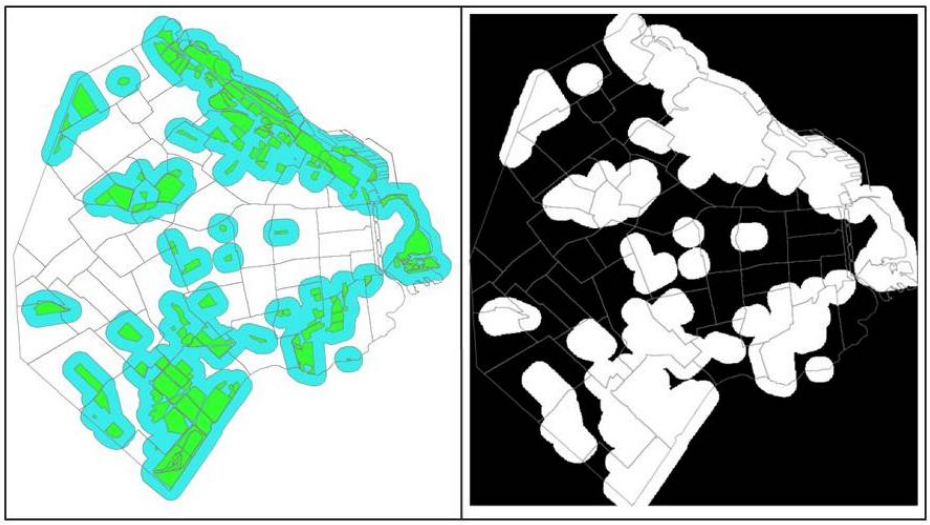


Fuente: Elaboración propia en base a imagen LandSat-7 ETM+ 2000-11-02.

En el tercer paso se utiliza la información vectorial referente a los grandes espacios verdes, donde es viable el desarrollo del vector. Se construyen sus áreas de influencia con radios de 500 m, teniendo en cuenta la distancia de desplazamiento del mosquito. Esta última capa de información luego es convertida al formato ráster y reclasificada según el siguiente criterio:

"valores <500"=1;
"valores > 500"=0

Figura 5.
Reclasificación de la capa de Área de influencia (espacios verdes) en valores binarios. a. Área de influencia de espacios verdes (500m) b. Reclasificación en valores binarios (negro=0, blanco=1).

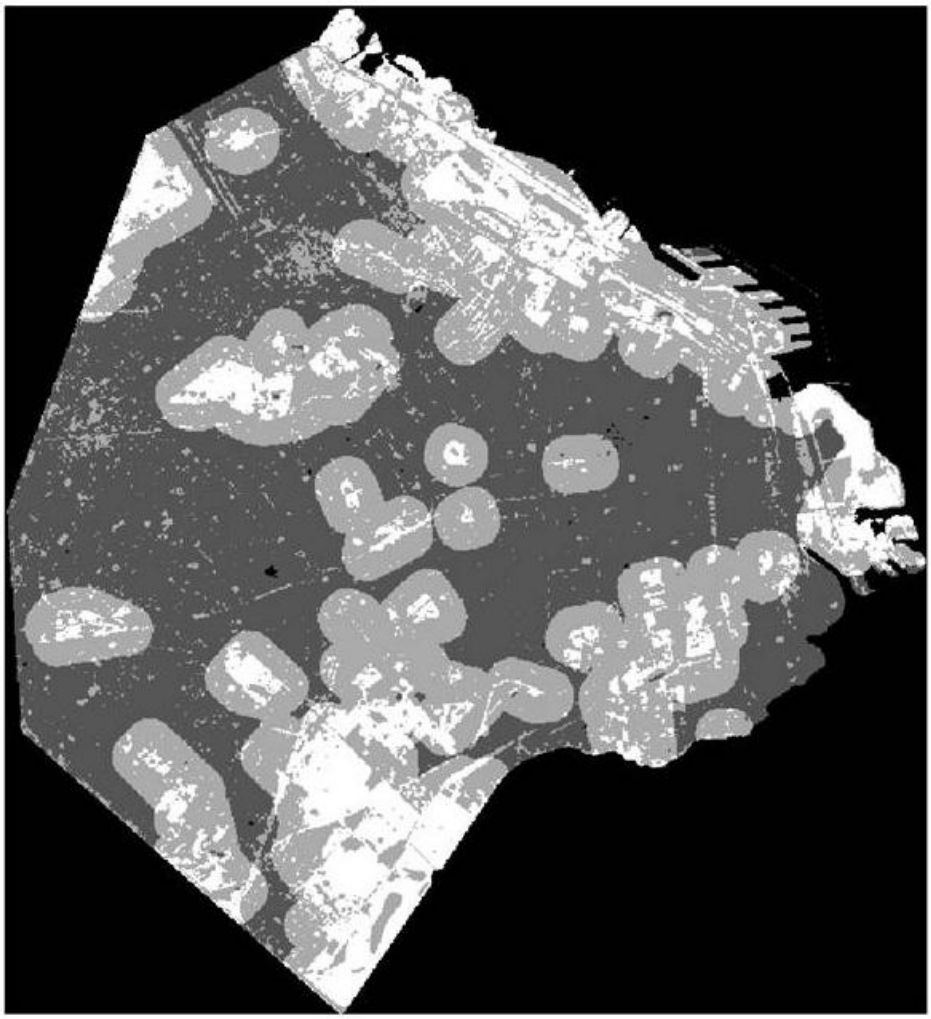


Fuente: Elaboración propia en base http://data.buenosaires.gob.ar/dataset/espacios-verdes.

En el cuarto paso se aplica la calculadora de raster del software para sumar las capas binarias. El nuevo raster generado consta de valores de 0 a 3, cuya interpretación es: a mayor valor, la zona es más propicia para el desarrollo del mosquito.

Figura 6.

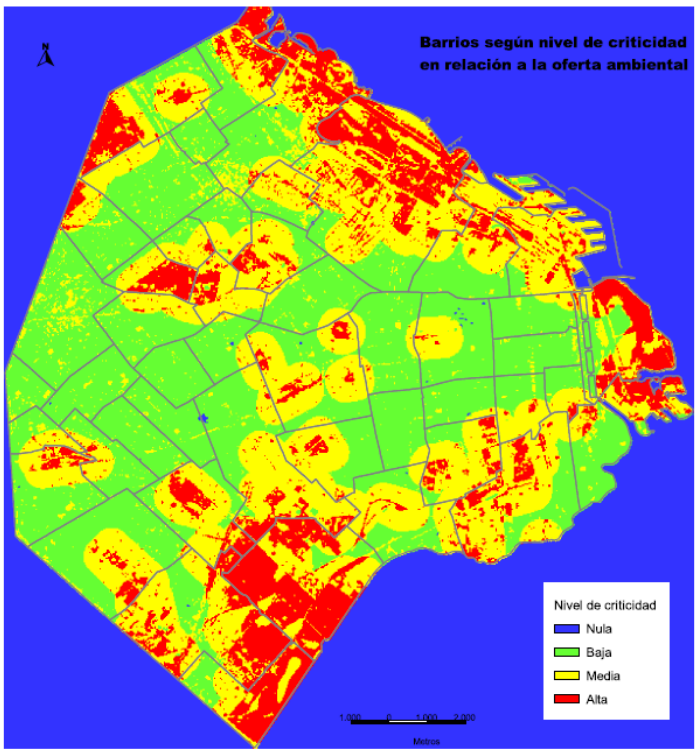
Suma de las capas reclasificadas en valores binarios (temperatura, NDVI y área de influencia.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se elabora un mapa temático en base a la capa de información obtenida con los pasos anteriores. Se lleva a cabo una clasificación graduada con colores tipo semáforo (rojo para el valor 3, amarillo para el 2 y verde para el 1) y azul para representar el valor 0.

Figura 7.
Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Barrios según oferta de ambientes aptos para la reproducción del vector.



Fuente: elaboración propia.

Con los dos mapas obtenidos (Figura 2 y Figura 7) los estudiantes comparan y discuten los resultados y proponen como podría mejorarse el modelo.

Por último se indica a los estudiantes que realicen una evaluación de la población expuesta en los barrios de mayor criticidad, de manera que comiencen a tener contacto con la búsqueda y utilización de datos estadísticos. Para ello se sugiere la consulta de la página del gobierno de la Ciudad de Buenos Aires[13], ya que presenta datos desagregados a nivel barrial.

Conclusiones

Una de las principales características de la asignatura es la interdisciplinariedad, tanto del cuerpo docente como del público al que está dirigida. Como se ha dicho, los estudiantes llegan a la materia en diversos momentos del transcurso de sus carreras, por lo que cada uno puede aportar diversos conocimientos en el momento de analizar las problemáticas propuestas y formular conclusiones referidas a cada uno de los trabajos prácticos. En este sentido las prácticas grupales se convierten en una herramienta eficaz no solo para evaluar el conocimiento adquirido sino para fomentar la colaboración, el intercambio y la participación activa por parte de los estudiantes.

El trabajo práctico, además de emplear técnicas básicas de procesamiento, pretende alentar la búsqueda y selección criteriosa de la información local disponible. Por otro lado, se recalca la importancia del orden lógico del procesamiento de la misma a fin de lograr la compatibilidad entre las capas más útiles para el abordaje de un problema.

[13] http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/sis_estadistico/banco_datos/?menu_id=34690

Por otro lado la incorporación de programas, recursos virtuales, servidores de archivos raster y vectoriales, etc., junto con una mayor cantidad de horas de práctica, a lo largo de los años, ha permitiendo explotar mejor estas TIGS, acompañando el crecimiento del LabSIG en cuanto a espacio y cantidad de computadoras.

Asimismo, muchos de los estudiantes durante sus carreras (ya sea por otras asignaturas, por proyectos en los que colaboran en el marco de becas o bien porque deciden hacer uso de los SIG para la elaboración de sus tesis de grado) retornan al LabSIG en busca de asistencia para la realización de sus trabajos, para utilizar el espacio de trabajo y los programas disponibles, solicitar capas de información, etc. En este sentido creemos que la materia y las actividades abordadas son un puntapié en el desarrollo profesional de nuestros estudiantes.
Por último remarcamos la importancia del desarrollo de materias en esta temática en una Universidad Pública, poniendo al alcance de los estudiantes el uso de una tecnología de alto impacto a la que pueden acceder fácilmente, sin restricciones y con criterios responsables en los análisis de procesos territoriales de diversa magnitud.

Bibliografía

DE VITO, Julián. Estimación del grado en que el medio ambiente de la ciudad de Buenos Aires favorece el desarrollo del mosquito Aedes Aegypti. UCASAL. 2003. Tesis correspondiente a la finalización de la carrera Licenciatura en Ciencias del Ambiente de la Universidad Católica de Salta. Inédita.

MIRAGLIA, Marina, FLORES, Andrea et al. Manual de Cartografía, Teleobservación y Sistemas de Información Geográfica. [En línea]. Los Polvorines: UNGS, 2010, http://www.ungs.edu.ar/cm/uploaded_files/publicaciones/328_PE21-ManualDeCartografia.pdf [21 de abril de 2014]

MIRAGLIA, Marina y RIVAROLA Y BENITEZ, Marcela. "Cartografía, Sensores Remotos y SIG en la Universidad Nacional de General Sarmiento". *Actas del Tercer Congreso de la Ciencia Cartográfica y X Semana Nacional de Cartografía*. Buenos Aires: CAC, 2006.

Recursos virtuales:

Catálogos de imágenes
- http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/catalogo-de-imagenes
- http://www.dgi.inpe.br/CDSR/
- http://www.earthexplorer.usgs.gov

Programas
- https://sopi.conae.gov.ar
- https://2mp.conae.gov.ar/
- http://www.google.com/earth/
- http://www.gvsig.com/productos

Capas vectoriales
- http://data.buenosaires.gob.ar/dataset
- http://mapas-lsig.ungs.edu.ar/visor/map.phtml

Datos estadísticos
- http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/sis_estadistico/banco_datos/?menu_id=34690

De Vito, J.; Flores, A. P. y Rivarola y Benítez, M. 2014. Cartografía, Sensores Remotos y SIG como asignatura de grado. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudios*. Capitulo 9. pp. 109-122. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Anexo I
Capas raster y vectoriales utilizadas en las prácticas del módulo de sensores remotos.

Programa	Nombre del trabajo práctico	Capas de información utilizadas	
		Raster	Vectoriales
2Mp	Actividad Volcánica en Los Andes, Cordón Caulle, Chile	Imagen satelital Sudamérica Volcán Puyehue SRTM-Modelo digital de elevación Spot (26/06/11) Volcán Puyehue Cosmo SkyMed (10/06/2011) Aqua Modis (04/06/2011 y 20/06/2011) Landsat 5 TM (26/06/ 2011) Spot 4 Fusión color (26/06/2011)	Límites internacionales de América del Sur (polígonos)
	Los esteros de Iberá	Argentina Aqua Modis 27/07/2012. SAC-C - MMRS Mosaico compuesto (2009). RGB 321 Landsat 5 TM Mosaico compuesto (2001) RGB 321 Landsat 5 TM Mosaico compuesto (1985) RGB 321 Landsat 8 OLI - 07 DE ABRIL DE 2014 RGB 321 CBERS 2B – Corrientes Ituzaingó (11/2008) CBERS 2B – Corrientes La Cruz (30/08/ 2008) CBERS 2B – Corrientes Mercedes (18/04/2009) CBERS 2B – Corrientes Saladas- (6/12/2008) Arg500k_b33latlon Arg500k_b34latlon Arg500k_b47latlon Arg500k_b48latlon	Sistema del río Paraná (polígono)
	Avances y retroceso de las nieves estacionales en el volcán Lanín	Terra ASTER DEM (90 m) Terra ASTER Relieve sombreado y coloreado OrbView-3 OHRIS (11/01/2007) Mosaico LandSat-5 TM (18/01/2008 y 10/07/2007) Mosaico LandSat-5 TM (18/01/2008 y 10/07/2007) Composición RGB 543 Mosaico LandSat-5 TM (18/01/2008 y 10/07/2007) Temperatura de brillo Aqua MODIS (05-20/08/2008) NDVI Aqua MODIS (13-28/08/2008) NDVI	Usos de suelo (polígonos) Topografía – Picos (puntos) Topografía - Curvas de nivel (línea) Reservas naturales (polígonos) Red vial (línea) Parque nacional (polígonos) Límite internacional (polígonos) Hidrografía: cuerpos de agua (polígonos), afluentes y cursos (líneas) Catastro (polígonos) Ejidos (polígonos)
SOPI	Deforestación en la selva paranaense	ALOS AVNIR-2 (17/03/2010) EO-1 ALI (22/01/2004) LandSat-1 MSS (23/02/1973) LandSat-5 TM (19/06/1985) LandSat-5 TM (25/09/2009) LandSat-7 ETM+ (05/08/1999) SAC-C MMRS (27/03/2004)	Parque y reserva nacional (polígono)

	Determinación de Minerales Hidrotermales en Los Menucos (Provincia de Río Negro, Argentina)	Carta geológica Mosaico realizado a partir de dos escenas EO-1 Hyperion (20/01/2006 + 18/02/2006) Reflectancia Terra ASTER (01/04/2002) Temperatura de brillo Terra ASTER (01/04/2002) TIR Emisividad Terra ASTER (01/04/2002) TIR Radiancia Terra ASTER (01/04/2002) VNIR+SWIR Radiancia Terra ASTER (01/04/2002) VNIR+SWIR Reflectancia Terra ASTER (23/09/2002) DEM (90m)	Límite del área de estudio (polígono)

EPSG: 32721
Fuente: https://sopi.conae.gov.ar / https://2mp.conae.gov.ar/

Pombo, D. G. y Martínez Uncal, M. C. 2014. Los SIG y las imágenes satelitales como herramientas aplicadas a la enseñanza de la geografía secundaria. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 10. pp. 123-138. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Los SIG y las imágenes satelitales como herramientas aplicadas a la enseñanza de la geografía secundaria

Daila G. Pombo [*]
Ma. Celeste Martínez Uncal [**]

Resumen

En el marco del proyecto "Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa" se identifican distintos tipos de usuarios de la información geográfica, como los diferentes niveles educativos. Este recurso multimedial constituye un insumo para el trabajo áulico en el área de las ciencias sociales. La Ley de *Educación Nacional*, Nº 26206, promueve la incorporación de TIC's, proponiendo *el desarrollo de contenidos digitales que puedan utilizarse en propuestas didácticas las cuales apuntan a transformar los modelos de enseñanza y a dinamizar nuevos procesos de aprendizaje*. Por este motivo, uno de los objetivos fundamentales en la capacitación de los docentes es lograr aplicar las nuevas tecnologías para plantear problemáticas sociales, políticas, económicas, ambientales y territoriales que se abordan en Geografía en sus diferentes formas de expresión favoreciendo la interpretación y producción cartográfica.
Los materiales curriculares del MCE de la provincia, incorporan a la enseñanza de la Geografía cuestiones vinculadas a la dimensión espacial y temporal de los procesos sociales, teniéndose en cuenta distintas variables. Asumir esta perspectiva implica construir una propuesta de enseñanza y aprendizaje que permita que los alumnos comprendan el espacio geográfico como un proceso de construcción social sujeto a cambios continuos y, a múltiples y complejas relaciones.

Palabras clave: SIG, cartografía digital, percepción remota.

Abstract

Under the "Geographical and Satellite Atlas of the province of La Pampa" project different types of users of geographic information, such as educational levels are identified. This multimedia resource is an input to the courtly work in the area of social sciences. The National Education Law No. 26206, promotes the incorporation of ICT, proposing the development of digital content that can be used in educational proposals which aim to transform teaching models and dynamic new learning processes. For this reason, one of the fundamental objectives in the training of teachers is to apply new technologies to raise social, political, economic, environmental and territorial issues addressed in Geography in its various forms of expression favoring the interpretation and map production.
Curriculum materials MCE province incorporate the teaching of geography questions related to the spatial and temporal dimension of social processes, taking into account different variables. Taking this approach means constructing a proposal for teaching and learning to enable students to understand the geographical space as a process subject to continuous changes of social construction and multiple and complex relationships.

Keywords: GIS, digital cartography, remote sensing.

[*] Docente-Investigadora, Facultad de Ciencias Humanas - UNLPam. dailapombo@gmail.com
[**] Docente-Investigadora, Facultad de Ciencias Humanas - UNLPam. mcelemu@hotmail.com

Pombo, D. G. y Martínez Uncal, M. C. 2014. Los SIG y las imágenes satelitales como herramientas aplicadas a la enseñanza de la geografía secundaria. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 10. pp. 123-138. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

En las últimas décadas del siglo XX y los inicios del siglo XXI los cambios acaecidos en el campo científico y tecnológico, y en el campo político y social, han modificado el sentido de la enseñanza escolar en general y de la geografía en particular. Esta potencialidad se desarrolla en la posibilidad de construir ciudadanía desde la base de brindar oportunidades para que las alumnas/os se apropien de saberes cada vez más integrados a fin de que su comprensión permita la transferencia de los saberes a las situaciones de la vida volviéndolos más relevantes.

En estos cambios, los materiales curriculares del Ministerio de Cultura y Educación de la Provincia de La Pampa, Argentina, incorporan a la enseñanza de la Geografía cuestiones vinculadas a la dimensión espacial y temporal de los procesos sociales. Se tienen en cuenta distintas variables, el modo en que se construyen y transforman los territorios, las intencionalidades de diferentes actores sociales, el impacto de las cuestiones socio-culturales y las decisiones políticas en esa construcción, decidiendo que escalas de análisis utilizar para su comprensión. Asumir esta perspectiva implica construir una propuesta de enseñanza y aprendizaje que permita que los alumnos y alumnas comprendan el espacio geográfico como un proceso de construcción social sujeto a cambios continuos, y a múltiples y complejas relaciones.

Las problemáticas sociales, políticas, económicas, ambientales y territoriales que se abordan en Geografía se explican e interpretan acudiendo a marcos teóricos no privativos de este campo, sino que también requiere de los aportes de otras ciencias (Historia, Sociología, Economía, entre otras). Algo similar ocurre con las estrategias metodológicas que se utilizan: análisis de casos, planteo de situaciones problemáticas, análisis de fuentes primarias y secundarias (entrevistas, artículos periodísticos, entre otros), que se comparten con otras disciplinas sociales. Mientras el trabajo cartográfico, la interpretación de imágenes, la utilización del SIG, requieren de mayor apropiación en el marco de la Geografía.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Teledetección han comenzado a ocupar un lugar en la Educación Secundaria en la Argentina a partir de su incorporación como contenido procedimental en el Área de las Ciencias Sociales. En este trabajo se presenta una propuesta de capacitación docente utilizando los Sistemas de Información Geográfica y la Teledetección en la enseñanza de la Geografía en el nivel Secundario. Los objetivos principales de la misma son analizar las potencialidades de la enseñanza a partir de un saber integrado y sostenido en una cartografía renovada y crítica; explorar/potenciar las distintas formas en que se puede expresar la información geográfica; adquirir las nociones básicas para trabajar con los SIG y la Teledetección desde situaciones problemáticas que favorezcan la comprensión integrada del saber; analizar las posibilidades de la estadística, el empleo de la cartografía topográfica y temática así como la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales para una Geografía escolar renovada.

Además, se pretende que los alumnos diseñen situaciones de enseñanza integradas con el sostén de la interpretación y la producción a partir de las nuevas tecnologías, empleando apropiadamente escalas y proyecciones de acuerdo a los diferentes temas, objetivos y aplicaciones. Por último, evaluar esta nueva modalidad de capacitación docente y sugerir cambios a medida que se desarrolla el programa.

Materiales y métodos

Hasta el presente, en nuestro país, las aplicaciones computacionales generales en la enseñanza de la Geografía y particularmente la de los SIG han sido escasas o nulas (Buzai et. al. 1997). Esta perspectiva ha ido cambiando drásticamente al ser incorporadas diversas técnicas en

Geografía a partir de la Ley Federal de Educación. En el tratamiento de los problemas que afectan al planeta, particularmente en los medioambientales, se puede apreciar una cierta unidad o consenso que consiste en aceptar que la forma más precisa y económica de estudiar, analizar o cuantificar estos problemas es desde el espacio. De ahí la importancia de trabajar en el aula con todos aquellos recursos que permitan acercarnos al conocimiento de los hechos geográficos desde una perspectiva global como son las imágenes de los satélites, las técnicas de fotointerpretación o la cartografía digital.

Raquel Gurevich (2007) habla de la búsqueda de trabajo que articulen interpretaciones del mundo en las que la naturaleza sea concebida desde el campo de las ciencias sociales y cuyas alternativas de acción incluyan la participación en distintas experiencias del ejercicio ciudadano. De esta forma, afrontar las diferentes temáticas por medio de interrogantes, dudas y cuestionamientos para interpelar como sujetos, ciudadanos, consumidores y descendientes de la herencia humana.

No debemos olvidar la instrucción y el desarrollo en el aula de las técnicas y habilidades cartográficas tradicionales, que actualmente corren el riesgo de marginalización, estas tienen una importancia extraordinaria pues constituyen el alfabeto o los signos básicos con los que se elabora el nuevo lenguaje cartográfico. Aunque se modifique la técnica o el soporte en la representación de la Tierra no cambia la consideración de que difícilmente puede abordarse el estudio del espacio y las sociedades que sobre él se asientan con una adecuada representación del mismo.

Desde esta perspectiva el dominio de técnicas de representación cartográfica, tradicionales e innovadoras, es necesario como cualquier otro código de comunicación. Debemos tener un mínimo de "alfabetización cartográfica", es por eso que los docentes en geografía y otras ciencias afines, conozcan y exploren nuevas herramientas que les permitan desarrollar en sus clases las competencias para el manejo de información geográfica, indispensables en el siglo XXI.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una de las herramientas metodológicas más importantes con las que contamos en la actualidad para indagar el mundo y entender muchas dinámicas territoriales. Más allá de saber donde se localiza un elemento concreto en el territorio implican la utilización de software específico para tratar o manipular los diversos datos geográficos. Los ejemplos de utilización de los SIG son ilimitados, como ilimitado es el tipo y cantidad de información que se puede asociar con lugares particulares de la tierra.

Los procesos de aprendizajes que inducimos y dirigimos durante la clase están destinados, por regla general, a facilitar al alumno nuevas posibilidades de pensar, sentir y valorar, es decir, de actuar y de vivenciar. Debe concretarse en un saber a partir del cual el alumno sea capaz de actuar y juzgar correctamente ante nuevas situaciones y que le posibilite reaccionar emocionalmente de manera adecuada y juzgar correctamente sobre cosas que son objeto de valoraciones. Ello exige que sean construidos los nuevos contenidos del quehacer y del pensamiento (Hans Aebli, 2002).

Para ello, la propuesta para la capacitación es que desarrollamos nuestras acciones a partir del planteamiento de un problema. Para esto se necesita proyectar una acción que significa responder a la pregunta de cómo se llega a su meta y realizarla, que es hallar efectivamente el camino hacia la misma. De esta forma, se intenta despertar y fomentar el interés que no existe de los alumnos hacia ciertos temas.

Pero ¿cuáles son los criterios en la selección de contenidos-problemas?. Según Fernández Caso y Gurevich (2007) el primer criterio es la significatividad lógica o epistemológica de los saberes

escolares, es decir, su validez y coherencia en el interior del campo del conocimiento. El segundo, que sea de relevancia social, o sea, al valor educativo de los contenidos de cada asignatura, en este caso de la Geografía. El tercer criterio, la significatividad psicológica de los saberes escolares, en cuanto al grado de complejidad que permitan el enriquecimiento de las estructuras y los esquemas de conocimientos previos.

Al cultivar la solución de problemas "proporcionamos al alumno procedimientos, métodos y heurísticas que son valiosas en la escuela y también en la vida cotidiana y él experimenta lo que realmente significa buscar e investigar, pensar y reconocer. Con ello adquiere motivos para su curiosidad intelectual y su voluntad de conocimiento. Experimenta la satisfacción que proporciona comprender claramente, desarrolla actitudes de confianza en sí mismo ante nuevas situaciones, de independencia íntima y de autonomía. Y éstos – por suerte o por desgracia- son rasgos del hombre moderno, para los que no es posible la vuelta atrás, sino a lo sumo ir más allá" (Hans Aebli, 2002). Se busca la posibilidad de potenciar el "pensamiento complejo" del alumno por medio de la selección de un contenido que pertenezca a una agenda de relaciones entre la sociedad y la naturaleza, que recupere los aportes de múltiples disciplinas, saberes, actores, discursos y experiencias.

De esta forma si al docente se le presentan una serie de materiales (imágenes satelitales, shapes) de una zona en particular, pueden pensarse varias situaciones problemáticas para trabajar en el aula con los alumnos. Por ejemplo, se le muestran y se van subiendo al SIG varias capas de información en formato shape y raster para presentarles el territorio a analizar (Figura 1). En principio exhibir, por medio de imágenes satelitales, el área a analizar, ya que como la imagen no es solamente visual sino que se presenta una imagen como idea, como imagen del mundo, como la que tenemos de nosotros mismos y la de los otros, como la que se relaciona con el imaginario. Todas estas imágenes confluyen entonces en esa configuración de subjetividades, en sus acentos individuales y colectivos.Según Lossio "las imágenes satelitales están presentes como textos para la conceptualización de contenidos geográficos interpretando sus posibilidades y sus límites", sea cual sea el ejemplo o caso abordado por el grupo de alumnos.

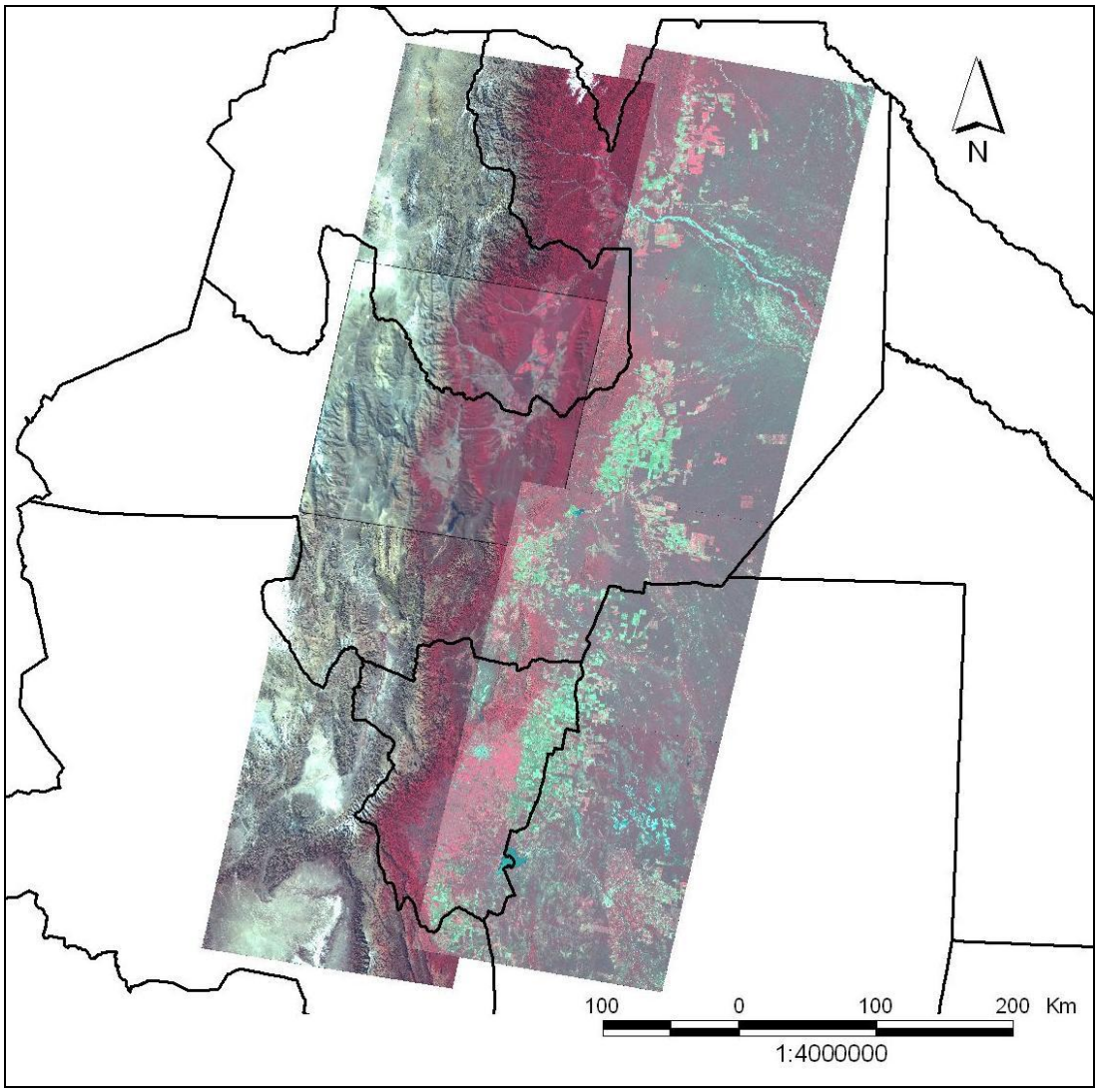
A partir de aquí se realizan preguntan como por ejemplo: ¿Qué se observa cuando miran la imagen satelital? (tipos de usos del suelo, diferentes ambientes, formas, colores, texturas, entre otras.); ¿se pueden ubicar geográficamente solamente observando la imagen satelital? ¿o necesitan de otra información para localizarse?; ¿hay indicadores que permiten distinguir áreas transformadas de la selva?.

Se considera "que en la enseñanza de la geografía pueden incorporarse un mayor número de experiencias didácticas con imágenes satelitales… orientadas a la comprensión de temáticas y de conceptos disciplinares. Para ello, se requiere que el docente enseñe a comprender sus lenguajes visuales" (Lossio; 2013: 216). Esto es así ya que la geografía y la educación visual poseen una relación muy estrecha. Como expresaba Hollman (2009), se reconoce una larga tradición visual en la que se estructuraba y armaba el discurso geográfico escolar en torno a las imágenes. Como exponía la investigadora, las fotografías son las imágenes con mayor presencia en los textos escolares contemporáneos, mientras que los mapas y los gráficos oscilan entre el segundo y el tercer lugar.

Los docentes señalan, en el caso de las imágenes satelitales utilizadas en los Sistemas de Información Geográfica o, como una imagen texto, en la enseñanza, como limitados sus conocimientos para poder construir propuestas de enseñanza-aprendizaje. De esta forma, cuando ingresan a las clases ocupan el simple lugar de imágenes como simple ilustración. En el planteamiento sucesivo de preguntas por parte del profesor y al responder a ellas, el alumno va perfilando, cada vez más claramente, la solución del problema, hasta que completamente desarrollada quede incorporada a su pensamiento y a su actuación. Es así que resolver

problemas es una forma básica de aprendizaje. "Parte del hecho de que el alumno ve y comprende ya ante una estructura a aprender, una idea, un concepto, un procedimiento, en sus rasgos generales, a donde desearía llegar, pero sin saber aún en detalle cómo" (Hans Aebli, 2002).

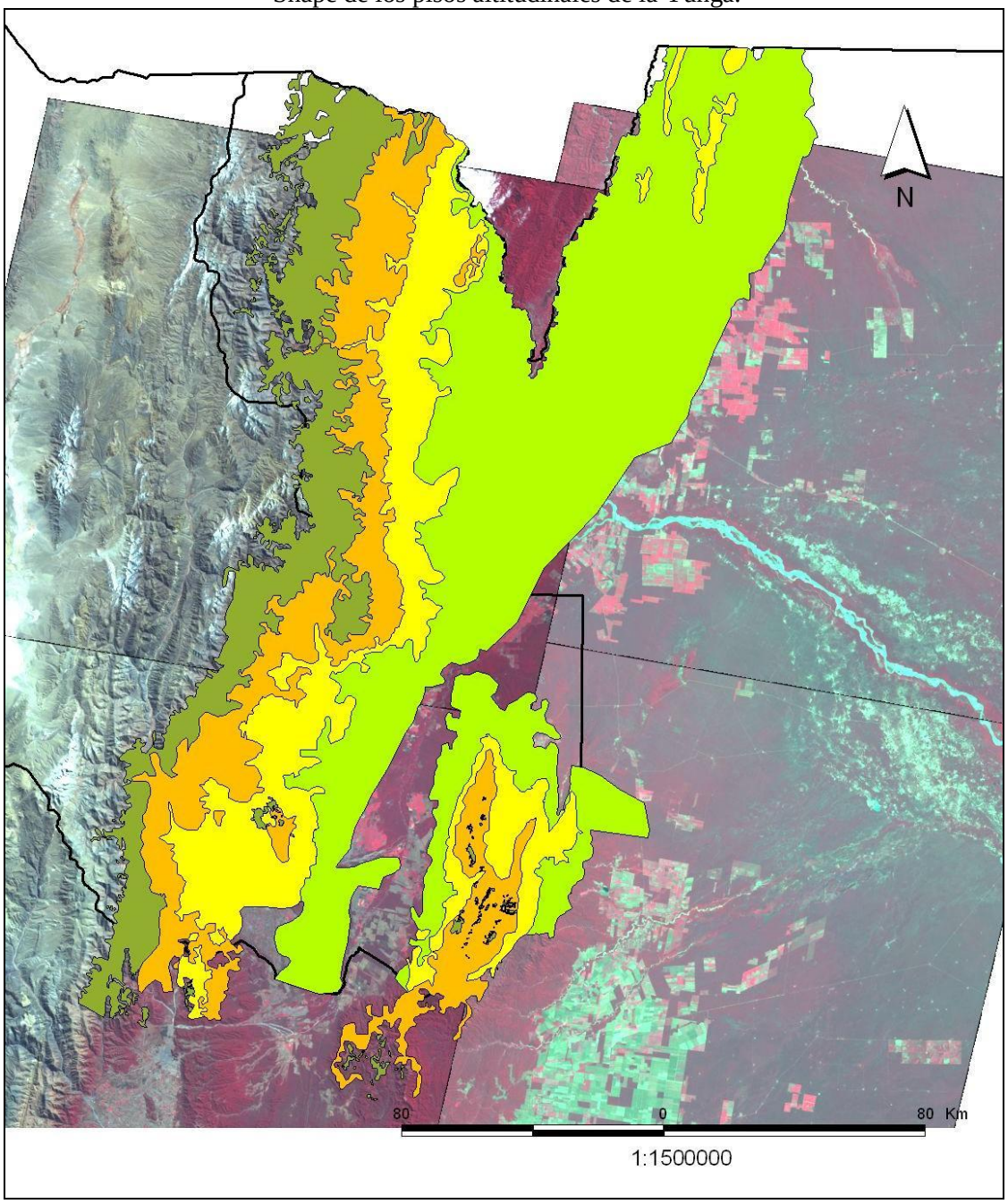
Figura 1.
Presentación del área de estudio a analizar.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos (imágenes satelitales) bajados de la pagina del INPE - http://www.dgi.inpe.br/CDSR/.

Posteriormente, se pueden ir presentando otras capas de información como los shape de los pisos altitudinales de la Yunga (selva pedemontana, selva montana, pastizales de neblina y bosque montano) (Figura 2), y a partir de aquí, con la observación de los diferentes estratos de vegetación, continuar con preguntas como ¿qué áreas observan que se encuentran más afectadas por las actividades de la sociedad?, ¿qué elementos, indicadores o actividades, pudieron identificar con la imagen satelital y cuáles no?.En la zona de las Yungas de Argentina conviven grandes empresas con pequeños y medianos productores agropecuarios y comunidades locales (campesinos y pueblos originarios). Por este motivo las prácticas agrícolas son muy variadas: agricultura de subsistencia coexiste con cultivos extensivos y además la actividad industrial de los ingenios.

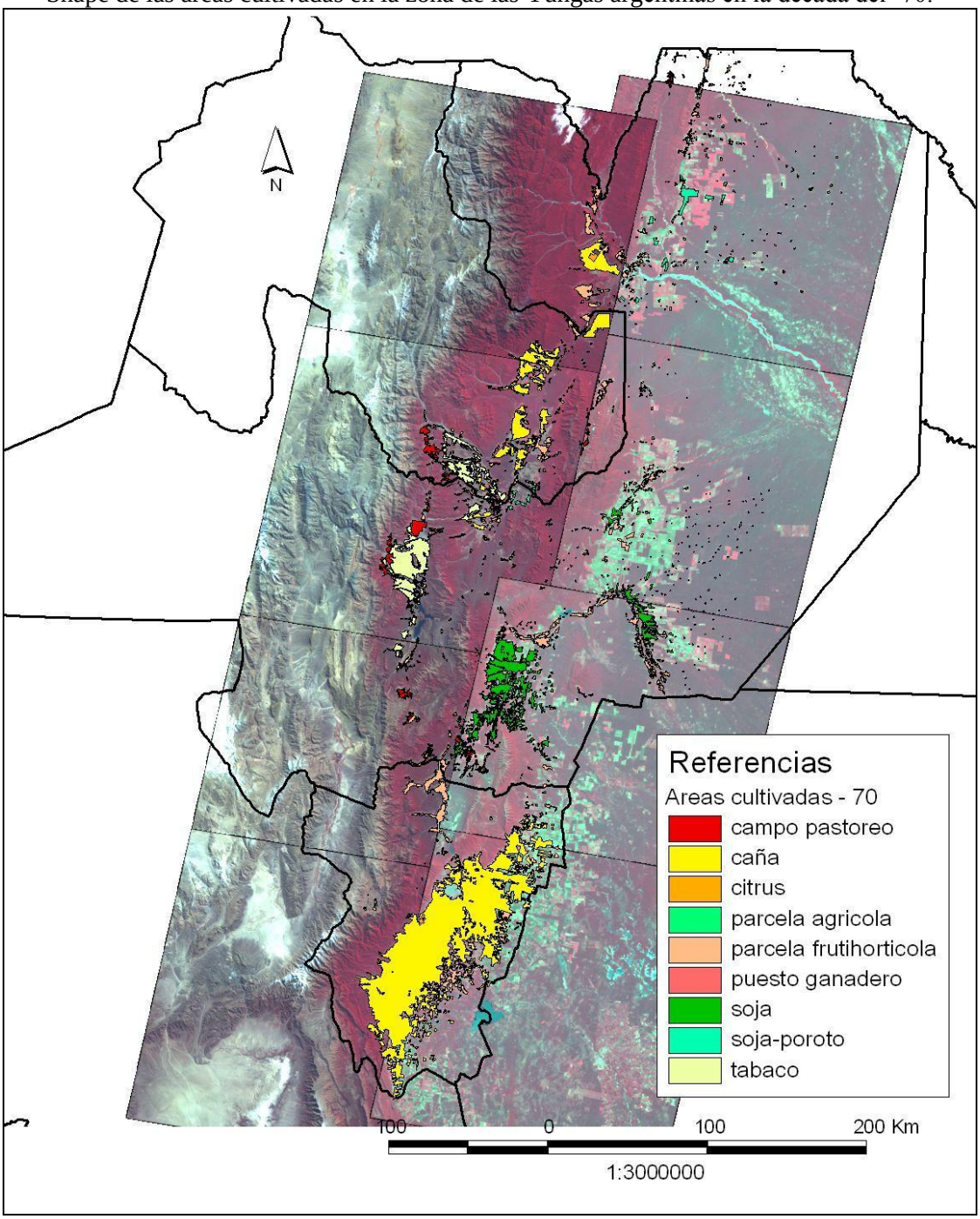
Figura 2.
Shape de los pisos altitudinales de la Yunga.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos de la Fundación ProYungas - http://www.proyungas.org.ar/yungas/yungas.htm.

Para el análisis de esta problemática, se levantaron varios shape de las áreas cultivadas (década del 70, 80, 90 y 2000) para que se observe la distribución de los distintos cultivos a través del tiempo (Figura 3).

Figura 3.
Shape de las áreas cultivadas en la zona de las Yungas argentinas en la década del ’70.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos de la Fundación ProYungas - http://www.proyungas.org.ar/yungas/yungas.htm.

Al realizar una diferenciación con colores de los diferentes cultivos y a través de los años, los alumnos pueden realizar un estudio temporal del mismo, analizando como ha cambiado la distribución espacial de los diversos cultivos. De esta forma, se está utilizando el concepto de temporalidad, pero asociado a la apropiación social, o sea, a un tiempo heterogéneo, que combina distintos momentos desiguales de desarrollo.

¿Qué preguntas se pueden realizar los diferentes actores participantes en este proceso de enseñanza-aprendizaje?: Interrogarse sobre las diferentes actividades que fueron transformando la selva, teniendo en cuenta las que son observables en el Sistema de Información Geográfica y en las imágenes satelitales, como las que no son identificables en la misma. Observar la distribución de los diferentes tipos de cultivos en función de las características de ellos y de las condiciones climáticas de la zona (Tabla I).

Tabla I.

Características de las diferentes producciones en la zona de la Yunga argentina.

Áreas sojeras	Se caracterizan por abarcar zonas extensas. Los lotes tienen una forma rectangular bien definida. Se puede realizar el seguimiento del ciclo de cada cultivo teniendo en cuanta las épocas de siembra y cosecha y los cambios en el color del cultivo a lo largo del ciclo.
Áreas citrícolas	Se caracterizan por el trazado de los lotes, ya que la plantación es en hilera de árboles bien diferenciada. En ocasiones es posible distinguir la presencia de álamos alrededor del lote, que actúan como cortinas contra el viento. Generalmente se encuentran cerca de los cursos de agua. El cultivo se encuentra uniforme a lo largo del tiempo, por tratarse de árboles. Por este motivo, en imágenes infrarrojas, el tono es más oscuro en los lotes citrícolas.
Áreas cañeras	Se caracterizan por la presencia de canales de riego, que otorgan a los lotes un trazado muy particular, en forma de líneas irregulares. Se advierte la cercanía de cursos de agua. Un análisis temporal pone en evidencia las épocas de cosecha y de siembra aunque en ocasiones el suelo no llega a quedar descubierto porque no se corta la caña completa.

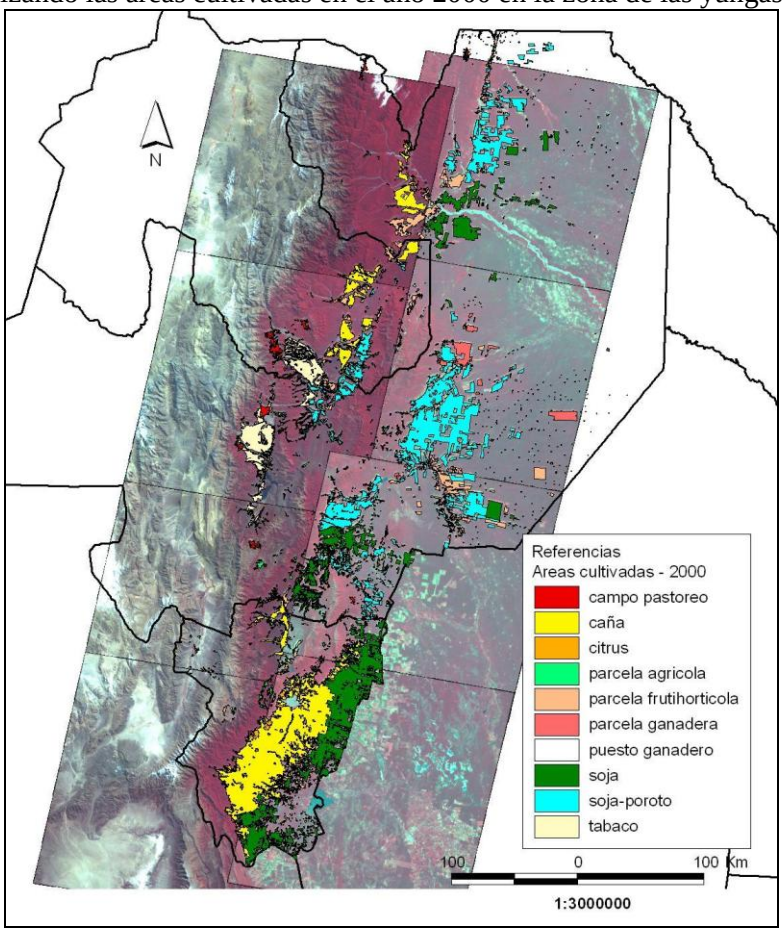
Fuente: Elaboración propia.

De esta forma se continúa con los interrogantes, ya con una base teórica: ¿Qué características asumen las prácticas agrícolas en el caso de la soja, cítricos, caña de azúcar?, ¿en las imágenes satelitales como se diferencian a simple vista un área cultivada de un área natural? ¿qué indicadores sirven para hacer este tipo de diferenciación? (Formas – colores – texturas – patrones – tamaño de las parcelas) (Figura 4).

Los usos del suelo en las Yungas no solo están determinados por las condiciones físico-climáticas de la zona. Están también atravesados por aspectos sociales, políticos, económicos y culturales.

En este sentido, las características singulares que estos aspectos adquieren en cada comunidad impactan en el modo en que se utiliza la tierra. Es así que las imágenes satelitales nos permiten dar cuenta de estas particularidades. Para analizar estos aspectos agregar al SIG el shape de las localidades y observar a que distancias se encuentran las mismas de las zonas analizadas y cuáles son los cultivos cercanos a ellas.

Figura 4.
Shape localizando las áreas cultivadas en el año 2000 en la zona de las yungas argentinas.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos de la Fundación ProYungas - http://www.proyungas.org.ar/yungas/yungas.htm.

Además, incorporar el archivo de actores sociales (Figura 5), diferenciarlos, y analizar donde se localizan, ¿Cómo participan en la degradación de la selva?, ¿cuáles son afectados por la degradación de la misma?

Un problema bien planteado es un problema resuelto, y es así que, el profesor, junto a sus alumnos, analizará el caso, los desarrollará, proporcionará las informaciones complementarias o ayudará a los alumnos a que las obtengan por sí mismos.

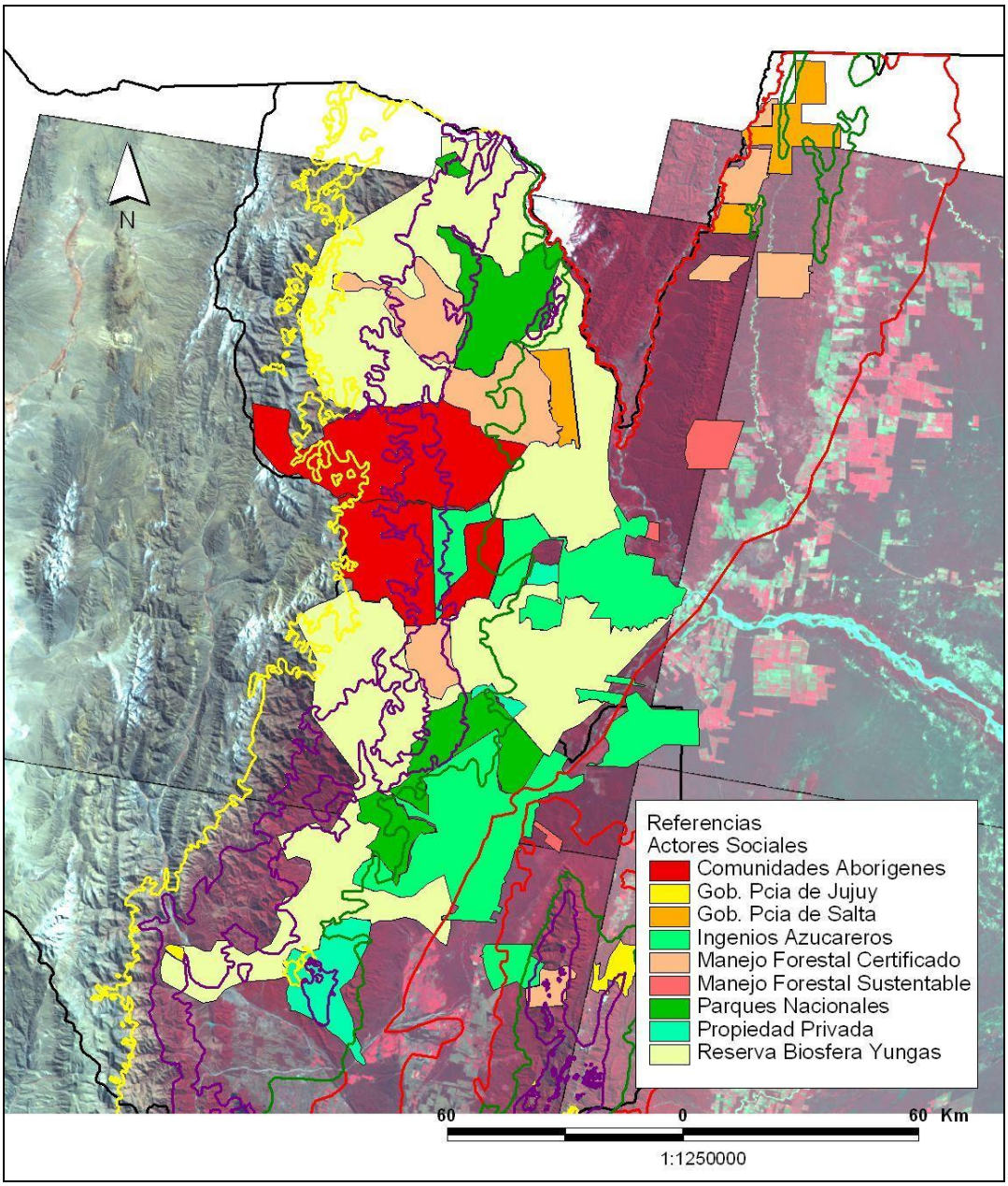
A medida que se avanza con el análisis, ya se pueden ir planteando problemáticas, como por ejemplo una de ellas puede ser: *"El desplazamiento de pequeños campesinos y comunidades aborígenes provocado por el avance del monocultivo de soja en las Yungas"*.

De esta forma el profesor se preocupará de que las nuevas ideas adquiridas se evalúen correctamente y que todas las variables se interrelacionen, de modo tal que la nueva acción, la nueva operación, los nuevos conceptos se construyan paso a paso.

Al realizarlo de esta forma, el docente o el alumno, solo elegirá algunas de las variables (o shape) presentadas para analizar la problemática seleccionada, como por ejemplo: imágenes satelitales de las Yungas, áreas cultivadas 1990 y 2000 (activando uso del suelo: soja, soja-

poroto y campo pastoreo) y actores sociales (activando manejo forestal certificado, manejo forestal sustentable, propiedad privada y comunidad aborigen).

Figura 5.
Localización de actores sociales.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos de la Fundación ProYungas - http://www.proyungas.org.ar/yungas/yungas.htm.

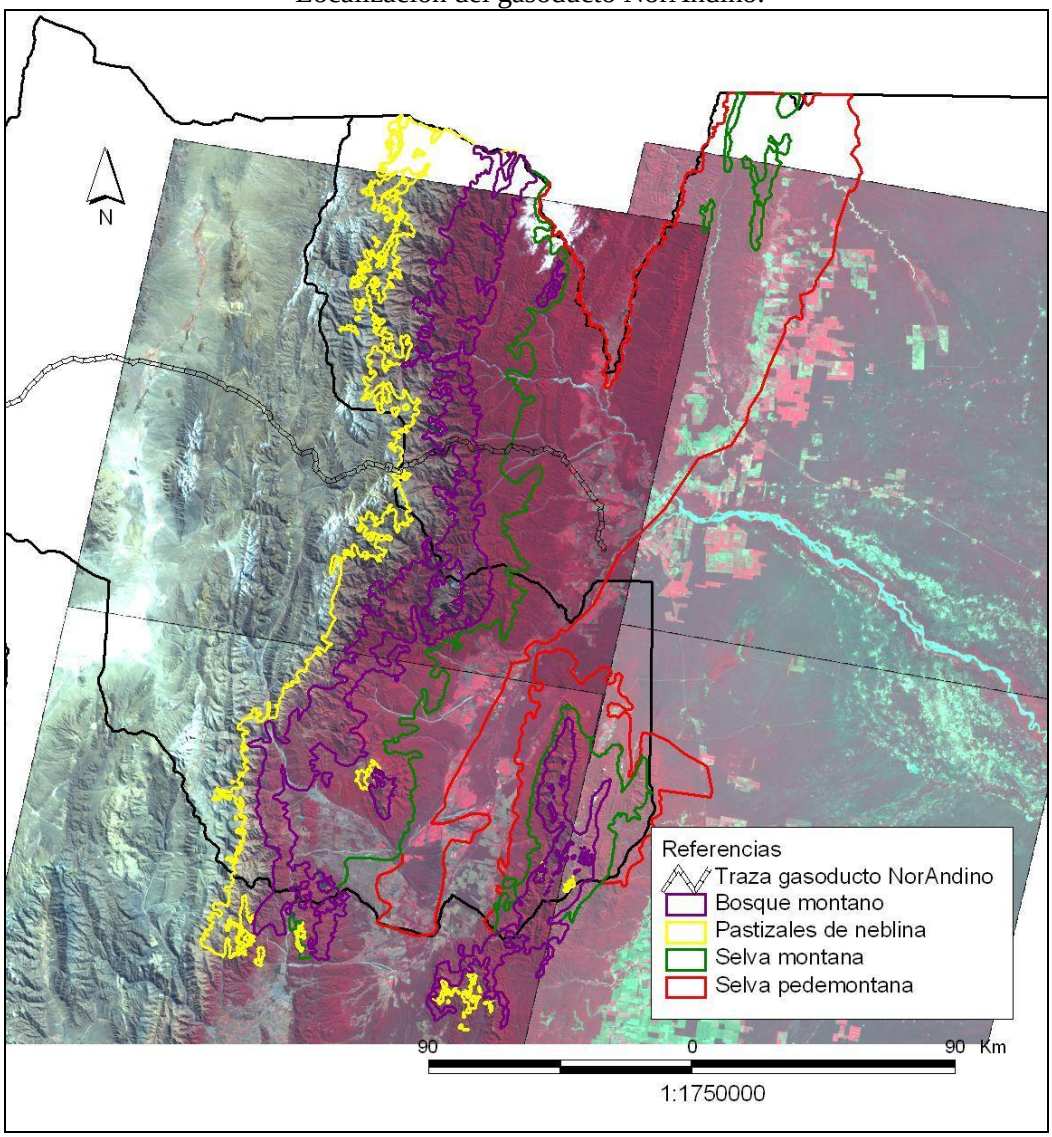
Con frecuencia hay que ayudar a los alumnos a recordar, a partir de lo que ya saben, las ideas adecuadas de la solución. Esto se produce mediante un acertado planteamiento de preguntas, ya que el profesor conoce el elemento del saber que se necesita en un momento dado. De esta forma, los interroga y hace que los encuentren a partir de sus conocimientos.

Con las capas elegidas del SIG se permitirá realizar la comparación en dos momentos históricos seleccionados de: ¿cómo se ha dado el aumento del área cultivada en detrimento de la superficie

boscoso y selvática?; ¿cómo se ha dado el aumento del área destinada al cultivo de soja y poroto en detrimento de los campos de pastoreo?; ¿cómo es el comportamiento de la superficie que cubre el manejo forestal y de la propiedad privada en detrimento de la superficie ocupada por las comunidades aborígenes?

Finalmente, los elementos deben ser interrelacionados adecuadamente. La solución debe ser construida con los elementos percibidos, deducidos y evocados. Es así que al identificar cada uno de los actores sociales intervinientes en la problemática, se analizaría el rol de cada uno en relación al manejo de los recursos valorados y las motivaciones/intenciones de sus decisiones.
A partir de allí, y con la utilización del SIG y las imágenes satelitales seleccionadas, se localizaría la problemática, identificarían las características de relieve, ambiente y de ocupación del suelo, por las distintas actividades económicas realizadas por los diversos actores sociales seleccionados. Finalmente, del análisis comparativo de los momentos históricos seleccionados se sacarían conclusiones, para poder llegar a la construcción adecuada de la totalidad.

Figura 6.
Localización del gasoducto NorAndino.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos de la Fundación ProYungas - http://www.proyungas.org.ar/yungas/yungas.htm.

Si los alumnos desean seguir indagando se puede continuar presentando variables. En la ecorregión de las Yungas existe una actividad hidrocarburífera importante, a cargo de diversas empresas. Esta actividad representa una fuente de impactos de carácter local, siendo los más importantes la construcción de ductos y caminos y sus efectos inducidos derivados, como la explotación forestal, la caza furtiva, y el ingreso de ganado hacia el interior del bosque. Un interesante caso lo constituye el gasoducto NorAndino (Figura 6), que atraviesa la zona de E-O y las áreas de explotación concesionadas a la empresa Pan American Energy.

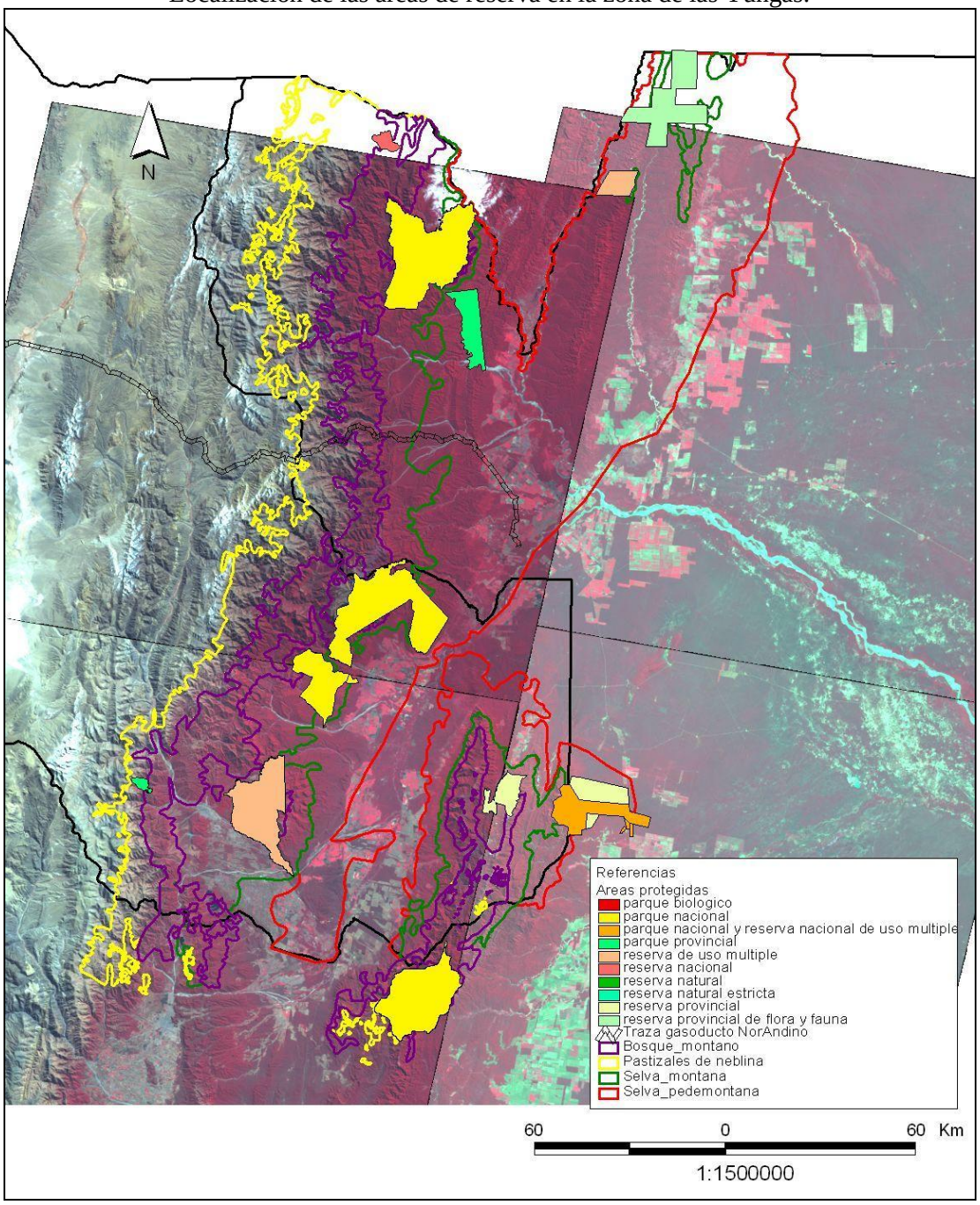
Se construyó durante 1998-1999 generando un importante conflicto ambiental por el impacto que podría causar en la biodiversidad y en el estilo de vida tradicional local. A partir de la incorporación de esta información identificar el área afectada por el gasoducto y por el desarrollo de obras de infraestructuras ligadas a su construcción, ¿en las imágenes satelitales se pueden reconocer estos elementos?, ¿por qué?, ¿cuáles son los actores más afectados?.

Uno de los cambios más evidentes es la fragmentación de los bosques, lo cual implica la conversión de grandes unidades de vegetación natural continua, en unidades pequeñas separadas por áreas transformadas por la actividad humana, o por parches de vegetación diferente a la original.

Por este motivo, o como parte del conflicto, se crearon en la provincia de Salta la Reserva Nacional El Nogalar de los Toldos y el Parque Provincial Laguna Pintascayo (Figura 7). Al ingresar esta nueva variable (shape), se pueden formar nuevos interrogantes: ¿Cuál es el porcentaje de áreas protegidas?, ¿se necesitaría más?, ¿en qué área de las yungas?, ¿cómo se podría relacionar con la construcción del gasoducto?

A partir de aquí se pueden generar diversas problemáticas utilizando diferentes variables presentadas según desde el punto de vista que se analice el caso o la situación planteada. En cuanto al saber acumulado, "cuanto más sólidos sean el saber y la capacidad actuales, tanta mayor probabilidad existirá de que los alumnos planteen preguntas que impliquen un avance. Cuanto más se haya conseguido este saber actual a base de resolver problemas, tanto más fácil será que el alumno se plantee problemas por su cuenta, de un modo independiente" (Hans Aebli, 2002). De esta manera los SIG y la Teledetección están proporcionando fundamentos básicos y herramientas básicas de uso extendido y creciente en múltiples campos científicos y comerciales. Se pretende conseguir ciertos objetivos y competencias con la utilización de estas herramientas en los diferentes niveles educativos. Como por ejemplo, interpretar las diversidades y complejidades territoriales a partir de las diversas interrelaciones de las diferentes variables sociales, económicas, políticas, históricas, culturales y artísticas. Además, que los alumnos adquieran la capacidad de expresar información cartográficamente.

Figura 7.
Localización de las áreas de reserva en la zona de las Yungas.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos de la Fundación ProYungas - http://www.proyungas.org.ar/yungas/yungas.htm.

Discusión

El formato papel de los tradicionales mapas se ha ido transformando hasta lograr formatos digitales fácilmente manejables y cada vez más accesibles, permitiendo su transformación, análisis y reorganización desde un ordenador. Un mapa es más que una imagen, se trata de una fuente de información y/o representación que, implícitamente o explícitamente, lleva asociada mucha información y significado que hace falta aprender a extraer e interpretar. En este sentido

"los SIG nos ayudan a ir más allá de la exploración visual a través de sus múltiples posibilidades de análisis" (Buzai, 2008).

Los SIG y la Teledetección están ya lejos de pertenecer al nivel exclusivo de la alta tecnología y de la práctica profesional especializada. Pero, si bien la disponibilidad de información geográfica cada vez es más generalizada y accesible, resulta indispensable tener los conocimientos de cómo manejar esta información, entender cómo se estructura, qué aporta y de qué manera podemos extraer el máximo de provecho.

Uno de los aspectos clave de los SIG es la capacidad de modelar la realidad en capas de información, permitiendo un tratamiento o análisis de forma independiente o relacionada entre las diferentes dimensiones o aspectos que conforman el territorio. Esta metodología de trabajo permite tanto aislar variables como interrelacionar una gran cantidad de ellas gracias a la capacidad de gestión de múltiples datos que nos ofrecen las nuevas tecnologías.

Los principales aportes que hacen los SIG y la Teledetección a la enseñanza actual de la Geografía se pueden concretar en el papel interesante que cumplen dentro del currículum educativo, ya que aportan un método de trabajo porque, permiten plantear situaciones problemáticas y ofrecer respuestas alternativas específicas a ellas, posibilita aproximaciones similares a partir de caminos diferentes, contribuyen a un aprendizaje simultáneo entre alumno y profesor y además permiten a través del conocimiento del territorio, que los diferentes actores, se involucren más como ciudadanos.

Otro de los aportes, es que potencian las capacidades intelectuales y las competencias básicas, ya que favorecen un pensamiento en habilidades de análisis, síntesis y evaluación constantes. Además, conducen hacia una inteligencia lógica y matemática, puesto que requieren habilidad para interpretar y utilizar variables numéricas, aparte de utilizar la tecnología para su adquisición, procesamiento y transferencia. Esto último, fomenta la capacidad comunicativa, habilidad para transmitir de forma efectiva y a través de varios métodos de representación de la información.

De esta forma, se desarrolla la capacidad espacial, fundamental en Geografía siendo que hace falta transformar la realidad en imágenes, mentales o visuales o viceversa, y a diferentes escalas. El tercer aporte de estas tecnologías es el control de la información ya que los alumnos logran identificar las diversas fuentes de información más adecuadas para solucionar un problema, llegando así a integrar la misma aunque sea de diferentes fuentes y múltiples formatos.

Por último, se considera que el aumento de las habilidades en el uso de la tecnología informática es otro de los aportes fundamentales, ya que comienzan a gestionar archivos, manipular base de datos y operar hojas de cálculos, además de la creación, interpretación y el manejo de diversos gráficos, imágenes satelitales y fotografías aéreas; el acceso a internet para capturar datos, la creación de productos multimedia y la integración de otras tecnologías como, por ejemplo, el GPS.

Conclusiones

Los SIG y la Teledetección, en definitiva, permiten al alumno y al docente la inmersión en situaciones reales y los sitúan como agentes críticos delante de esta realidad, se les plantean problemas reales a los que deben buscar soluciones y de esta manera la enseñanza se orienta hacia la solución de problemas. Los SIG en el contexto educativo propician una situación de aprendizaje que permiten analizar relaciones e interacciones espaciales para llegar a conclusiones propias.

Las imágenes satelitales, por medio de la Teledetección, pueden ser más útiles para el desarrollo de ciertos contenidos que el texto escrito. Siempre que tiene en cuenta no solo con que se enseña sino también como se lo hace con ellas pueden, al mismo tiempo, colaborar con la innovación en la enseñanza de la disciplina. En este sentido, reconocer a las imágenes como texto da la posibilidad de utilizarlas con otras potencialidades para la enseñanza, promoviendo interpretaciones de mayor profundidad que ayuden a los alumnos a comprender las configuraciones y las dinámicas de los espacios geográficos.

Sea el papel que desempeñe el resolver problemas, la búsqueda de la resolución de los mismos supone una importante meta de aprendizaje. Esto es así ya que se percibe la curiosidad por conocer, la apertura de mente, tener una mente despierta. El problema debe ser de tal índole que su solución conduzca a un esquema de acción determinado, a una operación o a una comprensión conceptual. Por este motivo la clase debe comenzar por una reflexión intensa, con una imagen reveladora del planteamiento del problema.

Por esta razón, el uso de los mapas (convencionales o digitales) para enseñar y para aprender Geografía constituyen un referente fundamental para desarrollar contenidos conceptuales y procedimentales. El mapa se contempla así como un instrumento o herramienta de análisis, conocimiento e información geográficos. Sin embargo, se propone otorgarle a esta herramienta un carácter crítico y reflexivo.

De esta forma, se parte del principio de que "la representación cartográfica es selectiva, por cuanto no es posible introducir todos los rasgos físicos o ficticios del ámbito geográfico cartografiado. La selección de rasgos efectuada por el cartógrafo dependerá de la finalidad para la cual se ha producido" (P. Alegre, 1996). Por lo tanto, la selección de contenidos, la finalidad didáctica y la intencionalidad pedagógica puede y debe conducir al docente a exponer por medio de mapas aquellos fenómenos geográficos que considere más adecuados para el desarrollo crítico y constructivo del alumno con respecto a su medio, a su entorno o a su espacio geográfico.

En conclusión, la solución de problemas precisará la ayuda del profesor cuando se aborde una nueva materia. En este caso, cuando se plantee una problemática con herramientas particulares como los SIG y la Teledetección. Cuando la producción tiene forma de una solución de problemas, es fundamental la contribución del profesor.

Como dice Gurevich (2007) la problematización de los temas de enseñanza se los consideran una estrategia integrada que habilita el despliegue de múltiples competencias y habilidades comprometidas con la formulación de interrogantes, con el pensamiento complejo, con la elaboración de hipótesis. ¿Qué procedimiento se sigue entonces? Preguntando y desarrollando. De este modo precisar el planteamiento del problema va evolucionando hasta transformarse en la solución.

Bibliografía

ALEGRE, P. Los mapas, las fotografías y las imágenes, en MORENO, A. y MARRÓN, M.J. Enseñar Geografía. De la teoría a la práctica. Ed. Síntesis. Madrid, 1996.

BUZAI, Gustavo, BAXENDALE, Claudia A. Perspectivas para la enseñanza de la Geografía en la Argentina a través de los Sistemas de información Geográfica. En: Anais GIS Brasil 97. (CD-ROM). Sagres Editora. Curitiba, 1997.

Pombo, D. G. y Martínez Uncal, M. C. 2014. Los SIG y las imágenes satelitales como herramientas aplicadas a la enseñanza de la geografía secundaria. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 10. pp. 123-138. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

BUZAI, Gustavo. Sistemas de Información Geográfica (SIG) y cartografía temática. Métodos y técnicas para el trabajo en el aula. Editorial Lugar. Buenos Aires, 2008.

GUREVICH, Raquel; FERNÁNDEZ CASO, Ma. Victoria. Geografía. Nuevos temas, nuevas preguntas. Un temario para su enseñanza. Editorial Biblo. Buenos Aires, 2007.

HANS AEBLI. Doce formas básicas de enseñar: Una didáctica basada en la psicología. Ed. Narcea. Madrid. España, 2002.

HOLLMAN, V. "La geografía y la instrucción visual". *Revista Novedades Educativas*, (233), 64-66. 2009.

LOSSIO, Jose Maria; VELAZQUEZ, Cecilia. "Relatos de experiencias de enseñanza con imágenes satelitales y aerofotográficas. Transformaciones urbanas de General Ramírez (Argentina) 1990-2010". Revista Geográfica de América Central. N° 50. I Semestre 2013. pp. 215-230.



SECCIÓN 5.
DESARROLLOS METODOLÓGICOS MEDIANTE TIG'S

Angelillo, D.; Lemarchand S. y Aldalur B. 2014. Sistema de Información Geográfica aplicado al arbolado urbano en Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 11. pp. 140-147. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Sistema de Información Geográfica aplicado al arbolado urbano en Bahía Blanca

Daniel Angelillo [*]
Solange Lemarchand [**]
Beatriz Aldalur [***]

Resumen

La ciudad de Bahía Blanca cuenta con un espacio urbano forestado denominado Parque de Mayo, donde conviven gran variedad de especies arbóreas. La realización de un inventario que permita conocer su estado físico y sanitario, donde se ubiquen las especies que presentan mayor riesgo de caída es una necesidad prioritaria, pues permanentemente existen hechos que ponen en peligro la vida de los que transitan él. El objetivo de este trabajo es elaborar una metodología de trabajo que permita relevar las distintas especies para poder disponer de las características y de la georreferenciación de árboles ubicados en el parque y en áreas cercanas al mismo, en orden de gestionar a futuro, su uso desde una perspectiva ambiental. La metodología empleada fue la realización de un Sistema de Información Geográfica (SIG). El relevamiento de cada especie arbórea se realizó con estación total y con instrumental Trimble ProXT-L1 especialmente diseñado para SIG pues posibilita la carga de atributos en cada punto relevado. En este trabajo se presenta un área del parque donde se priorizó relevar las especies con mayor peligro de caída. La metodología planteada configura una herramienta de gestión que permite disponer de un inventario forestal con información referenciada a escala sub-métrica.

Palabras clave: Arbolado urbano, Sistema de Información Geográfica, Bahía Blanca

Abstract

Bahia Blanca city has a forested urban area known as Parque de Mayo, a place where great varieties of arboreal species live together. The realization of an inventory to know their physical and health condition where the species with a higher risk of falling were located is a priority requirement, because there are constantly events that endanger the life of those who pass through this park. The objective of this work is to develop a methodology that allows measuring different species in order to have the features and the georeferencing of trees located in the park and in the nearby areas, in order to manage their use from an environmental perspective in future. The methodology used was the realization of a Geographic Information System (GIS). The measurement of each arboreal variety was performed with total station and with Trimble ProXT-L1, instrumental specially designed for GIS as long as it enables to load attributes in each measured point. In this work, it´s showed an area of the park where priority was given to measure those with high risk of falling. The proposed methodology configures a management tool that allows providing forest inventory information referenced to sub-meter scale.

Key words: Urban trees, Geographic Information System, Bahía Blanca

[*] Depto. de Ingeniería - UNS, Av. Alem 1253, 1er piso. sol_angel_86@hotmail.com
[**] Depto. de Ingeniería - UNS, Av. Alem 1253, 1er piso. d_angelillo@hotmail.com
[**] Docente-Investigadora, Depto. de Ingeniería - UNS, Av. Alem 1253, 1er piso. baldalur@uns.edu.ar

Angelillo, D.; Lemarchand S. y Aldalur B. 2014. Sistema de Información Geográfica aplicado al arbolado urbano en Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 11. pp. 140-147. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

En la actualidad, existe una gran necesidad de colectar distintos tipos de información en el terreno en forma dinámica en espacios de ambiente urbano para emplearlos como base para su gestión y planeamiento. La realización de un inventario del arbolado urbano que permita conocer su estado físico y sanitario y donde se ubiquen las especies que presentan mayor riesgo de caída es una necesidad prioritaria en toda área urbana, sobre todo cuando está en riesgo la integridad física de las personas. La respuesta a este requerimientos está dada por la implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) donde se pueda plasmar el relevamiento de diferentes especies arbóreas a fin confeccionar un censo de arbolado urbano (Long *et al*., 2008). La ciudad de Bogotá en Colombia cuenta con un SIG sobre arbolado urbano (Mahecha Vega *et al.*, 2010) desde donde, además de poseer información actualizada, planifican la gestión y la inversión sobre el arbolado, determinan con precisión las áreas potenciales y los requerimientos para la plantación de nuevos árboles, utilizan las especies adecuadas y definen los árboles que necesitan mantenimiento prioritario o los que implican algún riesgo para la población o la infraestructura. Otra ciudad con el mismo desarrollo es Dallas, Texas, en Estados Unidos (Texas Trees Fundation, 2010). En nuestro país no hay ejemplos de un SIG de arbolado urbano. La ciudad de Bahía Blanca cuenta con un registro gráfico de las especies arbóreas identificadas de mediante fotos (Dicek, 2009) y un diseño metodológico para la elaboración del plano verde de la ciudad (Benedetti y Campo de Ferreras, 2007).

Miller (1988) establece las pautas para el planeamiento del arbolado urbano y determina como primera etapa la realización del inventario para conocer lo que se tiene. El objetivo de este trabajo fue encontrar una metodología de relevamiento de las distintas especies arbóreas de un espacio verde, que permitiera conocer las características más importantes de cada una de ellas y las ubicara en forma precisa para que, una vez que cada árbol se encuentre georreferenciado, sea más sencilla la gestión de su uso a futuro desde una perspectiva ambiental.

Los SIG ocupan un lugar preponderante en el ámbito de la planificación vinculando tecnologías existentes (Buzai y Baxendale, 2012). Permiten ubicar espacialmente cada dato geográfico (aspecto espacial) y además brindan información sobre un aspecto temático de cada elemento estudiado (Bosque Sendra, 1992). Tienen un amplio espectro de aplicación en el arbolado urbano desde planificar su ubicación hasta la realización de un plan de manejo (Martínez Trinidad e Islas Rodríguez, 2008).

El uso de la tecnología de los SIG ha sido ampliamente establecido en muchas áreas destinadas al manejo de los recursos naturales, en este trabajo es aplicada asociada a la técnica de colectar los datos geográficos en campo para la realización de un inventario sobre arbolado urbano. Existen varias técnicas y métodos que permiten la captura de datos gráficos para su posterior almacenamiento y gestión en formato vectorial, entre ellos encontramos al GPS[1], que es un sistema de posicionamiento global que ubica un punto en la superficie de la tierra mediante la medición a tres o más satélites en forma simultánea (Moldes Teo, 1995). El instrumental GPS emplea dos tipos de observables: mediciones de código y determinaciones con diferencia de fase. Este último abre la posibilidad de medir con L1 o con L2 (dos longitudes de onda distinta), o con ambas. A mayor necesidad de precisión, es conveniente trabajar con fase ya que logra mejores soluciones (Ferrario de Urriza, 2000).

[1] Se conserva la sigla en inglés, GPS (Global Positioning System)

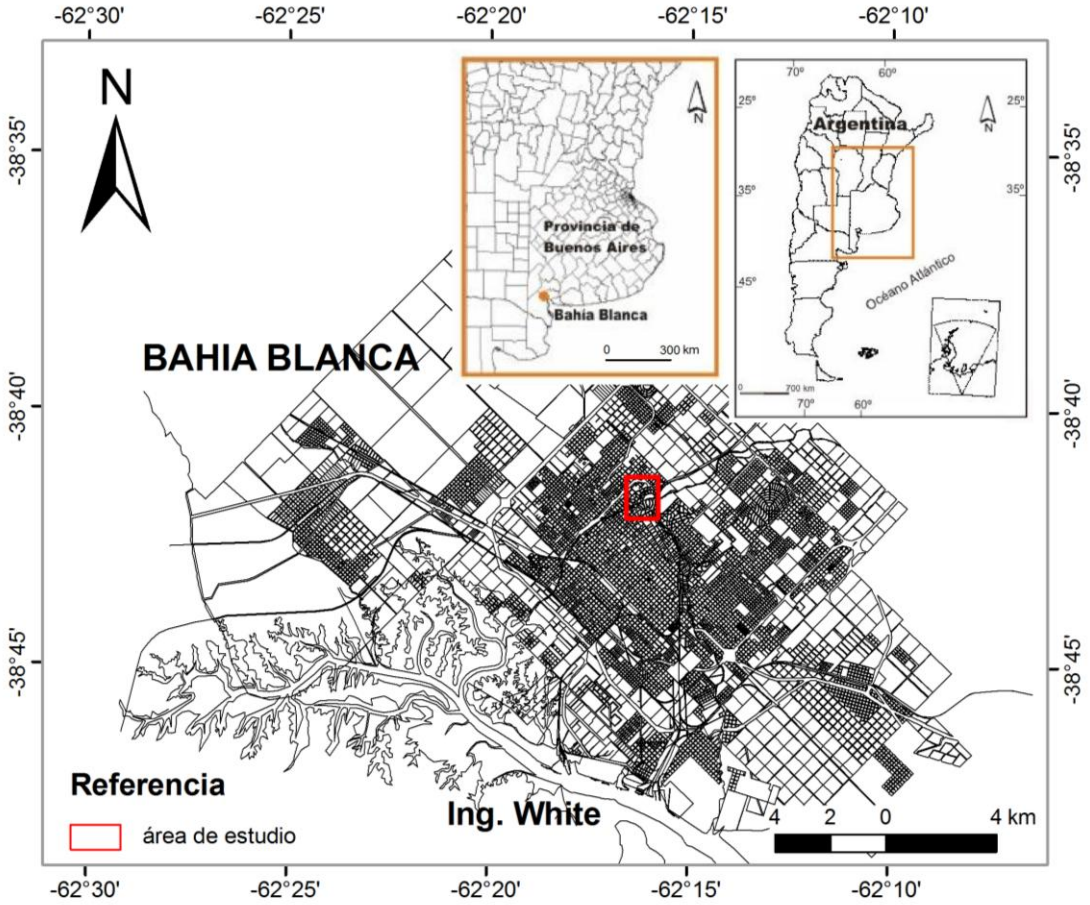
Angelillo, D.; Lemarchand S. y Aldalur B. 2014. Sistema de Información Geográfica aplicado al arbolado urbano en Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 11. pp. 140-147. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Materiales y métodos

El área de trabajo elegida fue una zona que abarca dos sectores de diferente emplazamiento de la vegetación arbórea, como son el espacio verde denominado Parque de Mayo y el Paseo de la Mujer (Fig. 1). En el primero el arbolado se encuentra dispuesto en su gran mayoría, integrando una cobertura homogénea y en el segundo se lo puede ubicar a cada uno de ellos en forma separada. Estos espacios fueron elegidos por poseer las siguientes características:

- Gran cantidad de circulación de peatones durante la semana y el fin de semana.
- Importante tránsito vehicular y de ciclistas.
- Existencia de servicios de alumbrado y líneas de tensión en el sector.
- Configura un sector que no posee protección ante las inclemencias meteorológicas como ser el viento.

Figura 1.
Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaborado por Angelillo, Lemarchand, Aldalur sobre la base del archivo vectorial de Bahía Blanca.

La primera tarea consistió en recorrer el área elegida y reconocer el espacio donde se emplazan las especies arbóreas. De esa manera se pudo programar luego en gabinete, el futuro trabajo de campo.El relevamiento debía realizarse con instrumental que brindara precisión sub-métrica y que estuviese habilitado para trabajar en un ambiente urbano. La idea de encontrar una metodología rápida hizo que la elección apunte al GPS, pero la complejidad de la zona (alturas de los árboles) y el entorno del lugar de trabajo modificaron esta elección ya que en zonas con

cobertura arbórea muy cerrada, como algunas áreas del parque, está vedada la entrada de la señal de satélites que nos permitan una precisión por debajo del metro.
Luego del reconocimiento del lugar, se decidió relevar en dos etapas y maneras diferentes cada zona, las que en forma resumida se describen así: en la zona del Paseo de la Mujer se emplearía un GPS de GIS y un relevamiento combinado con GPS y estación total, sería el elegido para la zona del Parque de Mayo.

Para colectar la información en el terreno se buscó, entre varias opciones, el instrumental más adecuado para los dos sectores de trabajo. Para las zonas donde el arbolado se hallaba ubicado no integrando una cobertura homogénea (Paseo de la Mujer), se trabajó con un GPS de simple frecuencia de precisión sub-métrica que nos posibilitó poder identificar el árbol seleccionado entre sus pares.

La tarea de relevamiento se integró con el uso de un distanciómetro láser. El GPS utilizado fue un Trimble ProXT especialmente diseñado para trabajar para un Sistema de Información Geográfica. Es un receptor submétrico de 12 canales que se enlaza a una controladora vía Bluethoot o cable. Para este trabajo se eligió la medición de mapeo en fase L1, con 20 minutos de posicionamiento en cada árbol, lo que brindó una precisión de 10 cm o menor.

El distanciómetro láser usado fue el disto LEICA D8 de alta precisión, que posee funciones de medición inteligente, de distancias inclinadas, visor óptico y posibilidad de bisección de objetivos hasta 200 metros. Se trabajó con una controladora Trimble GeoExplorer GEO XM que nos permitió hasta 8 hs. de trabajo continuo. El programa incorporado a la controladora fue el TerraSync, diseñado para SIG que permite colectar puntos, líneas y polígonos, así como también ingresar sus atributos y modificar la base de datos.

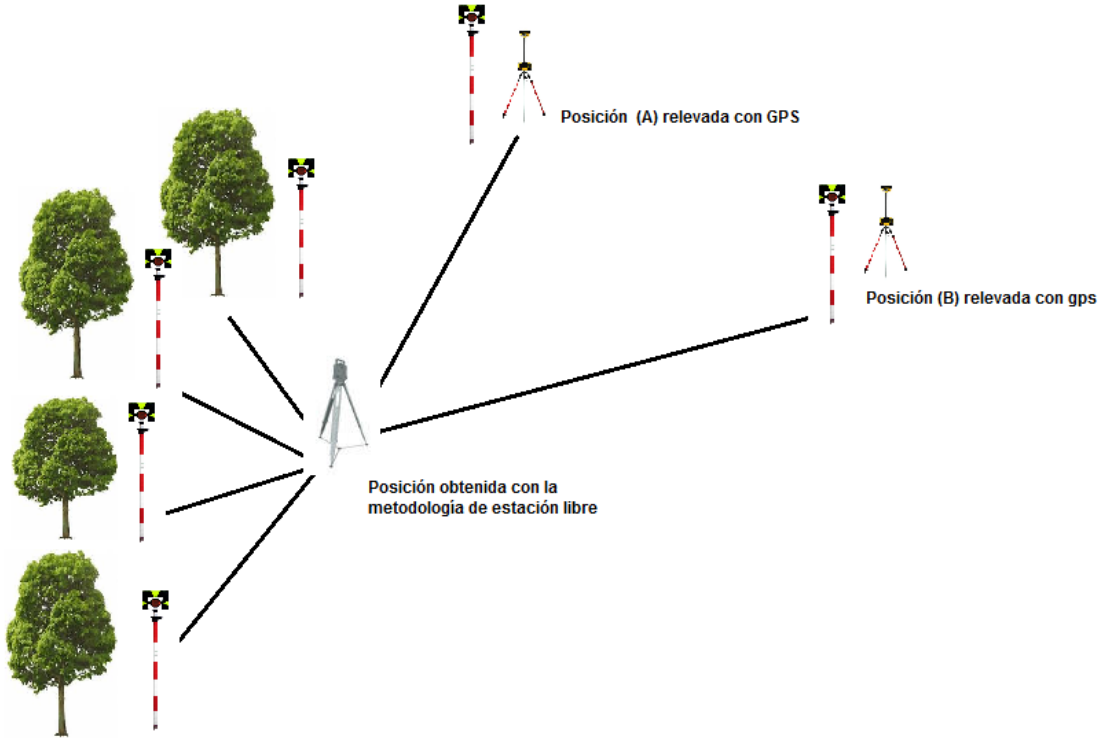
La metodología de trabajo fue la de triangulación o medición de distancia triple o compleja. El procedimiento consiste en hacer 3 estaciones (hacer estación: ubicar el instrumental en condición de trabajo) y medir la distancia y la pendiente desde cada una de ellas hacia el objeto o punto a relevar con el distanciómetro. El programa calcula en post-proceso, la posición exacta donde se intersectan los tres círculos con centro en las 3 estaciones. Para completar el trabajo, se toma una foto del árbol y se incorporan sus características en la colectora.

Las estaciones que se hicieron para poder bisectar de forma sucesiva cada árbol fue lo que demandó más tiempo. La captura de cada árbol se realizó en un máximo de 4 minutos. Se trabajó con distancias entre árboles e instrumental de 40 a 60 metros, donde en cada estación se tomada la distancia, pendiente y se confeccionaba el diccionario de atributos.

Para las zonas donde las arboledas configuraban áreas de cobertura arbórea cerrada, se empleó una estación total Pentax y un GPS Promark 3 que mide en fase L1. El programa donde se procesó la información fue el Pathfinder Office que está diseñado para trabajar en conjunto con el TerraSync y que permite, entre otras opciones trabajar con formatos ráster y vectorial, corregir datos GPS relevados en campo y crear un diccionario de atributos.

La metodología de trabajo en esta etapa fue relevar dos puntos (lugares bien definidos donde colocar el instrumental) con el GPS fuera de la zona de trabajo, luego ubicar la estación total en el lugar cercano al relevamiento con visión directa a cada árbol y bisectar en primera instancia, los puntos relevados con GPS, de manera de obtener las coordenadas de posición del instrumento óptico y así poder empezar el relevamiento de cada árbol, tarea que se realizó con bastón, prisma, colectora de datos y lista de control confeccionada en gabinete. Con esta metodología de trabajo se llegó hasta el pie de los árboles relevados (Fig. 2).

Figura 2.
Relevamiento combinado de GPS con estación total.



Fuente: Elaborado por Angelillo, Lemarchand, Aldalur.

El relevamiento se realizó conjuntamente con la tarea de incorpor los atributos de cada árbol en el diccionario, confeccionado previamente en una tabla con diferentes opciones. Los atributos se vincularon espacialmente mediante un número de identificación.
Este diccionario se diagramó sobre la base del método EVA (evaluación visual del árbol) (Mattheck y Breloer, 1994) donde se busca que las opciones puedan ser elegidas por una persona sin formación especializada en relevamiento de árboles. Las diferentes especies arbóreas autóctonas de la ciudad de Bahía Blanca debían ser reconocidas por el operador del instrumental. Los atributos del diccionario empleado en el relevamiento se acompañan con un ejemplo:

- Especie: EUCALIPTUS
- Servicios: ELECTRICIDAD
- Tipo de Asentamiento: ESPACIO VERDE
- Raíces: TERRENO NATURAL
- Tronco: INCLINACIÓN
- Copa: RAMAS MUERTAS
- Historial de poda: NO
- Fecha: 05/03/2014
- Observaciones: INCLINACIÓN DE COPA
- Altura aproximada: 31
- Perímetro: 2.54 m

La medición fue incorporada a un SIG a fin confeccionar un censo de arbolado urbano. Las coordenadas obtenidas mediante medición GPS fueron en POSGAR 2007 (Posiciones

Geodésicas Argentinas), las que luego fueron proyectadas a Gauss Kruger para la realización de la cartografía.

Resultados y discusión

Sobre la base de la información capturada en campaña y analizando las dos metodologías de trabajo se georreferenciaron árboles que presentaban mayor riesgo de accidente, con una precisión inferior a 10 cm incorporando los datos de sus características en la tabla de atributos.
La precisión buscada en función de la separación entre cada árbol fue menor al metro. Los datos se exportaron a un formato de puntos que fueron integrados a una geodatabase del SIG. La información gráfica y alfanumérica de la base de datos espacial diseñada para el manejo de vegetación arbórea del ambiente urbano, puede ser consultada y analizada de manera rápida y sencilla. El trabajo realizado con estación total requiere que la nomenclatura elegida para la medición de cada árbol deba ser incorporada en la colectora de datos para que exista entre ellos una perfecta vinculación. Las dos metodologías empleadas para el relevamiento permitieron obtener precisiones submétricas, ya que los errores cometidos son inferiores a los 10 cm. En la metodología aplicada con estación total se relevaron mayor cantidad de árboles en menor tiempo El resultado se puede observar en la figura 3.

Figura 3.
Cartografía del relevamiento.



Fuente: Elaborado por Angelillo, Lemarchand, Aldalur.

Conclusiones

Las dos metodologías de trabajo permitieron la captura de datos en un medio complejo para el empleo de un GPS, donde las arboledas alcanzan alturas aproximadas de 30 metros. Estas técnicas pueden ser empleadas en áreas donde el GPS pierde señal, como es el caso de zonas arbóreas con vegetación de gran altura. La planificación del trabajo y del diccionario de atributos es una tarea prioritaria a la hora de realizar un relevamiento de arbolado urbano. La incorporación de toda la información en el momento del relevamiento y en un archivo digital como es el diccionario de atributos facilitó el post-proceso y el ingreso de los datos al SIG.

El relevamiento realizado empleando un GPS con colectora de SIG posibilitó la captura de datos en forma ágil, detallada y a escala sub-métrica. En este caso, el trabajo de campo requirió de poco personal, ya que pudo ser realizarlo por un solo operador. La medición relevada con estación total, si bien fue más dinámica que la anterior, requirió en cambio dos operadores que trabajen en forma coordinada en campaña, donde no debe confundirse la información mapeada por el operador del instrumental con la que posee el bastón y la controladora de datos.

El inventario es la fase primaria a realizar, previo a cualquier decisión que se tome sobre el arbolado urbano. Programar las tareas de conocimiento de la distribución de las distintas especies del arbolado urbano así como sus características y estado sanitario permitirá ordenar la poda, los controles y los recambios de ejemplares. La realización de mapas temáticos de cualquiera de los atributos que posean los individuos inventariados, es imprescindible para su gestión.

Agradecimientos

El archivo vectorial de la ciudad de Bahía Blanca (en formato *dxf*) fue provisto por el Departamento de Catastro de la Municipalidad de Bahía Blanca.

Bibliografía

BENEDETTI, G. y CAMPO de FERRERAS, A. 2007. "Arbolado de alineación: el mapa verde de un barrio en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina". *Papeles de geografía*, Nº 45-46, España, Universidad de Murcia, pp. 27-38.

BOSQUE SENDRA, J. 1992. Sistemas de Información Geográfica. Editorial RIALP, España, Madrid, 1992, 451 pp.

BUZAI, G. y BAXENDALE, C. 2012. Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Ordenamiento territorial. Temáticas de base vectorial. Lugar Editorial, Argentina, 315 pp.

DICEK, N. 2011. Patrimonio verde urbano. Argentina, Bahía Blanca, 93 pp.

FERRARIO DE URRIZA, S. 2000. El ABC del GPS. Editorial Harris y Cia. SRL, Argentina, 169 pp.

LONG, D. y MEGALOS, M. 2008. "City Tree Inventory: The experience of small town". *Southern Regional Extension Forestry, A Regional Peer Reviewed Technology Bulletin*, SREF-UF-001, 8 pp.

Angelillo, D.; Lemarchand S. y Aldalur B. 2014. Sistema de Información Geográfica aplicado al arbolado urbano en Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 11. pp. 140-147. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

MAHECHA VEGA, G., SÁNCHEZ URTADO, F., CHAPARRO GUERRA, J., CADENA CARREÑO, H., TOVAR CORZO, G., VILLOTA OJEDA, L., MORALES LIZCANO, G., CASTRO ALVARADO, J., BOCANEGRA POLANÍA, F. y QUINTERO, M. 2010. Arbolado urbano de Bogotá. Identificación, descripción y bases para su manejo. Bogotá, D.C., Colombia, Editorial Scripto Gómez y Rosales Asociados Compañía LTDA.

MARTINEZ TRINIDAD, T. e ISLAS RODRIGUEZ, L. 2008. "Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en el manejo del arbolado urbano", Revista *Arbolama*, Nº 1, 16 pp.

MATTHECK, C. y BRELOER H. 1994. "Field Guide for visual tree assessment *Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry*. Volume 18, Issue 1, pp. 1-23.

MILLER, R. 1988. Urban Forestry: Planing and Managing Urban Greenspaces. New Jersey Prentice Hall, Englewood Cliffs.

MOLDES TEO, J. 1995. Tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica, Editorial RA-MA, España, Madrid, 190 pp.

TEXAS TREES FUNDATION. 2010. "The Dallas GIS RoadMap Model for urban tree planning and planting: The potential urban forest of Dallas, Texas", [En línea], 21pp., http://www.texastrees.org/cms/wp-content/uploads/2010/07/The-Dallas-GIS-Roadmap-Report_Final1.pdf, [15 de mayo de 2014].

Mieza, M. S. y Cravero, W. R. 2014. Modelado del coeficiente de retrodispersión en Banda X para girasol. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 12. pp. 148-156. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Modelado del coeficiente de retrodispersión en Banda X para girasol

M. Soledad Mieza*
Walter R. Cravero**

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados preeliminares del modelado del coeficiente de retrodispersión para el cultivo de girasol en vista de las futuras misiones radar argentinas SAOCOM. Se adaptó un código de la Universidad Tor Vergata, Roma, que permite simular el coeficiente de retrodispersión total (σ^0) y las contribuciones de distintos tipos de interacción (volumétrica, doble rebote, etc.) para distintas condiciones de suelo, ángulo de incidencia, y polarización de la onda incidente y reflejada para distintas alturas del cultivo. Se adaptó para la banda X, dado que para validar los resultados se utilizaron imágenes Cosmo SkyMed provistas por la CONAE que operan en esta banda. Se incorporaron como datos de entrada datos de campo locales. Los resultados muestran que la tendencia de los datos obtenidos por el modelo y de las imágenes es similar, pero el modelo sobreestima la respuesta. Se estima que las diferencias son debidas al modelo de crecimiento del cultivo utilizado, que fue validado para cultivares en Italia. Durante la campaña 2013-2014 se realizó un relevamiento a los efectos de modelar el crecimiento del cultivo en condiciones locales lo que se estima contribuirá a mejorar los resultados obtenidos.

Palabras Clave: radar, girasol, coeficiente de retrodispersión, Banda X, Cosmo SkyMed

Abstract

In this work, preliminary results of the estimated backscattering coefficient for the sunflower crop are presented. The backscattering coefficient was estimated using a model developed in Italy at the University of Tor Vergata. This model predicts the total backscattering coefficient as well as the contributions due to the different scattering mechanisms (volumetric dispersion, double bounce, etc.) for different incidence angles, soil conditions and wave polarizations as a function of the crop height. The original model developed for the C and L Band was adapted for the X band in order to validate the results with Cosmo SkyMed data available that was provided by CONAE. Some local data from previous field works was used as input for the model. The first results showed that the modeled backscattering coefficient was overestimated when compared with satellite data, even though they show a similar tendency. The difference is estimated to be due to the growth model for sunflower that was originally validated over Italian cultivars. During the agricultural campaign 2013-2014 a field work was designed and implemented in order to obtain a local growth model for the crop, that is estimated could contribute to a better simulation of the backscattering coefficient.

Keywords: SAR, sunflower, backscattering coefficient, X band, Cosmo SkyMed

* Tesista, Departamento de Física, UNS. Docente, Facultad de Ingeniería, UNLPam. smieza@ing.unlpam.edu.ar
** Docente-Investigador, Depto. de Física, UNS - Instituto de Física del Sur, CONICET. wcravero@uns.edu.ar

Mieza, M. S. y Cravero, W. R. 2014. Modelado del coeficiente de retrodispersión en Banda X para girasol. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 12. pp. 148-156. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

El Plan Espacial Nacional, entre otras actividades, comprende la puesta en órbita de satélites de observación terrestre. Como parte de este plan, actualmente, está en fase constructiva el primer satélite argentino radar de apertura sintética (SAR) para la misión SAOCOM, que se estima se pondrá en órbita en 2015. Originalmente ideado para el monitoreo y prevención de emergencias formará parte del SIASGE (*Sistema Italo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias*) el que estará constituido por los satélites argentinos SAOCOM 1A y SAOCOM 1B y cuatro satélites COSMO SkyMed de la Agencia Espacial Italiana (ASI), que operan en banda X, en una frecuencia de 9.6 GHz. El SAOCOM operará en Banda L (f: 1275 MHz), y a los efectos de satisfacer requerimientos para aplicaciones agrícolas y oceanográficas también incluirá un modo de operación polarimétrico.

En nuestro país, cuya economía está basada fuertemente en el sector agrícola con grandes zonas geográficas dedicadas a la agricultura extensiva, la teledetección, en cualquiera de sus formas, resulta una herramienta óptima para caracterizar y evaluar los distintos aspectos relacionados con esta actividad. Por este motivo el objetivo principal de este trabajo fue modelar el coeficiente de retrodispersión (σ^0) del SAR para cultivos agrícolas, en particular girasol, para distintas condiciones del cultivo y del suelo para distintos ángulos de incidencia y polarizaciones de las ondas incidentes y reflejadas. Se realizaron mediciones a campo en el NE de la Provincia de La Pampa en un establecimiento, representativo para la zona, a los efectos de incorporar datos locales de ingreso al modelo (textura del suelo, densidad de plantas, etc.) y validar los resultados obtenidos.

Materiales y Metodología

Modelado del coeficiente de retrodispersión

Se trabajó sobre el código desarrollado en la Universidad Tor Vergata, Roma, para transferencia radiativa de microondas en la atmósfera (Bracaglia et. al. 1995). Este modelo tiene en cuenta tanto la cobertura vegetal como el tipo de suelo, y la interacción de la radiación electromagnética con cada uno de ellos. El modelo originalmente estaba diseñado para las bandas L y C, para los cultivos de girasol y maíz. Además de la frecuencia del SAR y tipo de cultivo, algunos parámetros de entrada al modelo son: datos texturales de suelo, datos sobre la densidad de cultivo (plantas/unidad de superficie) y datos de humedad gravimétrica de elementos de la vegetación (hojas, tallo, etc.). El modelo permite simular el coeficiente de retrodispersión total (σ^0) y las contribuciones de los distintos tipos de interacción (volumétrica, doble rebote, etc.) para distintas condiciones de humedad y rugosidad del suelo, ángulo de incidencia, y polarización de la ondas incidente y reflejada en función de la altura del cultivo. Este trabajo originalmente estaba orientado a modelar respuestas en Banda L, dado que es la banda en la que operarán las misiones argentinas SAOCOM, pero dada la imposibilidad de contar con datos satelitales durante el ciclo de los cultivos se trabajó en Banda X, en la operan que los satélites Cosmo SkyMed.

Datos SAR

Se solicitaron datos en banda X de la constelación Cosmo SkyMed a la CONAE, en fechas coincidentes con las previstas para el trabajo de campo para la campaña 2012-2013. Los satélites Cosmo SkyMed operan en una frecuencia de 9.6 GHz y posean varios modos: Spotlight, StripMap HIMAGE, StripMap Ping Pong, SCANSAR Wide Region y SCANSAR Huge Region, detalles de cada modo pueden encontrarse en la guía de usuarios (COSMO-SkyMed System Description & User Guide). Ninguno de los modos opera en las cuatro

combinaciones de polarización para las ondas incidentes y reflejada (quad pol) que hubiera sido deseable para comparar con el modelado del coeficiente de retrodispersión. Las combinaciones de polarización se indican con las iniciales del tipo de polarización, en primer lugar la de la onda incidente y en segundo la de la reflejada, utilizándose H para la polarización horizontal y V para la polarización vertical. Para este trabajo se solicitaron en el modo StripMap Ping Pong, que es un modo que adquiere en dos polarizaciones (dual pol), pudiéndose seleccionar para cada adquisición la combinación deseada, con una resolución geométrica de 15m., que dado el tamaño promedio de las parcelas agrícolas de la zona (50 ha.) se estimó adecuado. En esta primera etapa, dada la mayor sensibilidad a la presencia de biomasa de la polarización HV (Ferrazzoli et. at. 1997), se solicitaron imágenes con las polarizaciones HH, HV. Se calibraron utilizando el programa NEST y georeferenciaron a la proyección UTM 20 S WGS 84, utilizando datos GPS. Se recepcionaron imágenes de las fechas y características detalladas en la tabla I.

Tabla I.

Características de las imágenes Cosmo Skymed utilizadas.

Fecha	Modo de Adquisición	Nivel de Procesamiento	Polarizaciones
21 Dic.2012	Ping Pong	1B	HH - HV
9 Enero 2013	Ping Pong	1B	HH - HV
16 Enero 2013	Ping Pong	1B	HH - HV
25 Enero 2013	Ping Pong	1B	HH - HV
30 Enero 2013	Ping Pong	1B	HH - HV
14 Feb. 2013	Ping Pong	1B	HH - HV

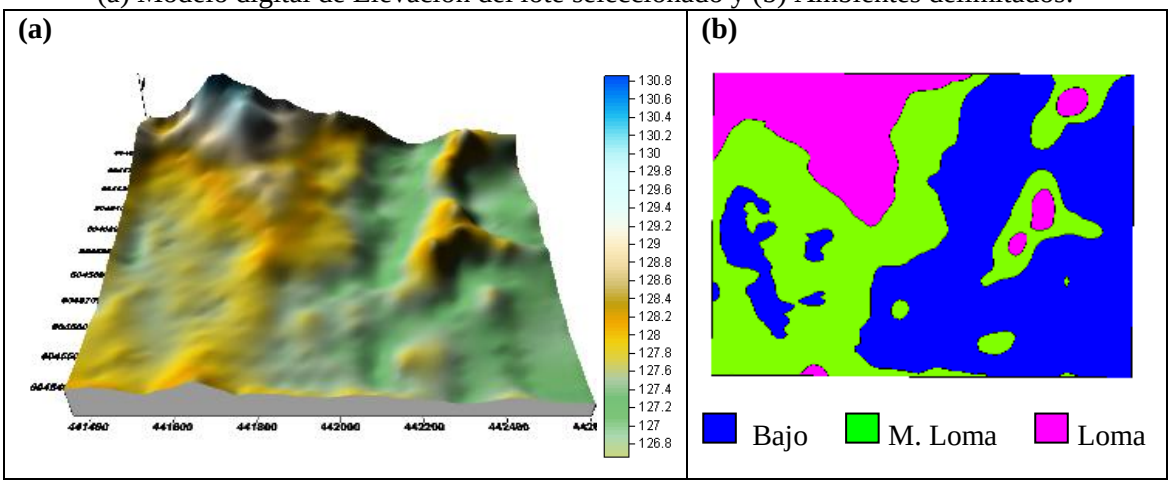
Fuente: Elaborado por los autores.

Relevamiento y Análisis de datos de campo

El trabajo de campo se realizó en un establecimiento situado a 10 km. al SE de General Pico, La Pampa sobre parcelas de girasol durante dos campañas agrícolas, 2011-2012 y 2012-2013. Para este cultivo en la zona bajo estudio el período de siembra es durante los meses de octubre y noviembre y la cosecha en los meses de marzo y abril. Durante la primer campaña se relevaron dos parcelas de 125 y 165 ha respectivamente y una en la segunda, ya que debido a una primavera excepcionalmente húmeda, gran parte de los lotes no fueron sembrados en la fecha prevista y en algunos, debido a exceso de humedad, el cultivo no se desarrolló adecuadamente. En todos los casos se caracterizaron a-priori ambientes productivos a partir de imágenes ópticas, mapas de rendimiento y modelos digitales de elevación dando lugar a tres ambientes por parcela (bajo, media loma y loma) (Mieza & Martínez 2008) sobre los que se aplicaron dosis variables de semillas y fertilizantes. En la Figura 1 se muestra el modelo digital de elevación de una parcela (alturas en metros) y las zonas intra-lote delimitadas. Las zonas "Bajo" está asociadas a mayor disponibilidad de agua y menores porcentajes de arena presentando así mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos, las zonas "Loma", en cambio, están asociadas a menor disponibilidad de agua y mayores porcentaje de arena y las zonas "Media Loma" corresponden a una situación intermedia.

Mieza, M. S. y Cravero, W. R. 2014. Modelado del coeficiente de retrodispersión en Banda X para girasol. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 12. pp. 148-156. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 1.
(a) Modelo digital de Elevación del lote seleccionado y (b) Ambientes delimitados.



Fuente: Elaborado por los autores.

Dado que este lote no era originalmente el seleccionado para el seguimiento, el cultivo en la primera salida a campo se encontraba en la fase de botón floral incipiente, con lo que no se dispone información de las etapas previas. No obstante esta limitación debido a factores climáticos, las siguientes salidas a campo se realizaron en fechas coincidentes con las siguientes etapas (Figura 2): principio de floración, fin de floración y madurez fisiológica.

Figura 2.
Estado del cultivo al momento de las visitas a campo, fotografías (a) a (d) y abundante presencia de rastrojo en todos los ambientes (e) y (f).



(a) 21 de Diciembre de 2012

Estado: Botón floral incipiente

b) 4 de Enero de 2013

Estado: Principio de Floración



(c)16 de Enero 2013

Estado: Fin de Floración



(d) 14 Febrero de 2013

Estado: Madurez Fisiológica



(e) Rastrojo



(f) Rastrojo

Fuente: Elaborado por los autores.

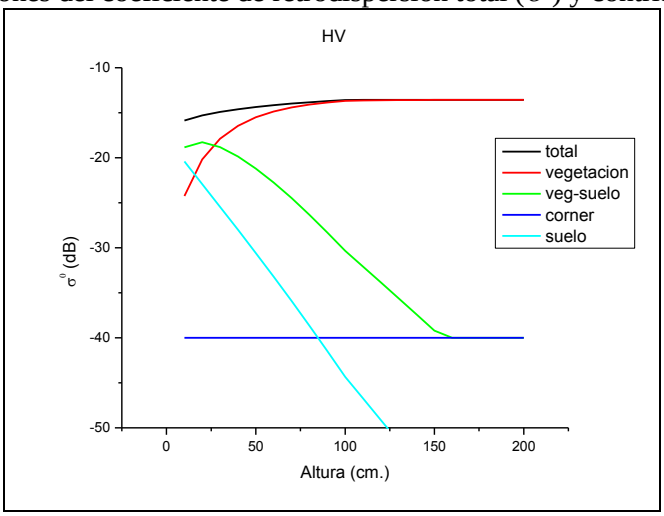
Para cada ambiente se seleccionó una zona homogénea a partir de imágenes ópticas de la serie Landsat, donde se realizaron, cada quince días aproximadamente, las siguientes actividades: se relevó altura promedio del cultivo y diámetro de capítulo, se recolectaron dos ejemplares representativos para cada zona y para cada fecha, se determinó la densidad real de plantas, se adquirieron fotografías generales de cada zona, se extrajeron muestras de suelo de los primeros 10cm. utilizando un barreno convencional y debido a la abundante presencia de rastrojo se tomó una muestra para analizar el porcentaje de humedad del mismo. A-posteriori en el laboratorio, se determinó para cada uno de los ejemplares recolectados a campo: porcentaje de materia verde, porcentaje de materia seca, humedad gravimétrica discriminando: hojas, tallo, pecíolo y capítulo e índice de área foliar (IAF).

Desarrollo

En lo que respecta al modelado del coeficiente de retrodispersión, dado que originalmente estaba diseñado para las bandas L y C, al modificar la frecuencia para banda X para comparar los resultados con las imágenes disponibles, se producían errores en las rutinas numéricas del programa. Se realizaron modificaciones en la rutina a sugerencia de los autores del modelo con lo que se logró solucionar esta situación. El modelo permite simular el coeficiente de retrodispersión total (σ^0) y las contribuciones de los distintos tipos de interacción (volumétrica, doble rebote, etc.) para distintas condiciones de humedad de suelo, ángulo de incidencia, rugosidad del suelo y polarización de la onda incidente y reflejada en función de la altura del

cultivo. En la figura 3 se muestra un ejemplo de el coeficiente de retrodispersión total (σ^0) y las contribuciones de los distintos tipos de interacción; la dispersión volumétrica debido a la vegetación, la interacción entre vegetación y suelo, el efecto "corner reflector" de los tallos verticales y la dispersión del suelo, simulados a partir del código original con datos de vegetación y suelo para cultivares en Italia.

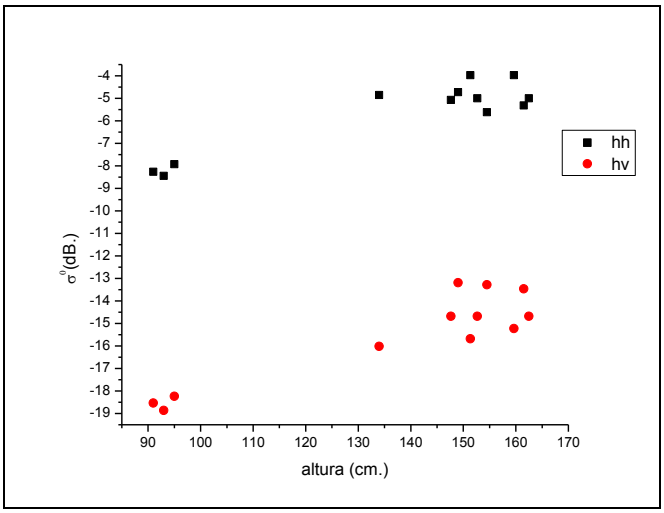
Figura 3.
Simulaciones del coeficiente de retrodispersión total (σ^0) y contribuciones.



Fuente: Elaborado por los autores.

A los efectos de comparar con los datos simulados se obtuvieron los coeficientes de retrodispersión en las polarizaciones HH y HV a partir de las imágenes Cosmo SkyMed. En la figura a continuación se muestra el coeficiente de retrodispersión obtenido a partir de las imágenes en función de la altura de la planta para las dos combinaciones de polarización (HH y HV). Como se mencionó anteriormente por razones climáticas no se dispusieron de datos de campo para estadíos tempranos del cultivo.

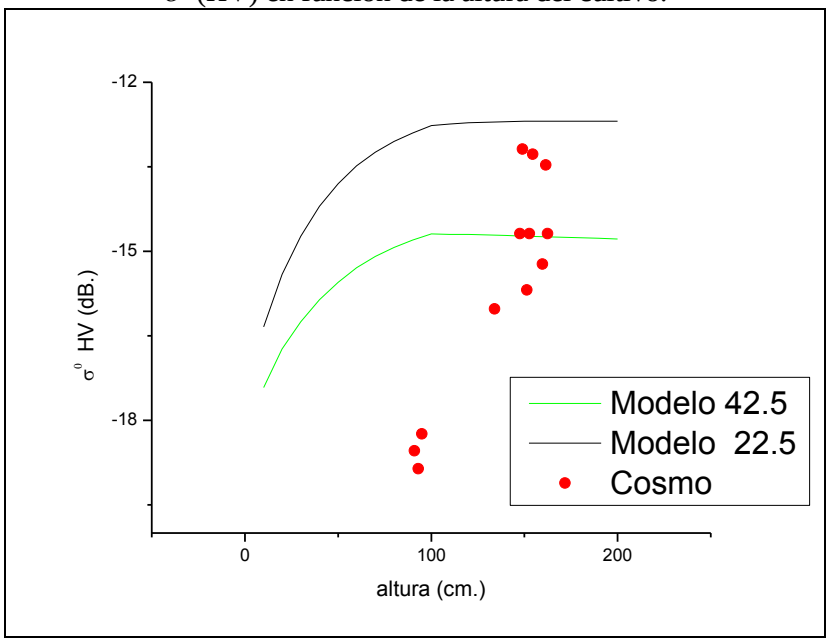
Figura 4.
σ^0 en función de la altura del cultivo.



Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 5 se muestra la comparación entre los datos simulados para la polarización HV para dos ángulos de incidencia 22.5º y 42.5º respectivamente y los datos satelitales. Los ángulos de incidencia de las imágenes Cosmo SkyMed difieren entre imágenes, pero están comprendidos entre los límites de los datos simulados. Se observa que el modelo sobreestima los valores de σ^0, en particular para alturas bajas del cultivo y que existe una mayor variación de σ^0 con la altura del cultivo que la indicada por el modelo.

Figura 5.
σ^0 (HV) en función de la altura del cultivo.

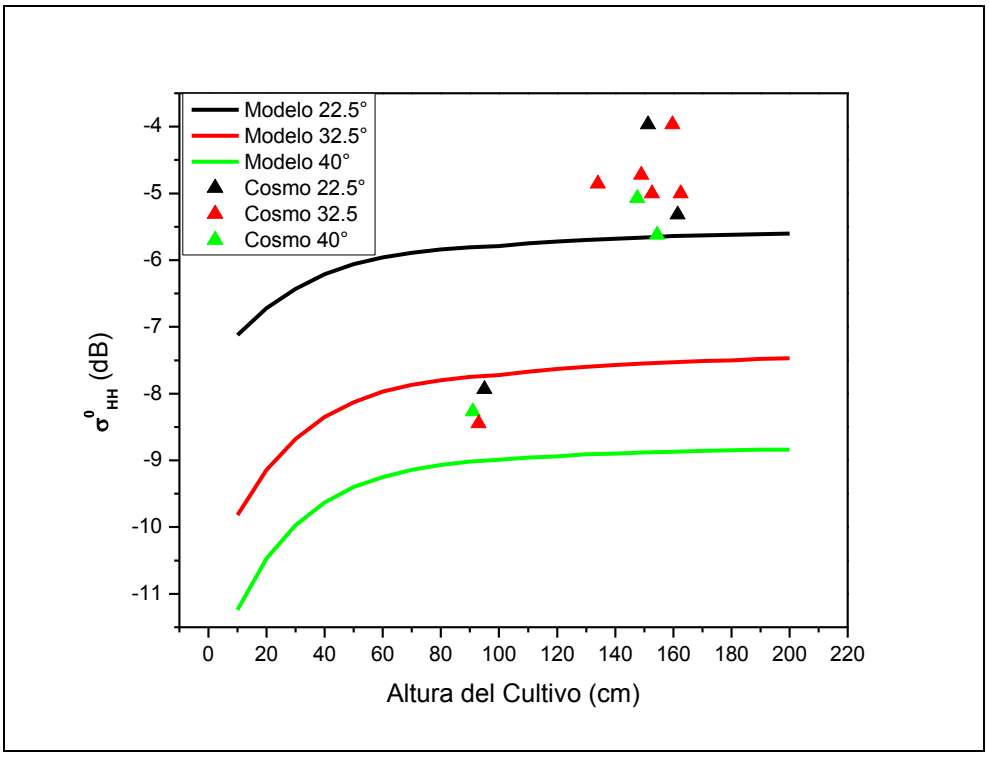


Fuente: Elaborado por los autores.

Se modificaron algunos datos de entrada al modelo con datos locales obtenidos mediante relevamientos a campo. En particular, se observaron diferencias significativas en los parámetros texturales del suelo, la densidad de siembra y el IAF máxima. Se modificaron los porcentajes de arena y arcilla que originalmente tenían valores de 0.19 y 0.25 respectivamente, a valores locales (el porcentaje de arena oscila entre 0.68 y 0.86 y el porcentaje de arcilla entre 0.1 y 0.26). La densidad de plantas por unidad de superficie, en la zona de estudio es de aproximadamente la mitad que la densidad utilizada en los cultivares italianos. Se modificó este parámetro de 80.000 a 40.000 plantas/ha, y el IAF que en el código original tenía un máximo de 6, se redujo a 4. En las Figuras 6 y 7 se muestra σ^0 en función de la altura del cultivo para los modos HH y HV respectivamente. En el modo HH se observa que el código muestra una dependencia más acentuada con el ángulo de incidencia que las imágenes, lo que sugiere una distribución más isotrópica de los elementos de dispersión volumétrica, dominantes en banda X que la que está tenida en cuenta en el modelo de vegetación. En el modo HV, la principal discrepancia se observa para alturas bajas, donde el modelo sobreestima los resultados obtenidos. Para alturas mayores, lo que se observa es una relativa dispersión de los datos respecto del ángulo de incidencia. En ambas figuras se confirma una mayor variación de σ^0 con la altura del cultivo que el indicado por el modelo.

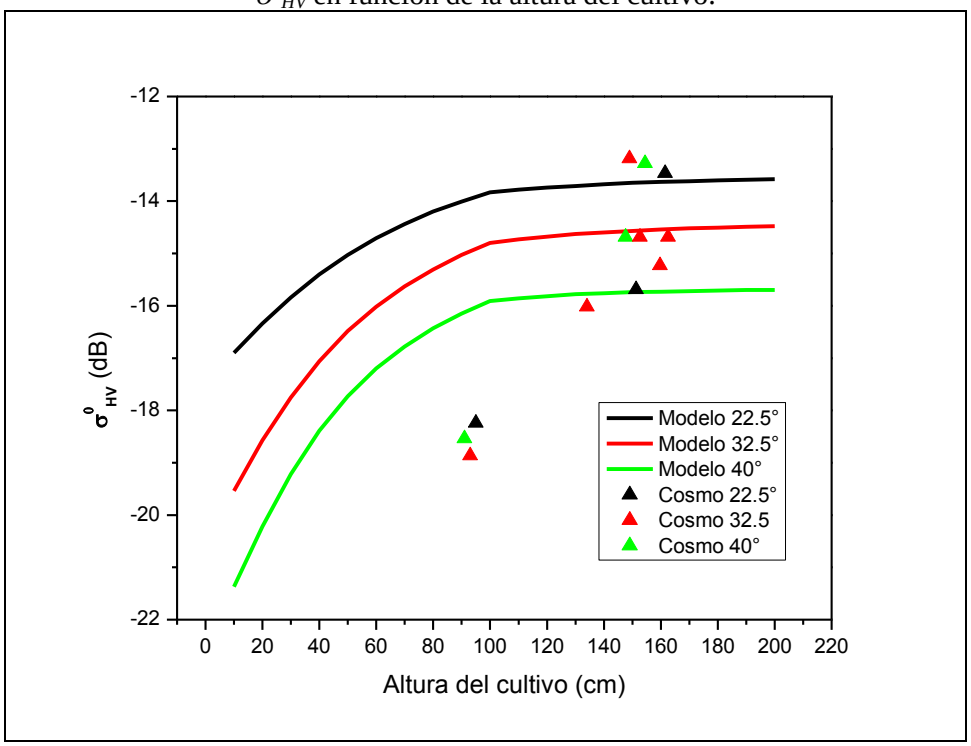
Mieza, M. S. y Cravero, W. R. 2014. Modelado del coeficiente de retrodispersión en Banda X para girasol. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 12. pp. 148-156. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 6.
σ^0_{HH} en función de la altura del cultivo.



Fuente: Elaborado por los autores.

Figura 7.
σ^0_{HV} en función de la altura del cultivo.



Fuente: Elaborado por los autores.

Las discrepancias persistentes se estima son debido a una falta de ajuste del modelo vegetal utilizado en el código para las condiciones de cultivo estudiadas. El modelo vegetal de crecimiento utiliza en general funciones lineales y lineales a trozos con la altura del cultivo para el diámetro de tallo, diámetro y largo de pecíolos e índice de área foliar por lo cual se planteó la conveniencia de hacer una campaña adicional (2013-2014) para la toma de parámetros del cultivo, a fin de ajustar el modelo de crecimiento incluido en el código.

Conclusiones

Se realizaron cálculos de σ^0 para el cultivo de girasol en banda X utilizando un modelo desarrollado en la Universidad Tor Vergata de Roma, ajustándolo para las condiciones de suelo y densidad de plantas locales. Persisten diferencias entre los resultados del modelo y las imágenes Cosmo SkyMed analizadas, que entendemos se deben a la falta de ajuste entre el modelo de crecimiento del cultivo incluido en el código (desarrollado para Italia) y las condiciones de cultivo en nuestro país.

Se está trabajando con el modelo a fin de incluir la contribución del capítulo al coeficiente de retrodispersión para el cultivo que no estaba considerado. Resultados preliminares utilizando la aproximación de Rayleigh - Gans (válidos para banda L) indicarían que la presencia del capítulo puede cambiar el coeficiente en forma significativa. Aun no se ha completado el código de las aproximaciones necesarias para incluir de forma aproximada esta contribución en frecuencias mayores (Banda C y X).

Se realizó un tercer ciclo de adquisición de datos de campo en conjunto con la adquisición de imágenes durante la campaña 2013-2014, desde un estadío temprano del cultivo, lo que se estima permitirá a futuro un mejor ajuste de los parámetros de cultivo incluidos en el modelo de transferencia a fin de mejorar el ajuste del modelo.

Referencias

BRACAGLIA M., FERRAZZOLI P., GUERRIERO L.. "A Fully Polarimetric Multiple Scattering Model for Crops" *Remote Sensing of Environment*, 1995, vol.54, pp. 170-179
"COSMO-SkyMed System Description & User Guide". http://www.e-geos.it/products/pdf/csk-user_guide.pdf

FERRAZZOLI P.,PALOSCIA S., PAMPALONI P., SCHIAVON G., SIGISMONDI S. AND SOLIMINI D. "The Potential of Multifrequency Polarimetric SAR in Assessing Agricultural And Arboreous Biomass" *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1997, Vol. 35, Nº 1, pp 5- 17.

MIEZA María S., MARTÍNEZ D. "Agricultura de Precisión en Girasol: Avances en La Pampa." En "El cultivo de girasol en la región semiárida pampeana", INTA Anguil, *Publicación Técnica de INTA,* 2008, pp. 111.

Santamaría M. S. y Aldalur B. 2014. Aplicación de técnicas de textura en la clasificación de un sector urbano de la ciudad de Bahía Blanca mediante una imagen SPOT. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 13. pp. 157-165. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Aplicación de técnicas de textura en la clasificación de un sector urbano de la ciudad de Bahía Blanca mediante una imagen SPOT

Mariana S. Santamaría [*]
Beatriz Aldalur [**]

Resumen

El análisis automatizado de las estructuras urbanas y del dinamismo de su evolución mediante el uso de imágenes satelitales y fotografías aéreas presenta problemas metodológicos debido a que el paisaje urbano constituye un sistema espacial de gran complejidad. En este trabajo se propone una metodología para intentar caracterizar el tipo de unidades urbanas básicas predominantes en la zona Norte de ciudad de Bahía Blanca mediante la utilización de una imagen del satélite SPOT modo pan, de 5 m de pixel. Consistió en la aplicación de una clasificación no supervisada seguida de una clasificación supervisada, ambas combinadas con técnicas de análisis de texturas. En una primera etapa del estudio, el uso de la clasificación no supervisada junto con textura permitió explorar la respuesta espectral de las distintas cubiertas presentes en la imagen teniendo en consideración el contexto espacial. Con la información obtenida se procedió a la selección de los sitios de entrenamiento que se utilizaron en la clasificación supervisada. La incorporación de variables texturales extraídas a partir de la matriz de coocurrencias de niveles de gris a la clasificación proporciona una identificación más confiable de las diferentes estructuras urbanas e incrementa sustancialmente la correcta delimitación.

Palabras clave: Clasificación de imagen satelital, Textura, Bahía Blanca.

Abstract

The automated analysis of urban structures and the dynamics of their evolution through the use of satellite images and aerial photographs presents methodological problems because of the urban landscape provides a spatial system of great complexity. This paper proposes a methodology to try to characterize the predominant type of basic urban units in the North of Bahía Blanca using an image of SPOT satellite in pan mode and 5 meters pixel size. It consists in the application of an unsupervised classification followed by a supervised classification, both of then combined with texture analysis techniques. In a first step of the study, the use of unsupervised classification with texture allowed to explore the spectral response of the different features existing in the image considering the spatial context. With the information obtained it was proceeded to the selection of the training sites that were used in the supervised classification. The adding of textural variables extracted from the co-occurrences matrix of gray levels to the classification provides a more reliable identification of different urban structures and increases substantially the correct delimitation.

Key words: Image classification, Texture, Bahía Blanca

[*] Docente, Depto. de Matemática, Universidad Nascional del Sur, Av. Alem 1253, 1er piso. msanta@criba.edu.ar
[**] Docente, Depto. de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Av. Alem 1253, 1er piso. baldalur@uns.edu.ar

Santamaría M. S. y Aldalur B. 2014. Aplicación de técnicas de textura en la clasificación de un sector urbano de la ciudad de Bahía Blanca mediante una imagen SPOT. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 13. pp. 157-165. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Las imágenes satelitales constituyen herramientas indispensables para el análisis del uso y la cobertura de la tierra de una ciudad con fines de planificación urbana. Tradicionalmente, la fotointerpretación y fotogrametría eran las principales herramientas para la explotación de imágenes en las áreas urbanas, pero con la incorporación de los satélites de observación terrestre y sobre todo, las mejoras en la resolución espacial de los sensores, el empleo de imágenes satelitales pasó a ocupar un lugar privilegiado y se consolidó como tecnología de punta para el análisis territorial (Cardozo y Da Silva, 2013:1).

Las técnicas de clasificación de imágenes constituyen una metodología fundamental para lograr el objetivo de mapear el uso y cobertura de la tierra y obtener una fiel representación de la realidad. El análisis automatizado de las estructuras urbanas y del dinamismo de su evolución mediante el uso de imágenes satelitales y fotografías aéreas presenta problemas metodológicos debido a que el paisaje urbano constituye un sistema espacial de gran complejidad.

La clasificación digital de una imagen consiste en la asignación automática de cada píxel a una de las clases informacionales o temáticas previamente definidas sobre la imagen. Depende tanto de la información espectral como de la resolución espacial (nivel de detalle) de la imagen.
Cuando las clases definidas en una imagen son unidades heterogéneas los resultados de una clasificación basada únicamente en la información espectral no son buenos y por lo tanto, se requiere incorporar en la clasificación información espacial y/o temporal.

En el análisis espacial de una imagen resultan de interés las técnicas estadísticas de análisis de texturas que proporcionan información sobre la distribución de los niveles de gris en relación a la vecindad de cada pixel. Las medidas estadísticas propuestas por Haralick *et al.* (1973) que describen características como variabilidad, homogeneidad, contraste, etc, permiten generar nuevas imágenes o bandas de textura que pueden utilizarse, solas o combinadas con las bandas espectrales, para clasificar una imagen.

Bähr (1991) describe la técnica de clasificación utilizando características espectrales y de textura. Sostiene que la clasificación puramente espectral de una imagen produce errores de clasificación típicos especialmente en las zonas urbanizadas y que la aplicación adicional de características de textura conduce a mejoras evidentes. Shatadal *et al.* (1991) sostienen que el concepto de textura se refiere a la distribución espacial de las variaciones de niveles de gris o de colores en una imagen. Según Chuvieco (2010) esta variable hace referencia a la heterogeneidad espacial de una determinada cubierta, al contraste espacial entre los elementos que la componen. Visualmente se manifiesta como la rugosidad o suavidad de los tonos de gris. Cuanto más similares sean, la tonalidad será más homogénea en el interior de la cubierta y la textura será más lisa. Por el contrario, si existe una alta heterogeneidad en los niveles de gris de esa cubierta, aparecerá como muy rugosa, como textura grosera. Según Castro Lozano y Vargas Cuervo (2009) la textura se entiende como la unión de los componentes menores que se organizan para formar una textura específica. En el contexto de área urbanas, se analiza cómo en el interior del perímetro urbano se presentan diferentes morfologías producto de la unión de los elementos menores. Estos elementos básicamente son las infraestructuras urbanas, ya sean residenciales, industriales o comerciales, entre otras.

Es claro que para el estudio de texturas, en particular el análisis de las morfologías de texturas urbanas, se requiere el uso de imágenes de alta resolución espacial como la de los sensores Ikonos, Quickbird y Spot, entre otros. En este trabajo se propone una metodología para intentar caracterizar el tipo de unidades urbanas básicas predominantes en la zona Norte de ciudad de Bahía Blanca mediante la utilización de una imagen del satélite SPOT. El objetivo fue lograr la

separación de las distintas coberturas, particularmente de las áreas sin cobertura vegetal denominadas suelo desnudo de aquellas áreas edificadas y delimitar el área que abarcan los usos de la tierra visibles en la imagen. Las áreas urbanizadas y el terreno sin cobertura presentan una respuesta espectral similar, lo que dificulta su discriminación.

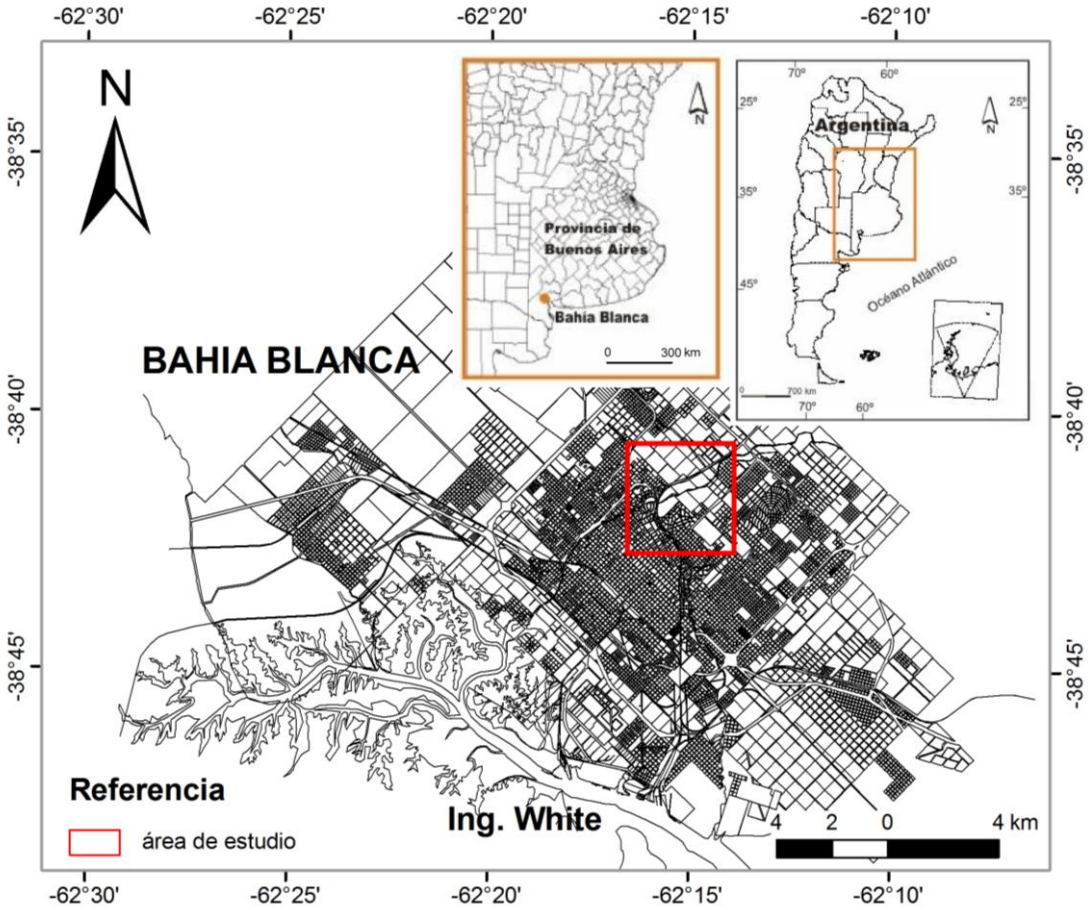
Materiales, datos y métodos

Descripción del área de estudio y datos empleados

El área de estudio comprende una superficie aproximada de 15 km^2 (Fig.1) que corresponde a una zona que abarca distintos usos y coberturas de la tierra. Allí se ubica uno de los parques de la ciudad, el campo de golf, un sector del valle de un arroyo, una zona residencial barrio parque, dos centros de compras, campus de la universidad, entre otras. Por lo que fue elegida por contar con las tres coberturas que se deseaban separar en una clasificación: zonas urbanas, áreas rurales y terreno desnudo o sin cobertura.

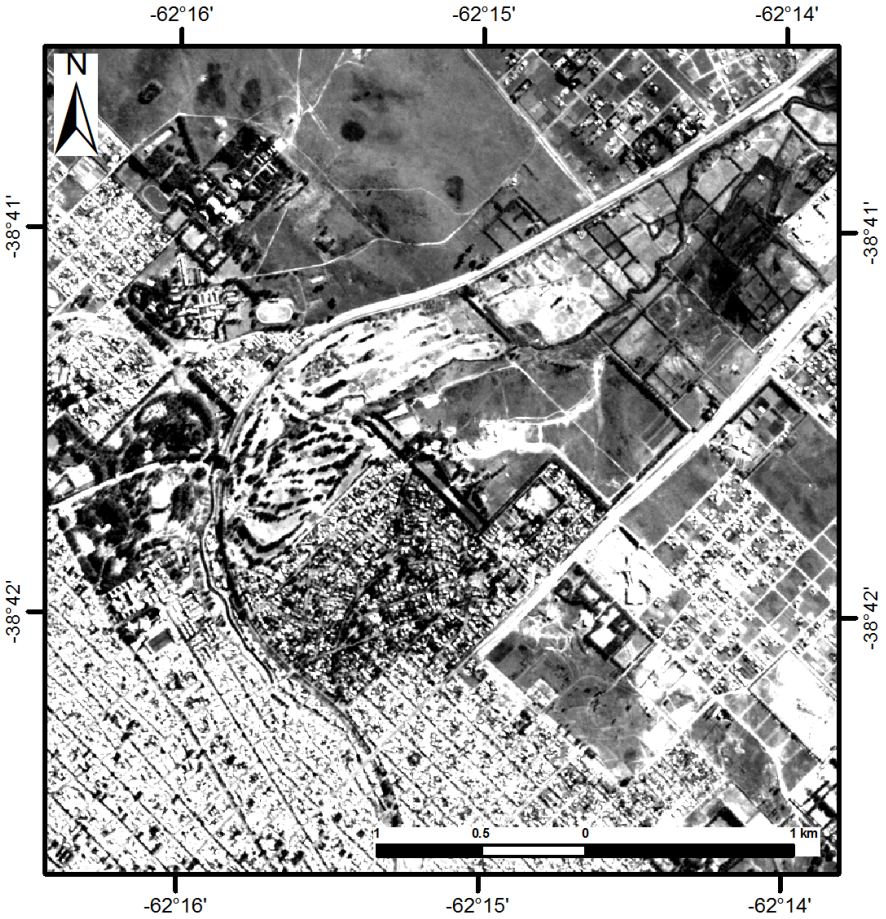
La imagen empleada corresponde a un sector de 800 por 800 píxeles de la zona Norte de la ciudad de Bahía Blanca. Imagen que corresponde a la banda pancromática del satélite SPOT de 5 m de píxel, que fue georreferenciada a coordenadas Gauss Kruger, Datum WGS84 (Fig. 2).

Figura 1.
Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaborado por Santamaría y Aldalur sobre la base del archivo vectorial de Bahía Blanca.

Figura 2.
Imagen original.



Fuente: Elaborado por Santamaría y Aldalur sobre la base de imagen SPOT.

Metodología

La metodología propuesta para caracterizar el tipo de unidades urbanas básicas predominantes en la zona Norte de ciudad de Bahía Blanca mediante el uso de la imagen del satélite SPOT consistió en la aplicación de una clasificación no supervisada seguida de una clasificación supervisada, ambas combinadas con técnicas de análisis de texturas.

En una primera etapa del estudio y a partir de la imagen considerada, se generaron imágenes de textura mediante el cálculo de la matriz de co-ocurrencia y de las siguientes medidas de rasgos de textura definidas por Haralick *et al*. (1973): *homogeneidad*, *contraste*, *disimilaridad*, *entropía*, *segundo momento angular* y *correlación*. Más detalles sobre la construcción de la matriz de co-ocurrencia pueden obtenerse en Fernández Sarría (2007), Haralick *et al.* (1973), Presutti (2004) y Hall-Beyer (2007). Se escogió el pixel vecino que está situado a la derecha de cada pixel de referencia, esto se expresa como (1,0): 1 pixel en la dirección horizontal, 0 pixel en la dirección vertical. Se consideraron los siguientes tamaños de ventana: 7x7, 11x11, 15x15, 21x21, 25x25 y 29x29.

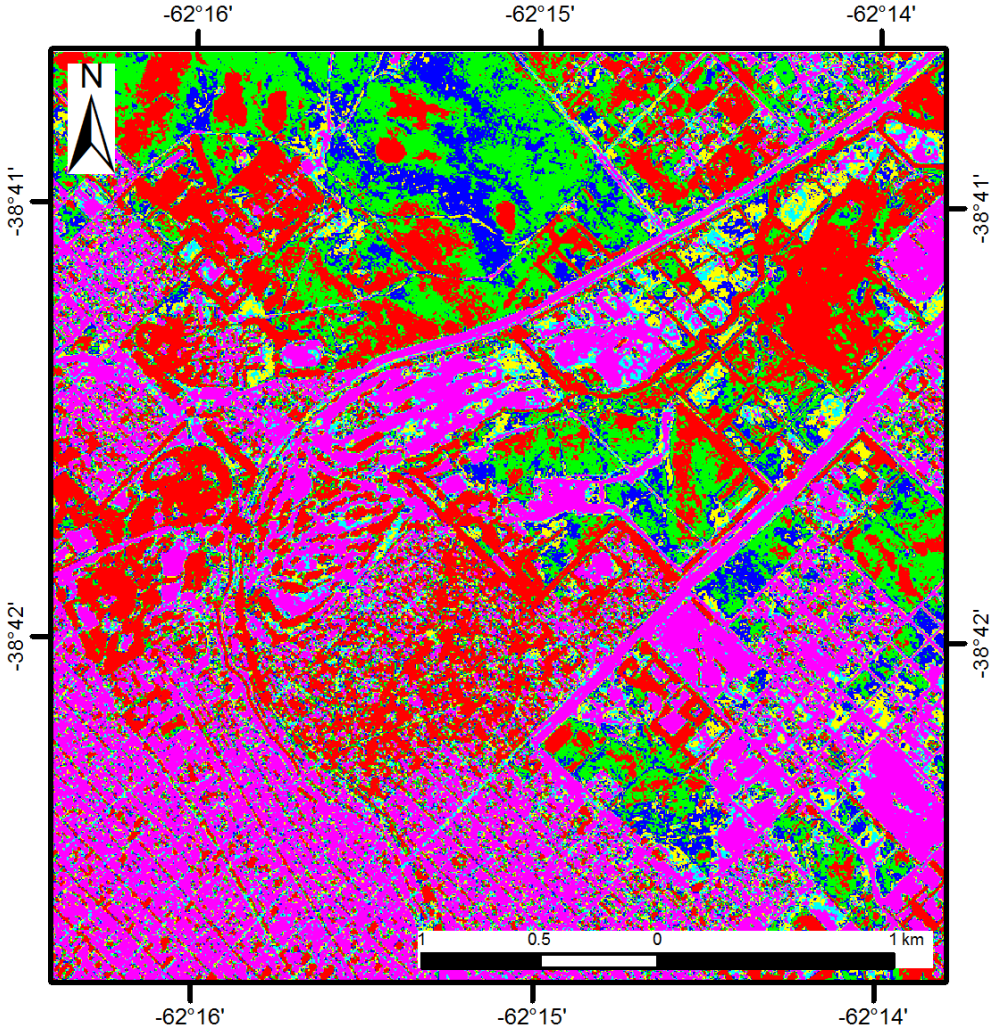
Luego se procedió a la clasificación no supervisada por el método K-Means, tanto de la imagen original individual como combinada con las distintas imágenes de textura. En virtud del objetivo del trabajo, se decidió que era suficiente considerar inicialmente 6 clases en la clasificación.

En una segunda etapa y sobre la base del conocimiento que se tiene del área de estudio y de los resultados obtenidos en la clasificación no supervisada se procedió a la selección de 3 sitios de entrenamiento en la imagen para ser utilizados en una posterior clasificación pero de tipo supervisada por el método de máxima verosimilitud. Los resultados de esta clasificación fueron evaluados mediante las tasas de exactitud global y los errores de omisión y de comisión para analizar la separabilidad de las clases en todas las clasificaciones.

Resultados y discusión

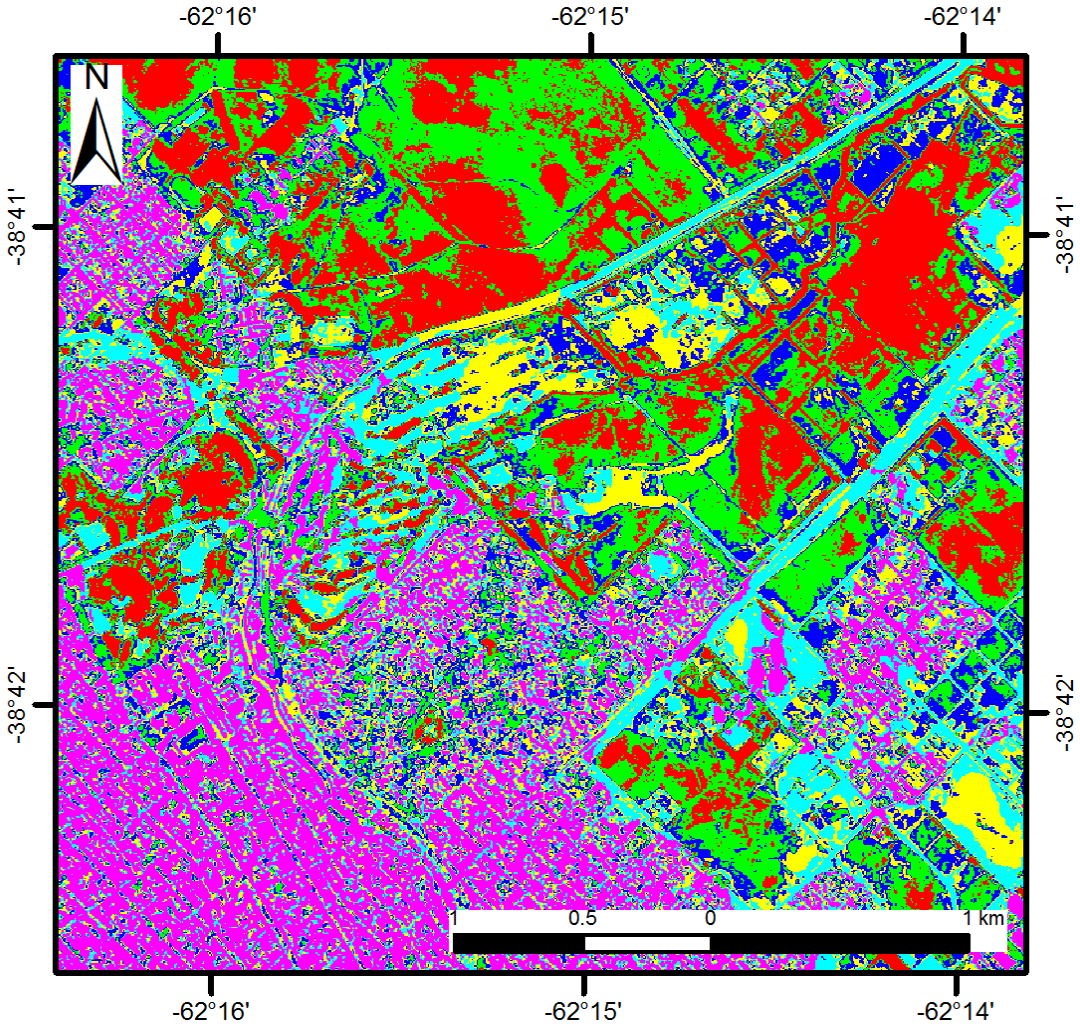
La clasificación no supervisada (método K-Means) de la imagen original combinada con las distintas imágenes de textura proporcionó mejores resultados que la clasificación de la imagen individual (Figs. 3 y 4). Visualmente se pudo comprobar que el aporte del contexto espacial representado por las imágenes de textura contribuyó notablemente a la discriminación de las distintas cubiertas presentes en la imagen, que presentaron alta confusión en la clasificación de la imagen original. En esta etapa se determinó que el tamaño de ventanas móviles que mejores resultados proporcionaba era 29x29.

Figura 3.
Imagen original clasificada por K-Means.



Fuente: Elaborado por Santamaría y Aldalur.

Figura 4.
Imagen original + imágenes de textura clasificadas por K-Means.



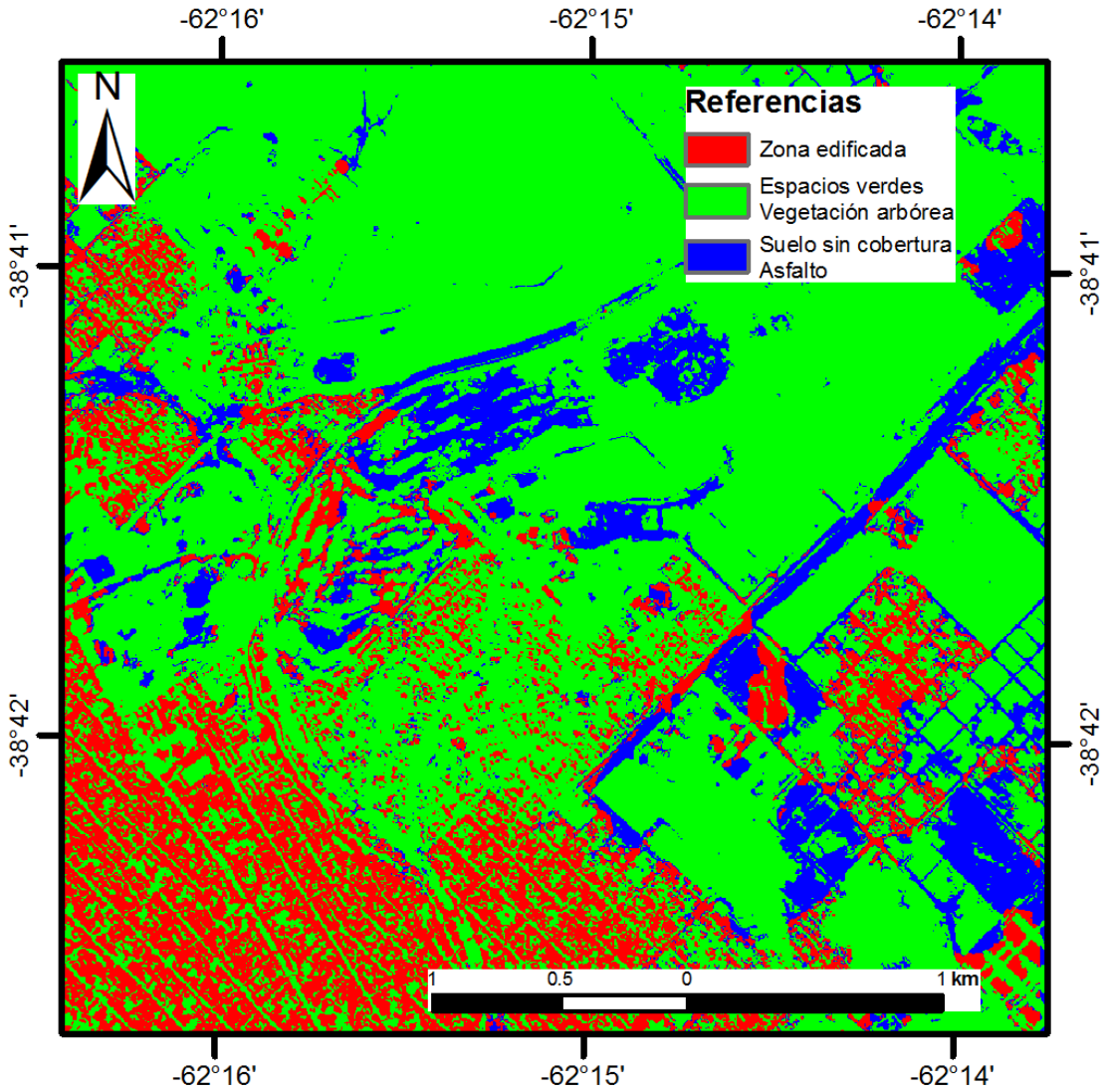
Fuente: Elaborado por Santamaría y Aldalur.

El objetivo de clasificar inicialmente la imagen en 6 clases por el método no supervisado era determinar la respuesta espectral de esas clases y establecer su correspondencia con las coberturas que sobre la base del conocimiento del área de estudio se encuentran presentes en la imagen. Resultado de la clasificación, el suelo natural aparecía dividido en dos categorías distintas según el contenido de humedad (distinta intensidad) por lo que se optó por agruparlas por considerarlas incorporadas dentro de la misma temática. Las arboledas también fueron incorporadas al terreno natural. Por otra parte, se decidió agrupar el suelo desnudo y asfalto, que si bien no se encuentran en la misma temática, su clasificación presentaba en algunos sectores confusión.

En una segunda etapa y sobre la base de estos nuevos usos así definidos, se procedió a la selección de 3 sitios de entrenamiento en la imagen para ser utilizados en una posterior clasificación pero de tipo supervisada por el método de máxima verosimilitud. Se digitalizaron las áreas de entrenamiento correspondientes a las siguientes coberturas: zona urbanizada, asfalto conjuntamente con suelo desnudo y terreno natural. El conocimiento del área de estudio fue fundamental al momento de la digitalización de estas áreas para las cuales se seleccionaron aproximadamente 400 pixeles por cada categoría. Por otra parte, se eligieron sobre la imagen

200 píxeles adicionales por cada cobertura de interés para la posterior validación de los resultados de la clasificación.
Se procedió a la clasificación supervisada por máxima verosimilitud de la imagen original combinada con las imágenes de textura. La tasa de exactitud global correspondiente a la clasificación que incluía contraste, disimilaridad, segundo momento angular y correlación fue 88.41%. Sin embargo, al eliminar de la clasificación disimilaridad y segundo momento angular y clasificar la imagen junto con contraste y correlación únicamente, se obtuvo una tasa de exactitud global de 91.06%, por este motivo se decidió considerar esta última imagen clasificada (Fig. 5). La tabla 1exhibe la matriz de confusión conteniendo los resultados de esta última clasificación.

Figura 5.
Imagen clasificada.



Fuente: Elaborado por Santamaría y Aldalur.

Del análisis de la matriz de confusión pudo determinarse que si bien la imagen resultante de aplicar el método de máxima verosimilitud proporcionó una separación de clases altamente satisfactoria, ya que las áreas edificadas fueron discriminadas de las zonas de asfalto y suelo

desnudo, existen sectores que corresponden a vías de circulación que no pudieron ser claramente diferenciados y fueron incorporados a espacios verdes y vegetación arbórea. Esta situación es notoria en el residencial barrio parque donde la alta cobertura arbórea enmascara las vías de circulación.

Tabla I.

Matriz de confusión de la clasificación imagen + imágenes de textura correlación y contraste (en número de píxeles).

		Datos de Referencia			
		Zona edificada	Espacios verdes Vegetación arbórea	Suelo sin cobertura Asfalto	Total
Datos clasificados	Zona edificada	194	0	31	225
	Espacios verdes Vegetación arbórea	0	198	11	209
	Suelo sin cobertura Asfalto	12	0	158	170
	Total	206	198	200	604

Tasa de exactitud global: (550/604) 91.0596%

Fuente: Elaborado por Santamaría y Aldalur.

La avenida de acceso a la ciudad de Bahía Blanca fue categorizada en el grupo de suelo sin cobertura – asfalto. En el sector del centro comercial la clasificación discriminó claramente la zona edificada de los sectores de circulación vehicular. En cuanto al parque principal de la ciudad, tanto la superficie arbolada como las áreas con suelo desnudo pertenecientes a canchas de fútbol y pistas de carreras de bicicletas fueron bien clasificadas. La clasificación correspondiente a la zona ocupada por edificaciones que configura un amplio sector del SO de la imagen y que incluye los barrios La Falda, Universitario, Villa Floresta entre otros, proporcionó resultados altamente satisfactorios.

Conclusiones

La metodología planteada presenta una nueva alternativa de clasificación híbrida para imágenes satelitales de alta resolución. Permitió caracterizar el tipo de unidades urbanas básicas predominantes en la zona Norte de ciudad de Bahía Blanca mediante la utilización de una imagen del satélite SPOT y discriminar, en gran parte, las áreas edificadas de las suelo desnudo.
La clasificación de las coberturas de suelo desnudo y asfalto presentó en algunos sectores confusión por lo que queda pendiente para un posterior análisis la búsqueda de una metodología que contribuya a su mejor discriminación.

La clasificación de una imagen por el método no supervisado K-Means proporciona una primera aproximación a la discriminación de coberturas. La imagen producto de esta clasificación resulta de utilidad para la digitalización de distantes áreas que constituirán los sitios de entrenamiento para una posterior clasificación empleando un método supervisado.
La utilización combinada de la información espectral y espacial contribuye a mejorar los resultados de la clasificación de la imagen de alta resolución. Sin embargo, debido al gran

número de medidas de textura que pueden calcularse sobre una imagen, resulta necesario realizar un análisis exhaustivo para seleccionar las medidas apropiadas a cada caso particular.

Agradecimientos

El archivo vectorial de la ciudad de Bahía Blanca (en formato *dxf*) fue provisto por el Departamento de Catastro de la Municipalidad de Bahía Blanca.

Las imágenes empleadas fueron facilitadas por la CONAE a través del convenio CONAE - Dpto. de Geografía y Turismo, UNS - IADO.

Bibliografía

BÄHR, H.P. 1991. Procesamiento Digital de Imágenes: Aplicaciones en Fotogrametría y Teledetección, GTZ, Eschborn, Alemania, 428 pp.

CARDOZO, O. y DA SILVA, C. 2013. "Aplicaciones urbanas de los sensores remotos". [En línea].*Revista Geográfica Digital*. IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. Año 10. Nº 20. Resistencia, Chaco. ISSN 1668-5180. En: http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo20/archivos/cardozo13.pdf [14 de mayo de 2014].

CASTRO LOZANO, V. y VARGAS CUERVO, G. 2009. "Guía de clasificación morfológica de zonas urbanas a partir de sensores remotos". [En línea]. *Ar@cne, Revista electrónica de recursos en internet sobre geografía y ciencias sociales*, Universidad de Barcelona, Nº 120, ISSN 1578-0007. En: http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-120.htm [15 de mayo de 2014].

CHUVIECO, E. 2010. Teledetección Ambiental. Editorial Ariel, Barcelona, España, 590pp.

FERNÁNDEZ SARRÍA, A. 2007. Estudio de técnicas basadas en la transformada wavelet y optimización de sus parámetros para la clasificación por texturas de imágenes digitales. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.

HALL-BEYER, M. 2007. "GLCM Texture Tutorial". [En línea]. www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/tutorial.htm [20 de mayo de 2014].

HARALICK. R. M., SHANMUGAm, K. y DINSTEIN I. 1973. "Textural features for image classification". [En línea]. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Volumen 3, No 6, pp. 610-621. En: http://www.cis.rit.edu/~cnspci/references/dip/segmentation/haralick1973.pdf [10 de mayo de 2014].

PRESUTTI, M. 2004. *La matriz de co-ocurrencia en la clasificación multiespectral: tutorial para la enseñanza de medidas texturales en cursos de grado universitario*. En: 4ª Jornada de Educação em Sensoriamento Remoto no Âmbito do Mercosul, São Leopoldo, RS, Brasil, 9 pp.

SHATADAL, P., JAYAS, D. S. y BULLEY, N. R. 1991. *Fourier and spatial domain analysis of image texture*. En: Automated Agriculture for thd 21st Century: proceedings of the 1991 symposium, Chicago, pp. 36-41.

Silva, A. y Sereno, C. 2014. Aplicación de geocodificación en SIG en un sector del barrio Parque Patagonia. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 14. pp. 166-180. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Aplicación de geocodificación en SIG en un sector del barrio Parque Patagonia[§]

Andrea Silva [*]
Claudia Sereno [**]

Resumen

El barrio Parque Patagonia se emplaza en el noreste de la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires. Se caracteriza por ser barrio parque y sus inicios se remontan a fines de 1951. En un principio, fue barrio de fin de semana y es por ello que posee grandes parcelas con abundante vegetación arbórea y ornamental. La trama urbana, tanto la disposición de las calles como de las manzanas, es en forma radioconcéntrica. Está formada por calles radiales que se originan a partir de un centro. El objetivo del presente trabajo es analizar la antigüedad de los residentes del mismo. La metodología se basa en la aplicación de la herramienta geocodificación mediante el software ArcGIS 10, la tabulación de las encuestas que se realizaron entre los meses de octubre y noviembre de 2013 y la elaboración de cartografía que muestra los sectores de distinta antigüedad en el barrio. Se conforma así la base de datos para comenzar a investigar y analizar la evolución del crecimiento urbano en el área de estudio.

Palabras clave: Geocodificación, Sistema de Información Geográfica, Barrio Patagonia

Abstract

Patagonia Park neighborhood is located in the northeast of the city of Bahía Blanca, province of Buenos Aires. It has characteristics of park neighborhood and its history goes back to late 1951. Initially, it was a weekend neighborhood and that is why having large gardens with park and woodland. The urban network, both streets as blocks, is radiocentric. It consists of radial streets originating from a middle area. The aim of this paper is to analyze the age of the residents of a sector of Patagonia Park neighborhood. The methodology is bases on the application of geocoding tool using ArcGIS 10 software, tabulating surveys made between October and November 2013 and the development of mapping the neighborhood. Finally, the ancient residents of Patagonia Park neighborhood was established base on analysis of thematic map. Base on this result will the beginning to investigate and analyze the evolution of urban growth area.

Keywords: Geocoding, Geographic Information System, Patagonia Neighborhood

[§]El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación *"El espacio local como una construcción socio-cultural en el suroeste de la provincia de Buenos Aires"* dirigido por la Licenciada Marta Campos, codirigido por la Lic. María Inés Pérez y subsidiado por la SGCyT-UNS (24/G062).

[*] Docente-Investigadora, Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. asilva@uns.edu.ar
[**] Docente-Investigadora, Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. csereno@uns.edu.ar

Silva, A. y Sereno, C. 2014. Aplicación de geocodificación en SIG en un sector del barrio Parque Patagonia. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 14. pp. 166-180. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Las nuevas tecnologías, en particular los sistemas de información geográfica, brindan a través de distintas herramientas, múltiples posibilidades de análisis, correlación y representación de variables. Es decir, permiten la gestión y procesamiento de bases de datos así como la visualización cartográfica de indicadores asociados a datos georeferenciados. Por tal motivo, constituyen una ayuda para abordar distintas temáticas espaciales, a la hora de planificar y tomar decisiones en múltiples áreas, especialmente en las referidas a estudios urbanos.

En este contexto, la Geografía, como ciencia que estudia la organización y ordenamiento del espacio geográfico, se vale de esta tecnología para ampliar y enriquecer el análisis espacial y aportar soluciones prácticas a distintos problemas de la realidad.

Así, y en el marco del proyecto *"El espacio local como una construcción socio-cultural en el suroeste de la provincia de Buenos Aires"* se propone, como objetivo a mediano plazo, utilizar las herramientas de un SIG (Sistema de Información Geográfica) y diseñar las bases de datos para observar el comportamiento de distintos indicadores en el barrio Patagonia, que constituye el área de estudio seleccionada.

El sector se caracteriza por ser un barrio parque y sus orígenes se remontan a fines de 1951. En un principio, lo conformaban quintas o viviendas utilizadas solo los fines de semana, por ello posee grandes parcelas con abundante parque y arbolado. La trama urbana, tanto la disposición de las calles como de las manzanas, es en forma radioconcéntrica, formada por calles radiales que se originan a partir de un centro (Bróndolo, 1994).

En esta presentación, y como una etapa inicial, se utiliza la herramienta de geocodificiación para obtener la localización exacta de cada residencia en un sector del barrio, se relaciona la ubicación de cada vivienda con el atributo de la antigüedad de los residentes y se analiza la distribución de esta variable a través de la confección de cartografía temática. Asimismo, se detallan las ventajas e inconvenientes en el uso de esta técnica.

Es necesario destacar que la aplicación de este procedimiento, que luego se extenderá en todo el barrio, contribuirá a conocer la distribución espacial de las residencias así como el grado de ocupación de cada manzana y la antigüedad de las mismas, variables que permitirán conocer la evolución del barrio.

La metodología empleada incluye distintas técnicas cuantitativas de recolección y análisis, tales como la aplicación de cuestionarios en el área de estudio, la tabulación y confección de gráficos, la aplicación de la herramienta geocodificación mediante el software ArcGIS 10, la vinculación de las tablas de datos con las bases geocodificadas y la elaboración de cartografía del barrio.

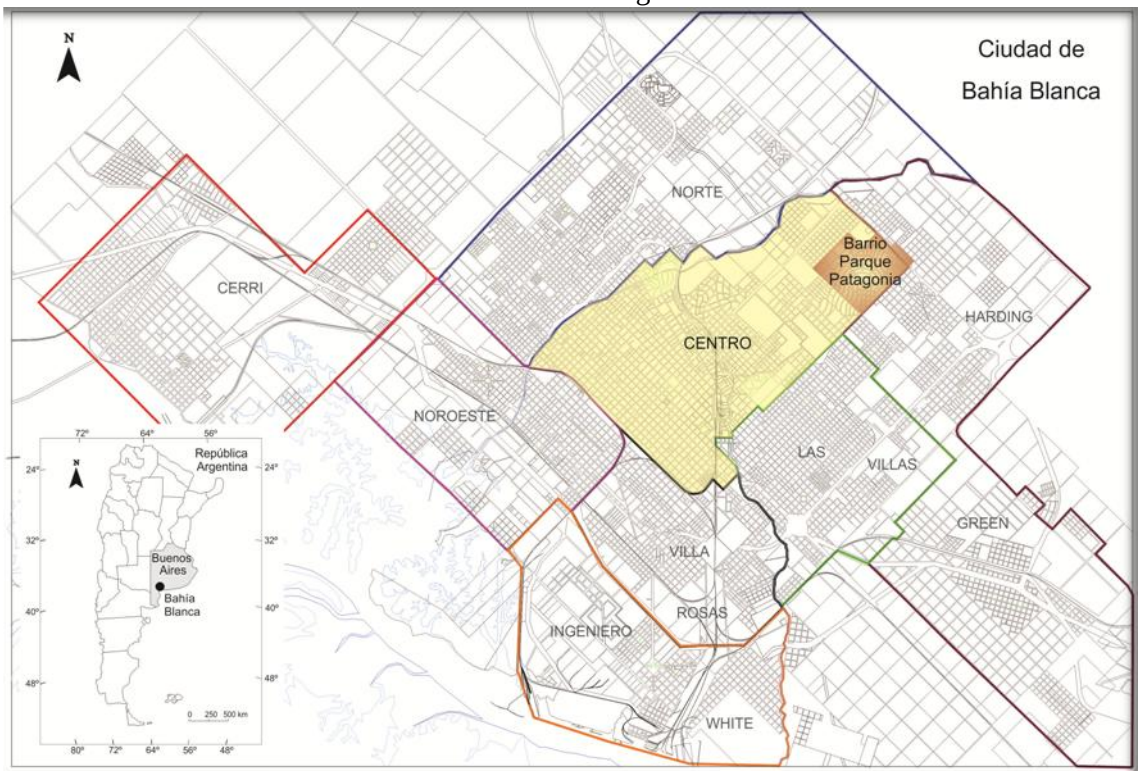
Barrio Parque Patagonia: aspectos distintivos del área de estudio

El barrio Parque Patagonia (Figura 1) se encuentra en el cuadrante noreste de la ciudad de Bahía Blanca, en la zona residencial de densidad baja, y forma parte de la delegación Centro (Municipalidad de Bahía Blanca, 2013).

En relación con las condiciones de sitio se emplaza sobre la planicie sedimentaria alta cuyas cotas oscilan entre los 60 y 70 metros sobre el nivel del mar (Municipalidad de Bahía Blanca, 2010). Además, se caracteriza por ser una zona de suelos donde aparecen mantos de tosca en superficie o a escasa profundidad y donde la vegetación predominante pertenece a la provincia fitogeográfica pampeana y del espinal, con un dominio de hierbas, gramíneas y algunas especies

arbóreas o arbustivas. Es necesario aclarar que la vegetación natural se observa solo en algunos sectores donde la urbanización y parquización no ha avanzado (Ibid, 2010).

Figura 1.
Localización del área de estudio dentro de las delegaciones de la ciudad de Bahía Blanca.



Fuente: elaborada por Andrea Silva sobre la base del plano de la Municipalidad de Bahía Blanca.

Al considerar la morfología urbana, presenta un plano radioconcéntrico formado por calles radiales que se originan a partir de un centro y otras transversales que cortan estos radios, permitiendo el fácil acceso al lugar (Bróndolo, 1994). En este sentido el barrio presenta una particularidad en relación al diseño del resto de la ciudad donde predomina el plano en damero (Ibid, 1994).

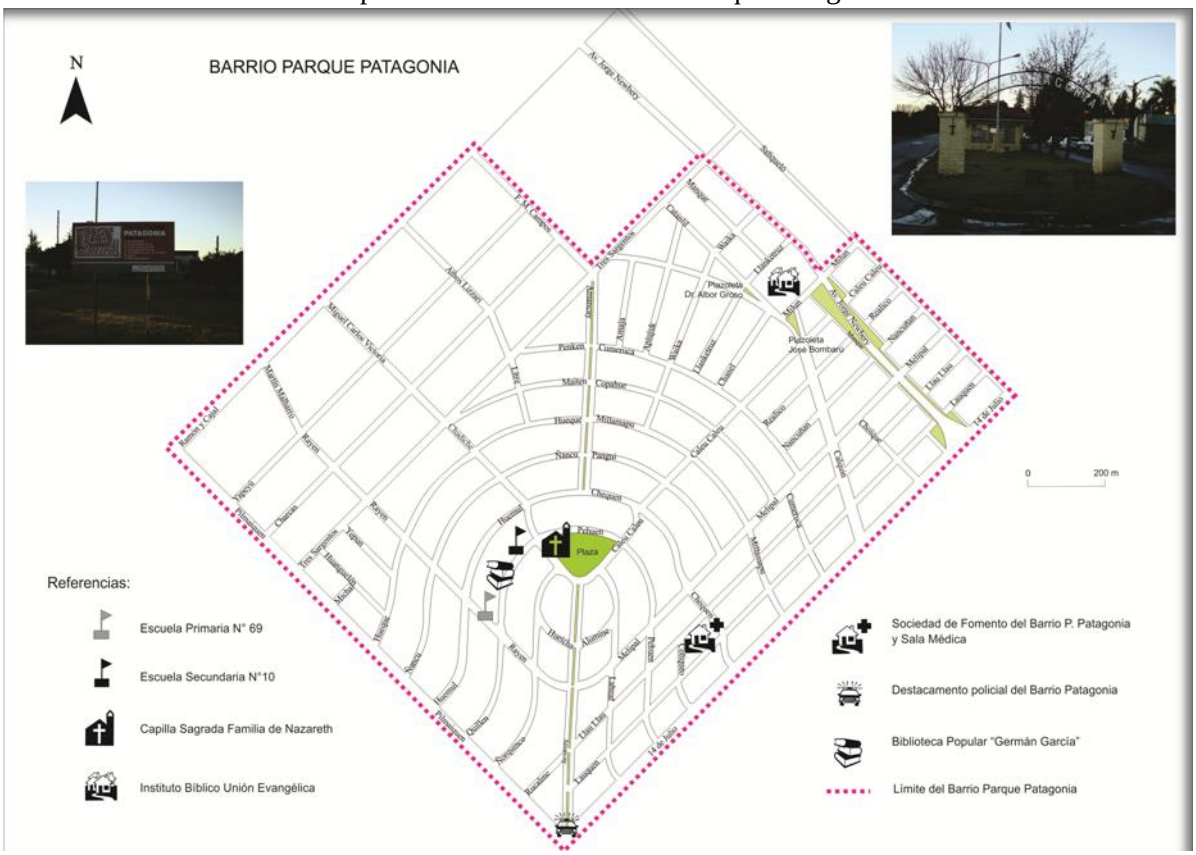
Según el Código de Planeamiento Urbano de la ciudad de Bahía Blanca se encuentra en una zona residencial parque, donde se favorece la construcción de viviendas unifamiliares con abundante forestación, usos recreativos de esparcimiento y áreas de reserva paisajística. Además, la legislación establece restricciones en relación a las dimensiones, el tipo y la cantidad de comercios, infraestructura educativa y sanitaria; y restringe la instalación de industrias, comercios mayoristas, depósitos, entre otros (Municipalidad de Bahía Blanca, 2014).

Si bien, actualmente, el barrio cuenta con viviendas de alta calidad, de construcción espontánea y de ocupación permanente, no siempre se caracterizó por este aspecto. En este sentido, sus inicios se remontan al año 1948, cuando la empresa Patagonia S.A. decide presentar un proyecto para instalar un lavadero de lanas en el área, que utilizaría agua de un surgente similar al del Regimiento Quinto de Infantería. Al año siguiente comienza la perforación, augurando la puesta en marcha de la planta en 1950. Sin embargo, el plan no superó esta etapa y con el tiempo, las 200 hectáreas donde se construiría este emprendimiento comenzó a subdividirse y dio origen al Barrio Patagonia que adopta su nombre en memoria del proyecto fallido (La Nueva Provincia, 2004).

En una primera instancia, se construyeron viviendas de fin de semana que en combinación con la plantación de árboles en la zona, por los primeros habitantes, generó un paisaje distintivo y armónico con la naturaleza, aspecto que caracteriza al barrio hasta la actualidad.

Con el tiempo, se extendió la infraestructura de servicios hacia la zona, y actualmente está provisto de la mayoría de los servicios, excepto cloacas, desagües pluviales y asfalto en la mayoría de las vías de circulación interna. Los aspectos mencionados lo convierten en uno de los sectores con más prestigio de la ciudad, desde el punto de vista de la habitabilidad y de la calidad de vida urbana reflejo del nivel socioeconómico alto de sus residentes (Prieto, 2008).
En la figura 2 se puede observar la ubicación de los principales edificios educativos, policiales, religiosos y los espacios verdes del barrio, así como apreciar la distribución de manzanas y calles.

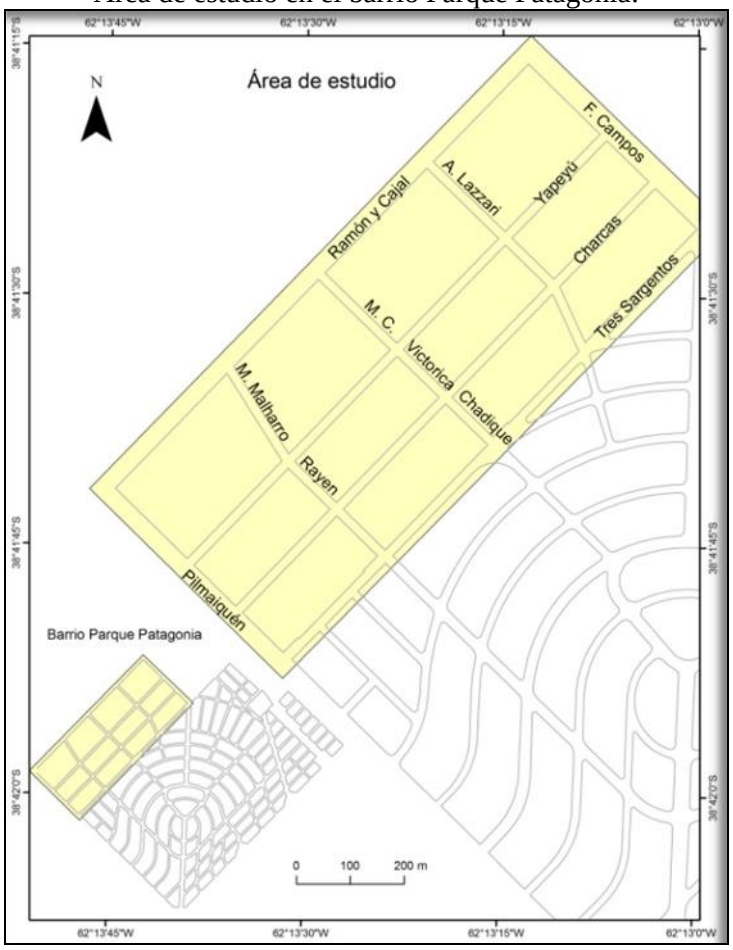
Figura 2.
Principales entidades en el barrio Parque Patagonia.



Fuente: elaborada por Andrea Silva sobre la base de la Carta Planimétrica del barrio Parque Patagonia.

En este estudio se selecciona sólo un sector del barrio (Figura 3) pues constituye la etapa inicial de una investigación que se extenderá hacia la totalidad del mismo.

Figura 3.
Área de estudio en el barrio Parque Patagonia.



Fuente: elaborada por Andrea Silva sobre la base de la Carta Planimétrica del barrio Parque Patagonia.

La geocodificación como herramienta en los estudios geográficos

El uso de los SIG, entendidos como un

> "*Conjunto de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas (usuarios), perfectamente integrados, de forma que hace posible la recolección, almacenamiento, procesamiento y el análisis de datos georeferenciados, como así la producción de información derivada de su aplicación*" (Buzai, citando a Teixeira, 2006:74),

se ha extendido en la actualidad puesto que permiten

> "…*combinar las bases de datos gráficas (cartografía digital con la localización de cada unidad espacial) con las bases de datos alfanuméricas (atributos textuales y numéricos medidos en cada unidad espacial) para representarlos dentro de un sistema de coordenadas geográficas y realizar un tratamiento espacial de los datos a fin de obtener información significativa*" (Buzai, 2008:20); así se convierten en herramientas de apoyo en la toma de decisiones para la planificación.

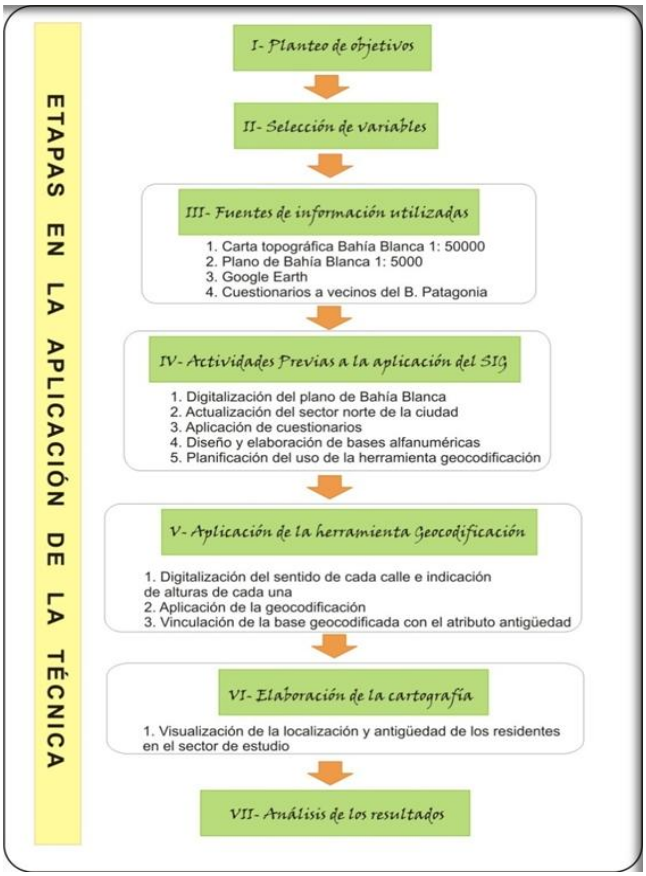
Al respecto, existen diferentes programas informáticos como Quantum GIS, GvSIG, GRASS, entre otros, mediante los cuales operar desde la lógica de un SIG. Para el presente trabajo se utiliza el software ArcGIS 10 cuya licencia cuenta el Departamento de Geografía y Turismo.
En este contexto, con el objetivo de vincular direcciones residenciales con datos de antigüedad de los residentes en el barrio Patagonia, en el trabajo se emplea la herramienta de geocodificación (Geocoding) que consiste en "… *la acción de atribuir coordenadas geográficas a uno o varios eventos, utilizando como referencia su dirección postal*" (Pérez Machado, 2008: 626). A partir de la misma se puede buscar de manera rápida la localización de un elemento en el espacio geográfico en el marco de un sistema de referencia.

Existen diferentes formatos de ingreso de las direcciones, por ejemplo, intersecciones de calles, número de vivienda junto con el nombre de la calle y los códigos postales. Para este caso en particular, se utiliza el número y el nombre de la calle para asignar la dirección de cada residente.

La geocodificación posee un amplio rango de aplicaciones, se puede utilizar para un simple análisis de datos, administrar clientes y negocios hasta técnicas de distribución (Centro de recursos ArcGIS, 1995-2012). Mediante las direcciones geocodificadas es posible visualizar espacialmente la localización de las direcciones y analizar los patrones de la variable seleccionada.

La figura 4 sintetiza las etapas del trabajo, haciendo una distinción entre las actividades previas al uso del SIG, las tareas en el SIG y las posteriores de interpretación y análisis.

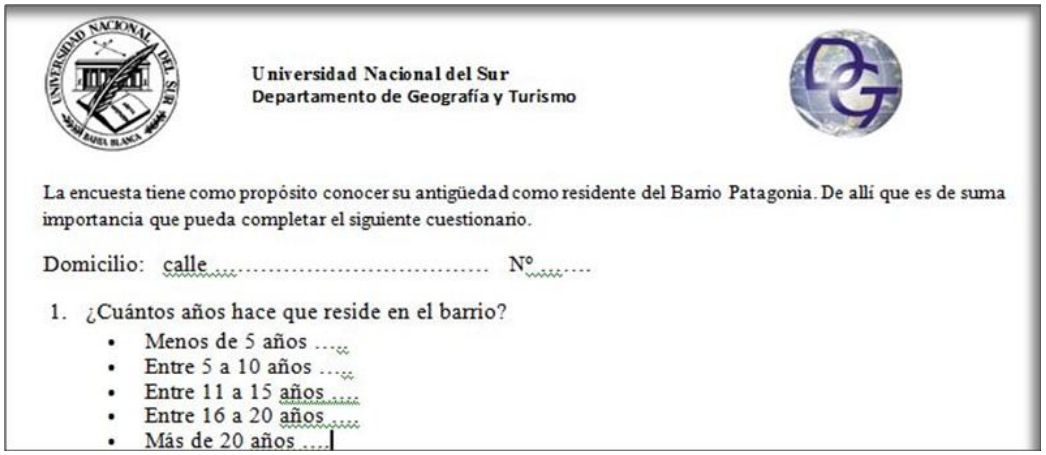
Figura 4.
Etapas del trabajo.



Fuente: elaborada por Claudia Sereno y Andrea Silva.

Las primeras comprenden la digitalización del barrio a partir del plano base de la Municipalidad de Bahía Blanca y de la Carta Planimétrica del barrio Parque Patagonia[1]; y la actualización del sector norte del barrio con el trazado de nuevas manzanas y calles a partir de un relevamiento y cuestionario para conocer la antigüedad de los residentes realizado en los meses de octubre y noviembre de 2013 (Figura 5).

Figura 5.
Modelo del cuestionario aplicado en el Barrio Parque Patagonia en el año 2013.



Universidad Nacional del Sur
Departamento de Geografía y Turismo

La encuesta tiene como propósito conocer su antigüedad como residente del Barrio Patagonia. De allí que es de suma importancia que pueda completar el siguiente cuestionario.

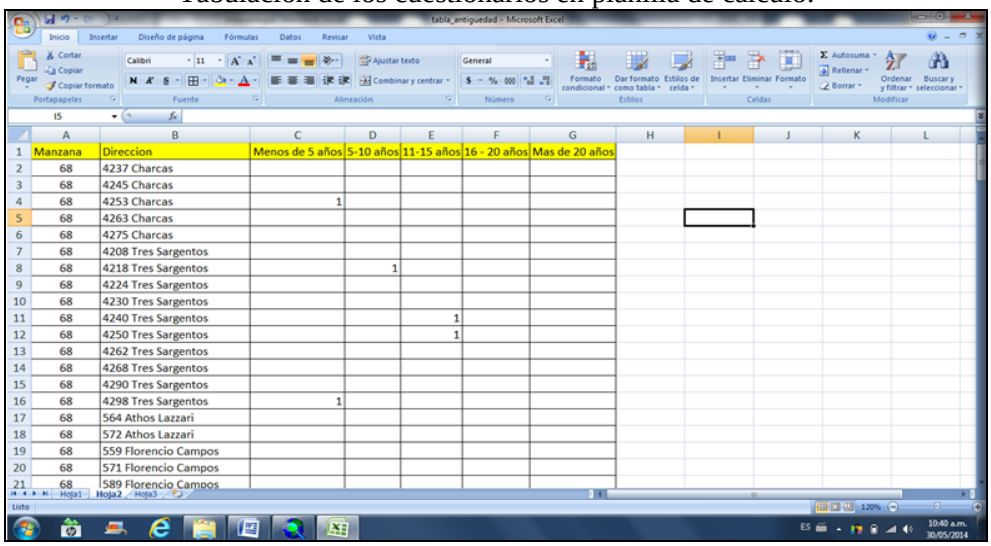
Domicilio: calle..... Nº.....

1. ¿Cuántos años hace que reside en el barrio?
   - Menos de 5 años ....
   - Entre 5 a 10 años ....
   - Entre 11 a 15 años .....
   - Entre 16 a 20 años .....
   - Más de 20 años ....

Fuente: Elaborado por Marta Campos y María Inés Pérez en el año 2013.

Es oportuno destacar que el relevamiento fue realizado por alumnos de la carrera de Geografía y Turismo y docentes de las cátedras de Técnicas en Geografía y Metodología de la Investigación Geográfica y Turística, en la totalidad del barrio. Por otra parte, la salida al campo permitió la corroboración y ajuste de la cartografía, así como la identificación de la escuela primaria y secundaria, la sala médica, la biblioteca, la comisaría y las iglesias. Posteriormente, en el gabinete, se diseña y confecciona la base de datos para tabular la información (Figura 6).

Figura 6.
Tabulación de los cuestionarios en planilla de cálculo.



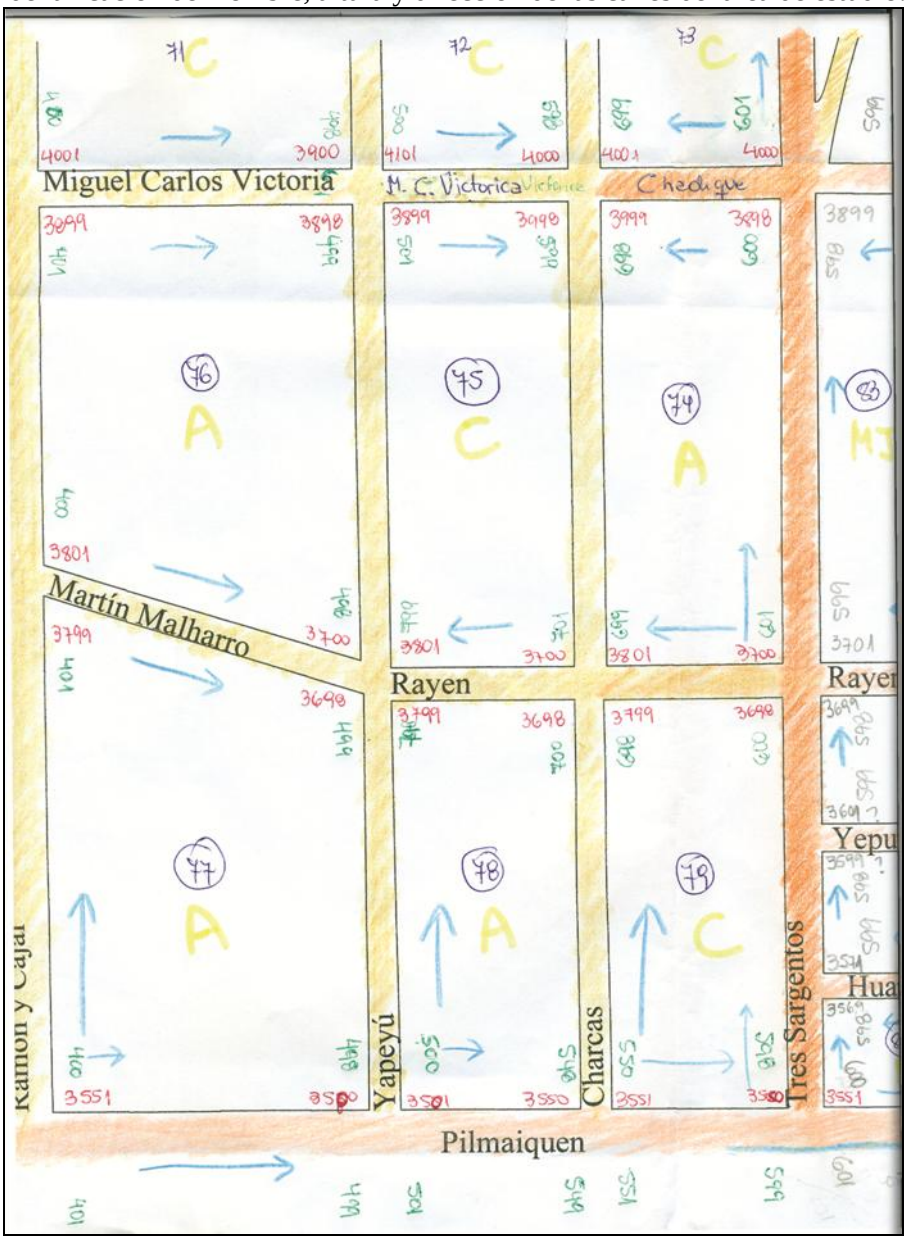
Manzana	Direccion	Menos de 5 años	5-10 años	11-15 años	16 - 20 años	Mas de 20 años
68	4237 Charcas					
68	4245 Charcas					
68	4253 Charcas	1				
68	4263 Charcas					
68	4275 Charcas					
68	4208 Tres Sargentos					
68	4218 Tres Sargentos		1			
68	4224 Tres Sargentos					
68	4230 Tres Sargentos					
68	4240 Tres Sargentos			1		
68	4250 Tres Sargentos			1		
68	4262 Tres Sargentos					
68	4268 Tres Sargentos					
68	4290 Tres Sargentos					
68	4298 Tres Sargentos	1				
68	564 Athos Lazzari					
68	572 Athos Lazzari					
68	559 Florencio Campos					
68	571 Florencio Campos					
68	589 Florencio Campos					

Fuente: elaborada por Andrea Silva en Excel.

[1] Carta planimétrica del Barrio Parque Patagonia, zona urbana y alrededores de MOSP, Dirección de Geodesia. Proyección Conforme Gauss Krüger, escala 1:5.000. Ejecutado por Aeromapa S.A. 1986

También, como parte de esta etapa, se planifica el uso de la herramienta Geocodificación que consiste en especificar hacia donde ascienden las calles, el cambio de nombre y la altura de cada manzana. La particularidad de este barrio es que algunas calles tienen más de 100 metros y, por lo tanto, implica dentro de una misma calle contemplar distintas alturas, como por ejemplo en la manzana 78, la calle Yapeyú comprende entre 3501 al 3799 (Figura 7).

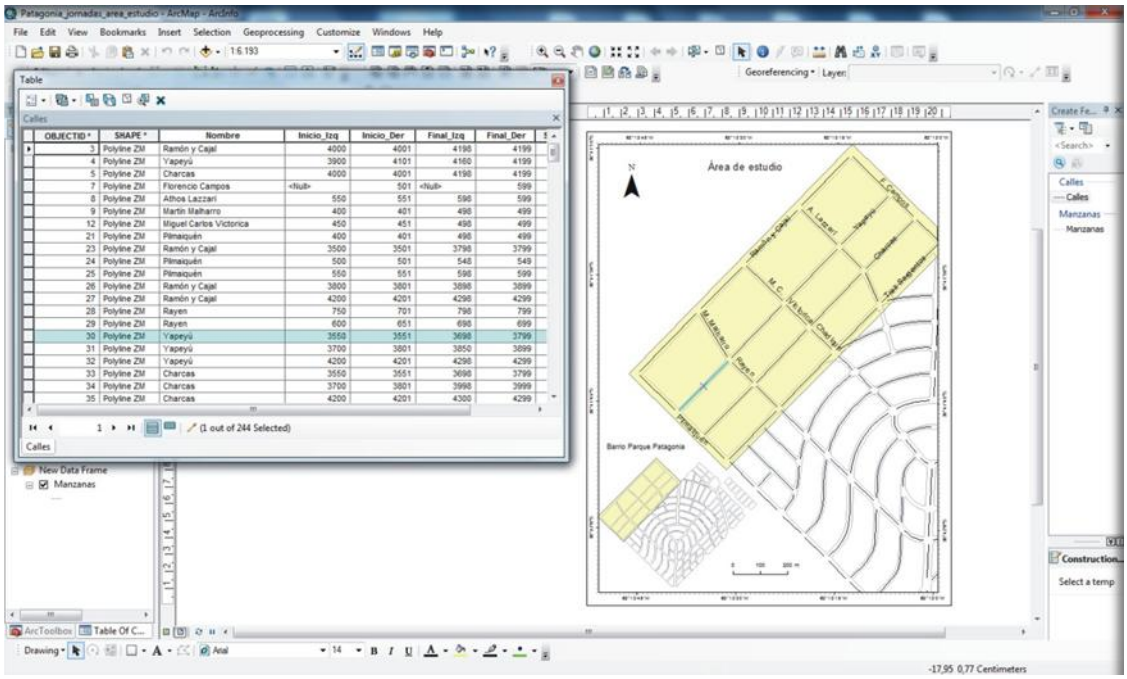
Figura 7.
Identificación del nombre, altura y dirección de las calles del área de estudio.



Fuente: elaborada por Andrea Silva.

Entre las tareas en el SIG, se realiza la digitalización de la dirección (sentido) de cada calle y, la indicación de las alturas y su numeración par o impar en la tabla de atributos (Figura 8).

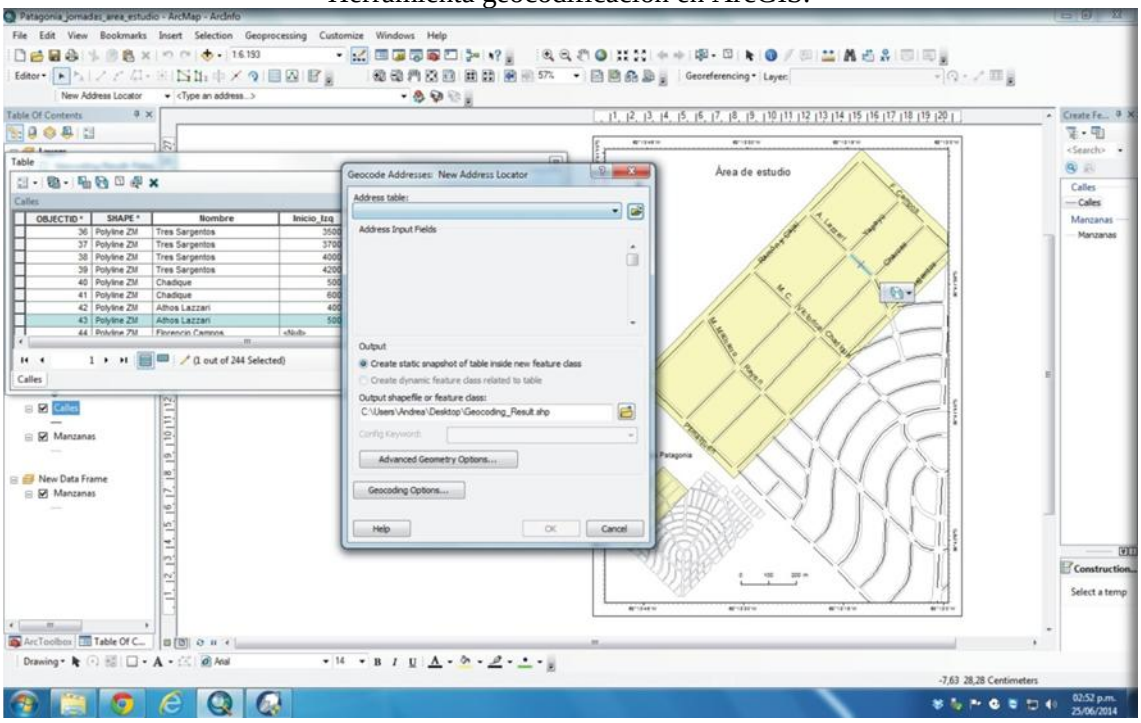
Figura 8.
Tabla de atributos de las calles del área de estudio.



Fuente: elaborada por Andrea Silva en ArcGIS.

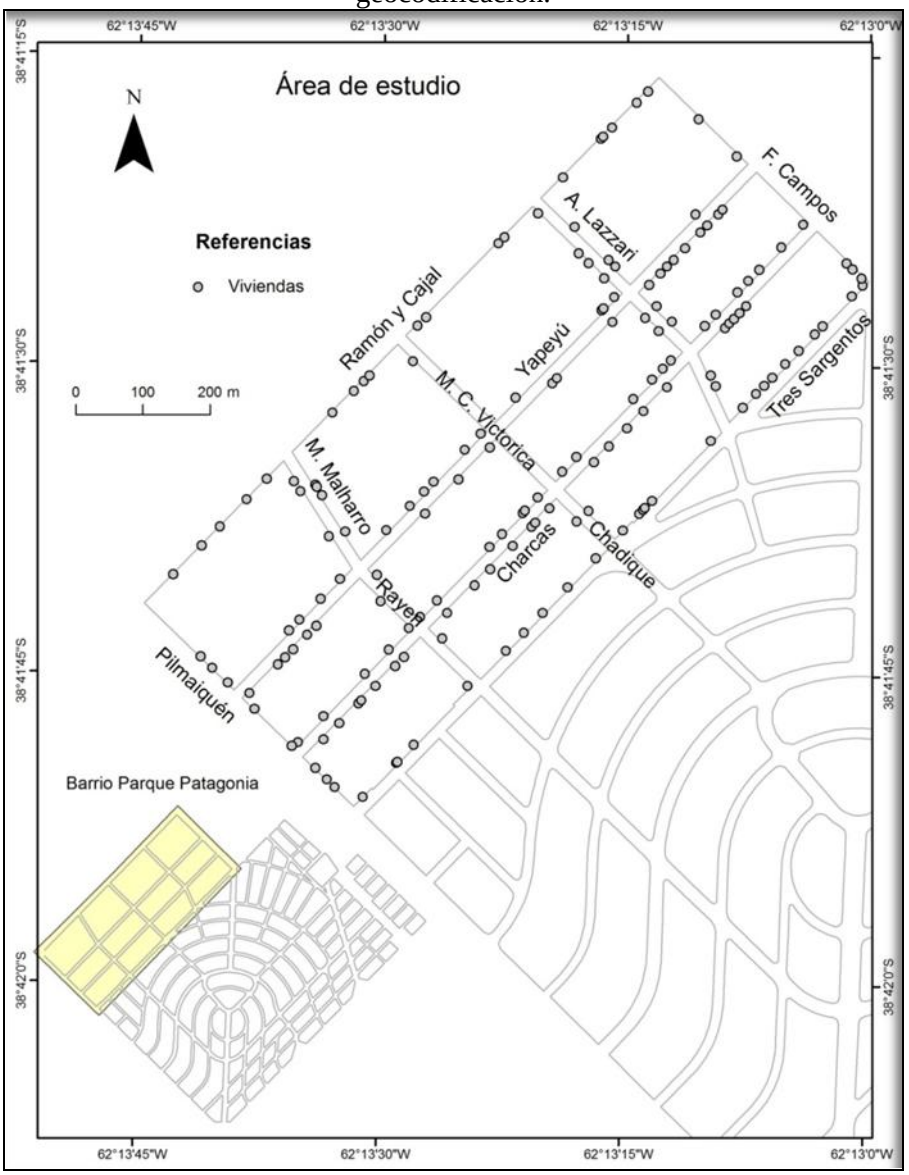
Posteriormente, se aplica la herramienta geocodificación del ArcGIS desde el comando Tools (Figura 9) que permite desplegar la figura 10 donde se observa la localización de todas las viviendas en el área seleccionada.

Figura 9.
Herramienta geocodificación en ArcGIS.



Fuente: elaborada por Andrea Silva en ArcGIS.

Figura 10.
Localización de las viviendas del sector analizado del barrio Parque Patagonia mediante la geocodificación.



Fuente: elaborada por Andrea Silva sobre la base de la Carta Planimétrica del barrio Parque Patagonia.

Una vez obtenido el mapa, resultado de la geocodificación, se procede a relacionar la base geocodificada con el atributo antigüedad obtenido de los cuestionarios. De este modo, se inicia la etapa de elaboración de cartografía y el análisis de los resultados como se desarrolla en el siguiente apartado.

Resultados

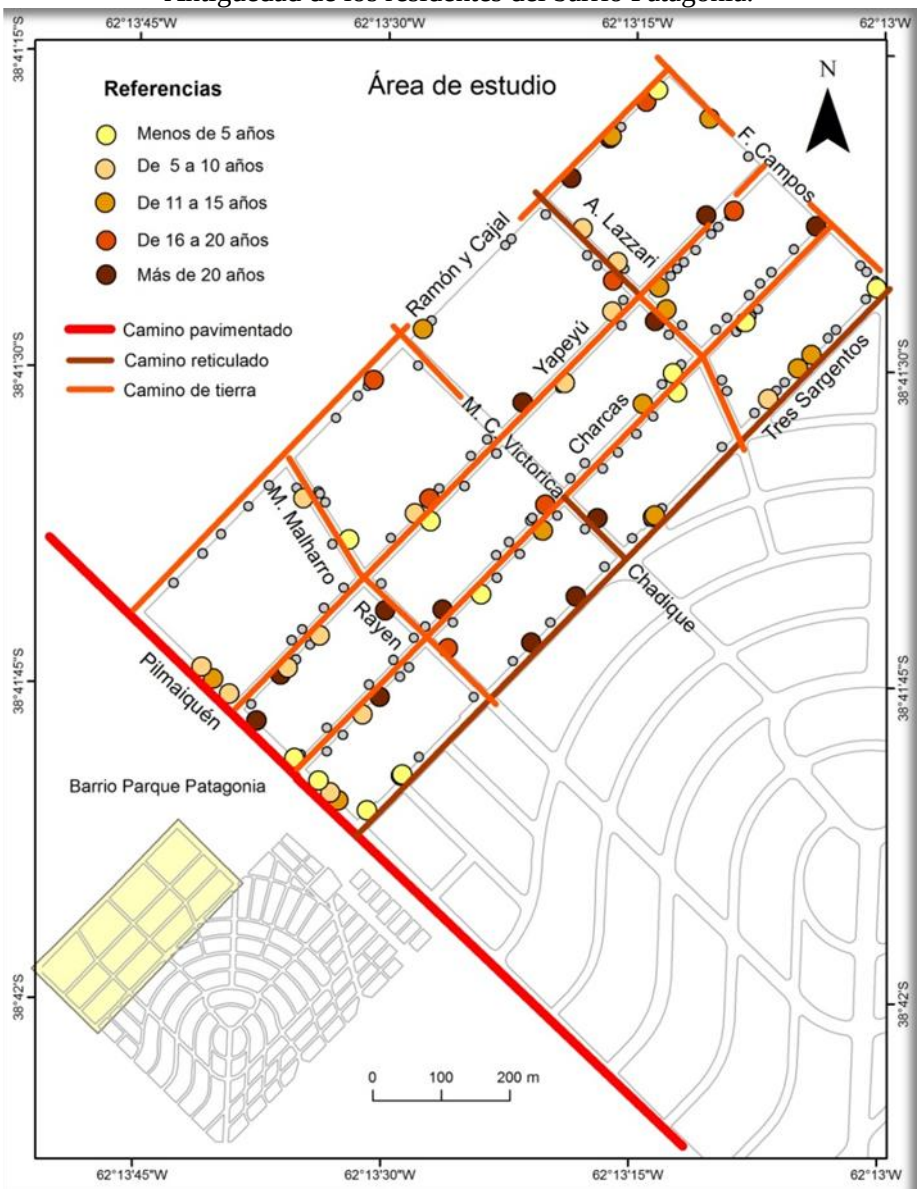
En relación a la antigüedad de los residentes

La figura 11 muestra la distribución de las residencias en el sector de estudio y permite visualizar que la mayor ocupación corresponde a las manzanas entre Tres Sargentos y Yapeyú; y las de menor concentración de viviendas son las manzanas comprendidas entre Yapeyú y

Ramón y Cajal. Es preciso aclarar, que en el total de residencias por manzana, se contemplan aquellas en construcción y las viviendas en venta que no poseen ocupación. En este sentido, la mayor cantidad de domicilios, en las condiciones antes mencionadas, se localiza en las manzanas ubicadas en el extremo del área -entre Yapeyú y Ramón y Cajal- y comprenden entre el 10 y 20 % del total de las viviendas de la manzana. Este dato permite corroborar que hacia la periferia del barrio la ocupación disminuye; pero también, evidencia que es una zona dinámica y hacia donde el barrio crece. Asimismo, se observan sin dificultad los vacios que existen en cada manzana.

Otro aspecto a mencionar, es la correlación entre la cantidad de viviendas y las vías de circulación pavimentadas, es decir, sobre las calles consolidadas se observa, generalmente, mayor edificación; especialmente sobre Tres Sargentos, que constituye un eje de acceso y salida del barrio.

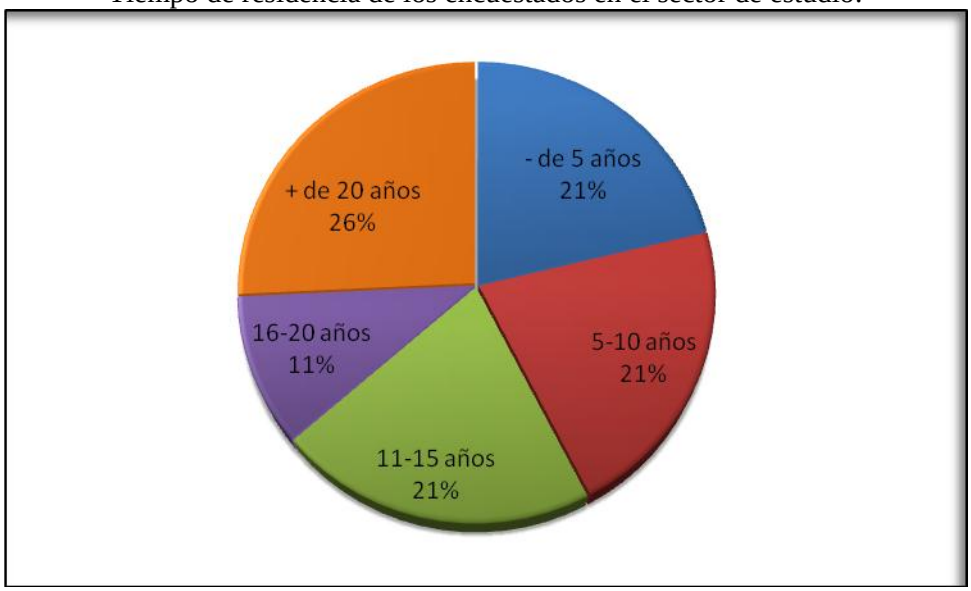
Figura 11.
Antigüedad de los residentes del barrio Patagonia.



Fuente: elaborada por Andrea Silva sobre la base de la Carta Planimétrica del barrio Parque Patagonia y cuestionarios aplicados en 2013.

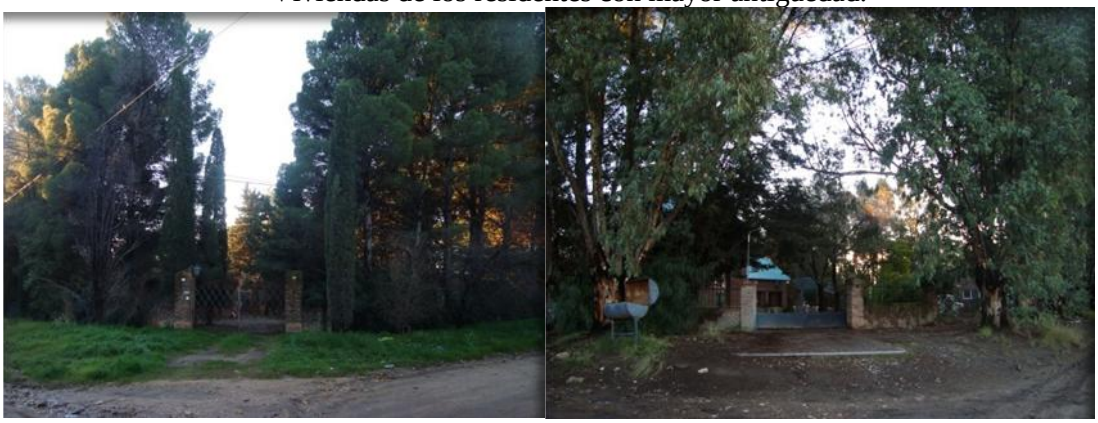
Es interesante destacar, que a pesar de ser un sector en los límites del barrio, la mayoría son residencias cuyos pobladores tienen una antigüedad mayor a los 10 años, tal como se puede corroborar, además, en la figura 12. En la misma, se observa que el 58% corresponde a residentes en esta categoría, mientras que el 42% pertenece a aquellos con menos de 10 años en el lugar. Es dable señalar que durante el trabajo empírico, existe también una correspondencia entre la antigüedad de las viviendas y las características de las mismas; las pertenecientes a vecinos con más años en el barrio, son modestas y no presentan diseños modernos, aunque conservan similitudes con las de los nuevos residentes: los amplios terrenos y la abundante vegetación de sus jardines (figura 13). Al contrario, las residencias de quienes poseen menor tiempo de residencia en el lugar, constituyen edificaciones con estilos actuales y mejores condiciones de ornamentación, en la pintura y los materiales de construcción (figura 14).

Figura 12.
Tiempo de residencia de los encuestados en el sector de estudio.



Fuente: elaborada por Claudia Sereno sobre la base de cuestionarios aplicados en 2013.

Figura 13.
Viviendas de los residentes con mayor antigüedad.



Fuente: fotografía obtenida por Andrea Silva, mayo 2014.

Figura 14.
Viviendas de los residentes con menor antigüedad.



Fuente: Fotografía obtenida por Andrea Silva, mayo 2014.

La aplicación de la herramienta geocodificación: ventajas e inconvenientes

La aplicación de la herramienta presenta algunas dificultades cuya resolución requirió de adaptaciones en el uso de la técnica en función de las particularidades del lugar. En este sentido, y como aporte a quienes utilicen la técnica en sus estudios, se cree necesario comentar el modo de superar las dificultades y las ventajas e inconvenientes de la aplicación de la geocodificación.

Al respecto, y como primera ventaja de la geocodificación, se puede mencionar la posibilidad de vincular direcciones postales con distintos atributos, que luego se combinan, analizan y visualizan cartográficamente. Asimismo, la técnica se puede aplicar en el estudio de diversas temáticas, ya que permite asignar variables de distinta naturaleza a partir de una dirección postal, lo que otorga un abanico de posibilidades importante. Además, permite trabajar a una escala de mucho detalle, es decir, a nivel de cada vivienda; lo que le otorga una utilidad, fundamentalmente, en los estudios de planificación urbana.

En relación a los inconvenientes, en el caso particular de estudio al tratarse de un barrio con una trama urbana irregular, se dificulta la aplicación de la geocodificación. En este sentido, requiere de extrema concentración y cuidado al asignar numeraciones (alturas) y dirección de las calles, especialmente donde las cuadras abarcan más de 100 metros.

Otro de los inconvenientes que puede presentarse consiste en la incompatibilidad entre el domicilio real y lo que el encuestado mencionó en el cuestionario, que exige la verificación en el terreno y el ajuste de la información.

Por otra parte, al elaborar las bases de datos, se debe tener la precaución de que las columnas a vincular sean exactamente iguales; así, por ejemplo al cargar los nombres de las calles, estas deben coincidir en la tabla de Excel y en la tabla de atributos del ArcGIS.

Reflexiones finales

El trabajo permite corroborar las potencialidades de un SIG, y específicamente, de la herramienta de geocodificación, procedimiento aplicado en el inicio de las tareas para confeccionar las bases de datos a un nivel de detalle muy grande puesto que, en este caso, se incorporan datos sobre cada vivienda.

Se evidencia, entonces, que la metodología ha sido muy valiosa para trabajar a nivel residencial, y vincular cada domicilio con diversas variables de acuerdo al objetivo de estudio. Asimismo,

este procedimiento es sumamente detallista y riguroso y se debe hacer con precisión para evitar errores en la distribución espacial de las direcciones de los residentes. En este sentido, la tecnología de los SIG se presenta como una herramienta útil y apta para mostrar direcciones y posteriormente, realizar un análisis de la evolución del crecimiento urbano del barrio, en este caso particular, como de otras temáticas a escala urbana.

Este es el inicio de un proyecto más amplio y ambicioso que pretende la confección de una base de datos extendida a todo el barrio, donde se puedan analizar e interpretar diversas variables tales como provisión de servicios, entre otros aspectos; geo-información que contribuirá a la mejor organización y ordenamiento de este sector de la ciudad.

Bibliografía

BRONDOLO, Margarita, CAMPOS, Marta, *et al*. *Geografía de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Ediciones Encestando SRL, 1994.

BUZAI, Gustavo D. *Sistemas de Información Geográfica (SIG) y cartografía temática*. Métodos y técnicas para el trabajo en el aula. Buenos Aires: Lugar Editorial, 2008.

BUZAI, Gustavo D., BAXENDALE, Claudia A. *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires: Lugar Editorial: GEPAMA, 2006.

ESRI. Centro de recursos ArcGIS. Desktop 10. Biblioteca de ayuda de ArcGIS. [En línea]. 1995-2012http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//0025000000260 00000 [23 de mayo de 2014].

ESRI. Centro de recursos ArcGIS. Desktop 10. Biblioteca de ayuda de ArcGIS. [En línea]. 1995-2012, http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//0025000000010000 00 [23 de mayo de 2014].

LA NUEVA PROVINCIA. 2004. "Barrio Patagonia". Fascículos Coleccionables Barrios Bahienses. Bahía Blanca: La Nueva Provincia, n° 18.

MUNICIPALIDAD DE BAHIA BLANCA. 2010. Plan de desarrollo local. [En línea]. Bahía Blanca: MBB, www.bahiablanca.gov.ar/obras/doc/inf_vecslir.pdf [25 de mayo de 2013].

MUNICIPALIDAD DE BAHIA BLANCA. Agencia Urbana. Información geográfica de la ciudad. [En línea]. Bahía Blanca: MBB, 2013, http://gabierto.bahiablanca.gov.ar/agencia-urbana-informacion-geografica-de-la-ciudad/ [21 de mayo de 2014].

MUNICIPALIDAD DE BAHIA BLANCA. Código de planeamiento urbano. III zonificación. Nomenclatura y delimitación de los distritos. [En línea]. Bahía Blanca: MBB, 2013, http://www.bahiablanca.gov .ar/areas -de-gobierno/obras-y-servicios-publicos /norma tivas /codigo -de-planeamiento-urbano-de-bahia-blanca/zonificacion-en-distritos/#rp1 [21 de mayo de 2014].

PÉREZ MACHADO, Reinaldo Paul. "Proceso de geocodificación urbana: ejemplos de su aplicación en la ciudad de Barcelona". *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*. [En línea]. España**:** Institut d'Estudis Catalans, 2008, pp. 626-640, http://revistes.iec.cat/index.php/TSCG/article /view/37487/37470 [25 de mayo de 2014].

PRIETO, Belén. "Fragmentación socioterritorial y calidad de vida urbana en Bahía Blanca". *Geograficando*. [En línea]. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de La Plata, vol. 4, n°4,

Silva, A. y Sereno, C. 2014. Aplicación de geocodificación en SIG en un sector del barrio Parque Patagonia. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 14. pp. 166-180. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

2008, 193-214 pp, http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.3746/pr.3746.pdf [14 de mayo de 2014].

SANTARELLI, Silvia; PEREZ, María Ines; MAESTROJUAN, Pablo; OCKIER, Cecilia; CHALLÚ, Amilcar; SAGREDO, Marcela; URRIZA, Guillermina; BEIGT, Débora; ARDISSONO, Lorena. "Valorización de la calidad ambiental en la ciudad de bahía Blanca. El aporte de los sistemas de información geográfica". En *Actas de Primeras jornadas de Geografía Física*. Bahía Blanca: Universidad nacional del Sur, 1997. pp. 97-104.

Zapperi, P.; Aldalur, B. y Campo, A. M. 2014. Delimitación de red de drenajes sobre la base de datos SRTM-90 y de cartas topográficas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 15. pp. 181-188. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Delimitación de red de drenajes sobre la base de datos SRTM-90 y de cartas topográficas[§]

Paula Zapperi[*]
Beatriz Aldalur[**]
Alicia M. Campo[***]

Resumen

La obtención y análisis de un Modelo Digital de Elevación (MDE) constituye una técnica fundamental para el estudio y delimitación de áreas inundables y conforma la base para la realización de un modelo de escurrimiento. El objetivo del trabajo fue delimitar las redes de escorrentía naturales a partir de MDEs obtenidos de imágenes radar del SRTM y de cartas topográficas en la ciudad de Bahía Blanca. Se realizaron MDEs utilizando información del SRTM y altimetría extraída de las cartas topográficas y se empleó un demo del programa Global Mapper v15.1. Se compararon los valores de altitud de los dos diferentes MDEs y se delimitaron las líneas de drenaje. Se identificaron diferencias de hasta de 18 m en la zona central de Bahía Blanca. El umbral de escurrimiento que guió la delimitación de los drenajes fue el número de celdas acumuladas que se ajustó a la resolución y escala del MDE. Las redes obtenidas brindaron una orientación de los sectores que encauzan el escurrimiento y en los que pueden generarse anegamientos. Si bien en ambos casos las redes mantienen una alineación similar, la red obtenida sobre la base de la información de referencia provista por el IGN fue considerada más confiable.

Palabras clave: Red de drenajes, Datos SRTM, Bahía Blanca

Abstract

The generation and analysis of a Digital Elevation Model (DEM) is a fundamental technique for the study and delineation of flooding areas and forms the basis for the realization of a runoff model.The objective was to define the natural runoff networks from DEMs derived from SRTM radar images and topographic maps in Bahía Blanca city. DEMs were performed using SRTM data and altimetry data extracted from topographic maps and a demo of Global Mapper v15.1 program was used.Altitude values of the two different DEMs were compared and drainage lines were defined.

Differences of up to 18 m in central area of Bahía Blanca were identified. The threshold runoff that guided the definition of the drainages was the accumulated number of cells adjusted to the resolution and scale of DEM. The networks obtained provided an orientation of the sectors that guide the runoff and in which flooding that can be generated.Although in both cases the networks have a similar alignment, the network obtained based on the reference information provided by the IGN was considered more reliable.

Keywords: Drainage network, SRTM data, Bahía Blanca

[§] El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación *"Geografía Física Aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diversas escalas témporo-espaciales"* dirigido por la Dra. Alicia M. Campo y subsidiado por la SGCyT-UNS (24/G067).

[*] Docente-Investigador, Depto. de Geografía y Turismo, UNS. 12 de octubre 1198, 4[to] piso. paulazapperi@gmail.com
[**]Docente-Investigadora, Depto. de Ingeniería, UNS. Av. Alem 1253, 1[er] piso. baldalur@uns.edu.ar
[***] Docente-Investigadora, Depto. de Geografía y Turismo. UNS-CONICET, 12 de octubre 1198, 4[to] piso. amcampo@uns.edu.ar

Zapperi, P.; Aldalur, B. y Campo, A. M. 2014. Delimitación de red de drenajes sobre la base de datos SRTM-90 y de cartas topográficas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 15. pp. 181-188. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

La obtención y análisis de un Modelo Digital de Elevación (MDE) constituye una técnica fundamental para el estudio y delimitación de áreas inundables y conforma la base para la realización de un modelo de escurrimiento.Si bien un MDE es el origen de todas las modelaciones dependientes de la topografía, la utilidad y validez de los resultados derivados están estrechamente relacionadas con la calidad del modelo original (Presutti, 2009). En los últimos años los MDE han sido ampliamente empleados como fuente de información altimétrica para la definición de la escorrentía superficial. Leitão *et al.* (2008) compararon la aplicación de MDEs en la ciudad de Lisboa para identificar líneas de escurrimiento y depresiones donde se acumula el agua. Los resultados obtenidos con el MDE realizado con información altimétrica del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) fueron fiables si bien su resolución fue inferior a la obtenida por el MDE realizado con datos LiDAR. Los errores verticales promedio del SRTM v4 encontrados por Gorokhovich y Voustianiouk (2006) son del orden de los 7,58 ± 0,60 m para algunas áreas y de 4,07 ± 0,47 m en otras, dependiendo de la pendiente y de ciertos valores de aspecto. Los resultados obtenidos a partir del SRTM para modelación hidrológica son alentadores y se desempeñan bien frente a cartografía escala 1:25.000 (Jarvis *et al.*, 2004).

Por otra parte, Liu (2008) evaluó el SRTM para las zonas alpinas y de meseta en el noroeste de China y utilizó como referencialos valores del MDE derivado de cartas topográficas. En zonas llanas y en los valles se identificaron errores de elevación fueron menores a 5 m.

Asimismo, en la Argentina existen numerosos antecedentes de aplicaciones del SRTM. Por ejemplo investigadores de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) utilizaron el SRTM como base topográfica para realizar el estudio de la cuenca del arroyo El Gato. La altimetría obtenida fue densificada con puntos GPS[1] y brindó la información necesaria para desarrollar un modelo de inundaciones y evaluar el sistema de evacuación pluvial (Romanazzi *et al.*, 2007). Rodríguez *et al.* (2006) realizaron un detalle de la magnitud del error en la información del SRTM en sus componentes altimétricas y planimétricas según su distribución geográfica y estructura espacial. Los valores identificados se encuadran dentro de un error relativo en altura de 5,5 m; de 9 m como error absoluto en la planimetría y de 6,2 m de error absoluto en altura.
Por su parte, Presutti (2009) examinó las diferencias de alturas entre MDE derivados de mapas topográficos 1:100.000 y datos SRTM con resolución 90 m con el objetivo de compararlos en áreas abiertas y áreas boscosas en la provincia de Entre Ríos. Los resultados mostraron que en las zonas abiertas los valores de la altura de los dos modelos son similares, lo que indica que la precisión del MDE-SRTM es suficiente para este tipo de aplicaciones.

En la ciudad de Bahía Blanca se producen anegamientos a partir de lluvias de intensidad como también inundaciones producto de precipitaciones de baja recurrencia. Como parte del análisis de posibles vías de evacuación, la identificación de las principales líneas de escurrimiento constituye el punto de partida. Es por ello que el objetivo del trabajo fue delimitar las redes de escorrentía natural a partir de MDEs obtenidos de imágenes radar del SRTM y de cartas topográficas para la ciudad de Bahía Blanca.

Materiales y métodos

Los productos SRTM ofrecen información de altura del terreno de todo el mundo y son el resultado de la aplicación de técnicas de interferometría a imágenes radar capturadas por el Trasbordador Endeavour en el año 2000. La imagen SRTM 90 m MDEv4 (Modelo Digital de

[1] Se conserva la sigla en inglés,GPS (Global PositioningSystem)

Elevación) en banda C fue extraída de la página web del sitio del CGIAR-CSI (Consultative Groupfor International Agricultural Research - ConsortiumforSpatialInformation). Este producto se encuentra disponible en una resolución de 3 arcos segundos (90 m en el Ecuador) (www.cgiar-csi.org).

Para la realización de las redes de drenaje elaboradas sobre la base del SRTM se trabajó con un demo del programa Global Mapper v15.1. La metodología empleada para la delimitación de cuencas de drenaje es el algoritmo *8 Direction* que evalúa el punto de escurrimiento a través del valor de altura en las ocho direcciones de los píxeles linderos. El umbral de escurrimiento (thershold) que guió la delimitación de los drenajes fue el número de celdas con acumulación de flujo (stream cell count). Su valor se ajustó a la resolución y escala del MDE, cuanto mayor es este valor, mayor cantidad de caudal se incorpora a las áreas a delimitar, lo que resulta en menor cantidad de cursos de agua o redes de drenaje. Luego de analizar varias opciones se eligió trabajar con un valor de umbral de 100, dado que a partir del mismo se generaron las líneas de drenaje de mayor orden. La elección de un valor menor implicaba el agregado de pequeños cursos que dificultaban la identificación de la red en su conjunto.

Por otra parte, también se elaboraron MDEs a partir de información de alturas ortométricas provistas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Para ello, se digitalizaron las curvas de nivel de la carta 3963-17-1 en escala 1:50.000 y se transformaron a formato MDE. Las redes de drenaje se delimitaron a través del Global Mapper y también se realizaron en ArcGis 9.3 mediante las herramientas *Acumulación de flujo* y *Dirección de Flujo* de la aplicación de Hidrología. Si bien los resultados fueron similares, en la figura 3 se muestra el trazado de líneas de escurrimiento que se obtuvo en esta última aplicación dado que brindó vectoriales más suavizados.

Resultados y discusión

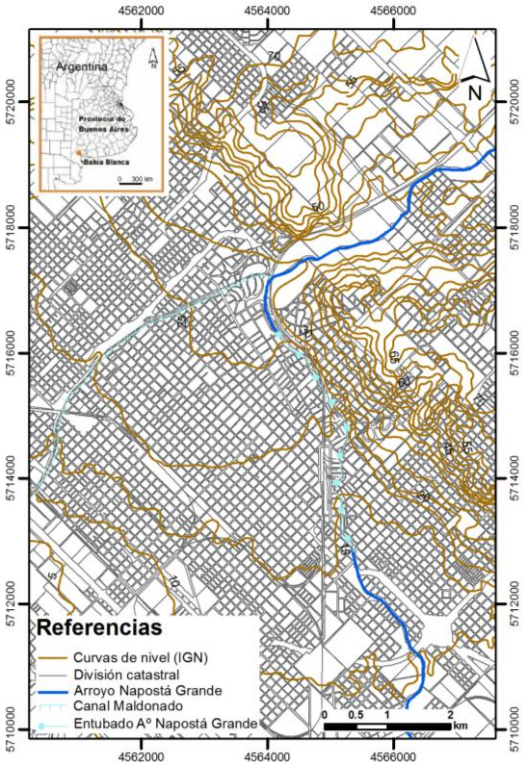
La ciudad de Bahía Blanca se ubica en la cuenca inferior del arroyo Napostá Grande. Desde el punto de vista topográfico, el gradiente altitudinal es de 70 m, aproximadamente, entre el norte de la ciudad donde se ubican las mayores elevaciones (70-80 m) y el sector sur (Figs. 1 y 2). Este gradiente altitudinal se interrumpe en un área de pendiente que conecta las áreas más altas con la llanura aluvial del arroyo (15-20 m). Desde allí la altitud disminuye hacia el sureste hasta el límite con la llanura litoral donde alcanza valores inferiores a los 5 m.

Esta topografía natural puede ser analizada desde las curvas de nivel que es una representación vectorial de un MDE. Las curvas de nivel realizadas sobre la base del SRTM fueron elaboradas a una equidistancia de 2 m (Fig. 2). Las del IGN (digitalizadas a partir de las cartas topográficas) tienen una equidistancia de 5 m (Fig. 1). Las primeras surgieron de aplicar una interpolación a la información provista por el SRTM mientras que las segundas son el resultado de una restitución fotogramétrica elaborada para la realización de las cartas del IGN.

Si bien la equidistancia no es la misma se puede observar que las curvas extraídas del SRTM muestran la misma topografía natural que las tomadas como base (curvas del IGN); delimitan claramente el cauce del arroyo Napostá Grande y muestran la escarpa en su alineación noreste-norte.

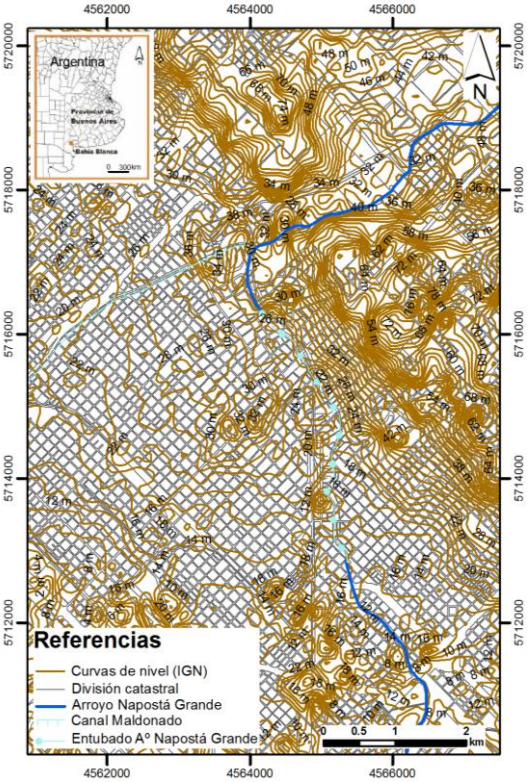
Zapperi, P.; Aldalur, B. y Campo, A. M. 2014. Delimitación de red de drenajes sobre la base de datos SRTM-90 y de cartas topográficas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 15. pp. 181-188. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 1.
Curvas de nivel digitalizadas a partir de las cartas topográficas.



Fuente: Elaborado por Zapperi y Aldalur sobre la base de la carta topográfica 3963-17-1 del IGN.

Figura 2.
Curvas de nivel delimitadas sobre la base del SRTM.



Fuente: Elaborado por Zapperi y Aldalur sobre la base del SRTM.

Comparación de MDEs

Para realizar el control de los valores que ofrece el SRTM y tener información del posible error que se comete al trabajar con ellos se extrajeron las coordenadas de 100 puntos que fueron repartidos de manera uniforme en ambos MDE. A partir de la comparación de los MDE obtenidos de imágenes SRTM y de la carta del IGM se encontraron diferencias en los valores de altimetría. La diferencia promedio de altura es de 4,33 m mientras que el valor máximo absoluto es de 18,05 m y el mínimo de 0,12 m. Los desvíos ofrecen un valor de 5,06 m.

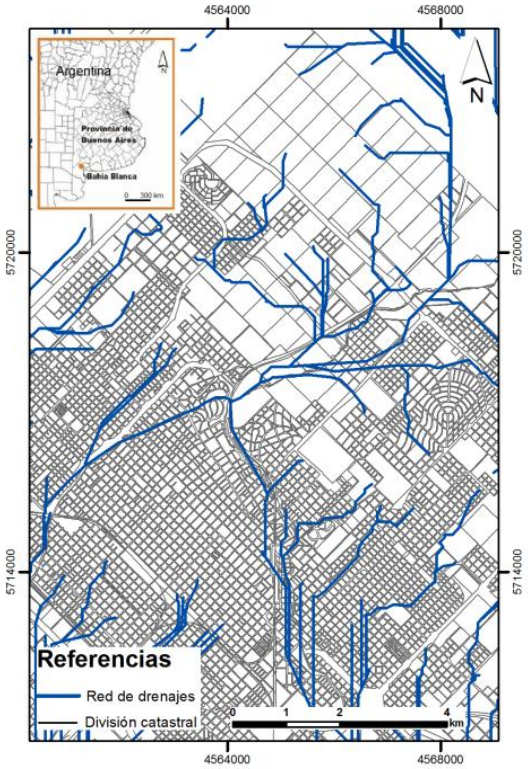
Si se considera la ubicación planimétrica de donde se extrajeron estos valores, se advierte que el valor de máximo se encuentra ubicado en el área céntrica de la ciudad donde se encuentra la edificación en altura mientras que el mínimo corresponde al área periurbana. El resto de las diferencias más altas también se emplazan en la zona céntrica de la ciudad y las más bajas en las zonas alejadas de la edificación en altura.

La delimitación de un patrón de drenaje a partir de valores de altura de los píxeles contenidos en un MDEse determina por la acumulación de flujo. Este parámetro es dependiente del umbral que define el usuario y en el cual se considerala captación aguas arriba de la celda analizada. De esta manera se realiza la separación de las celdas del MDE en función de la presencia o ausencia de la acumulación de la corriente superficial. Asimismo, se han desarrollado diferentes métodos para determinar el umbral requerido para iniciar un canal de escorrentía (Pourali *et al.*, 2014). Parámetros como el clima y tipo de suelo influyen en el umbral, sin embargo los modelos hidrológicos que se incluyen en los SIG usan sólo la acumulación del flujo, la cual se extrae del MDE. De esta manera, la definición del valor del umbral que determina el comienzo de los canales depende de la topografía (pendiente) y de la resolución del MDE. Si bien existen metodologías para definir este valor (Tarboton *et al*., 1991; Prodanović, 1999; Maidment, 2002) las mismas están orientadas a áreas rurales. Para las cuencas urbanas no existe una metodología definida (Leitão *et al*., 2008 y Pourali *et al*., 2014).

De la comparación de las redes de drenajes presentadas en las figuras 3 y 4 se identifica que las mismas guardan relación en cuanto a los sectores en donde se encauza el escurrimiento. El arroyo Napostá Grande se encuentra perfectamente definido como una línea de escurrimiento en ambos resultados. Este curso se muestra de manera interrumpida en la red delimitada sobre el MDE basado en las cartas topográficas (Fig. 3). Mientras que en el caso de la figura 4, que corresponde al MDE de SRTM, se puede observar que la polilínea que representa al arroyo se extiende de manera continua. En el norte de la ciudad también se observan los cursos que desembocan en este arroyo mientras que en el sector sur se agregan líneas de drenaje que se extienden principalmente de noreste a suroeste. En lo que respecta a las diferencias, se observa claramente en el número de cursos delimitados en la figura 4 es mayor que la que corresponde a los drenajes que surgieron sobre la base del MDE de las cartas topográficas (Fig. 3). Por otra parte, los cursos derivados de este último se extienden de manera rectilínea, principalmente en la dirección sur-sureste, donde el gradiente altitudinal es mínimo o inexistente.

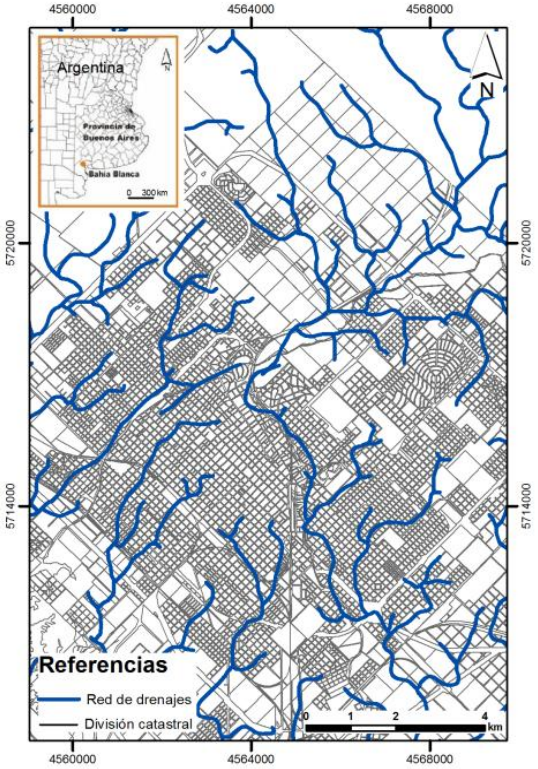
Zapperi, P.; Aldalur, B. y Campo, A. M. 2014. Delimitación de red de drenajes sobre la base de datos SRTM-90 y de cartas topográficas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 15. pp. 181-188. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 3.
Drenajes realizados sobre la base de curvas de nivel del IGN.



Fuente: Elaborado por Zapperi y Aldalur sobre la base de la cartas topográfica 3963-17-1 del IGN.

Figura 4.
Drenajes realizados sobre la base de curvas de nivel del SRTM.



Fuente: Elaborado por Zapperi y Aldalur sobre la base del SRTM.

Zapperi, P.; Aldalur, B. y Campo, A. M. 2014. Delimitación de red de drenajes sobre la base de datos SRTM-90 y de cartas topográficas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 15. pp. 181-188. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Conclusiones

La evaluación global de la exactitud de este producto requiere de estudios adicionales que implican el control de terreno y métodos de verificación de la información de altura con un mayor nivel de precisión, tales como el sistema de posicionamiento global (GPS).

Por otra parte, para crear el MDE se debe considerar, al momento de ejecutar una aplicación hidrológica, la existencia de las celdas con errores derivados de la interpolación utilizada. Este tipo de errores se produce principalmente en MDEs de alta resolución y sobre los cuales se pueden aplicar filtros. Es por ello que el análisis de píxeles con información errónea también se plantea para continuidad del presente trabajo. La resolución 90 m es adecuada para estudios regionales, su aplicación en estudios de escala urbana, si bien no ofrece exactitud, brinda una orientación del patrón de drenaje y de los sectores en los que pueden darse anegamientos.

Agradecimientos

El archivo vectorial de la ciudad de Bahía Blanca (en formato *.dxf*) fue provisto por el Departamento de Catastro de la Municipalidad de Bahía Blanca.

Bibliografía

CONSORTIUM FOR SPATIAL INFORMATION (CGIAR). http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1 [20 de mayo de 2014].

GOROKHOVICH, Y. y VOUSTIANIOUK, A. 2006. "Accuracy assessment of the processed SRTM-based elevation data by CGIAR using field data from USA and Thailand and its relation to the terrain characteristics". *Remote Sensing of Environment*, vol. 104, n° 4, pp. 409–415.

JARVIS, A., RUBIANO, J., NELSON, A., FARROW, A. y MULLIGAN, M. 2004. "Practical use of SRTM data in the tropics – Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data". Centro Internacional de Agricultura Tropical. Working Document Nº 198 [En línea]. Colombia: Cali, 31 pp. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Jarvis4.pdf [15 de abril de 2014].

LEITÃO, J.P., BOONYA-AROONNET, S., PRODANOVIĆ, D. y. MAKSIMOVIĆ, Č. 2008. *Influence of DEM resolution on surface flow network for pluvial urban flooding and simulations of integrated system*. En: 11th International Conference on Urban Drainage. [En línea] Edinburgh, Scotland, UK. 11pp.
http://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/277.pdf, [7 de abril de 2014].

LIU, Y. 2008. "An evaluation on the data quality of SRTM DEM at the alpine and plateau area, North-Western of China". *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXVII, t. B1. Beijing.

MAIDMENT, D. 2002. ArcHydro: GIS for water resources. Redland: ESRI Press, vol. 1, 203 pp.

RODRÍGUEZ, E., MORRIS, C. y BELZ, J. 2006. "A Global Assessment of the SRTM Performance". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 72, n° 3, 249–260 pp.

Zapperi, P.; Aldalur, B. y Campo, A. M. 2014. Delimitación de red de drenajes sobre la base de datos SRTM-90 y de cartas topográficas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 15. pp. 181-188. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

ROMANAZZI, P, URBIZTONDO, J. *et al.* 2007. Estudios Hidrológicos – Hidráulicos – Ambientales en la Cuenca del Arroyo del Gato. La Plata: Laboratorio de Hidrología – ADH – Fi – UNLP, Informe final, 387 pp.

POURALI, S.H. ARROWSMITH, C. MITCHEL, D. y MATKAN, A. 2014. "Modelling An Overland Water Flow Path In An Urban Catchment Using GIS". *Geoinformática: An International Journal* (GIIJ), vol. 4, n° 1.

PRESUTTI, M. 2009. *Comparación de un DEM generado a partir de curvas de nivel con el DEM-SRTM para estimar la altura de plantaciones forestales.* En: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, INPE, 2943-2950 pp.

PRODANOVIĆ, D. 1999. Improvement of the methods for the hydroinformatics application in urban runoff analysis. Tesis de Doctorado. Belgrado. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Belgrado, 196 pp.

TARBOTON, D., BRAS, R. y RODRIGUEZ-ITURBE, I. 1991. "On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data". *Hydrologic Processes*, vol. 5, n° 1, pp. 81-100.



SECCIÓN 6.
URBANISMO, PLANIFICACIÓN Y CATASTRO

Agüero, Carlos Alberto. 2014. Calidad de Servicio en Redes Eléctricas, su evaluación con herramientas SIG En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 16. pp. 190-200. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Calidad de Servicio en Redes Eléctricas, su evaluación con herramientas SIG

Carlos Alberto Agüero *

Resumen

En el presente trabajo se describe una metodología y software SIG especialmente aplicable a empresas y cooperativas distribuidoras de Energía Eléctrica. Se tiene en cuenta las habituales limitaciones en recursos económicos y disponibilidad de personal calificado que permitan la puesta en marcha de un Sistema de Información Geográfico y su mantenimiento en operación.
El software desarrollado se ha denominado SigreGIS (Sistema de Gestión de Redes) y permite realizar análisis y cálculos técnicos específicos para sistemas eléctricos de distribución como es la cuantificación de la calidad a partir de la continuidad de prestación del servicio eléctrico, de gran necesidad en el mantenimiento y planificación de las redes.

Palabras clave: Software, SIG, Calidad eléctrica, Redes eléctricas

Abstract

In this paper a methodology and GIS software especially applicable to companies and cooperatives Electricity Distribution is described, taking into account the usual limitations in available resources that impede the implementation and maintenance operation.
The developed software has been called SigreGIS (Sistema de Gestión de Redes) and allows specific analysis and technical calculations for electrical distribution systems in great need maintenance and planning of networks such as the quantification of quality from the continuity provision of electric service.

Keywords: Software, Gis, Electrical Quality , Electrical Network

* Profesor Adjunto. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Univ. Nacional de Mar del Plata. aguero@fi.mdp.edu.ar

Agüero, Carlos Alberto. 2014. Calidad de Servicio en Redes Eléctricas, su evaluación con herramientas SIG En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 16. pp. 190-200. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

En la actualidad existe un proceso generalizado de cambios en la regulación de los sistemas de energía eléctrica. Estos cambios están orientados a la introducción de mecanismos de competencia ahí donde es posible. La generación es la más afectada por estos cambios, habiéndose creado mercados donde se puede comprar y vender la energía eléctrica. A pesar de que el transporte y la distribución siguen considerándose monopolios naturales, se está cambiando también su regulación, para mejorar su eficiencia. En el caso concreto de la distribución, se está pasando de regulaciones basadas en costes reconocidos (regulación "tradicional") a regulaciones basadas en el servicio ofrecido. Una de las medidas más aplicadas es la separación de la actividad de comercialización (venta directa a los clientes conectados a la red y compra de energía mayorista) de la actividad de distribución propiamente dicha (conexión eléctrica). Todos estos cambios están afectando al problema de la calidad del servicio eléctrico y su tratamiento.

Las necesidades de los clientes también están evolucionando. La sociedad en su conjunto está más orientada al individuo y los clientes se están acostumbrando a una atención cada vez más personalizada y de mayor calidad. Estos niveles de calidad de atención al cliente ya existentes en otros ámbitos, se están empezando a exigir poco a poco en los servicios regulados, que tienen cierto retraso en este aspecto debido a su carácter de monopolio. Además, la sociedad se está volviendo cada vez más dependiente del suministro eléctrico, por lo que necesita y exige una mayor calidad del mismo.

Los equipos conectados a la red eléctrica también han evolucionado. Han aparecido muchos equipos nuevos que son mucho más sensibles que antes a los problemas de calidad en el suministro eléctrico. Se ven afectados más fácilmente en su correcto funcionamiento por defectos en el suministro de electricidad. Esto ocurre no sólo en el ámbito doméstico donde el daño ocasionado generalmente no pasa de ser una molestia para el cliente, sino sobre todo en los procesos industriales en los que un hueco de tensión puede provocar paradas en el proceso productivo y pérdidas millonarias.

Las entidades reguladoras están reaccionando a la evolución de la situación impulsando cambios que persiguen mejorar el servicio ofrecido. El suministro eléctrico tiene una importancia estratégica dentro de la sociedad. El desarrollo y el crecimiento de la economía de un país están muy ligados a la calidad del servicio eléctrico ofrecido y a su coste. En algunos casos, puede incluso decidir el lugar de inversión de industrias con una importante generación de empleo y riqueza asociada. En los países en vías de desarrollo, una de las razones de más peso para cambiar la regulación de su sistema de energía eléctrica ha sido y es la deficiente calidad del suministro que lastra su economía, además de las necesidades de capital para invertir y desarrollar el sistema, que permiten extender el servicio y mejorar su calidad. En los países industrializados, generalmente el cambio de regulación está más orientado a aumentar la eficiencia de los sistemas de energía eléctrica, y por tanto reducir los costes del suministro eléctrico.

En nuestro país, en 1996 el Ente Regulador de Energía de la República Argentina (ENRE) establece a nivel nacional la "Base Metodológica para el Control de la Calidad del Servicio Técnico"(ENRE 1996). En 1997 el Organismo de Control de la Prov. De Buenos Aires (OCEBA) establece las "Normas De Calidad Del Servicio Publico Y Sanciones" y son incorporadas dentro de los contratos celebrados con las concesionarias del servicio de distribución de energía eléctrica (OCEBA 1997).

En el Subanexo D de dichas normas, se especifican cuatro etapas con niveles de exigencia crecientes en la calidad de servicio. La ETAPA PRELIMINAR y la ETAPA DE PRUEBA se utilizan para poner en marcha los mecanismos de control, no correspondiendo durante las mismas la aplicación de sanciones por incumplimientos de los niveles de Calidad de Servicio.

La ETAPA PRELIMINAR rige a partir de la fecha de toma de posesión de la concesionaria, teniendo una duración de seis meses. Sirve para implementar y convenir en forma conjunta con el Organismo de Control el método de medición y control de los indicadores de Calidad de Servicio a aplicar en las etapas siguientes, de acuerdo a lo especificado en la ley. Asimismo durante esta etapa se acordará con el Organismo de Control el contenido y la forma de intercambio de información para cada una de las campañas de control.

La ETAPA DE PRUEBA se cuenta a partir del mes siete de la fecha de toma de posesión, tiene una duración de seis meses y sirve para poner en marcha y a prueba el método acordado en la ETAPA PRELIMINAR. Se efectuarán las campañas de relevamiento de información correspondientes y se calcularán los respectivos indicadores, de forma tal de asegurar el inicio de la siguiente etapa, el pleno y eficaz funcionamiento de la totalidad de los mecanismos de relevamiento y control acordados.

La ETAPA DE TRANSICION tiene su inicio a partir del mes trece de la fecha de Toma de Posesión, con una duración de treinta y seis meses, en la que se exige el cumplimiento de los indicadores y valores prefijados para esta etapa. La ETAPA DE TRANSICION sirve a la concesionaria para adecuar sus instalaciones y sistemas de adquisición de información de forma tal de cumplir con las exigencias de calidad de servicio establecidos para la ETAPA DE REGIMEN. Asimismo, durante esta etapa se ajustarán, en forma conjunta con el Organismo de Control los métodos de control a aplicar durante la ETAPA DE REGIMEN. Los controles se efectuarán mediante indicadores globales, y el incumplimiento de los mismos dará lugar a la aplicación de las sanciones previstas en el punto 5 del Subanexo D.

La ETAPA DE REGIMEN se inicia a partir del mes número cuarenta y nueve, contado a partir de la fecha de Toma de Posesión, en la que se controla la prestación del servicio a nivel de cada suministro. Para esta etapa la concesionaria debe contar con sistemas de adquisición y tratamiento de información adecuados que posibiliten al Organismo de Control efectuar los controles previstos en el Contrato de Concesión. En los casos de verificarse apartamientos en los indicadores de calidad con respecto a los límites establecidos, el Organismo de Control aplica las sanciones previstas.

En todos los casos se tolera hasta un determinado límite las variaciones de tensión, la cantidad de interrupciones y la duración media de cada una de ellas. En los suministros en que se excedan estos valores, el Organismo de Control sanciona a la concesionaria según corresponda. El monto de la sanción será reintegrado a los clientes como un crédito en la facturación inmediatamente posterior al período de control, cuyo monto será proporcional a la totalidad de la energía suministrada en condiciones no satisfactorias o a la energía no suministrada.

Al mismo tiempo que está cambiando la regulación del sector, una serie de tecnologías que se han implantado progresivamente en los últimos años están alcanzando su madurez. Los sistemas de control y adquisición de datos (SCADA) y los sistemas de información geográfica (SIG) están permitiendo disponer de nuevos y numerosos datos sobre el funcionamiento del sistema de los que anteriormente no se disponía. Esta nueva información permite mejorar la gestión, la operación y mantenimiento y el análisis y comprensión del funcionamiento del sistema.

Tradicionalmente, se han destinado más recursos a los sistemas de generación y transporte de energía eléctrica que a los sistemas de distribución. (Roberts 2013, Raineri 1996, Muñoz 2010) La razón es sencilla: un fallo en generación o transporte puede tener graves consecuencias para la sociedad, ya que el área que se ve afectada suele ser muy grande. En cambio, las redes de distribución son relativamente sencillas y un fallo en las mismas no afecta a un gran número de usuarios. El resultado es que actualmente la mayoría de los problemas de calidad son debidos a fallos en la red de distribución, en donde se centra el desarrollo de este trabajo.

Área de estudio

En este trabajo se describe una metodología y software SIG especialmente aplicable a empresas y cooperativas distribuidoras de Energía Eléctrica permitiendo realizar análisis y cálculos técnicos específicos para sistemas eléctricos de distribución como es la cuantificación de la calidad a partir de la continuidad de prestación del servicio eléctrico, de gran necesidad en el mantenimiento y planificación de las redes.

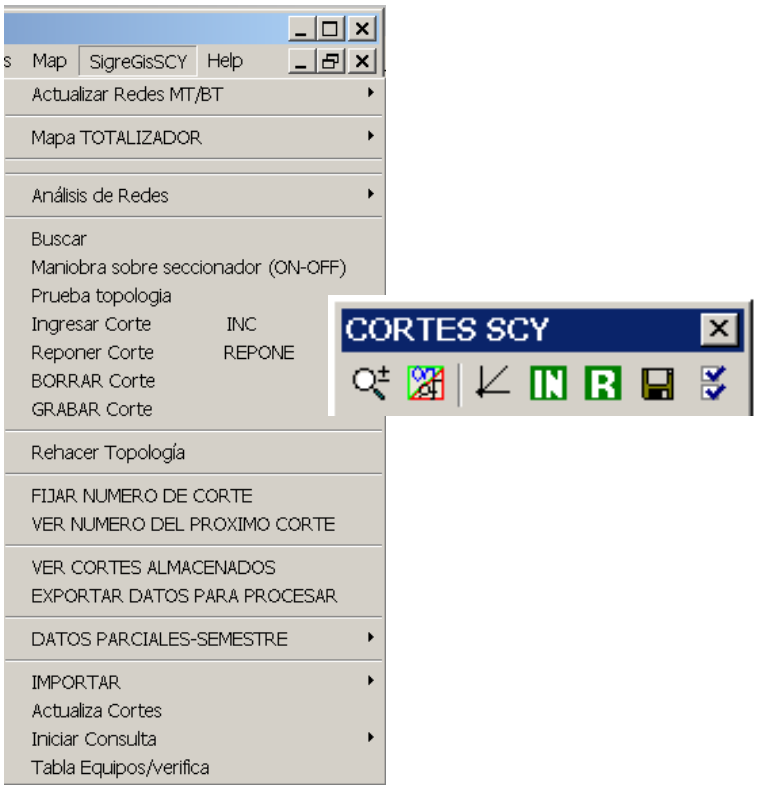
Metodología

Software SIG utilizado

Por lo hasta aquí expuesto, la calidad del servicio técnico se controlará al nivel de suministro a cada cliente, debiendo disponer las empresas distribuidoras de Energía Eléctrica de los sistemas que posibiliten la gestión de la totalidad de la red, y la adquisición y procesamiento de información de forma tal de asegurar los niveles de calidad, y la realización de controles y auditorias.

El software base seleccionado para el desarrollo del SIG presentado en este trabajo es el AutoCAD Map. Este software dispone de numerosas alternativas para su adaptación mediante la personalización de su entorno de trabajo mediante la incorporación de menús y barras de herramientas y la generación de nuevos comandos mediante herramientas de programación en Visualisp Activex o Visual Basic (Autodesk,2013). Esta adaptación del programa simplifica el uso y minimiza los periodos de entrenamiento del personal a cargo del mantenimiento del sistema y generación de informes solicitados por los organismos de control (Fig. 1).

Figura 1.
Menú y barra de herramientas personalizado.



Planos existentes de redes

La mayoría de las empresas distribuidoras disponen de planos y esquemas de sus redes eléctricas. La finalidad principal es visualizar circuitos, ubicación de equipos y consultar datos que los identifican como numero o denominación de centros de transformación, secciones de conductores, tipo de equipo de protección y/o seccionamiento. A partir de estos planos el personal toma decisiones cuando necesita realizar maniobras, conexiones, tareas de mantenimiento, etc. Es común que estos planos se almacenen en formato digital con programas de Diseño Asistido por Computadora siendo el más difundido en nuestro medio AutoCAD.

Para aprovechar esta información es necesario:

- Validarla
- Depurarla - Normalizarla
- Georreferenciarla

Como primer paso se debe realizar una validación, porque en muchos casos la información es errónea o está desactualizada. Es habitual realizar modificaciones, reemplazos reconexiones en las redes por mantenimiento, ampliación de potencia o restitución del servicio ante contingencias.

La depuración fundamentalmente consiste en organizar la información temáticamente por capas y estandarizar el tipo de entidades más propiedades de cada elemento utilizado en la representación de las redes. Esto permitirá utilizar criterios de selección no gráficos que pueden ser aprovechados por las herramientas de mapeo y análisis del GIS junto al empleo de automatizaciones y programación que den inteligencia a estos planos.

Luego de este proceso de depuración se cuenta con una base de información relevante que podrá ser completada luego de la georreferenciación. Georreferenciación es un neologismo que refiere al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área, volumen) en un sistema de coordenadas y datum determinado (Menendez 2009).

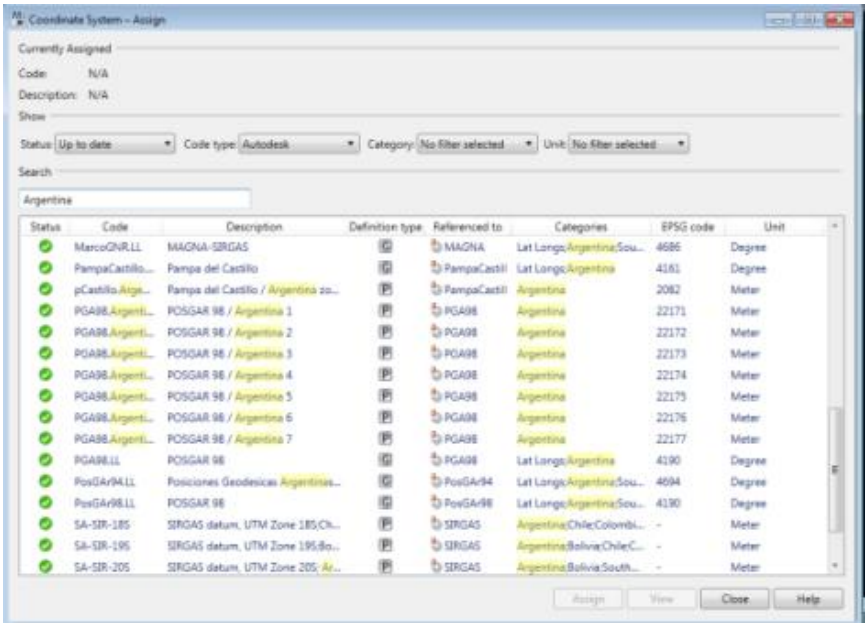
La georreferenciación posibilita la integración de diferentes fuentes de información a partir de su correspondencia geográfica. Un elemento en común que es la ubicación geográfica permite integrar la información de diferentes fuentes como los planos totalizadores o parciales que ya han sido normalizados en el paso anterior, como nuevas fuentes provenientes de relevamientos GPS o imágenes satelitales.

Asignación del Sistema de Coordenadas

Para asignar un sistema de coordenadas al proyecto o al dibujo de origen seleccionado se usa el cuadro de diálogo de Asignar Sistema global de Coordenadas (Figura 2).

AutoCAD Map actualmente soporta más de 30 proyecciones y 1000 sistemas de coordenadas para distintas partes del mundo. Utilizando el término Argentina en la opción Search del cuadro se obtienen 39 resultados. Para el Sud Este de la provincia de Buenos Aires donde se extiende nuestro trabajo hemos seleccionado Argentina POSGAR Faja 6.

Figura 2.
Asignación de Sistema de Coordenadas.



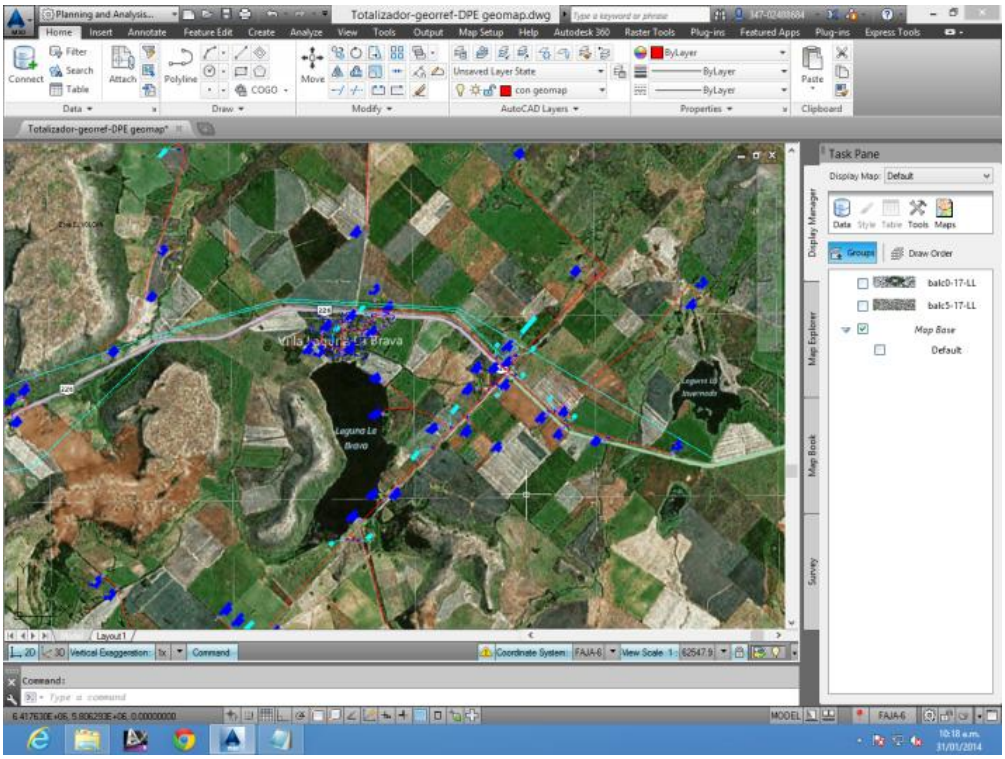
Es posible trabajar con información en diferentes sistemas de coordenadas, asignando el sistema de coordenadas apropiado al dibujo fuente y luego asociando el dibujo a un proyecto. Cuando se ejecuta una consulta con información de un dibujo fuente en un sistema de coordenadas diferente que el proyecto, AutoCAD Map transforma la información resultante de la consulta, de manera que esta aparece en la localización correcta en el proyecto. Si se edita cualquier objeto y se guarda en su respectivo dibujo de origen, AutoCAD Map transforma la información al sistema de coordenadas del dibujo de origen. Normalmente, no se trabaja con información en diferentes sistemas de coordenadas porque al consultar y guardar en origen estas operaciones se realizan más lentas. Antes de iniciar un proyecto, la información del proyecto conviene que sea convertida a un sistema de coordenadas estándar (Autodesk, 1992).

Uso de Imágenes Satelitales

Para aprovechar la información que la cooperativa disponía en planos DWG de las redes de Alta Tensión en 33kV y Media tensión en 13,2 kV se debió realizar un proceso de limpieza, depuración y estandarización del tipo de entidades admitidas y su ubicación en capas.

Para la georreferenciación, luego de asignar el sistema de coordenadas se utilizó imágenes satelitales como apoyo y fuente de consulta constante para definir la ubicación de las redes. (Fig. 3).

Figura 3.
Uso de imagen satelital como referencia para la digitalización de redes.

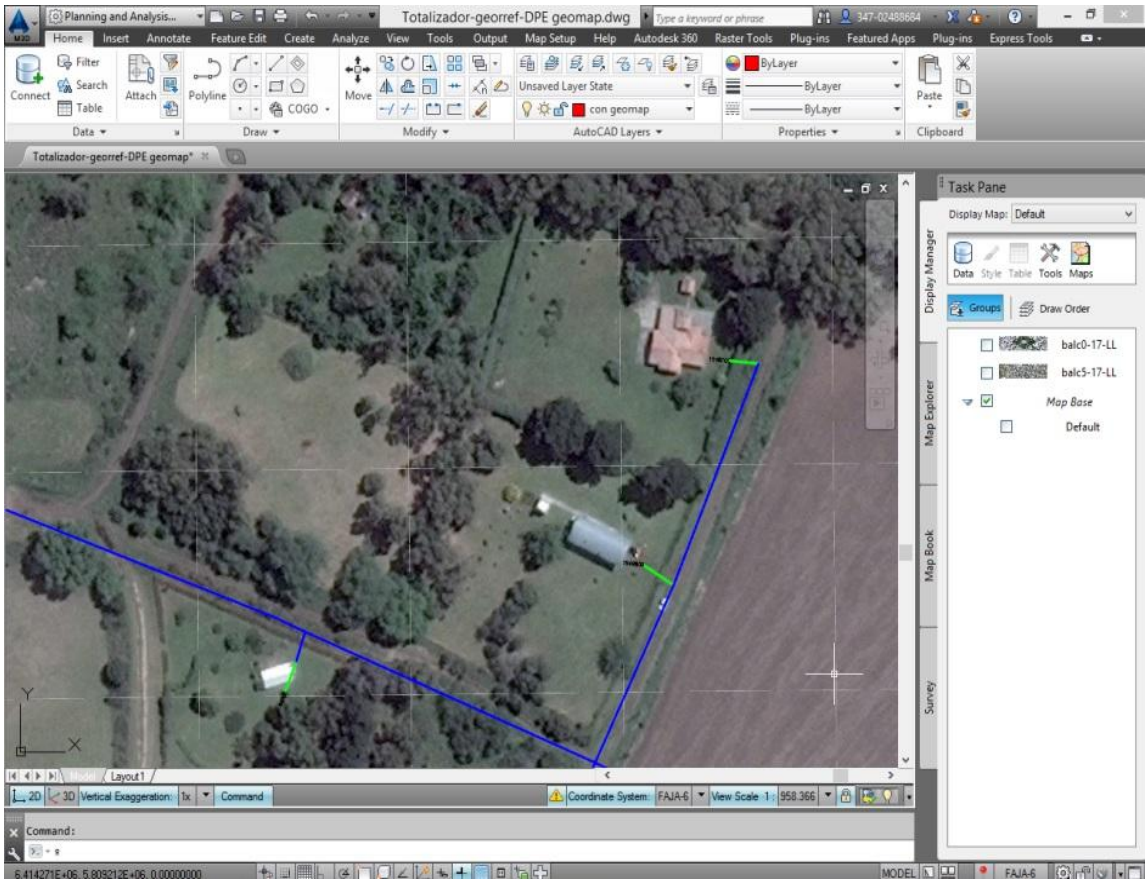


El sitio web del U.S. Geological Survey's (USGS) ofrece el buscador EarthExplorer donde pueden descargarse imágenes satelitales gratuitamente. (USGS 2014, EARTHEXPLORER 2014) En

particular las de Landsat 8 de gran utilidad para usarse de referencia para la reubicación o digitalización de las redes eléctricas ya que estas habitualmente se ubican paralelas a límites de campo o caminos que son visualizados con nitidez en estas imágenes.

En la versión 2014 del AutoCAD Map se incorpora la herramienta GEOMAP por la cual ya no es necesario importar imágenes, ahora es posible conectar el servicio de mapas de BING en forma continua como fondo o referencia de trabajo (Fig. 4).

Figura 4.
Uso del servicio de mapas de BING.



Resultados

Descripción del GIS para Calidad de Servicio

El software y metodología desarrollada permite realizar cálculos y análisis espaciales de utilidad para evaluar la calidad de servicio eléctrico en redes de distribución, en este punto se describen las herramientas creadas específicamente para facilitar al usuario el mantenimiento, actualización del sistema y la creación de informes solicitados por el OCEBA.

Para obtener los indicadores de calidad debemos registrar las interrupciones que se producen en un período de estudio, identificar clientes y equipos afectados y realizar los cálculos de la energía no suministrada.

Para esto se visualizan las siguientes seis etapas:

Registro de las interrupciones

Ante una contingencia que interrumpa el suministro de energía por un tiempo que supere los 3 minutos (OCEBA, 97) se debe registrar fecha y hora de la interrupción y reposición, el punto en la red donde se origina la falla, más datos que permitan un mejor análisis como son el tipo o causa de Interrupción.

Identificar el punto en la red donde se produce la falla

Esto se hace a partir de una codificación de los equipos de maniobra y protección en la red, este dato es registrado en una planilla de guardia junto a los datos de la contingencia.

Se ha incorporado una herramientas que simplifica la ubicación rápida en la red del punto donde se produce la falla a partir de estos datos.

Detectar el área afectada

A partir del punto de falla, el GIS debe identificar los tramos de red, clientes y equipos afectados. Para esto es fundamental las herramientas de análisis de topología de redes, en especial Rastreo de Flujo (Flood Trace).

El rastreo de Flujo da como resultado todos los nodos y segmentos que se encuentran dentro del radio especificado a partir del punto definido. AutoCAD Map puede alterar propiedades como el color de todos los segmentos a lo largo de las rutas que se encuentran dentro de un rango de resistencia especificado o generar una nueva topología con ellos.

La topología debe ser creada siguiendo las reglas de circulación del flujo de energía. Los tramos de red ofrecen una resistencia proporcional a su longitud y deben estar interconectados en sus extremos. En el caso del AutoCAD Map la topología de redes admite nodos y bloques con valores de resistencia directa o inversa a la circulación equivalente a la resistencia de contacto entre conductores o infinita para el caso de un interruptor o seccionador abierto.

La resistencia de circulación puede ser diferente según el sentido. Esto se aprovecha para representar estaciones transformadoras (33/13.2Kv o 13200/380V) en donde el sentido de circulación es en una sola dirección, evitando que el análisis se propague por ejemplo desde un corte en baja a media tensión.

Identificar los clientes y equipos afectados

AutoCAD Map cuenta con herramientas que permite consultar la topología creada a partir del Rastreo de Flujo utilizando criterios para filtrar las entidades seleccionadas. En nuestro caso debemos seleccionar tramos que representan las acometidas a los clientes y que están vinculados a

base de datos con información comercial y nodos (bloques) que representan equipos y estaciones transformadoras.

Estas consultas y selecciones son almacenadas en un histórico para ser utilizadas al momento de realizar un análisis de cortes en un período de tiempo

Realizar los cálculos de tiempos de interrupción y energía no suministrada por cliente

El GIS cumple la función de elemento vinculante entre las bases de datos de clientes con información de sus consumos y los análisis espaciales detectando los tramos de red afectados por interrupciones.

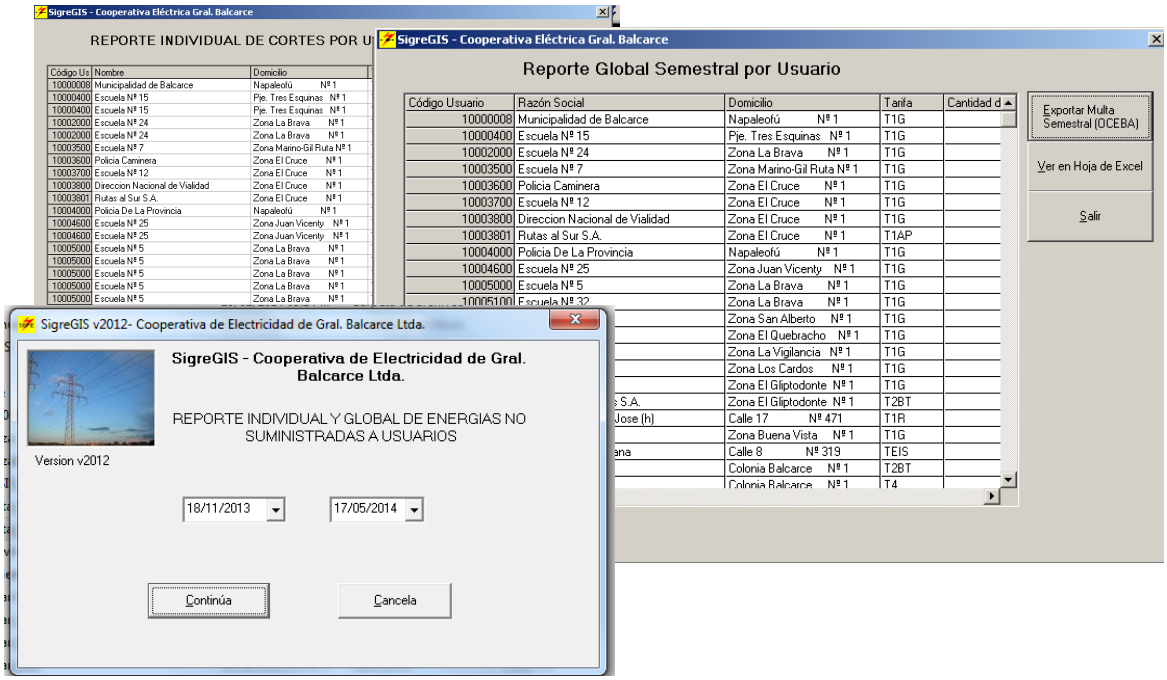
Al detectar el área afectada por un corte, seleccionar los usuarios comprendidos, obtener sus consumos se puede realizar los cálculos de tiempos de interrupción y energía no suministrada por cliente

Generar los informes en los formatos solicitados por los organismos de control

Finalmente el GIS genera informes que permitan evaluar la calidad de servicio eléctrico para un periodo de tiempo seleccionado (Fig. 5).

Resumen de cortes que afectaron a cada Centro de Transformación en el período evaluado.
Resumen de cortes que afectaron a cada Usuario en el período evaluado.
Cálculo para cada cliente de la Energía no suministrada y sanciones si corresponde de acuerdo a lo indicado en (OCEBA, 97)

Figura 5.
Reportes de Cortes por usuario para el periodo indicado.



Conclusiones

La metodología desarrollada permite representar a los clientes, las redes de Baja, Media y Alta Tensión con un grado de detalle que posibilita cumplir con los objetivos planteados y simultáneamente ser simple de utilizar y mantener actualizado.

La metodología y software han sido probados en cuatro cooperativas del Sud Este de la Provincia de Buenos Aires: COOPERATIVA DE ELECTRICIDAD DE BALCARCE LTDA, COOPERATIVA DE PROVISIÓN DE ELECTRICIDAD, SERVICIOS PÚBLICOS, VIVIENDA Y CRÉDITO DE MAR DEL PLATA LTDA., COOPERATIVA DE ELECTRICIDAD DE SAN CAYETANO, COOPERATIVA DE ELECTRICIDAD LAGUNA DE LOS PADRES.

El software base es abierto y ha demostrado ser versátil para adaptarse a nuevos requerimientos permitiendo nuevos cálculos y automatizaciones para la generación de informes para otros organismos de control como es "El Catastro Georrefernciado" solicitado por la Dirección Provincial de Energía (DPE) en donde debe exportase en un formato establecido datos de ubicación y características de cada elemento de la red concesionada.

Bibliografía

Autodesk. 1992. *Manual de Entrenamiento Técnico*. 1992 Autodesk, Inc.

Autodesk. 2013. Autodesk Developer Network
http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?id=2105231&siteID=123112 - revisado 18-04-2014 –

EARTHEXPLORER. 2014. http://earthexplorer.usgs.gov/- revisado 01-01-2014

ENRE. 1996. *Base Metodológica para el Control de la Calidad del Servicio Técnico*. Ente Regulador de Energía de la R. Argentina.

ICREPQ'11. 13th to 15th April, 2010.

Menendez, F. J. y Sanchez. *Georreferenciación de Cartografia: Datos Raster y Vectoriales*. EOSGIS SL, Apr 2, 2009.

Muñoz, R., S. Valero, D. Lopez, C. Senabre. *Overview of the Quality of Electricity Supply in Spain*. International Conference on Renewable Energies and Power Quality. 2010.

OCEBA. 1997. *Normas De Calidad Del Servicio Público y Sanciones*. Organismo de Control de la Prov. De Buenos Aires.

Raineri, R. y H. Rudnick. *Análisis de normativas de calidad de servicio para empresas distribuidoras*. P. Catholic University of Chile, Chile. 1996.

USGS. 2014. http://www.usgs.gov/- revisado 01-01-2014

Vaughan, R. y Russell, D. *Benchmarking the Performance of Distribution Networks*. *CIRED, Paper* 67. 2003.

Agüero, Carlos A.; Suarez, Juán A.; Anaut, Daniel O. y Di Mauro, Guillermo. 2014. La Topología como base para el Análisis de Redes Eléctricas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 17. pp. 201-210. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

La Topología como base para el Análisis de Redes Eléctricas

Carlos A. Agüero [*]
Juán A. Suarez [**]
Daniel O. Anaut [***]
Guillermo Di Mauro [****]

Resumen

Los sistemas de Información Geográficos Vectoriales cuentan con herramientas de análisis de topologías que son de gran importancia en el modelado de redes eléctricas y en especial para todo estudio basado en la interconectividad de sus tramos. En este trabajo se presenta el desarrollo de herramientas informáticas que utilizan como base el análisis de topologías de redes y su aplicación para la detección de áreas afectadas por interrupciones en el suministro de energía eléctrica, identificación de circuitos y los clientes abastecidos por ellos.

Palabras clave: Software, SIG, Topologías, Redes eléctricas

Abstract

Geographic Information Systems have topologies analysis tools that are of great importance in modeling electrical networks and especially for any study based on the interconnectivity of its sections. In this paper the development of tools used on the analysis of network topologies and its application for the detection of areas affected by disruptions in the power supply, circuit identification and clients served by them is presented.

Keywords: Software, GIS, Topologies, Electrical Network

* Profesor Adjunto, Depto. de Ingeniería Eléctrica, Univ. Nacional de Mar del Plata. aguero@fi.mdp.edu.ar
** Profesor Titular, del Depto. de Ingeniería Eléctrica, Univ. Nacional de Mar del Plata. jsuarez@fi.mdp.edu.ar
*** Docente, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Univ. Nacional de Mar del Plata. danaut@fi.mdp.edu.ar
*** Docente, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Univ. Nacional de Mar del Plata. gdimauro@fi.mdp.edu.ar
Todos los autores pertenecen al Grupo de Investigación LAT, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, UNMdP.

Agüero, Carlos A.; Suarez, Juán A.; Anaut, Daniel O. y Di Mauro, Guillermo. 2014. La Topología como base para el Análisis de Redes Eléctricas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 17. pp. 201-210. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica utilizan cotidianamente planos de sus redes como herramienta base para la planificación, operación y mantenimiento de las mismas.

En estas últimas décadas, los tableros de dibujo han sido sustituidos por programas CAD, los dibujantes capacitados y los técnicos e ingenieros se han familiarizado con el uso de este tipo de software.

Si bien esto representa una evolución en el manejo de la información, una importante limitación de los sistemas CAD (Diseño Asistido por Computadora) ha sido que no cuentan con herramientas de topologías. Esta limitación es subsanada por el AutoCAD Map, un software qué cuenta con herramientas de generación y mantenimiento de topología utilizado como base para el desarrollo de herramientas de análisis de redes presentadas en este trabajo.

La topología es el campo de las matemáticas que estudia las relaciones de los elementos en el espacio. "La topología de un mapa es el conjunto de relaciones que describen la posición relativa de sus componentes" (Cebrián , 92).

La concepción de estas relaciones varía entre los sistemas raster y vectoriales. En los sistemas raster (matriciales) las relaciones se producen entre celdas como análisis, generalmente, de vecindad, conformándose las entidades espaciales a partir de la proximidad física y de atributos entre los píxeles. Los sistemas vectoriales se suelen basar en una topología arco-nodo que viene definida por la direccionalidad, la conectividad y la proximidad entre vectores; de forma tal que a partir de éstos y otros valores se definen las diferentes entidades espaciales.

La topología tiene una gran importancia en el desarrollo y evolución de los SIG. Es determinante en sus capacidades de análisis y define en gran manera el desarrollo de los formatos de la información geográfica. (GBIF-ES, 2013)

Existen básicamente tres tipos de topologías (AUTODESK, 2013):

Topología de Nodos compuesta por un sistema de objetos punto relacionados que pueden ser usados para analizar relaciones entre puntos individuales en un mapa, tales como una válvula no conectada. Los Nodos tienen solo localización X, Y y no ocupan área.
Topología de Redes en donde un sistema de vínculos conectados puede ser usado para desarrollar análisis en entidades topográficas lineales tales como líneas eléctricas. Un gran espectro de alternativas se adiciona al asignar un valor de dirección y peso a los segmentos en una red topológica.

Topología de Polígonos generada por áreas, o polígonos, estas se forman de segmentos (vínculos) interconectados. Las topologías de polígonos pueden ser usadas para analizar relaciones entre superficies de tierra tales como áreas de cosecha, predios, etc.

En términos de geometría y del archivo de dibujo, en AutoCAD Map, una topología consiste de datos de objeto adicionales en la geometría.

Área de estudio

En este trabajo nos enfocamos en el uso de las topologías de redes y en especial su aplicación al análisis de continuidad. Esto es de especial interés para las Empresas distribuidoras de Energía Electica, para la detección de áreas afectadas por interrupciones en el suministro de energía eléctrica, identificación de circuitos y los clientes abastecidos por ellos.

Metodología

Análisis geográfico

Se refiere a las herramientas que permiten el análisis de los datos, con el objetivo de extraer información ya existente o de generar nuevos datos.

El análisis geográfico a realizar dependerá del objetivo que se persiga en una aplicación concreta. Los tipos de análisis a realizar pueden clasificarse de forma general en análisis espaciales y análisis tabulares.

Análisis de redes

Una red es un sistema interconectado de elementos lineales, que forman una estructura espacial por la que pueden pasar flujos de algún tipo: personas, energía, etc. (Bosque, 92). Un SIG permite analizar una red desde distintos puntos de vista, siendo los más utilizados la búsqueda de rutas óptimas y la localización de servicios. (Domínguez, 1994).

Preparación del Mapa

Antes de crear una topología, es necesario verificar que la información del dibujo no contiene errores en la geometría, tales como líneas que no se tocan o se sobreponen sin intersección. Son esenciales los cuidados en la digitalización y en el caso de planos existentes, el uso de las herramientas de limpieza para depurar la información que se pretende usar en topologías.

Información con líneas duplicadas, líneas que se cruzan, líneas cortas, causaran que el proceso de creación de topología falle. Cualquiera de los siguientes problemas causa que la topología de redes o de polígonos no se pueda crear, que quede incompleta o incorrecta.

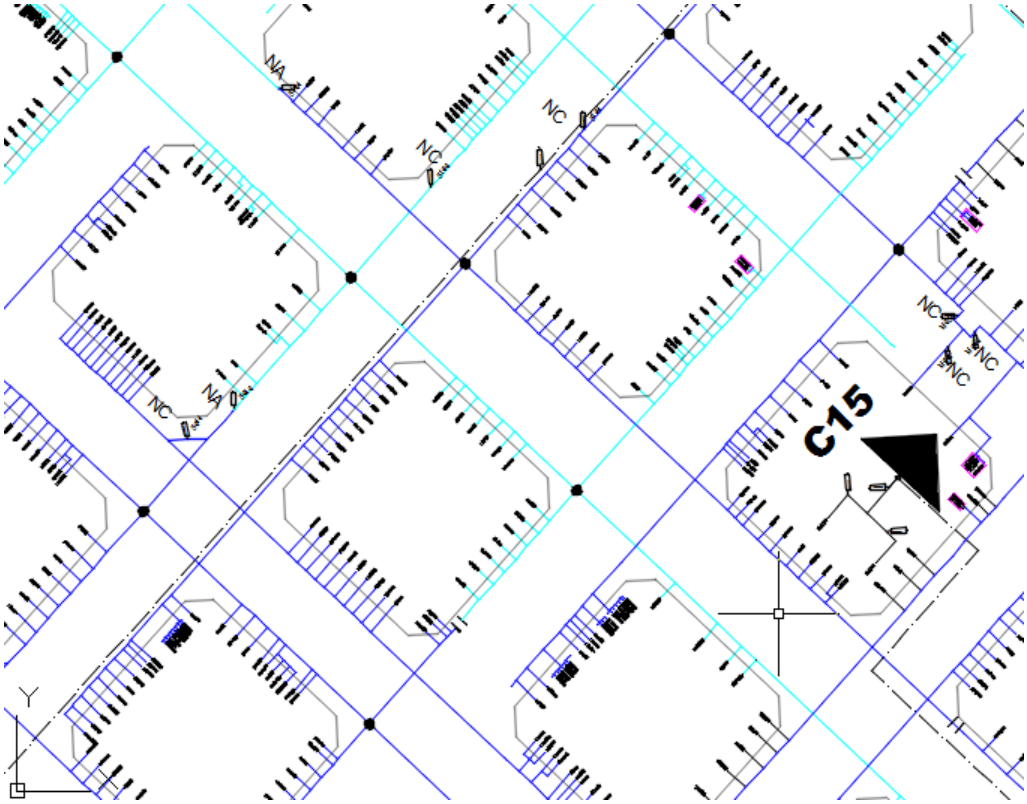
- Objetos Insuficientes – Objetos que se encuentran dentro de una tolerancia con respecto a otro.
- Objetos Sueltos – Objetos con al menos un punto final que no es compartido con otro objeto.
- Objetos Cortados – Objetos que se cruzan unos con otros sin un nodo de intersección
- Nodos Agrupados – Nodos que se encuentran dentro de una tolerancia uno del otro.
- Objetos Duplicados – Objetos que comparten el mismo punto de inicio y el mismo punto final.
- Objetos Cortos – Objetos que son más cortos en longitud que la tolerancia especificada

Los objetos Cortados deben ser cuidadosamente controlados; algunos objetos no deben cortar en las intersecciones, por ejemplo, segmentos que representan tramos de red que se cruzan pero no se conectan.

Para evitar confusiones se creó un bloque en forma de circulo relleno que se ubica en los cruces de líneas que se unen, si bien no cumple una función en la creación de las topologías, facilita la revisión visual para confirmar que efectivamente hay una unión entre tramos de red (Fig. 1).

Una vez que el mapa cuenta con la geometría de la red, es posible agregar inteligencia creando una topología de redes, la que puede ser consultada para obtener información, usada para crear mapas temáticos, o para ejecutar análisis tales como Caminos Óptimos y Rastrear Flujos, en este último caso se derivan numerosas aplicaciones de interés para el análisis de continuidad eléctrica.

Figura 1.
Representación de red de Baja Tensión.



En la intersección de los segmentos existen nodos. Los segmentos inician y terminan con nodos, y los nodos forman la intersección entre dos o más segmentos. En AutoCAD Map, las topologías de redes pueden ser creadas a partir de polilíneas, pero solo después que la integración de las líneas ha sido verificada. Si se encuentran Nodos Agrupados, Líneas Duplicadas, objetos insuficientes, en la geometría de la red, estos deben ser eliminados antes de proceder con la creación de la topología.

Con cada topología de red se crea una tabla de datos de objeto la cual almacena la información para cada segmento (Vínculo). Los campos incluyen el Número de Identificación del Segmento, los

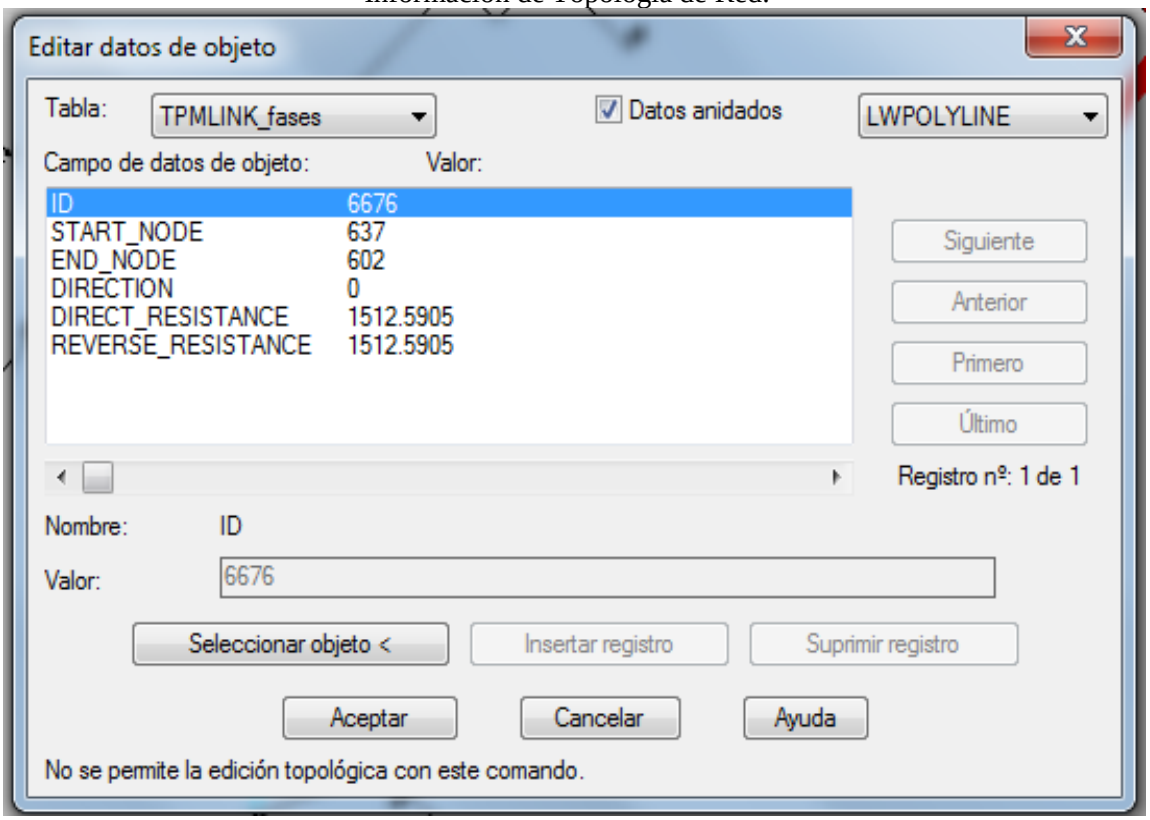
Número de Identificación del Nodo Inicial y el Nodo Final, el Valor de la Dirección Asociada, y los Valores de Resistencia Directa e Inversa.

En una topología de red, los valores de dirección identifican el sentido que el movimiento puede tomar a través de los segmentos. Todos los movimientos son relativos al nodo de inicio y final que son creados con la topología. Con cada segmento en la topología de red son asociados uno de los tres valores de dirección posibles. Para un valor de 0, es posible el movimiento en ambas direcciones. Para un valor de 1, el movimiento es posible en la misma dirección en la cual el segmento fue creado. Para un valor de –1, es posible el movimiento en sentido contrario de la dirección en que el segmento fue creado. En las redes eléctricas esto es de importancia en los rebajes de Alta Tensión a Media Tensión o Media Tensión a Baja Tensión en donde la circulación de la energía es únicamente posible de mayor a menor nivel de tensión.

Los valores de Resistencia representan la cantidad de fuerza requerida para que el movimiento ocurra a través de un segmento. La Resistencia Directa es el valor asociado con el movimiento en la dirección que el segmento fue creado. Resistencia Inversa es el valor asociado con el movimiento en la dirección opuesta.

La red eléctrica es representada por polilíneas con datos de objeto asociados (Fig. 2). Una vez que se ha creado una topología de red, es posible comenzar a usarla para desarrollar el análisis.

Figura 2.
Información de Topología de Red.



Agüero, Carlos A.; Suarez, Juán A.; Anaut, Daniel O. y Di Mauro, Guillermo. 2014. La Topología como base para el Análisis de Redes Eléctricas. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 17. pp. 201-210. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

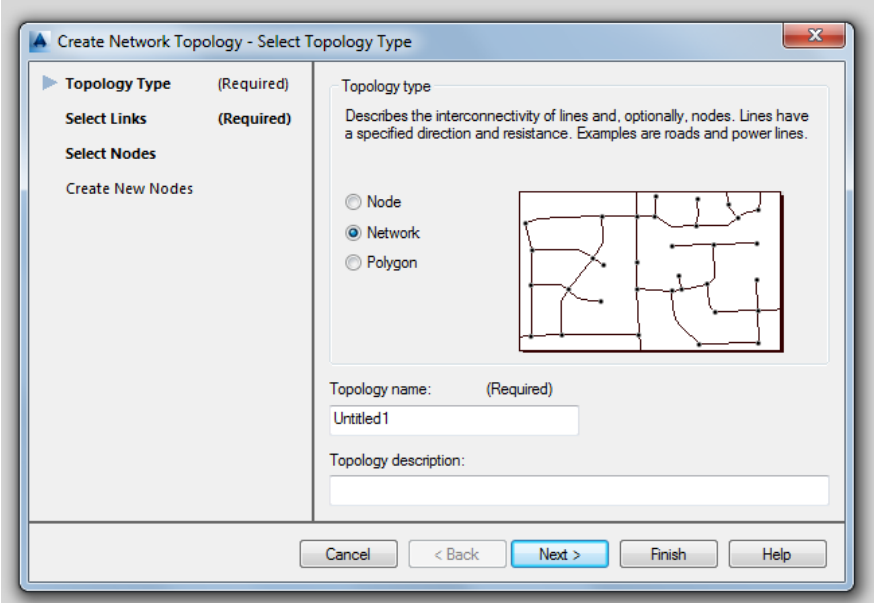
Rastrear Flujo (Flood Trace)

El Rastreo de un Flujo da como resultado todos los nodos y segmentos que se encuentren dentro del radio especificado a partir del punto definido. AutoCAD Map puede alterar el color de todos los segmentos a lo largo de las rutas que se encuentran dentro de un rango de resistencia especificado o generar una nueva topología. Rastrear Flujo es muy útil para mostrar todas las áreas dentro de una región en una localización geográfica. Por ejemplo controlar que una topología de red se encuentre correcta o los tramos de red afectados por una interrupción si se asigna un valor conveniente alto al parámetro Resistencia Máxima y a la resistencia que ofrecen los equipos de maniobra y protección involucrados.

Es por esto que las topologías de redes son componentes centrales en los análisis de continuidad ya que permiten identificar áreas afectadas por un corte y posteriormente seleccionar clientes y equipamiento involucrados.

Estas herramientas son muy potentes y versátiles pero para su uso es necesario realizar múltiples selecciones entre opciones y elementos que formarán parte de la topología como son los tramos de red , los nodos que cumplen función de elemento de maniobra y luego asignarles el peso (cero: seccionador serrado, infinito: seccionador abierto)(Fig. 3) .

Figura 3.
Herramienta de creación de topología.



A partir de programación en VisuaLISP (lenguaje nativo de AutoCAD) se desarrollaron herramientas que simplifican su uso y minimizan la posibilidad de errores en tareas repetitivas.

Estas herramientas deben dotar de inteligencia a los planos, es decir deben reconocer elementos digitalizados para identificar la función de cada elemento de la red. Para que esto sea posible es imprescindible la normalización del tipo de entidades admitidas, nombres de capas y tener cuidados en la ubicación relativa de cada elemento.

Resultados

Desarrollo de herramientas GIS para redes eléctricas:

Creación y mantenimiento de la topología de red

Una de las premisas fue simplificar al máximo el mantenimiento y actualización del sistema. Se desarrolló una herramienta que resume en un solo comando todos los procesos de creación actualización o edición de la topología de red. A este comando se denominó REHACERTOPOLOGIA

Al ejecutar este comando se realizan los siguientes pasos:

Seleccionar las entidades requeridas: Debe seleccionar todos los elementos energizados en la red de Alta, Media y Baja Tensión hasta llegar a la acometida a los clientes. Para poder automatizar esta selección de entidades a tener en cuenta en la generación de la topología es necesario respetar la asignación de capas establecida por la metodología y el uso de una librería provista de bloques para el equipamiento.

Verificar el estado de los equipos de maniobra y protección: la simbología propuesta para estos equipos está diseñada para que claramente se visualice el estado abierto o cerrado en los planos impresos y simultáneamente en función de su estado la herramienta asigna resistencia cero a los seccionadores cerrados y alta a los abiertos.

Asignar dirección a tramos de red en rebajes AT-MT y MT-BT: en la representación de las Estaciones Transformadoras se incorporan tramos que son reconocidos y se asigna direccionalidad evitando el flujo de corriente para los tramos de red en rebajes AT-MT y MT-BT impidiendo que un análisis de continuidad en Baja tensión se extienda hacia la Media Tensión o de Media Tensión a la Alta Tensión.

Para la actualización y mantenimiento de redes, incorporación de altas y bajas de socios o modificaciones en circuitos deben seguir las reglas de limpieza detalladas previamente, tipo de entidad admitidas y capa donde se ubica cada elemento.

Desarrollo de herramientas para maniobra de seccionadores.

Esta herramienta (comando ONOFF) simplifica a un solo paso las tareas de edición del valor de resistencia de los equipos de maniobra y protección de la red y su visualización.

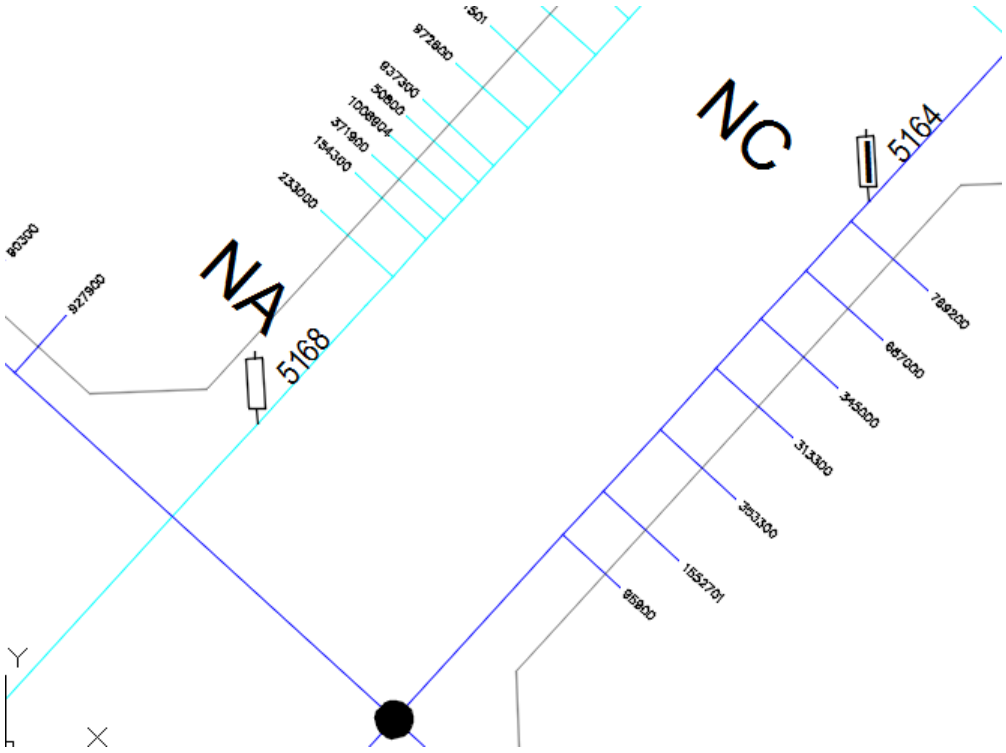
Pide seleccionar un bloque seccionador y conmuta simultáneamente el estado, tanto en la identificación visual del símbolo como en la asignación de resistencia dentro de la topología.

En AutoCad Map para realizar una edición dentro de una topología, debe estar creada y activa, por lo que el comando verifica el estado de la topología de red y de ser necesaria la crea invocando el REHACERTOPOLOGIA detallado en el punto anterior (primer uso) o la activa (en el caso de inicio de sesión)

El comando pide seleccionar un bloque seccionador (Fig. 4)

- Verifica su estado a partir del atributo abierto o cerrado
- Conmuta el estado
- Asigna valor de resistencia.

Figura 4.
Símbolo de seccionador normalmente abierto NA y cerrado NC.



Herramienta probar topología

Realiza un análisis de rastreo de flujo en modo previsualización para comprobar la continuidad de tramos de red a partir de un punto indicado en pantalla.

Muestra todas las rutas posibles desde un nodo seleccionado y va sumando el valor de la resistencia de cada uno de los vínculos y los nodos por los que pasan. El rastreo de rutas de acceso se detiene cuando la suma alcanza el valor de resistencia máximo del rastreo, en el caso de redes eléctricas se detendrá ante un extremo de red, seccionador abierto o una estación transformadora representada por un tramo con resistencia infinita en la dirección inversa al flujo de energía.

El funcionamiento del comando (PROBARTOPOLOGIA) se detalla a continuación:

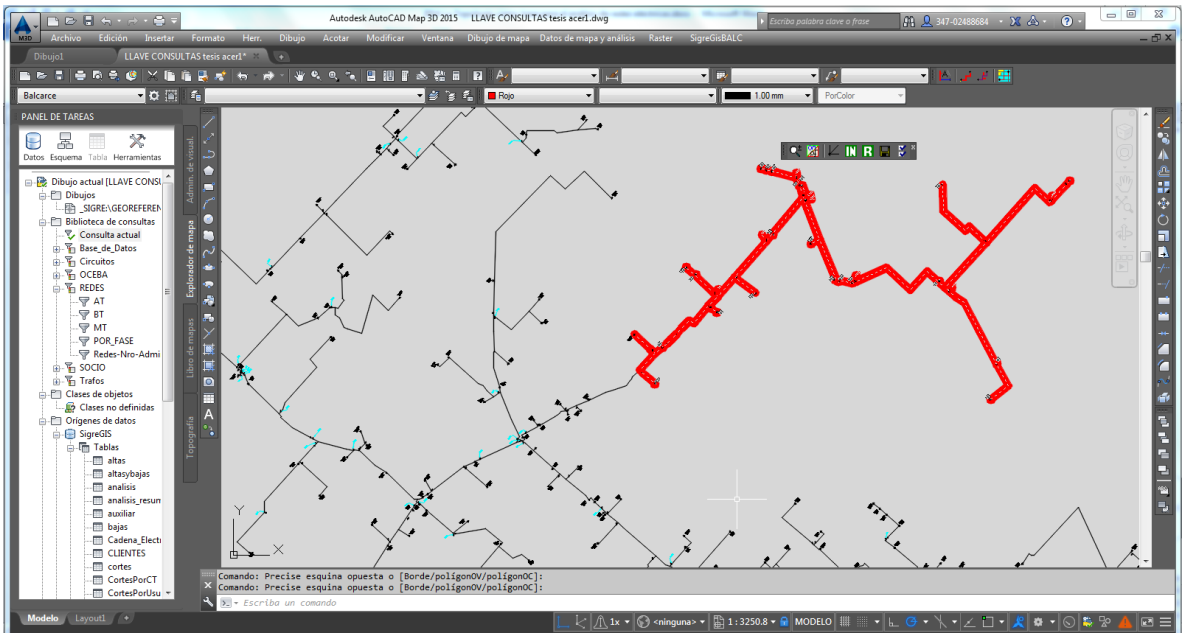
- Verifica que esté creada, activa y selecciona la topología.

- Pide indicar un punto sobre un tramo de red, identifica el nodo más cercano en la topología y lo establece como el Nodo Inicial
- Asigna como Parámetros de Rastreo, Valor Máximo de Resistencia 100000, un valor suficientemente alto para asegurar que el análisis se extienda en todos los tramos interconectados eléctricamente. Este parámetro significa que el Rastreo del Flujo viajara un máximo de 100000 unidades antes de finalizar. Este valor incluye la resistencia de las redes, el cuál es su longitud por default, y la resistencia de los seccionadores. Si un seccionador está cerrado, la resistencia es cero, abierto mayor que 100000.
- El comando tiene en cuenta los tramos con dirección asignados a los tramos de red en rebajes AT-MT y MT-BT impidiendo que un análisis de continuidad en Baja tensión se extienda hacia la Media Tensión o de Media Tensión a la Alta Tensión.

Como Resultado del análisis se establece la opción Mostrar Flujo y asigna color 1 (rojo) en modo previsualización (con un redibujado puede limpiarse) (Fig. 5).

Este comando no produce modificaciones en la red y es ideal para verificar la continuidad de tramos luego de cualquier tarea de actualización o mantenimiento de las redes.

Figura 5.
Visualización resaltada de tramos interconectados.



Seleccionar redes/clientes

Este comando (SELRED) permite utilizar el resultado del análisis de continuidad para seleccionar los tramos de red y/o los clientes comprendidos.

El funcionamiento es similar al de PROBARTOPOLOGIA, pero a diferencia del anterior, como resultado genera una nueva topología modificando el espesor y color de los tramos seleccionados para su rápida identificación.

El comando permite ser usado más de una vez y luego utilizar la suma para seleccionar las entidades (tramos de red, equipamiento, acometidas a clientes y sus vínculos a bases de datos).

A partir de esto se derivan numerosas aplicaciones de gran utilidad para el área técnica de una Empresa Distribuidora de Energía Eléctrica:

Creación de mapas temáticos de circuitos: permite visualizar en diferentes colores los tramos de red y acometidas de clientes para cada salida del Centro de Transformación.

Identificación de equipos y Centros de Transformación aguas abajo de un punto de la red.

Identificación y selección de clientes abastecidos por Circuito o Centros de Transformación para acceder a la base de datos, realizar cálculos de energía media suministrada o estudios de reasignación de cargas.

Identificación de áreas afectadas por interrupciones: esta utilidad es la base de un software al que hemos llamado SigreGIS Este software implementado en cooperativas del Sud Este de la Provincia de Buenos Aires (Balcarce, Mar del Plata, Laguna de Los padres, San Cayetano) permite identificar y almacenar en una carpeta Histórico los circuitos, equipos y clientes afectados por cada interrupción junto a datos de causa y duración y luego realizar cálculos e informes de calidad de servicio (OCEBA, 1997).

Conclusión

A partir de una estandarización y especificación del tipo de entidad y capa de los elementos digitalizados según la función en una red eléctrica, es posible desarrollar herramientas basadas en los análisis de continuidad de topología de redes, muy simples de utilizar, permitiendo simular las operaciones habituales en las redes eléctricas, y con gran cantidad de aplicaciones derivadas.

Bibliografía

AUTODESK. 2013. Autodesk Geospatial White Paper. 2013 Autodesk, Inc.

Bosque Sendra, J. 1992. *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid. RIALP.

Cebrián, J.A. 1992. *Información geográfica y sistemas de información geográfica*. Santander: DIDOT SA.

Domínguez, J. 1994. *Conceptos básicos y aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica*. Technical Desktop Magazine, Marzo/Abril, Vol. II, nº 6. p. 28 a 33. Madrid.

GBIF-ES. 2013. Sistemas de Información Geográfica (SIG): Técnicas básicas para estudios de biodiversidad Nodo Nacional de Información sobre Biodiversidad Ministerio Español de Economía y Competitividad, Consejo Superior de Investigaciones Científicas España.

OCEBA. 1997. *Normas De Calidad Del Servicio Público y Sanciones*. Organismo de Control de la Prov. De Buenos Aires.

Caloni, Nicolas. 2014. Análisis espacial del riesgo tecnológico. El uso de agroquímicos en el Partido de Luján. (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 18. pp. 211-218. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Análisis espacial del riesgo tecnológico. El uso de agroquímicos en el Partido de Luján. (Provincia de Buenos Aires) 2014

Nicolás Caloni[1]

Resumen

Uno de los principales frutos del desarrollo tecnológico actual, es paralelamente, la generación de condiciones de riesgo y vulnerabilidad en la sociedad y el medio natural que actúa como soporte de la misma. En el Partido de Luján, en los últimos diez años se ha evidenciado un fuerte incremento del área sembrada (principalmente soja) desplazando otro tipo de producciones (ej., lechera). Este avance de la agricultura trajo aparejado un conflicto con la comunidad dado que muchos lotes de cultivo se encuentran en las cercanías de los centros poblados.Ante esta realidad, es imprescindible generar mecanismo y soluciones a los problemas ambientales a los cuales se encuentran expuestas nuestras comunidades, entendiendo que los mismos presentan una gran complejidad. Es uno de los principales desafíos de las nuevas tecnologías, en nuestro caso, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), avanzar en la búsqueda de soluciones concretas a los problemas ambientales complejos.
A partir de la utilización de imágenes satelitales y de relevamientos a productores agropecuarios, podremos caracterizar los principales usos del suelo, los mecanismos de control de plagas y malezas y relacionarlos con la población que reside en las cercanías a fin de determinar las condiciones de riesgo y vulnerabilidad a la que pueden estar expuestas.

Palabras claves: Sistemas de Información Geográfica, agroquímicos, vulnerabilidad.

Abstract

One of the main fruits of technological progress is parallel, generating conditions of risk and vulnerability in society and the natural environment which acts as a support for it.
In the district of Luján, in the last ten years have shown a strong increase in planted area (mainly soybean) displacing other productions (eg, milk). This development of agriculture brought about a conflict with as many batch cultures are in the vicinity of the towns community.
Given this reality, it is essential mechanism generate solutions to environmental problems to which our communities are exposed, meaning that they have a high complexity. One of the main challenges of new technologies, in our case, the Geographic Information Systems (GIS), to advance in the search for concrete solutions to complex environmental problems.
From the use of satellite images and surveys to farmers, we can characterize the main land uses , mechanisms of control of pests and weeds, and relate them to the population living in the vicinity to determine the conditions of risk and vulnerability that may be exposed.

Keywords: Geographical Information System, agrochemicals, vulnerability.

[1] Becario Conicet, Universidad Nacional de Luján, Depto. de Ciencias Sociales, caloninicolas@gmail.com

Caloni, Nicolas. 2014. Análisis espacial del riesgo tecnológico. El uso de agroquímicos en el Partido de Luján. (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 18. pp. 211-218. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Las numerosas catástrofes registradas en el planeta desde la segunda mitad del siglo pasado han puesto de relieve que un accidente industrial o tecnológico puede tener consecuencias de una magnitud igual o superior a la de una catástrofe natural (Adnán Boulaich, Montserrat Gómez Delgado y Joaquín Bosque Sendra, Depto. de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares-2007).

No hay más que recordar algunos sucesos con efectos catastróficos de escala supra-regional (accidente en la central nuclear de Chernobil, consecuencias del huracán Mitch, hundimiento del petrolero Prestige) para demostrar la relevancia y actualidad de esta línea de investigación.

La sensibilidad de la sociedad ante este tipo de situaciones ha venido incrementándose con eventos catastróficos como los mencionados, lo que ha derivado en un aumento del interés público por mejorar la calidad de vida y seguridad de la población, que comenzaría por conocer los peligros a los que se encuentra expuesta y las potenciales consecuencias de dicha exposición.

Los múltiples ejemplos de las cuantiosas pérdidas materiales y humanas experimentadas como resultado de desastres acaecidos en los denominados países del Tercer Mundo, en comparación a las muchas menores producidas en los países desarrollados, indican que, en gran medida, las catástrofes son el resultado de una deficiente organización social que conduce a respuestas inadecuadas ante procesos extremos del medio físico (Maskrey, 1993; Blaikie et al., 1994).

Las investigaciones sobre riesgos han desarrollado conceptos de gran interés -como los de exposición y vulnerabilidad-**,** cuyas posibilidades operativas para un análisis territorial concreto han sido todavía poco exploradas, sobre todo en el caso de los riesgos tecnológicos (Calvo García-Tornel, 1997 y 2001; Smith, 1992; Hewitt, 1997).

En este marco podemos decir que la investigación teórica y metodológica sobre estos temas ha experimentado un cierto impulso en estos últimos años, especialmente en lo que concierne al desarrollo de nuevas técnicas para el análisis territorial de los riesgos tecnológicos (Carava, 1994; Saurí, 1995; Bosque Sendra, 2001; Bosque Sendra, 2004.)

La cartografía de los riesgos constituye una línea de trabajo de larga data. Con respecto a los riesgos naturales, las investigaciones se han dirigido al estudio de los factores del medio físico que inciden en el inicio o en la inducción de los desastres, en la caracterización de la injerencia humana como potenciadora de sus consecuencias y en la identificación de la recurrencia temporal de los desastres, todo ello con el objetivo de definir el territorio potencialmente afectado y estimar los posibles daños (por ejemplo, MOPT, 1992; Güell y Sorribas, 1994; Martín Loeches, 2002; Laín Huerta, 2000).

En el caso de los riesgos tecnológicos, los avances han sido limitados y se han centrado fundamentalmente en los estudios de vulnerabilidad territorial y de distribución espacial de instalaciones o actividades potencialmente peligrosas (Zeigler, 1983; Saurí, 1995; Lowry, 1995; Stein, 1995; Sengupta, 1996.).

Del análisis de las investigaciones más recientes en cartografía de riesgos tecnológicos, los avances observados se han centrado en analizar la vulnerabilidad del territorio y/o la población expuestos a amenazas ambientales, como un factor determinante para valorar la magnitud del riesgo (Eastman y Hulina, 1997). Se está emprendiendo, por tanto, una línea de trabajo de extraordinaria relevancia social, con notables oportunidades de aplicación en ordenamiento del territorio, en la que, además, hay muchas posibilidades de análisis territorial y, por tanto,

Caloni, Nicolas. 2014. Análisis espacial del riesgo tecnológico. El uso de agroquímicos en el Partido de Luján. (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 18. pp. 211-218. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

cartográfico. Es ésta una línea en la que el equipo de investigación del Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares ya ha trabajado, sobre propuestas de cartografía de vulnerabilidad a los riesgos, (Bosque, 2000b; Bosque, Díaz Muñoz y Díaz Castillo, 2002; y Díaz Muñoz y Díaz Castillo, 2002).

El desarrollo de nuevas técnicas para el análisis territorial, las cuales se basan en el uso de Sistemas de Información Geográfica, permiten dar respuestas de sustento espacial a algunos de los interrogantes planteados, por lo tanto resulta conveniente explorar sus posibilidades actuales (Moreno Jiménez y Bosque Sendra, 2004; Buzai y Baxendale, 2006; Gómez Delgado y Barredo Cano, 2006; Carr y Zwick, 2007).

En el presente estudio, exploraremos las posibilidades de los SIG para combinar los modelos de exposición al riesgo y la vulnerabilidad de la población en un territorio definido como lo es el Partido de Luján, es lo que se considera en Bosque Sendra, J. *et al.* (2004) como un tema pendiente para ser abordado por futuros desarrollos en esta línea de investigación.

Área de estudio

El municipio de Luján se encuentra ubicado en el este de la región pampeana, cuanta con una superficie de 77.000 km^2 de las cuales alrededor de 10 km^2 se utilizan con fines agropecuarios alternándose distintos tipos de producciones.



Mapa n°1

Está compuesto por la ciudad de Luján (cabecera del partido) y las localidades de Open Door, Torres, Olivera, Cortinez, Carlos Keen y José María Jáuregui. Cuenta con una población, según datos del Censo 2010, de 106.237 habitantes (un 13% más que en 2001), representando la población urbana alrededor del 87% y alcanzando una densidad poblacional de 137,9 hab/Km^2.

El sector productivo del partido de Luján, por unidad de superficie, es muy importante. En la zona lo superan solamente Buenos Aires y La Plata y se encuentra dentro de niveles similares a Campana, Mercedes, Zárate y Pilar. Según el Censo Nacional Agropecuario realizado en el año 2002, el sector primario se constituye de 90 Emprendimientos Agrícola Productivos (EAP) los cuales ocupan una superficie de 26.860,6 ha. (298,45 ha. en promedio). Según datos del Centro de Investigaciones Territoriales y Ambientales Bonaerenses para la campaña 2006/7 este sector se encontraba compuesto por: 10.600 ha. sembradas con soja, 2800 ha.; con trigo, 2.400 ha. ; con maíz y 500 ha. con Girasol.

Debido al avance urbano registrado en los últimos años se ha verificado una modificación en el continuo urbano – rural dándose un fenómeno de producciones agrícolas de diferentes características en las cercanías de los centros poblados. Esta situación trae aparejado una serie de situaciones que necesitan ser estudiadas en detalle. Por un lado aparece la situación favorable de generación de mano de obra de la mano de las producciones intensivas (horticultura, cría de aves, cerdos, fruticultura, etc.) y por el otro, situaciones de riesgo para la salud de los habitantes de la mano del uso de agroquímicos. En este aspecto el municipio de Luján ha sancionado una ordenanza que restringe y limita el uso de agroquímicos en todo el distrito haciendo hincapié en la protección de la salud de la población. Esta ordenanza, entre otras cosas, fija límites para las aplicaciones de agroquímicos en función de la distancia a los centros poblados, escuelas, centros de salud, etc. Como resultante de esto deberá modificarse el uso de un sinnúmero de parcelas productivas que se encuentran en los lugares cercanos a los centros urbanos.

Fundamentos

Los principales fundamentos de la elección de este tema están relacionados con el desafío profesional por investigar en un campo científico que se encuentra en pleno desarrollo, como lo es el análisis de los riesgos tecnológicos a partir de la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG). A través de la bibliografía consultada, es posible determinar el aporte sustancial que este trabajo puede brindar a este campo, analizando las condiciones de vulnerabilidad y de exposición en conjunto, es decir logrando una verdadera aproximación a la caracterización integral del riesgo.

A partir de la utilización de los SIG podremos analizar la relación entre los riesgos tecnológicos y las condiciones sociohabitacionales que nos permitirán identificar espacialmente situaciones de vulnerabilidad social. A partir de estás determinaciones, surgirán aportes para el ordenamiento del territorio con el objetivo de minimizar las condiciones de condiciones de vulnerabilidad a las cuales se hayan expuestas las poblaciones.

Avanzar en la búsqueda de soluciones concretas a los problemas ambientales complejos a los cuales se encuentra expuesta la población es uno de los principales desafíos de las nuevas tecnologías, es por ello que nos apoyaremos en los SIG, en la presente investigación.

Objetivos

- Analizar la exposición al riesgo tecnológico relacionado a la aplicación de agroquímicos en el Partido de Luján.
- Crear mapas de áreas agrícolas con utilización de agroquímicos.
- Componer mapas de exposición al riesgo tecnológico.

Metodología

Cuando analizamos la realidad a través de los SIG estaremos viendo con mayor claridad ciertos fragmentos de la realidad, aspectos más proclives a ser trabajados mediante el paradigma de la geografía cuantitativa, postura que le brinda principal sustento a estas actuales tecnologías digitales. Los SIG juegan un papel fundamental porque nos permiten ver el territorio tal como es hoy en día. Sería muy dificultoso, sin la existencia de estas herramientas, de sus conceptos y de sus procedimientos, lograr analizar y comprender nuestro entorno con la precisión, fiabilidad y rapidez que es necesario.

Las imágenes satelitales utilizadas pertenecen al satélite Landsat 5, correspondientes a las fechas 25-01-2011 y 06-09-2011 ambos con path: 225 y row: 84. Con dichas imágenes se procedió a realizar el cálculo de NDVI y determinar las zonas con mayor productividad agrícola. Dichos procedimientos se efectuaron con el software raster Grass 6.4.3

A partir de la generación de bases de datos geográficas se aplicaran procedimientos de análisis espacial que nos permitan caracterizar los usos de suelo, determinar el área de influencia y/o preservación para cada uno de los elementos considerados. Los procedimientos de análisis espacial han sido llevados a cabo con el software de gis Quantum Gis 2.0.1

Para finalizar, no cabe duda hoy que los SIG no sólo son una herramienta metodológica, sino especialmente actúan como una herramienta conceptual. A partir de esta estrecha relación con la perspectiva sistémica y desde allí con aspectos del racionalismo y el cuantitativismo, generan bases para la aplicación de una disciplina sólida que apoya la toma de decisiones socioespaciales con fundamentos científicos. Esto adquiere sentido en la búsqueda de mejorar la justicia espacial en el presente y para las generaciones futuras (Buzai-2005).

Desarrollo

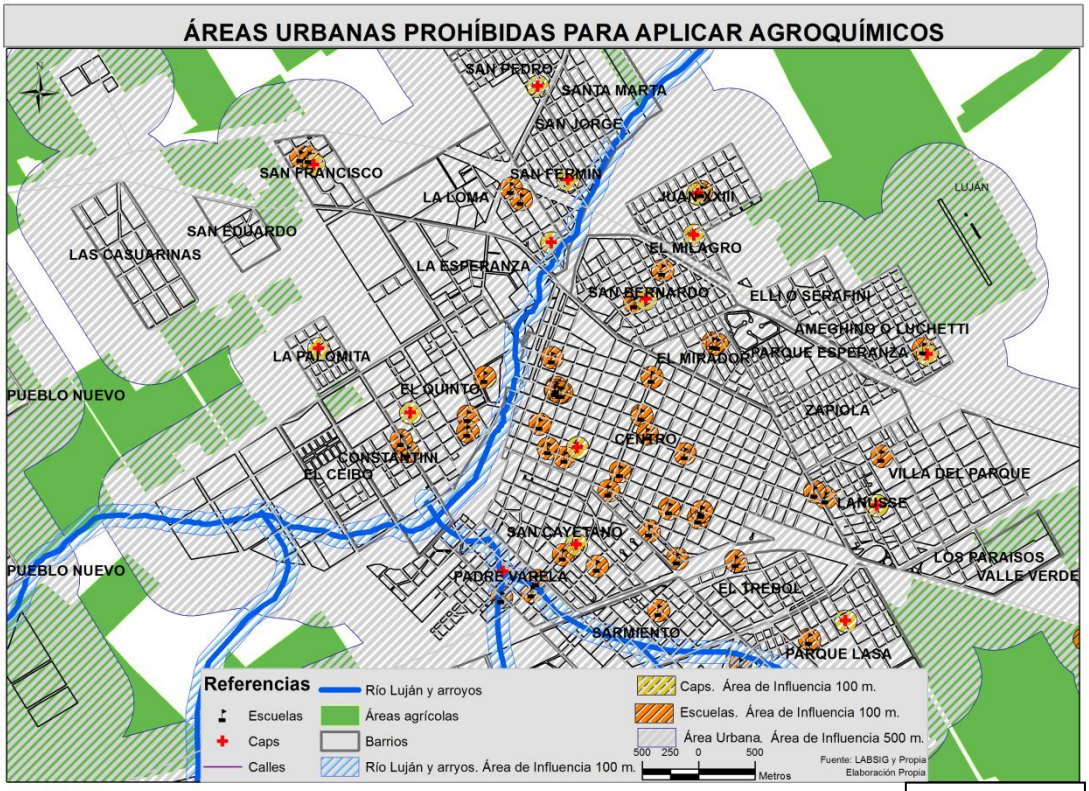
El estar continuamente expuesto a un riesgo y desconocerlo, se transforma quizás en el elemento más peligroso de una situación, la ignorancia, con ella vienen aparejadas situaciones de vulnerabilidad y de injusticia social. Es por ello, que consideramos que el aporte que este tipo de trabajos puede realizar a las comunidades es muy valioso, diagnosticando la situación actual, con el objeto de identificar las zonas expuestas a riesgos permanentes.

En el caso de la presente investigación, como lo es la aplicación de agroquímicos en las superficies dedicadas a la agricultura, podemos considerar la presente ordenanza municipal 5953/11, en esta se determinan las prohibiciones en la aplicación de productos agroquímicos y/o plaguicidas con destino al uso agropecuario. Las determinaciones son las siguientes:

- Quinientos (500) metros del perímetro de las áreas urbanas y zonas de población consolidada.
- Cien (100) metros, como zona de resguardo, en los establecimientos escolares, centros primarios de la salud, casas aisladas, reservas naturales y área protegidas.
- Cien (100) metros en áreas linderas a los cursos y cuerpos de agua, sean limítrofes o internos los campos.

A partir del análisis de las restricciones se elaboraron las distintas bases de datos espaciales que a continuación se describen en conjunto en el mapa n°2.

Caloni, Nicolas. 2014. Análisis espacial del riesgo tecnológico. El uso de agroquímicos en el Partido de Luján. (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 18. pp. 211-218. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.



Mapa n°2

A modo de síntesis se ha generado la tabla de datos n°1, que permite identificar los elementos considerados en el mapa anterior.

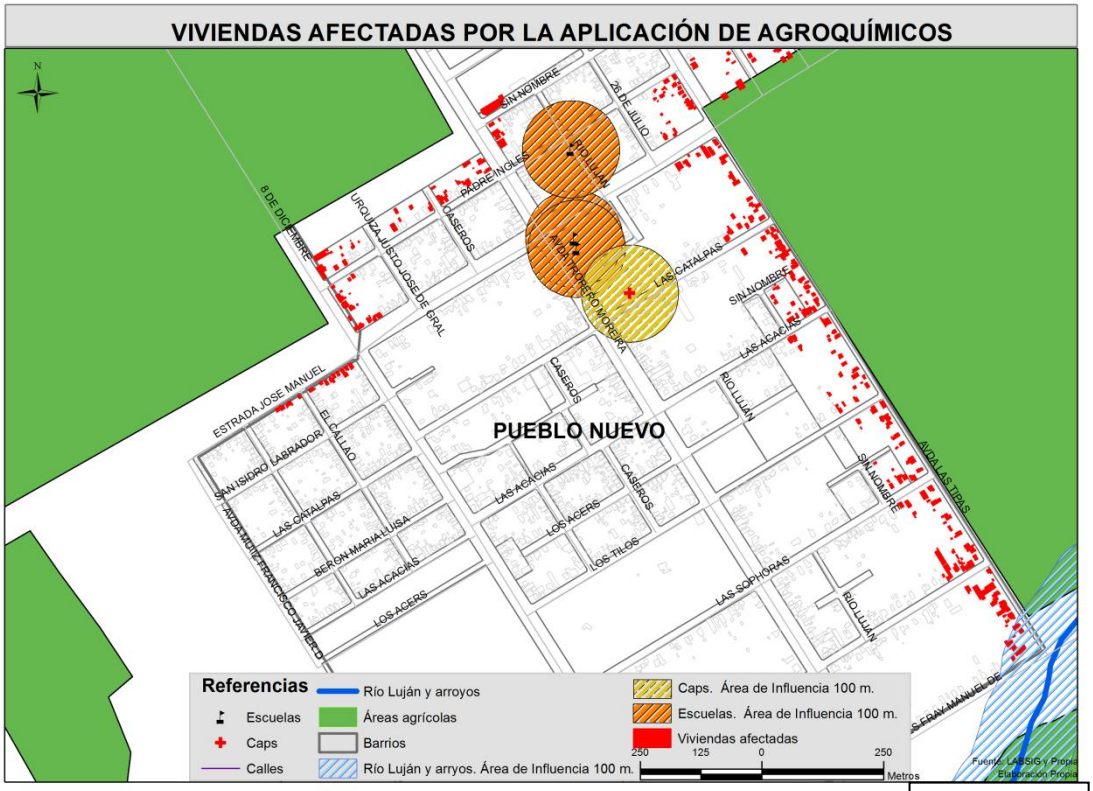
Capa de Información	**Cobertura**	**Área de preservación**
Escuelas	82 escuelas	100 metros.
Centros de Atención Primaria de la Salud (caps).	23 caps.	100 metros
Río Luján y Arroyos	1 río y dos arroyos	100 metros
Barrios (población urbana)	45 barrios	500 metros

Tabla n°1

Considerando la cercanía de las áreas agrícolas a los sectores urbanizados, tanto a los barrios y localidades del Partido, así como también aquellas viviendas en zonas rurales, se desprende que un total de aproximadamente 1679 viviendas se localizan a menos de 100 metros de distancia de de las zonas agrícolas en donde se aplican agroquímicos y/o plaguicidas.

A modo de ilustración se presenta el mapa n°3, en donde se hace foco sobre las localidades de Pueblo Nuevo y Cortinez, distante 5 y 8 kilómetros de la cabecera del Partido de Luján respectivamente.

Caloni, Nicolas. 2014. Análisis espacial del riesgo tecnológico. El uso de agroquímicos en el Partido de Luján. (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 18. pp. 211-218. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.



Mapa n°3

Como se puede observar en el mapa anterior, es un importante número de viviendas que actualmente se ven afectadas directa o indirectamente por la práctica de aplicación de agroquímicos en las áreas agrícolas. En el caso de la localidad de Pueblo Nuevo, la cual presenta un total de 2596 viviendas, de las cuales 513 se ven afectadas por la aplicación de agroquímicos.

Consideraciones Finales

Observamos que la realidad se presenta cada vez más compleja, por lo tanto, es loable destacar que este tipo de trabajos, contribuye a disminuir el grado de incertidumbre en el marco de la toma de decisiones, reduciendo así la probabilidad de cometer errores y de afectar a poblaciones, que por sus características intrínsecas, ya poseen condiciones de vulnerabilidad, y que el hecho de estar expuestas a un nuevo riesgo, supondría condenarlas a la marginalidad.
En las etapas siguientes, a través del acceso a las distintas fuentes oficiales de información se procederá a caracterizar la población y sus condiciones habitacionales a con el fin de identificar situaciones de vulnerabilidad social y exposición al riesgo tecnológico.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en la esta etapa, y a través de la aplicación de procedimientos de evolución multicriterio se generaran escenarios de vulnerabilidad social al riesgo tecnológico. Considerando estos escenarios reales y posibles se crearan propuestas de justicia socio-ambiental, orientadas a generar iniciativas que nos permitan mejorar la política de ordenamiento territorial.

Caloni, Nicolas. 2014. Análisis espacial del riesgo tecnológico. El uso de agroquímicos en el Partido de Luján. (Provincia de Buenos Aires). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 18. pp. 211-218. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Bibliografía

Álamo, Joan Amenós. (2010). Relación entre normativa urbanística y legislación reciente sobre riesgos tecnológicos. Revista catalana de seguretat pública, ISSN 1138-2465, Nº. 23, 2010 , págs. 81-90.

Aneas de Castro, Susana (Compiladora) (2012).El hombre frente a los riesgos del ambiente Editorial Universidad Nacional de San Juan.

Avitia Corral, Alba Yadira; De La Mora Covarrubias, Antonio; Cota Espericueta, Alma Delia,; Corral Díaz, Rafael; Carrasco Urrutia, Katya Aimeé y Santana Contreras, Laura Elena. (2006) La cartografía de riesgo como instrumento técnico para la reubicación de la industria ladrillera del municipio de Juárez, México. Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Buzai, Gustavo D.; Baxendale, Claudia, A. (2011) Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica, Perspectiva científica Temática de base raster. Lugar Editorial. 302 pp. Buenos Aires.

Buzai, Gustavo D.; Baxendale, Claudia, A.; Cacace, Graciela.; Dzendoletas, María A. (2011) Análisis de usos de suelo urbano y regional. Localizaciones óptimas y conflictivas estudiadas con Sistemas de Información Geográfica. Serie: Documentos del PROEG N° 11, Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján.

Gómez Delgado, Montserrat; Díaz Castillo, Concepción; Escobar Martínez, Francisco J. ; Rodríguez Espinosa, Víctor M.; Salado García, María Jesús. (2004) Caracterización de los riesgos ambientales para la salud - puesta a punto de un sig en dos distritos del sureste de Madrid.. **Serie Geográfica.** Número 12 - 2004-2005: 11 – 37.

Linayo, Alejandro. (2006) Una mirada al tratamiento del riesgo tecnológico Urbano en América Latina. Alejandro Linayo. Centro de Investigación en Gestión de Riesgos – CIGIR. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina – LARED.

Sendra, .Joaquín Bosque y Díaz Muñoz, Mª Ángeles. (2004) Los riesgos generados por las industrias y otras infraestructuras en la Comunidad de Madrid. Un análisis geográfico. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. 2004.

Ulrich Beck. (1998) La sociedad del Riesgo. Hacia una nueva modernidad. Editorial Paídos.

Dillón, B.; Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M.C.; Diharce, C.; Leone Escuredo, D. y Palazzo L. 2014. Expansión del área petrolera: impactos, cambios y transformaciones geográficas en el sudoeste de La Pampa – Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 19. pp. 219-236. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Expansión del área petrolera: impactos, cambios y transformaciones geográficas en el sudoeste de La Pampa - Argentina

Beatriz Dillón, Daila G. Pombo, Ma.Celeste, Martínez Uncal[*]
Carolina Diharce, Danilo Leone Escuredo, Leandro Palazzo[**]

Resumen
Las manifestaciones territoriales de las poblaciones rurales del sudoeste pampeano (Colonia Chica y Gobernador Ayala) atraviesan permanentemente modificaciones y reconfiguraciones, especialmente relacionadas con el avance de la exploración y explotación hidrocarburífera. Este hecho vuelve necesaria la gestión de las Tecnologías de la Información Geográfica que permita visibilizar la historicidad de este proceso, los actores involucrados, la intervención del Estado, los problemas ambientales, los conflictos emergentes y los más solidificados, además de las resistencias al avance de las Empresas por parte de los puesteros, los marcos jurídicos que regulan el funcionamiento de pagos de subsidios y servidumbres, entre otros aspectos. Desde la Geografía Crítica se propone un estudio de las configuraciones territoriales atendiendo a su multidimensionalidad y multiescalaridad, de esta forma, el presente trabajo tiene como objetivo enfatizar la "espacialidad" de las relaciones de poder dentro de las relaciones sociales, generando una ruptura con la concepción de espacio estático, ahistórico, y develando la complejidad de las diversas geografías, que no son más que las distintas materializaciones de las relaciones sociales en un espacio con determinada escala, devenido de un proceso histórico. Dentro de las regiones estudiadas, se manifiestan todos los principios que constituyen el territorio: soberanía, conflictualidad, multiescalaridad, multidimensionalidad e intencionalidad. Todo esto da lugar a múltiples territorialidades en conflicto.

Palabras claves: multiterritorialidad, multiescalaridad, puesteros.

Abstract
The territorial manifestations of rural populations of pampas Southwestern (Colonia Chica and Gobernador Ayala) crossing permanently changes and reconfigurations, especially relating to the progress of hydrocarbon exploration and exploitation. This becomes necessary management of Geographic Information Technologies visible allowing the historicity of this process, stakeholders, government intervention, environmental problems, emerging conflicts and more solidified, plus resistance to the advance of Companies by stallholders, legal frameworks governing the operation of subsidy payments and easements, among others. From a study of Critical Geography territorial configurations according to their multidimensionality and multiescalaridad, this way, this paper aims to emphasize the "spatiality" of power relations within social relationships, creating a break with the proposed conception of static, ahistorical space, revealing the complexity of the various geographies, which are nothing but the different embodiments of social relationships in a space with certain scale, become a historical process. Sovereignty conflictuality, multiescalaridad, multidimensionality and intentionality, in the regions studied, all the principles which constitute the territory manifest. All this gives rise to conflicting multiple territories.

Key words: multiterritoriality, multiescalaridad, puesteros.

[*] Docente-Investigadora, Facultad de Ciencias Humanas – UNLPam – dillonbeatriz@gmail.com - dailapombo@gmail.com - mcelemu@hotmail.com
[**] Becarios y alumnos, Facultad de Ciencias Humanas – UNLPam - carodiharce@gmail.com - leoneescuredo@gmail.com - lea_elpala@hotmail.com

Dillón, B.; Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M.C.; Diharce, C.; Leone Escuredo, D. y Palazzo L. 2014. Expansión del área petrolera: impactos, cambios y transformaciones geográficas en el sudoeste de La Pampa – Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 19. pp. 219-236. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Los yacimientos hidrocarburíferos en la provincia de La Pampa, en la zona aledaña al río Colorado, integran el borde norte de la cuenca neuquina, una de las mayores reservas petrolíferas y gasíferas del país.

Desde el comienzo de la exploración y explotación, la dinámica del proceso productivo hidrocarburífero manifestó cambios e improntas espaciales que afectaron y afectan –directa o indirectamente- los componentes estructurales y simbólicos de la realidad social. En todo el proceso productivo, se generan dinámicas que provocan un ritmo acelerado en la movilidad de las personas, los capitales y la tecnología dando lugar a multiterritorialidades que se sostienen con mayor o menor permanencia.

De esta manera, la dinámica de la actividad genera profundos cambios tanto en los territorios materiales como en las poblaciones urbanas y rurales las que se manifiestan en relaciones múltiples que atraviesan permanentemente las dimensiones de la formación espacial generando modificaciones y reconfiguraciones permanentes.

En el marco del proyecto de investigación *Atlas Geográfico y Satelital de la Provincia de La Pampa* se viene realizando el mapeo de una serie de dimensiones que, a partir del uso de las herramientas que brindan las tecnologías de la información geográfica permiten visibilizar la historicidad del proceso. Por ello, se ha estructurado esta presentación en períodos: 1990-1999 y 2000-2010 a efectos de analizar los cambios antedichos.

En definitiva el recupero de los trabajos de investigación previos (Dillon, 2012, 2013 y 2014) otorga el marco para referenciar mediante la cartografía la dinámica espacial de los procesos y las relaciones entre los distintos sujetos y agentes que intervienen en una actividad, poniéndose el acento en el accionar del Estado (nacional y provincial); en las empresas y en los sujetos sociales que de manera directa o indirecta intervienen en el proceso.

De esta manera, se intenta analizar cómo los cambios generados por el incremento de las actividades hidrocarburíferas y la aparición de nuevos agentes y sujetos sociales y sus relaciones de poder repercuten sobre los territorios más íntimos de la vida cotidiana, alterando los modos de vida y las estrategias de producción/reproducción.

Metodológicamente, se aplicaron técnicas cualitativas a efectos de abordar integradamente los componentes de una realidad socioterritorial intensa y en permanente conflictividad, las que se recuperan de los trabajos previos y, específicamente las metodologías que aportan las tecnologías de información geográfica que se convierten en una herramienta relevante para la interpretación espacial y precisa de los datos.

El trabajo de investigación se encuentra en ejecución por lo tanto los resultados son parciales y puesto que además dependen de la ejecución de otros trabajos complementarios los mismos se construyen a partir de avances conjuntos.

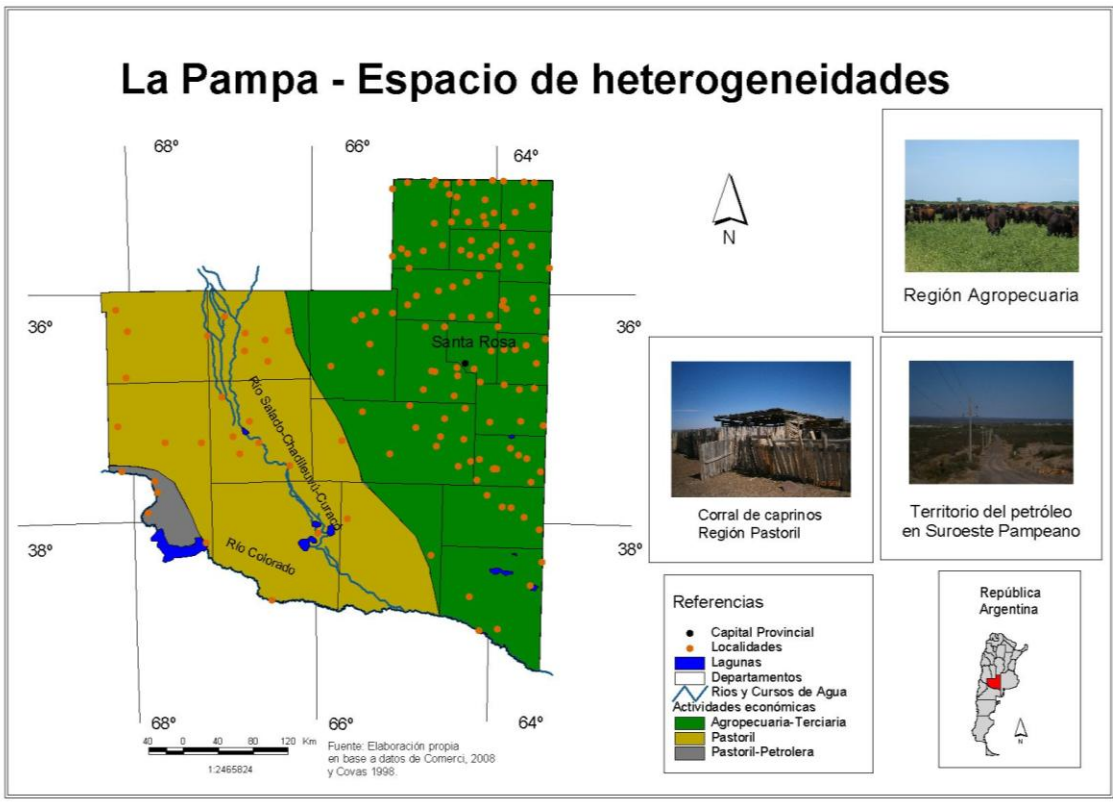
Contexto geográfico y las áreas petroleras en La Pampa

El recorte territorial seleccionado integra parte del espacio pastoril pampeano que ocupa todo el oeste provincial y el área de producción agrícola bajo riego y producción de hidrocarburos ubicado sobre la ribera del río Colorado que integra las localidades y agrupamientos rurales de 25 de Mayo, Casa de Piedra, Paraje Colonia Chica, Colonia el Sauzal y Gobernador Ayala. La

región se encuentra ubicada en el extremo suroeste de la provincia y forma parte del departamento Puelén.

Desde el punto de vista socioeconómico, en la provincia de La Pampa se identifican 3 espacios con características específicas (Covas, 1998): el espacio agropecuario, el espacio pastoril y el espacio de agricultura bajo riego y de producción de hidrocarburos. Esta diferenciación se basa fundamentalmente en criterios socioeconómicos: 1) el Espacio Agropecuario, concentra aproximadamente el 80% de la población provincial y su estructura productiva se orienta, básicamente, hacia la actividad agropecuaria- terciaria y aporta más del 90% del Producto Bruto Geográfico Provincial; 2) el Espacio Pastoril, se extiende en una zona con condiciones de extrema aridez, presenta asentamientos puntuales de población con una organización productiva de producción/consumo, basada en la cría de caprinos y ovinos y en la producción de artesanías y 3) el Espacio de Agricultura Bajo Riego y Producción de Hidrocarburos, se trata de la región resultante por un lado, de los programas de planificación que llevó adelante el estado provincial a partir de la década de los ’50 y de los fuertes cambios ocasionados por la actividad hidrocarburífera (Covas, 1998, Comerci, 2008 y Dillon, 2012) (Figura 1).

Figura 1.
Localización del área estudiada.



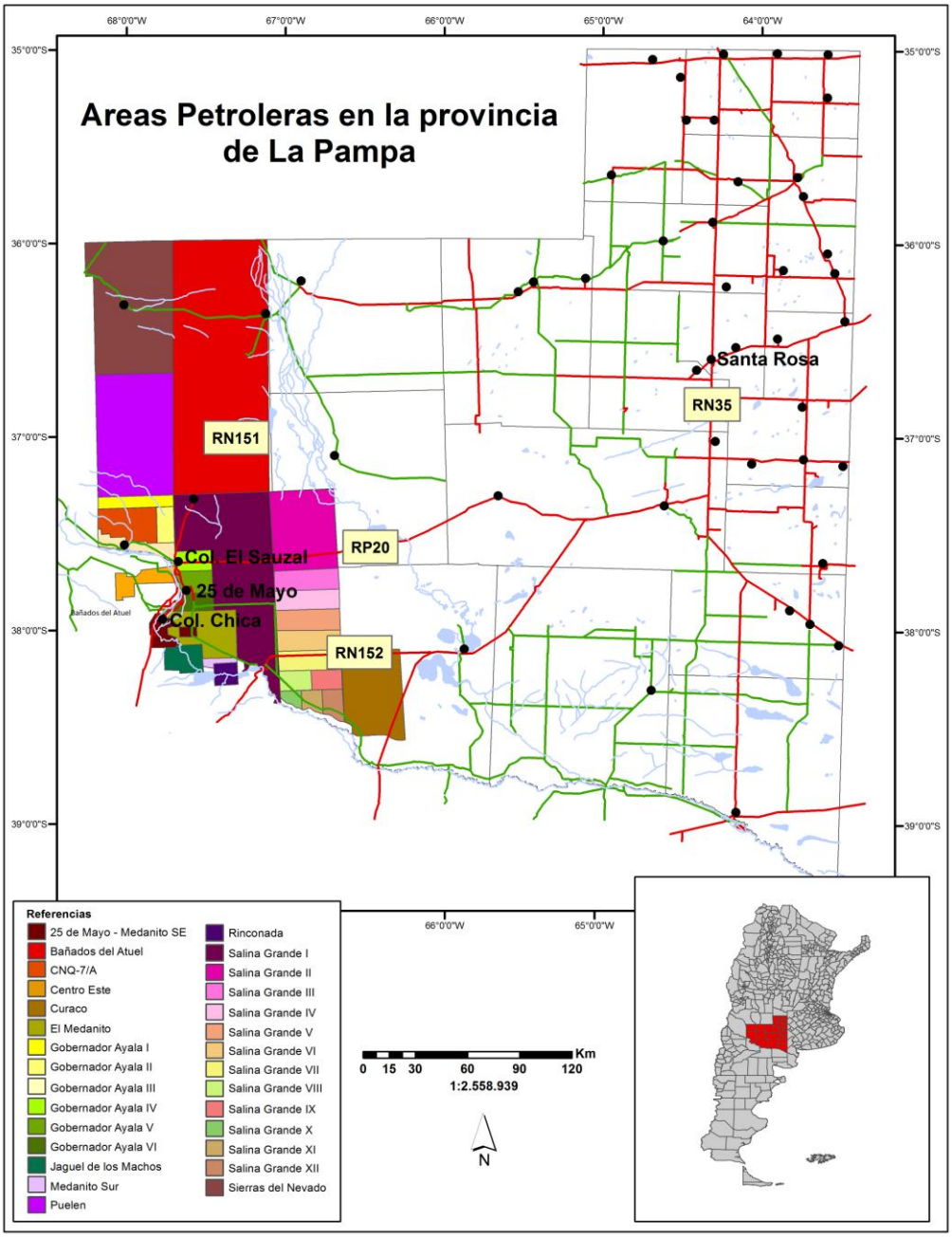
Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos de Comerci (2008) y Covas (1998)

En el oeste pampeano y específicamente en el área en estudio, la población rural se distribuye de forma aislada o agrupada en pequeños centros, dedicada a la actividad pastoril -cría de caprinos y vacunos-, y con un régimen de tenencia de la tierra bastante precario, generándose una compleja superposición de territorialidades en constante tensión y puja por el dominio. En el área petrolera, se ubica el centro urbano de 25 de Mayo, quien concentra la mayor cantidad de

servicios destinados a la actividad y otros agrupamientos rurales como Colonia Chica, Casa de Piedra, Gobernador Ayala, El Sauzal, entre otros.

Si bien los primeros cateos hidrocarburíferos comenzaron a realizarse entre 1916 y 1921; es en 1968, cuando se producen los primeros hallazgos en el área de Colonia Chica. Posteriormente, las zonas adyacentes a la ciudad de 25 de Mayo, Gobernador Ayala y Casa de Piedra, se fueron incorporando progresivamente a la exploración y explotación del recurso (Dillon, 2013 y 2014) (Figura 2).

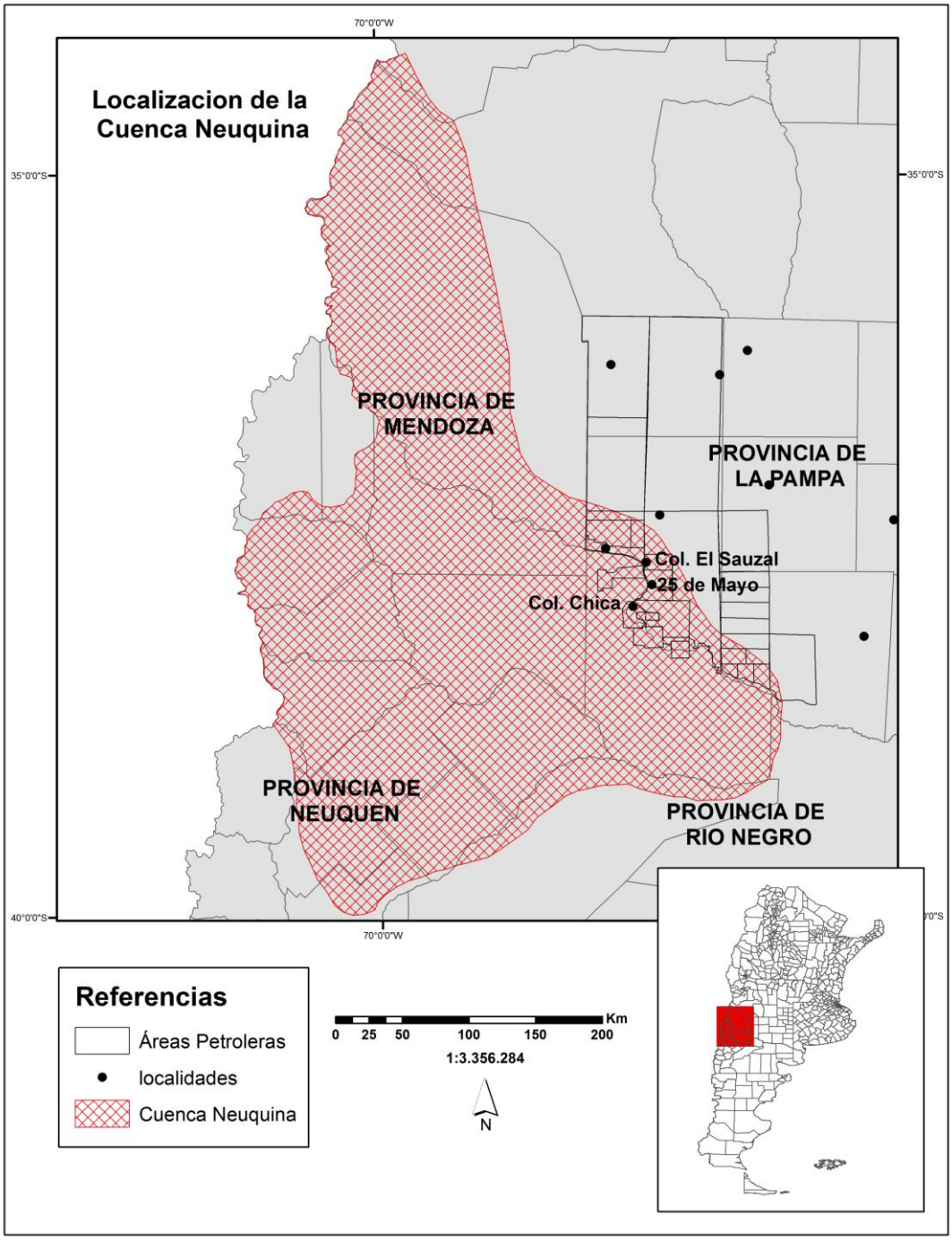
Figura 2.
Áreas petroleras en la provincia de La Pampa.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa. Elaborado con datos de la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería de La Pampa, 2014.

La zona petrolera pampeana corresponde al borde norte la cuenca neuquina (Figura 3).

Figura 3.
Localización de la Cuenca Neuquina.



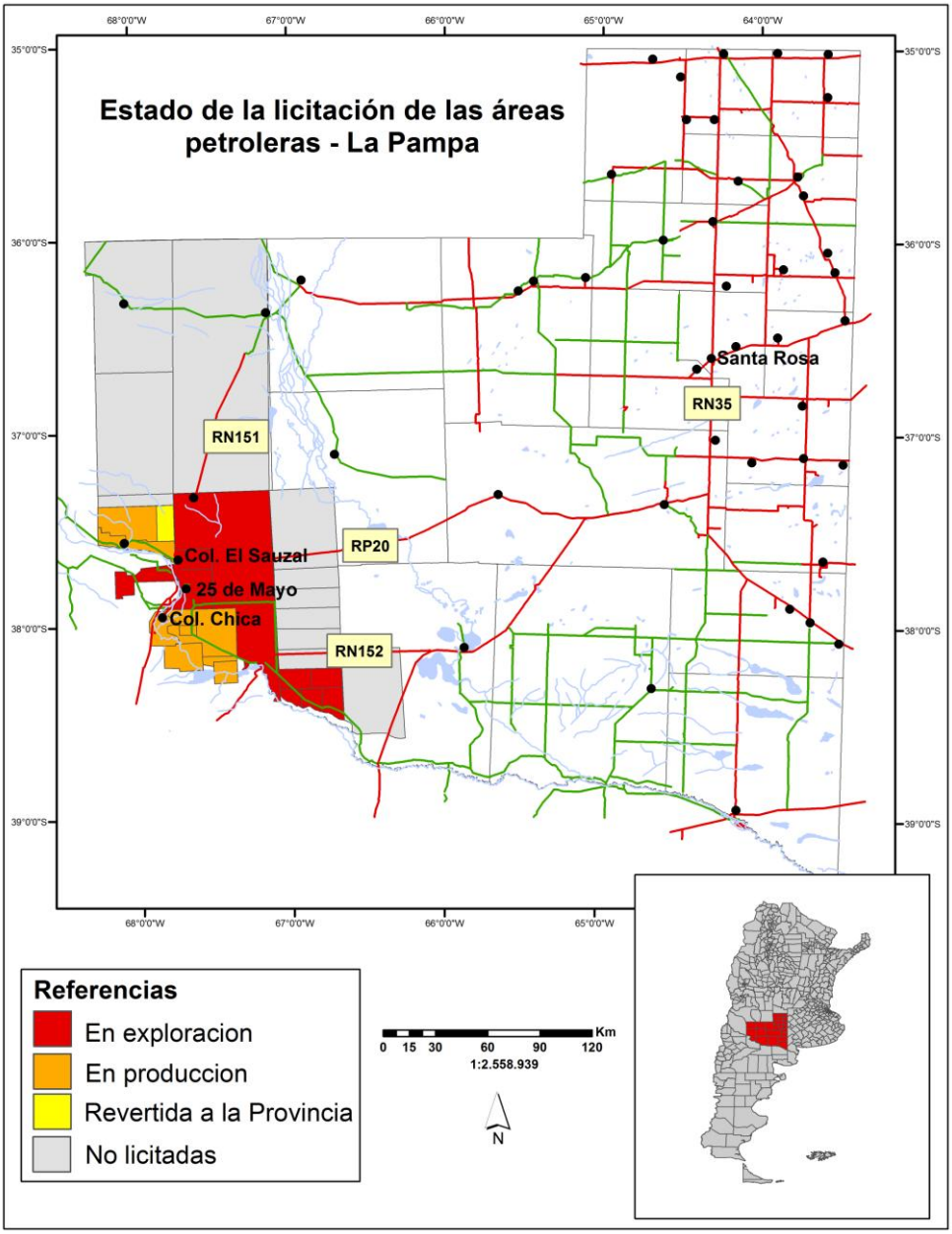
Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa. Elaborado con datos de la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería de La Pampa, 2014.

Dillón, B.; Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M.C.; Diharce, C.; Leone Escuredo, D. y Palazzo L. 2014. Expansión del área petrolera: impactos, cambios y transformaciones geográficas en el sudoeste de La Pampa – Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 19. pp. 219-236. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Según datos de la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería de La Pampa (2014), en el sudoeste de La Pampa, se localizan en la actualidad 24 yacimientos que cubren una extensión superior a los 27.000 Km^2, las que se encuentran en distinta situación de exploración/explotación. Del total de áreas identificadas, 8 (ocho) yacimientos se encuentran en producción siendo las empresas Petrobrás Argentina y Petroquímica Comodoro Rivadavia las operadoras que registran mayor antigüedad en la explotación. Del resto, 9 (nueve) se encuentran en estado de exploración, 1 área es revertida a la provincia y el resto (seis) pertenece al grupo de las no licitadas (Figura 4).

De esta manera, el mapeo es la forma más directa y sencilla de visualizar las relaciones espaciales involucradas en el desarrollo y la gestión de la actividad hidrocarburífera además de comunicar los requerimientos de los diferentes actores implicados.

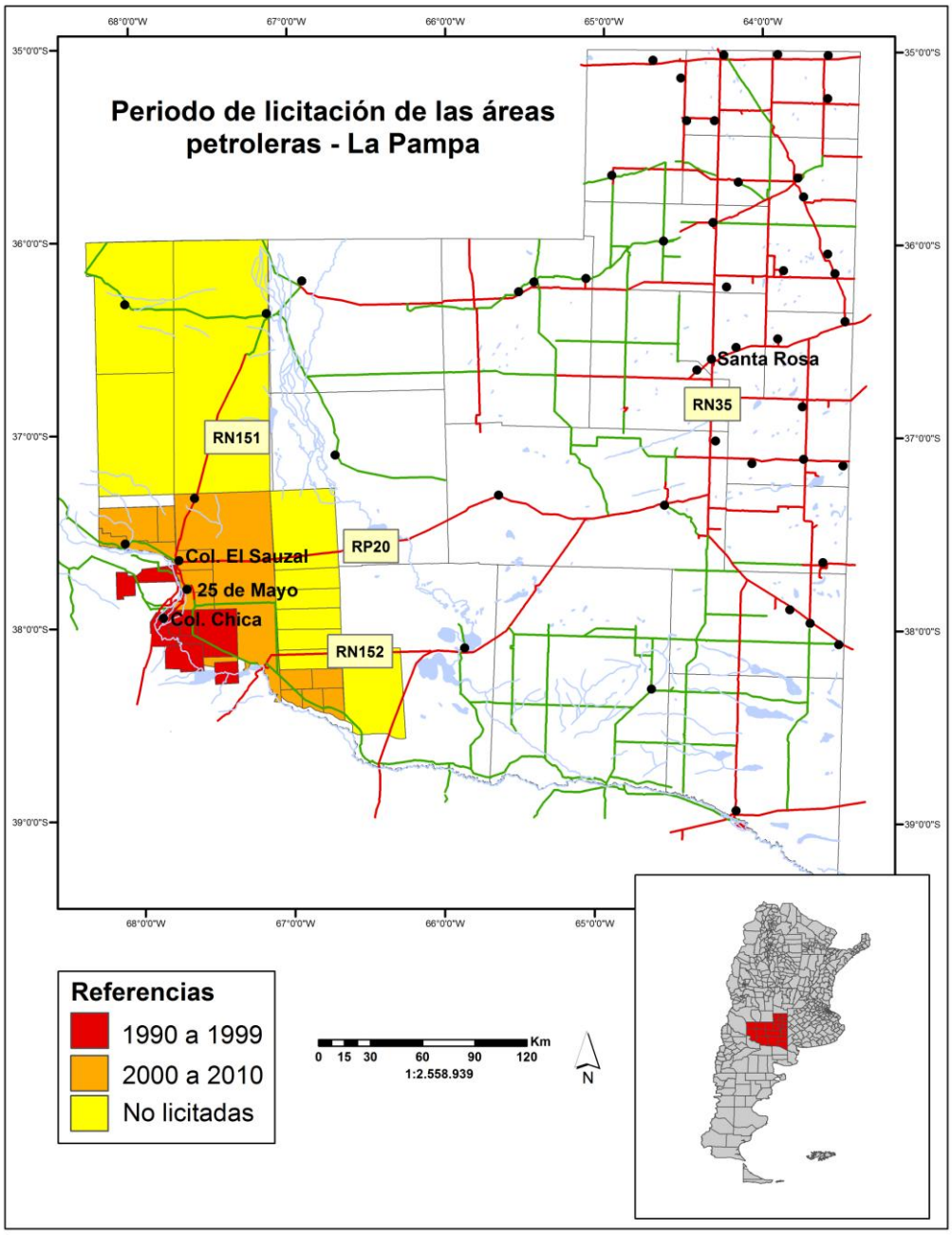
Figura 4.
Estado de licitación de las áreas petroleras en La Pampa.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa. Elaborado con datos de la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería de La Pampa, 2014.

Como se analizará precedentemente, los contratos de concesión fueron realizados durante la década de los noventa y el último decenio. Es, en esta última cuando se produce la intensificación de la producción y los mayores impactos a nivel espacio-territorial debido al ritmo de las perforaciones, impactos sobre las poblaciones rurales-pastoriles, consecuencias ambientales y reconfiguraciones culturales a partir de la conformación de una cultura petrolera (Dillon, 2013) (Figura 5).

Figura 5.
Período de licitación de las áreas petroleras en La Pampa.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa. Elaborado con datos de la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería de La Pampa, 2014.

Dinámicas espaciales y el proceso productivo hidrocarburífero en La Pampa durante las últimas dos décadas

Como norma general, puede decirse que el proceso de explotación petrolera en La Pampa es fruto de la privatización llevada adelante en la década de los ’90. En este contexto durante esta década, la aplicación del modelo neoliberal puso fin a la etapa intervencionista de planificación bajo riego y el cambio de rol del Estado propició la descentralización, el abandono a la subsidiaridad territorial y la aplicación de la privatización de los recursos públicos poniendo a

disposición del capital privado la tierra fiscal, la infraestructura estatal, el uso del agua de los ríos y de los recursos naturales del subsuelo (Dillon, 2012).

De esta manera, la transformación territorial adquirió rupturas y discontinuidades a partir de la expansión de la actividad petrolera, incipientes durante la década de los noventa y virulenta durante la década de los 2000 (Dillon, 2013).

La historia contemporánea del capitalismo moderno tiene al petróleo como uno de sus protagonistas, no solo como generador de acontecimientos vinculados con lo económico, lo político y lo científico y tecnológico, sino con las "rupturas y desarrollos del dominio de la cultura en el sentido social más amplio" (Martín Frechilla y Texera Arnal, 2004:23).

> "Los autores consideran que los elementos, espacialmente tangibles que materializa la explotación del recurso, se manifiestan, directamente, en las transformaciones que genera en los paisajes culturales -tanto sea por los procesos de exploración, extracción, transporte y refinación- e indirectamente en la estructura administrativa e institucional y en los patrones de asentamiento, en la cultura y el consumo de los lugares. Es decir, penetra como una cuña en la vida cotidiana de las personas y en la estructura productiva de los lugares geográficos. Los "paisajes petroleros" producen y reproducen la formación social y económica (perspectiva cultural marxista) a la vez que conllevan a la formación, en la vida cotidiana, de significados connotados por lo ideológico y las representaciones (giro cultural en geografía)" (Dillon, 2013, p 215-216).

Después de la Segunda Guerra Mundial, el petróleo adquiere una relevancia política y económica estratégica, tanto sea para asegurar su disponibilidad como sus réditos económicos. Estos elementos han sido generadores de luchas por la hegemonía y por la apropiación del recurso provocando tensiones geopolíticas a nivel mundial. Las consecuencias son evidentes, tanto en los procesos sociales (económicos, políticos, demográficos, culturales e ideológicos) como en la organización de los espacios.

En Argentina, "la producción petrolera y carbonífera estuvo, tradicionalmente, concentrada en dos empresas –las estatales Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF)[1] y Yacimientos Carboníferos Fiscales (YCF)- que, en su conformación, escapaban a las leyes generales de un ente privado ya que incluían acciones sociales que distorsionaban cualquier cálculo tradicional de rentabilidad empresarial" (Rofman, 1999:91).

La reestructuración económica puesta en práctica en la década de los '90, significó cambios e impactos sociales en los espacios geográficos destinados a la actividad. El modelo neoliberal noventista se tradujo en la liberalización y desregulación del sector de hidrocarburos. Con la privatización de YPF, se colocaron en manos privadas la totalidad de las etapas de la explotación de los bienes hidrocarburíferos. El Estado no sólo dejó de intervenir en este sector estratégico de la economía nacional sino que también se desligó de las funciones de control y regulación de la gestión privada (Cervo, 2001; Calcagno y Calcagno, 2001; Mansilla, 2007, Sabbatella, 2010). La empresa Repsol adquirió casi todas las acciones de YPF S.A. en 1999 y se convirtió en el principal operador del país. Además, las empresas Pan American Energy (asociación de BP y Bridas), Total, Chevron y Petrobrás se repartieron el resto de las áreas de producción.

[1] Desde su creación, en 1922, Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) fue una de las empresas nacionales más importantes, interviniendo en todas las etapas de explotación petrolera (exploración, extracción, refinación, distribución, comercialización). Su importancia geopolítica residía en que establecía la soberanía estatal sobre el recurso natural.

Durante la dictadura militar (1976-1982) se pusieron en marcha políticas que dieron como resultado el "vaciamiento" de las empresas estatales, y el impulso del sector privado beneficiado por subsidios encubiertos que se revelaron en la diferencia de precios de compra de YPF a contratistas y el precio de venta a las destilerías, lo que obligó a la empresa estatal a endeudarse para subsidiar el consumo interno (Favaro, 2001). De esta manera, "la acción de la gestión política pública se volvió muy limitada a partir del proceso de privatización de la petrolera estatal y los cambios, no sólo afectaron a la propiedad sino que significaron una reestructuración integral que alcanzó las formas de producción y, básicamente, impactó sobre la estructura social y laboral de las áreas concesionadas" (Rofman, 1999:95).

La transferencia al capital privado incluyó, en una primera etapa, a las áreas de explotación y, en la segunda, el capital accionario mayoritario, conservando el Estado una limitada participación. La transferencia de los activos supuso que, en el proceso de negociación, "... se produjera una fuerte desvalorización y debilitamiento del capital físico y simbólico. En el sentido de que su gestión sobre todo en el ámbito regional, el capital simbólico poseía una presencia central en la modalidad de ocupación del territorio que no se circunscribía sólo a la explotación del recurso natural sino que abarcaba una amplia red de equipamientos sociales, culturales, recreacionales y residenciales para el personal permanente" (Rofman, 1999: 99). Es decir que YPF estatal representaba, a nivel territorial, mucho más que una empresa mercantilista y, su impacto regional y urbano, tenía amplia vinculación con la sociedad. La privatización no incluyó a la comunidad laboral de YPF ni a los habitantes de las zonas donde se realizaba el proceso de extracción (Dillon, 2013).

Este proceso, se vio amparado por un controvertido marco legal, con importantes vacíos y contradicciones, que restaban seguridad jurídica a una actividad estratégica[2]. La sanción de la Ley Nº 24.145 de 1992, llamada de la federalización de hidrocarburos, permitió el otorgamiento del dominio de los recursos a las provincias, lo que trajo aparejada la necesidad de discutir y definir cuestiones básicas relacionadas con instrumentos esenciales en el nuevo marco normativo y, específicamente, definir una política nacional de hidrocarburos que interviniera sobre cuestiones claves como, los permisos de concesión, las reservas y el poder de policía, entre otras cuestiones.

En el marco de las privatizaciones de las empresas del Estado, las provincias se reservaron dos atribuciones: la intervención en los trámites de adjudicación futura de áreas y la fijación de los criterios para la determinación de los porcentajes de regalías. Hacia 1997 solo el 4,99% del capital accionario era de efectivo poder de los gobiernos provinciales. Esta situación apartó, definitivamente, a las provincias de cualquier incidencia en la definición de las estrategias empresariales y las consecuencias más graves, sin duda, recayeron en la falta de control sobre la prevención del perfil ambiental de la producción (Rofman, 1999 y Dillon, 2013).

En definitiva, las provincias, que anteriormente negociaban con un único interlocutor, el Estado Nacional, se encontraron con muy bajo poder para enfrentar a varias y muy poderosas empresas privadas y dialogar en términos de políticas sociales y ambientales. En este sentido, con respecto a la cuestión ambiental y sus riesgos, la probabilidad de ocurrencia de abusos se amplificó frente a la posición dominante de las empresas.

Al igual que las provincias de Santa Cruz y Chubut, en La Pampa, "el excedente que las empresas adjudicatarias de los respectivos yacimientos obtienen por su actividad local es íntegramente remitido fuera de la región (…) este perfil implica que estas empresas adquirentes

[2]. A partir de 1989, se inició una etapa en la que se dictaron una serie de decretos de desregulación en materia de hidrocarburos que coexistieron, en forma simultánea, con la Ley Nº 17.319 del año 1968.

de los activos del patrimonio nacional, no solamente no procesan la materia prima en el ámbito local sino que se apropian de los excedentes sin volcarlos en el circuito productivo regional (…) lo que implica la presencia de un desbalance negativo entre producción e ingreso regional provenientes de inversiones privadas" (Rofman, 1999:95 y Dillon, 2013).
"Los excedentes son recuperados, en parte, por el mecanismo de las regalías. Generalmente, éstas son percibidas por los estados provinciales en base al porcentual del valor de la producción de petróleo y es la autoridad pública nacional la que decide como reasignarlas" (Rofman, 1999:96). Como se verá más adelante la sanción de la Ley 26.197/2006 introdujo algunas modificaciones al respecto.

A continuación se analiza la expansión en las dos etapas previstas, los cambios territoriales y los impactos de mayor relevancia en la provincia de La Pampa.

Cambios territoriales en la década de los 90

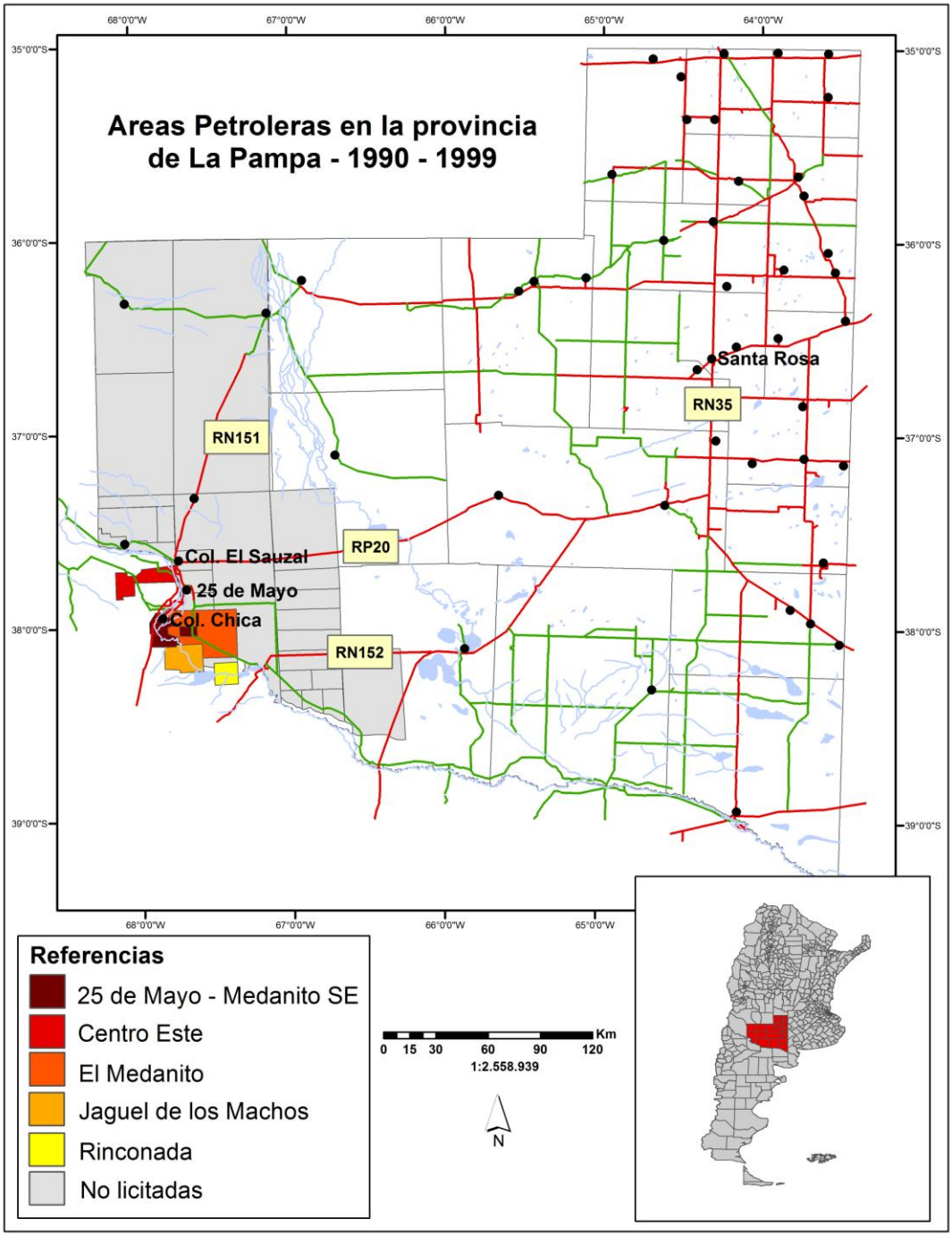
En la provincia de La Pampa, la actividad hidrocarburífera comenzó a adquirir mayor intensidad a principio de la década de los '90. Entre 1990 y 1991 las primeras concesiones privadas fueron otorgadas por el gobierno nacional por un período de 25 años con opción a 10 años más. Las empresas contratistas/operadoras beneficiadas fueron Petróleos Sudamericanos SA-Necon SA-UTE a cargo del yacimiento Centro Este por un total de 8,2 Km2 de extensión.

El yacimiento de mayor extensión superficiaria (834,3 Km2) denominado El Medanito, fue concesionado a la Empresa Petroquímica Comodoro Rivadavia en 1991 por un total de 24 años y el yacimiento Medanito Sudeste a la empresa Petrobrás Argentina SA con una extensión de 312 Km2. Por su parte, Yacimientos Petrolíferos Fiscales junto a otras operadoras menores concesionan desde 1991 el yacimiento denominado Rinconada (Figura 6).

Durante la década analizada el impacto territorial fue leve, entre 1994 y 1999 se perforaron 87 pozos y la producción petróleo y gas apenas superaron los 400.000 metros cúbicos anuales, respectivamente. Si bien los impactos iniciales se consideran leves, esta condición lo es solo a partir de la comparación con lo ocurrido durante la década siguiente. Para esa década el mayor impacto territorial fue la crisis de rentabilidad de la producción agrícola bajo riego la cual, se encontraba en un estado de vulnerabilidad absoluta de frente a la década venidera y un contexto de mayores cambios y conflictos territoriales.

La población pastoril rural y los colonos agrícolas fueron quienes sufrieron los mayores impactos. Entre 1990 y 1998 se producen importantes derrames de líquidos con petróleo hacia el río Colorado afectando tanto la producción ganadera como la agrícola, esta última debido a los cortes en el suministro del agua para riego (Dillon, 2004 y 2012).

Figura 6.
Áreas petroleras en La Pampa concesionadas durante la década de los noventa.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa. Elaborado con datos de la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería de La Pampa, 2014.

Cambios territoriales en la década de 2000-2010

En la última década, los cambios socioterritoriales impactan en la génesis de dominio de la cultura en el sentido social más amplio. La exploración, extracción, transporte, estructura administrativa e institucional de los lugares y nuevos componentes del asentamiento poblacional introducen una cuña cultural de relevancia en los territorios, ahora modelados por las sociedades y la cultura petrolera (Dillon, 2013).

A partir de la Ley de Hidrocarburos dictada en el año 2005, la provincia de La Pampa otorga a la operadora Pluspetrol las áreas CNQ7 y Gobernador Ayala III, convirtiéndose en las áreas de mayor dinamismo en la producción tanto de gas como de petróleo.

La explotación de los recursos hidrocarburíferos se intensificó a mediados de los 2000. A partir de 2006, luego de la sanción de la Ley N° 26.197, la provincia de La Pampa ejerció el dominio y la administración de los yacimientos de hidrocarburos situados en su territorio. Desde el momento de la aplicación de estas normativas y la transferencia de derechos a las provincias, La Pampa otorgó permisos de exploración y concesionó áreas para la explotación de hidrocarburos a partir de licitaciones públicas nacionales e internacionales (Figura 7).

En este marco, la empresa Pampetrol SAPEM (Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria), se hizo cargo, a partir de su creación en el mes de octubre de 2006, en forma única o compartida con otras empresas operadoras, de áreas en diferente estado de avance en la exploración y explotación (Figura 8).

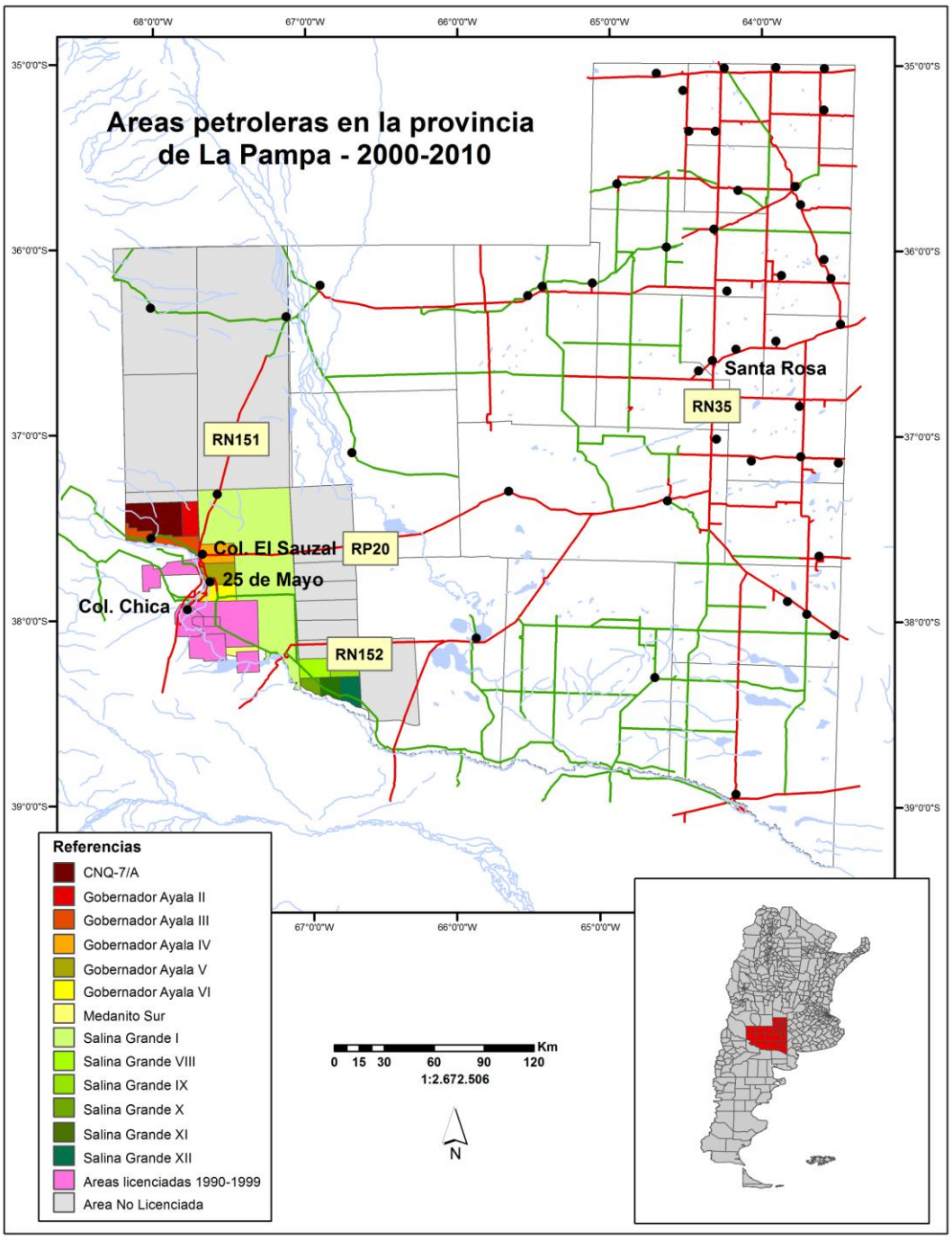
> *"En el mes de febrero de 2013, la empresa Pampetrol presentó la declaración de comercialidad del Área Gobernador Ayala V, un yacimiento que, se estima, posee una reserva de 448 millones de metros cúbicos de gas natural ampliable en la medida que se incorporen nuevas áreas. El programa de inversiones de la empresa, propuesto al Gobierno de la provincia de La Pampa, incluye una propuesta a 25 años con una inversión aproximada de 25 millones de dólares destinados a la perforación de nuevos pozos, una planta de secado de gas, una planta de compresión, un gasoducto y una planta para la producción de energía"* (Dillon, 2013:224 con datos de www.pampetrol.com).

Durante la década analizada es posible verificar el aumento en el volumen de producción de hidrocarburos, con una mayor presencia en el sector de empresas privadas, de 14 para el año 2002 las que ascienden a 26 en 2012. Según el citado trabajo:

> *"…la provincia de La Pampa participa del 4,65% de la producción nacional de hidrocarburos y ocupa la sexta posición entre las provincias productoras. En el año 2009, la producción de petróleo había crecido un 43,7% con respecto al 2007 y entre 1993 y 2011 (año de mayor producción de la historia) la extracción se triplicó. Con respecto al gas y para el mismo período (1993-2011) el crecimiento aproximado fue del 60%, aunque su tendencia fue más equilibrada con altibajos producto de la productividad de los pozos. (…) Para el año 2012, las áreas de mayor producción fueron Gobernador Ayala III y CNQ 7A, operadas por la empresa Pluspetrol S.A. que, concentró el 38% de la producción total, siguiéndole Petrobrás Argentina S.A con el 31% de la producción en las áreas Medanito Sudeste y Jagüel de los Machos. Por su parte, en el yacimiento El Medanito, Petroquímica Comodoro Rivadavia -P.C.R.S.A-, concentro el 25% de la producción. Estas tres empresas operadoras reunieron el 95% de la extracción de petróleo en la provincia de La Pampa. (…) La mayor cantidad de pozos perforados se concentró en el período 2007-2010 mientras que la mayor producción se dió en el período 2009-2011 cuando se alcanza la mayor productividad. Para el año 2012 se evidencia un descenso tanto de la cantidad de pozos perforados como de la productividad"* (Dillon, 2013:224-229).

Figura 7.

Áreas petroleras en La Pampa concesionadas durante la década 2000-2010.

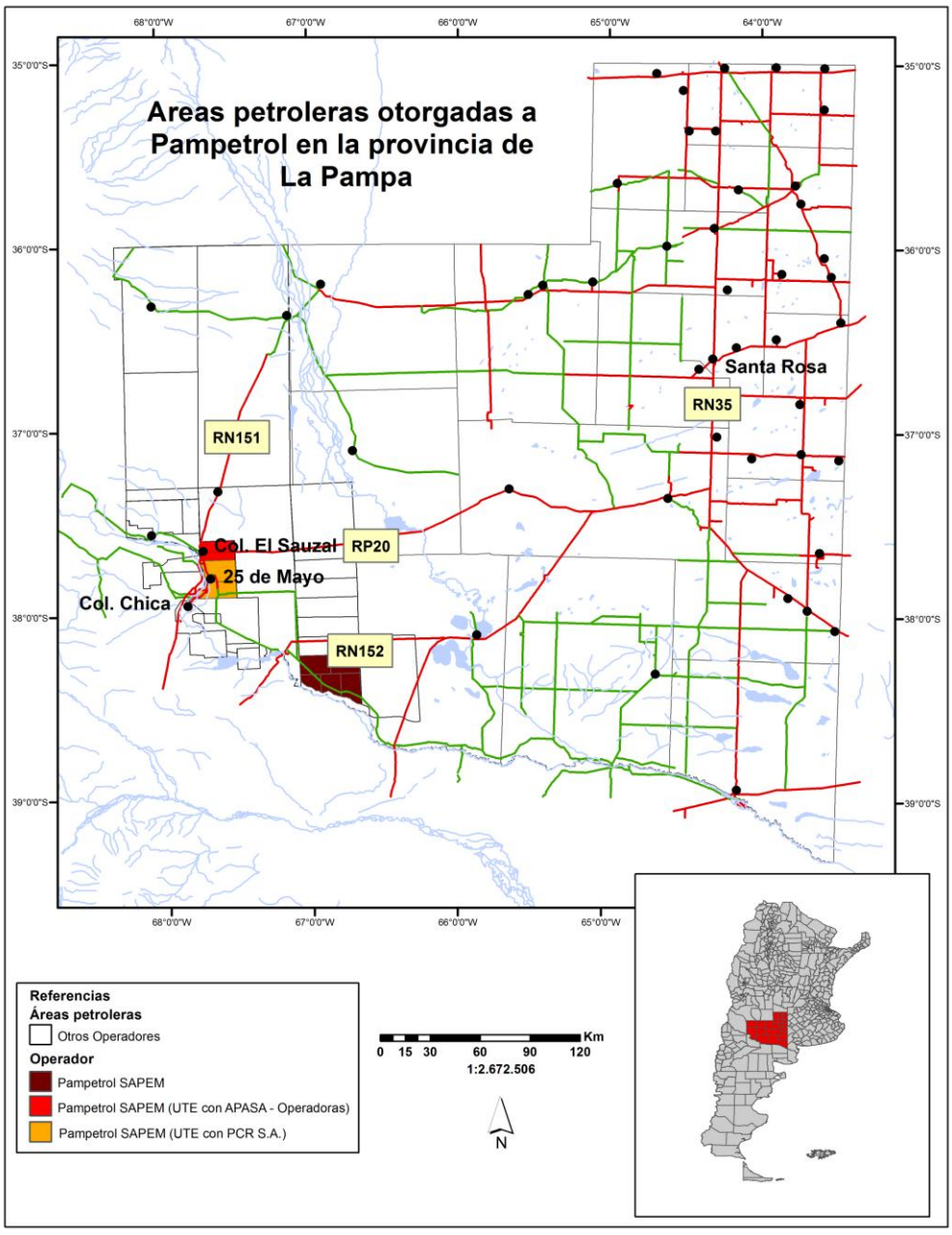


Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa. Elaborado con datos de la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería de La Pampa, 2014.

Según datos de la Subsecretaría de Minería e Hidrocarburos de La Pampa (2013) la extracción de gas es operada mayormente por Petrobrás Argentina S.A y Petroquímica Comodoro Rivadavia -P.C.R.S.A-, quienes extraen el 95% del total producido. El gas de la región se inyecta al gasoducto de la Transportadora de Gas del Sur (TGS), que traslada el 60% del gas que se consume en el país a través de tres gasoductos troncales: Neuba I, Neuba II y San Martín.

Desde el punto de vista socioespacial, durante esta década se materializan los cambios y se agudizan una serie de conflictos. Los cambios generados, en un tiempo relativamente breve, ocasionaron una serie de conflictos vinculados con las modificaciones en el ambiente, los cambios bruscos en el paisaje, la "invasión" en áreas de uso doméstico de puesteros rurales; la generación de sueldos y precios petroleros, un crecimiento descontrolado del área urbana y la proliferación de locales para alquiler, el aumento de la prostitución, la presencia de otros agentes con fuerte carga simbólica en el lugar como son los gremios petroleros, entre otros (Dillon, 2013).

Figura 8.
Áreas petroleras en La Pampa administradas por Pampetrol SAPEM.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa. Elaborado con datos de la Subsecretaría de Hidrocarburos y Minería de La Pampa, 2014.

Los cambios demográficos no fueron tan abruptos, tal como suele ocurrir en otras áreas de desarrollo petrolero. Para el año 2001 la población del ejido de 25 de Mayo ascendió a 6.976 habitantes, mientras que para el 2010 la población fue de 8.507 habitantes. De esta manera y debido a la dinámica del centro urbano se estima que existe un número importante de población flotante, sin residencia fija, que se mueve en función de la actividad petrolera, generando un fuerte proceso de arrendamiento de propiedades y plazas hoteleras.

Acciones colectivas: territorios de adaptación y resistencias

Como componente esencial de la cultura, la actividad petrolera es generadora de hegemonías y de tensiones que ponen en evidencia relaciones de poder diferenciadas que se manifiestan en actos y acciones también diferenciadas en consonancia con la magnitud –económica y cultural- en el ejercicio del poder. Estos son los elementos que, en la actualidad, componen la maraña territorial petrolera en la ribera del río Colorado en la provincia de La Pampa.

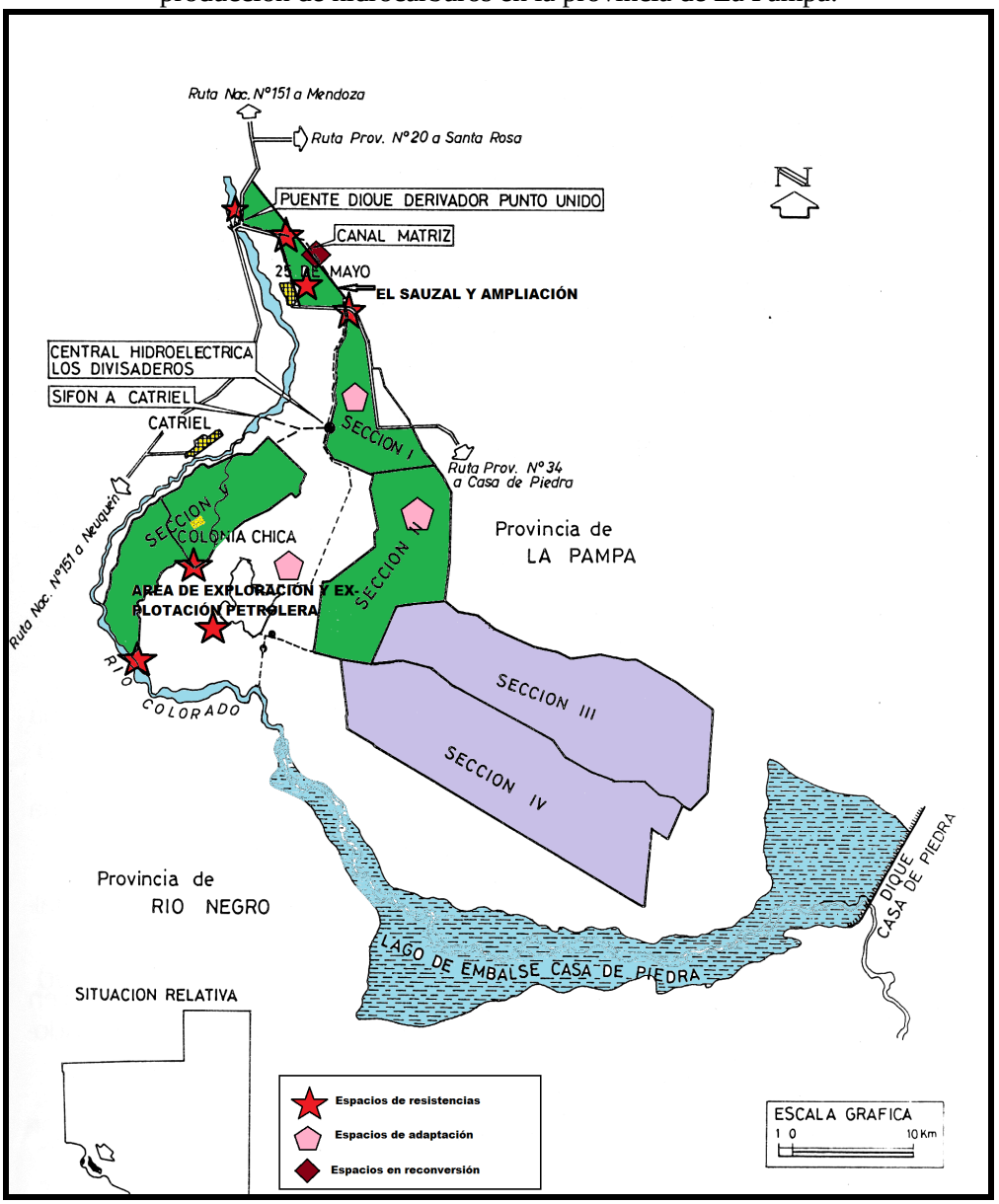
A modo sintético, durante el proceso analizado los conflictos ocasionados por el desarrollo de la actividad hidrocarburífera pueden resumirse en:

i.- Impacto ambiental y por ende en las economías familiares, es provocado por el movimiento de suelos que afecta la cubierta vegetal, principal alimento de los animales (caprino, ovino y bovino); el trazado de ductos a cielo abierto que provoca que los animales queden atascados en ellos y las grandes lagunas y derrames con presencia de aceites, las que al ser bebidos por los animales les provoca la muerte. También, los viaductos y cámaras transformadoras de electricidad provocaron la muerte de animales por electrocución (Dillon, 2013).
ii.- Los efectos directos sobre la vida cotidiana de los residentes que provocan una amenaza para la reproducción social de las familias afectadas asociadas con la precariedad en la tenencia de las tierras (tierras fiscales)
iii.- Reclamos por el pago de servidumbres y/o regalías y por los daños provocados en sus áreas de localización.
iii.- Enfrentamientos gremiales en puja por la afiliación de los nuevos empleos petroleros.
iv. Reclamos por empleos petroleros por parte de la comunidad local.

Todas estas componentes generadoras de conflictos fueron modelando espacios de adaptación y de espacios de resistencia las que se materializaron en el lugar a través de acciones colectivas que ocupaban referentes simbólicos de alta significatividad social y económica (cortes de rutas/piquetes, corte de circulación por el puente dique sobre el río Colorado, corte a la entrada de los pozos petroleros, entre otras) (Figura 9).

La explotación petrolera representa, por sus características de organización, una de las actividades económicas que deja mayor impronta en el espacio, en un tiempo relativamente breve. Tanto la explotación como la exploración generan una serie de actividades conexas que provocan un ritmo acelerado en la movilidad de las personas, los capitales y la tecnología, que se materializan en los lugares adquiriendo formas significativas y diferenciadas. De esta manera, el proceso productivo del petróleo representa una de las formas de acumulación, a escala regional, de mayor importancia y relevancia ya que afecta –directa o indirectamente- los componentes simbólicos de la realidad (Dillon, 2012 y 2013).

Figura 9.
Espacios de adaptación y espacios de resistencias en el área de agricultura bajo riego y producción de hidrocarburos en la provincia de La Pampa.



Fuente: Extraído de Dillon, 2013:271 con datos de Ente Provincial del Río Colorado. Reelaborado para Atlas Geográfico y Satelital de la Provincia de La Pampa. Instituto de Geografía – Facultad de Ciencias Humanas – Universidad Nacional de La Pampa.

Consideraciones finales

En definitiva, en casi 60 años pero sobre todo en las últimas dos décadas, el proceso de conformación fue dinámico y cambiante, pleno de significatividades y resignificatividades, manifestándose procesos de desterritorialización y reterritorialización fruto de una construcción social que generó procesos culturales híbridos y particularidades locales cargadas de desequilibrios, conflictos y con manifiestos factores de crisis de inserción, basados en la reducción de las bases productivas y en la volatilidad del modelo de acumulación flexible (Dillon, 2014).

Finalmente, en la región es posible también conocer las políticas implementadas por el Estado provincial, las que a partir de 1990 se evidencian en la retracción del aparato público; estas a su vez se fusionan con los modos de producción propios del capitalismo flexible de los últimos años (flexibilización laboral, privatización y terciarización de las actividades, economía de base extractivista, entre otras).

De esta manera, el proceso de conformación espacial de la zona ha permitido contener, por un lado, la persistencia de una base tradicional pastoril de producción/consumo con algunos rasgos precapitalistas, con la planificación a instancias del Estado que permitió la producción agrícola bajo riego. La producción de hidrocarburos, intensificada a partir de los años 2000, se introduce como una cuña de enclaves empresariales con fuerte modificación en la estructura social y económica, así como en la construcción de un nuevo imaginario petrolero cuyas representaciones socavan los cimientos de la formación social preexistente (Dillon, 2013).

Como síntesis, se puede sugerir la presencia de una región en permanente reactualización de sus pujas internas. Todas las territorialidades que perviven en su interior se adaptan o resisten (o ambas) ante los avances cada vez más bruscos del capital privado de la mano de las empresas petroleras, que abren caminos, instalan infraestructura, modifican el paisaje y cambian la vida de los antiguos puesteros, que se ven ahora cooptados con pagos por daños y perjuicios, servidumbre, o subsidios estatales, entre otros.

Bibliografía

CALCAGNO, A; CALCAGNO, E. " YPF. otra privatización ruinosa", en Le Monde Diplomatique (el diplo). Jul.2001.

CERVO, Augusto. La privatización de YPF y sus consecuencias. Tiempos Patagónicos N° 7, PIGPP, 2001.

COMERCI, M. E. Complejidades y diferenciaciones en el territorio pampeano. En, LLUCH, A.; SALOMÓN TARQUINI, C. *Historia de La Pampa*. Sociedad, política, economía. Desde los poblamientos iniciales hasta la Provincialización (ca.8000 AP a 1952). EdUNLPam, Santa Rosa. Páginas 17-29. 2008

COVAS, M. R. Los espacios socioeconómicos de la provincia de La Pampa. En Revista *HUELLAS*, Publicación del Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa. -*Número 3*-. Páginas 11-27. 1998.

DILLON, B. Riesgo, recurso hídrico y producción de hidrocarburos. El caso especial de los derrames de petróleo en el Río Colorado, La Pampa - Argentina. En *Anuario de la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional de La Pampa*, EdUNLPam – REUN, Santa Rosa. 2004.

DILLON, Beatriz. Territorios empetrolados. Las geografías del suroeste de La Pampa en la ribera del río Colorado. Santa Rosa: EdUNLPam- REUN, 2013.

DILLON, Beatriz. Territorios volátiles: rupturas y continuidades en nuevas áreas de explotación petrolera en La Pampa (Argentina). En *Terceras Jornadas Nacionales de Investigación y Docencia en Geografía Argentina y Novenas Jornadas de Investigación y Extensión del Centro de Investigaciones Geográficas*. Tandil: Unicen, 2014.

Dillón, B.; Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M.C.; Diharce, C.; Leone Escuredo, D. y Palazzo L. 2014. Expansión del área petrolera: impactos, cambios y transformaciones geográficas en el sudoeste de La Pampa – Argentina. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 19. pp. 219-236. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

DILLON, Beatriz. Territorios volátiles: rupturas y continuidades en nuevas áreas de explotación petrolera en La Pampa (Argentina), 2014.

FAVARO, O. Estado, política y petróleo. La historia política neuquina y el rol del petróleo en el modelo de provincia, 1958-1990 [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Disponible en: http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.131/te.131.pdf. 2001.

MANSILLA, Diego. Hidrocarburos y política energética. Buenos Aires, Ediciones del Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini, 2007.

MARTÍN FRECHILLA, J. y Y. TEXERA ARNAL (Comp.). Petróleo nuestro y ajeno. La ilusión de la modernidad, Caracas: Universidad Central de Venezuela – Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, 2004.

PROVINCIA DE LA PAMPA - SUBSECRETARÍA DE HIDROCARBUROS Y MINERÍA DE LA PAMPA. Información disponible en http://www.hidromineria.lapampa.gov.ar/, Consultada el 19/04/2014.

ROFMAN, Alejandro B. Las economías regionales a fines del siglo XX. Los circuitos del petróleo, del carbón y del azúcar. Buenos Aires: Editorial Planeta Argentina/Ariel. 1999.

SABBATELLA, Ignacio Mariano. La política petrolera de la pos convertibilidad: de la herencia neoliberal a la expropiación de YPF. Argumentos. Revista de crítica social - 14 - octubre 2012.

de Aduriz, A. M.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M.; Neuman, K. y Bongiovanni, A. 2014. Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 20. pp. 237- 246. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades.

Ana María de Aduriz[1], Cecilia Bergallo[1], Pablo Pessolano[1], Yanina Paglioni[1], Marisa Primicia[1], Karina Neuman[2], Ariel Bongiovanni[2]

Resumen

El presente trabajo es parte de la información inicial, necesaria para el desarrollo del Proyecto Grupo de Investigación: ”Determinación de una Red GPS de apoyo para la vinculación de limites dominiales en el sector NO de la ciudad de Bahía Blanca.”, que se encuentra actualmente en proceso. Los objetivos del estudio fueron conocer, diagnosticar y evaluar la situación actual del SITeBB, implementado por el Departamento Catastro Territorial de la Municipalidad de Bahía Blanca en el año 1993. Para ello, se trabajó en conjunto, entre los actores municipales e investigadores, mediante consultas, análisis de trabajos previos, entrevistas, visitas a la oficina municipal, etc. realizando la revisión de las bases de datos, apreciando su grado de desarrollo, determinando en qué instancias de funcionamiento reales se encuentra y cuáles son las expectativas a futuro.
Los resultados obtenidos a partir del diagnóstico de situación, comprenden la detección de problemas (falta de operadores; controles de calidad; capacitación continua) y en particular, para el problema de errores en la ubicación de bordes de la digitalización gráfica, las que aporta la georreferenciación, cuestión que procura resolverse en el proyecto general, del cual este es parte.

Palabras claves: Catastro - Sistema - Territorial - Georreferenciación – SITeBB.

Abstract

The present work is part of the initial information, necessary for the development of the Project Research Group: "Determination of a GPS network of support for the linking of legal boundaries in the NW sector of Bahía Blanca city", which is currently in process. The goals were to know, diagnose and evaluate the current status of SITeBB, implemented in 1993 by the Catastro Territorial Department of Bahía Blanca Municipality. for this propose, we worked together, among municipal people and researchers through consultations, analysis of previous works, interviews, visits to the municipal office, etc. checking the databases, appreciating their level of development, determining which instances of actual performance is and what expectations for the future are.The obtained results from the situation assessment, include the detection of problems and the proposal of possible solutions in general, and in particular those which provide the georeferencing, issue that seeks to be solved in the project.

Key Words: Cadastre - System - Territorial - Georeferencing – SITeBB.

(1) Docente - Área 13 - Dpto. Ingeniería - Universidad Nacional del Sur - Bahía Blanca -amdeaduriz@yahoo.com.ar
(2) Docente - Área 7 - Dpto. Ingeniería - Universidad Nacional del Sur - Bahía Blanca - kneuman@uns.edu.ar

de Aduriz, A. M.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M.; Neuman, K. y Bongiovanni, A. 2014. Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 20. pp. 237- 246. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Un Sistema de Información Territorial "es un sistema de hardware y software y procedimientos elaborados para soportar la captura, manipulación, análisis, modelado y despliegue de los datos referenciados espacialmente para resolver problemas complejos de planificación y gestión" (NCGIA, 1990).

El presente trabajo surge como un capítulo necesario para el desarrollo del Proyecto Grupo de Investigación: "Determinación de una Red GPS de apoyo para la vinculación de los límites dominiales en el sector NO de la ciudad de Bahía Blanca", llevado a cabo por docentes del Dpto. de Ingeniería de la Universidad nacional del Sur.

Dicha vinculación a una red GPS, resulta de vital importancia para la consolidación del marco de referencia utilizado en el Sistema de Información Territorial de la Municipalidad de Bahía Blanca, SITeBB, cuya implementación y desarrollo ha llevado adelante el Departamento Catastro.

La Agrimensura, por su propio rol social y de incumbencias es el que determina y materializa los límites dominiales y de hecho que existen entre los sujetos y las cosas, por lo que resulta de vital importancia para la actualización catastral, que se nutre de todos los relevamientos y mensuras, que como instrumentos externos del Catastro, constituyen la base fundamental para la determinación de su registro gráfico y la actualización de todos los aspectos del mismo, por ende, para el apoyo de cualquier Sistema de Información Territorial,

Para entender mejor el proceso del SITeBB, su alcance en la actualidad y las posibles acciones a futuro que permitan mejorar su funcionamiento, se realizó un análisis de lo actuado hasta hoy, detectando sus fortalezas y debilidades, y procurando indicar algunas mejoras en dicho proceso.

El catastro en Bahía Blanca

El Catastro Municipal ha sido una dependencia que históricamente existió en el municipio de Bahía Blanca. Se generó por ordenanza de 1895, por la necesidad de crear un registro de inmuebles y del trazado de calles, dándole identidad a las parcelas y a sus dominios. En la década del '20, se realizó el Catastro de todos los inmuebles de la ciudad, confeccionándose los primeros folios parcelarios, que conformaron el archivo inicial, y las planchetas o conjunto parcelario de cada manzana y/o unidad característica (mínima unidad rodeada de calles).

En la década del '30 y por ley provincial 4331 se creó el Catastro de la Provincia de Buenos Aires, obra monumental que es antecedente para otros catastros de habla hispana, y cuyo resultado contribuyó a completar los archivos ya existentes en el municipio, que como se dijo, ya contaba con un Catastro local. Desde esa fecha hasta hoy la actualización ha sido permanente, siempre cubriendo los tres aspectos fundamentales: Físico, Jurídico y Económico, con la generación de la cartografía correspondiente.

Las bases de datos han estado espejadas con las bases provinciales, desde la década del 60, identificando los mismos inmuebles, permitiendo el intercambio de datos. Por otra parte, los registros de la construcción o mejoras, con el detalle de escalas en cada folio parcelario, es un hecho poco común y no convencional que vale la pena resguardar.

Con la evolución de los sistemas informáticos, los datos y su respectiva actualización se fueron transformando de acuerdo a esos avances tecnológicos, con una permanente revisión, que culmina en la década del 90 con la determinación de generar el Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca (SITeBB) como herramienta tecnológica de punta.

de Aduriz, A. M.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M.; Neuman, K. y Bongiovanni, A. 2014. Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 20. pp. 237- 246. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Un sistema de información territorial no requiere necesariamente el uso de computadoras, el catastro municipal contaba con la información necesaria en formato papel, ordenada para su consulta (Figura 1). Sólo era preciso adaptar el archivo preexistente a las nuevas tecnologías de digitalización de la información y de la comunicación para dar origen al SITeBB.

Su objetivo es proporcionar información actualizada con relación a cada uno de los inmuebles del partido de Bahía Blanca, en todos sus aspectos: físico, económico y jurídico; para luego evaluar y diseñar escenarios posibles relacionados con la planificación futura.

Figura 1.
Registros gráficos: anterior disposición para la consulta.



Fuente: Elaboración propia.

Objetivo

El presente trabajo tiene como objetivo conocer, diagnosticar y evaluar la situación actual del SITeBB, implementado por el Departamento Catastro Territorial de la Municipalidad de Bahía Blanca en el año 1993. se quiere determinar su grado de desarrollo, las instancias de funcionamiento real en que se encuentra y cuáles son las expectativas a futuro.

Metodología

Para la elaboración de este trabajo se analizaron trabajos previos realizados por investigadores de la UNS vinculados al tema de estudio (Di Croche, et al. 1998a; 1998b), se realizaron visitas a la oficina municipal con entrevistas y consultas a agentes municipales, teniendo acceso a las bases de datos que sirvieron para la confección del sistema.

Los orígenes del SITeBB

En el Departamento Catastro no existía registro gráfico en formato digital, por lo que fue necesario generar la base de datos gráfica (plano base). Para ello se digitalizó la restitución vuelo fotogramétrico del año 1968, a escala 1:2500, con detalle a nivel manzana. georeferenciado a través de cartas topográficas a Campo Inchauspe 69.

de Aduriz, A. M.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M.; Neuman, K. y Bongiovanni, A. 2014. Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 20. pp. 237- 246. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Planos de mensura provincial del Archivo Histórico Municipal, planos de manzanas de catastro y estudio de títulos de propiedad, complementaron la información de base, a lo que se le sumó detalles de los atributos.

Considerando que el origen de la base gráfica es la digitalización sobre restituciones, la información que reflejaba era la realidad en el terreno. Por ello se eligieron layers que representan los límites dominiales de los macizos y otros layers que reflejan lo que realmente ocurre en el territorio. Por ejemplo, existen situaciones de calles que están abiertas al uso público y no están cedidas por plano, para estos casos se generó el layer "calles sin aprobar".

La base de datos alfanumérica se cargó con los datos extraídos de las fichas parcelarias, reestructurando la existente para que sean compatibles con el nuevo sistema. Se eligió como atributo clave, el número de partida de las parcelas.

En la Tabla I se indican los layers de información geográfica que forman la base cartográfica del SITeBB. Las columnas describen el nombre de la capa, el tipo de entidad de dibujo (punto, texto, línea, polígono), la cantidad aproximada de elementos en esa capa, el área de cobertura a la fecha, una descripción general y la fuente que originó dicha información.

Tabla I.
Layers que integran la base cartográfica del SITeBB.

	Nombre	***Tipo***	**Cobertura**	**Descripción**	**Fuente**
Base Catastral	01_ESPACIOS VERDES	polígono	urbana	Parques y espacios verdes	Dpto. Catastro
	01_MANZAN_FRENTE	polígono	partido	Macizos	Dpto. Catastro
	01_MANZAN_NRO	texto	Partido	Número de Macizo en Nomenclatura Catastral	Dpto. Catastro
	02_LOTLIN	línea	Partido	Límite de la Parcela	Dpto. Catastro
	02_LOTLIN Sin Aprobar	línea	Partido	Límites de Parcelas sin Aprobar	Dpto. Catastro
	02_LOTLIN_NRO	Texto	Partido	Número de Lote en Nomenclatura Catastral	Dpto. Catastro
	02_LOTLIN_PARTIDA	Texto	Partido	Número de Partida en Base Municipal	Dpto. Catastro
	03_LOTDIM	Texto	Partido	Dimensiones del Lote.	Dpto. Catastro
	05_ARROYO	línea	Partido	Arroyos	Dpto. Catastro
	05_FERROC.	línea	Partido	Líneas del Ferrocarril General Roca	Dpto. Catastro
	05_Ria	línea y polígono	Partido	Estuario de la Ría	Dpto. Catastro
	09_REFERENCIAS	texto	Urbana	Referencias Urbanas	Dpto. Catastro
	CALLES NOMBRE	texto	Partido	Nombres de calles	Dpto. Catastro
	Nombre	**Tipo**	**Cobertura**	**Descripción**	**Fuente**
Base Catastral	CALLES NOMBRE sin aprobar	texto	Partido	Nombres de calles pendientes de aprobación	Dpto. Catastro
	CURVAS DE NIVEL	línea	urbana	Curvas de nivel cada 10 metros de 0 a 80 metros	Dpto. Catastro
	Obras_sobre_esp_público	línea	urbana	Obras sobre espacios	Dpto. Catastro

				públicos	
	Rotondas_poli	polígono	urbana	Rotondas y accesos a vías primarias	Dpto. Catastro
	Rutas _ líneas	línea	Urbana	Vías Primarias, secundarias y terciarias	Dpto. Catastro
	TEXTO RUTAS	texto	urbana	Nombres de las vías primarias, secundarias y terciarias.	Dpto. Catastro
	TEXTO DE ZONIF	texto	urbana	Código de Zonificación.	Dpto. Catastro
	ZONIFICACION	polígono	urbana	Zonas de usos.	Dpto. Catastro
Servicios de Infraestr.	**Nombre**	**Tipo**	**Cobertura**	**Descripción**	**Fuente**
	Red de agua	línea	urbana	Red de agua potable.	ABSA
	Cloacas	hatch	urbana	Áreas con cobertura de cloacas.	ABSA
	Gas	hatch	urbana	Áreas con cobertura de gas natural.	Camuzzi
	Luz	hatch	urbana	Áreas con cobertura de luz eléctrica.	EDES
	corcun	línea	urbana incompleta	Cordón Cuneta	Dpto Vialidad
	Numeración	texto	urbana	Alturas de las calles.	Dpto. Catastro
	Pavimento	línea	urbana	Calles pavimentadas.	Dpto Vialidad
	Sin Servicios	hatch	urbana	Áreas sin cobertura de Servicios.	Dpto. Catastro
Mancha Urbana	**Nombre**	**Tipo**	**Cobertura**	**Descripción**	**Fuente**
	hasta 1956	hatch	urbana	Areas edificadas hasta 1956.	Dpto Vivienda
	hasta 1970	hatch	urbana	Áreas edificadas hasta 1970.	Dpto Vivienda
	hasta 1980	hatch	urbana	Áreas edificadas hasta 1980.	Dpto Vivienda
	hasta 1986	hatch	urbana	Áreas edificadas hasta 1986.	Dpto Vivienda
	hasta 1996	hatch	urbana	Áreas edificadas hasta 1996.	Dpto Vivienda
	hasta 2005	hatch	urbana	Áreas edificadas hasta 2005.	Dpto Vivienda

Fuente: Dpto. Catastro. MBB. Informe BID.

El SITeBB hoy

Siguiendo la reglamentación nacional en cuanto al marco oficial de referencia del país, el SITeBB se georeferenció a POSGAR ’94 (POSiciones Geodésicas Argentinas), mediante puntos de control medidos con GPS vinculados a la red GEOBA (GEOdésica de la provincia de Buenos Aires). Situación que aún se mantiene a pesar de ser otro el marco oficial actual (POSGAR’07).
En el año 2007 la promulgación de la Ley Nacional Nº 26.209 (sancionada por el Congreso Nacional el 20 de diciembre de 2006 con carácter complementario a nuestro Código Civil), produjo, entre otras cosas, la modernización y reglamentación a nivel provincial de los Catastros Provinciales. Obviamente, ello implicó también un cambio en los catastros municipales. Cabe aclarar, que la forma de implementación de los Catastros municipales es totalmente aleatoria, distinta, no regulada y por ende, existen tantos catastros como municipios.

de Aduriz, A. M.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M.; Neuman, K. y Bongiovanni, A. 2014. Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 20. pp. 237- 246. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

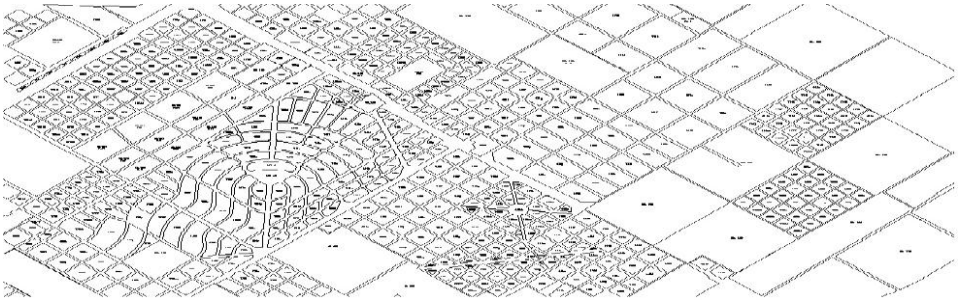
A diferencia de otras localidades de la provincia, Bahía Blanca contaba con un sistema de información territorial completo y actualizado, con información confiable, ingresada desde catastro internamente y desde otras oficinas estatales, garantizando su funcionamiento y su vinculación con otros sectores comunales.

La base de datos alfanumérica, correspondientes a cada uno de los inmuebles que constituyen la planta urbana y rural del partido de Bahía Blanca, se visualiza dentro del SIGEMI (SItema de GEstión Municipal Integrada), con consulta por Intranet para el resto de las dependencias municipales. Para ello, fue necesario modificar la estructura de los campos de información existentes hasta ese momento, y agregar datos que permitan mostrar y consultar toda la información posible:

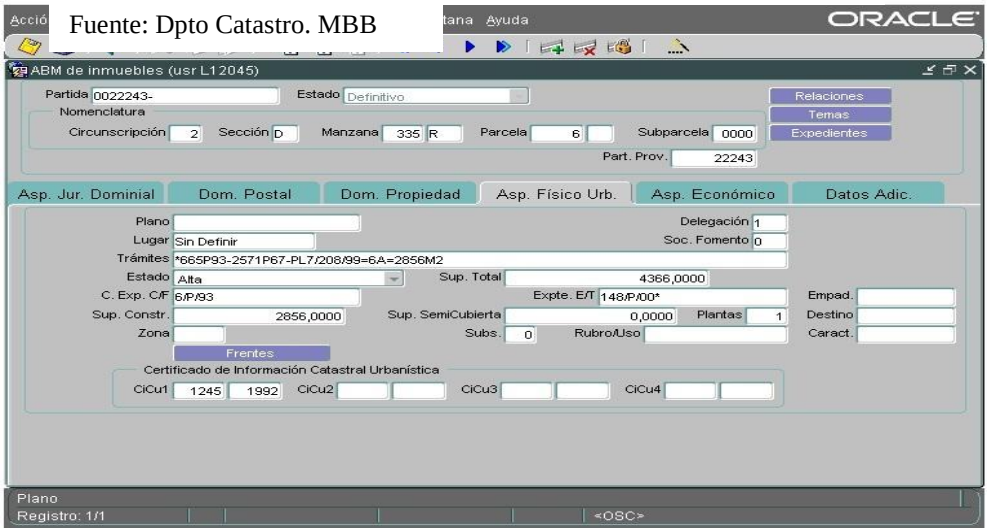
- ✓ Titularidad de dominio y tenencia de la tierra.
- ✓ Zonificación desde el punto de vista de los servicios de la Tasa por servicios Públicos
- ✓ Valuación de la tierra libre de mejoras y edificadas
- ✓ Gestión de los espacios públicos
- ✓ Gestión de localización de áreas de equipamiento
- ✓ Gestión de tierras de propiedad del estado nacional y provincial.
- ✓ Gestión y control de las calles, con sus alturas y sentido de circulación
- ✓ Evaluación de deudores de la Tasa por servicios públicos.
- ✓ Control de construcciones sin declarar por detección en fotogramas aéreos.
- ✓ Generación de cartografía para los distintos usuarios tanto internos como externos, y según temas específicos.

Acceder a esta información es una tarea sencilla y ágil; puede hacerse desde el plano digital (Figura 2) o desde la base de datos alfanumérica (Figura 3).

Figura 2.
Plano digital.



Fuente: Dpto Catastro. MBB



Fuente: Dpto Catastro. MBB.

Se crearon nuevos campos alfanuméricos y para resolver problemas en la carga se codificaron determinadas condiciones de los inmuebles. Se encuentra en un 70% de carga, con expectativas de que sea completada en su totalidad en breve. El escaneo de las fichas parcelarias permitirá que toda la información histórica de las parcelas quede volcada en esta base de datos también.

Cantidad de registros:170.000
Cantidad de campos por registro :81

La etapa de publicidad vía web se encuentra en desarrollo. Se publicaron algunos mapas con diferentes temas, y con acceso condicionado a nivel parcelario, solo con clave autorizada. (www.bahiablanca.gov.ar/Mapas Bahía). En la actualidad, con las modificaciones de Gobierno Abierto, se está evaluando el nuevo acceso vía web (Figura 4).

de Aduriz, A. M.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M.; Neuman, K. y Bongiovanni, A. 2014. Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 20. pp. 237- 246. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 4.
Gobierno Abierto.



Fuente: www.bahiablanca.gov.ar

Resultados

Actualmente, la carga de la base de datos gráfica se encuentra en un 100%, con la continua actualización a partir de los nuevos planos de mensura que generan recientes parcelamientos.
El municipio de Bahía Blanca cuenta, como pocos, con una base de datos actualizada en todos sus campos (en un porcentaje del 70% de los casos) reflejando la situación dominial y real de la ciudad., y con datos faltantes en la base alfanumérica, en el resto del porcentaje indicado. Sin embargo, sería necesario mejorar el alcance del SITeBB, llevando la consulta de datos y de información a través de Internet, con un carácter más amplio, para usuarios externos de la Municipalidad.

El Departamento cuenta con una rutina de procedimientos, con los diferentes niveles de operadores, para mantener la base de datos gráfica y alfanumérica actualizadas.

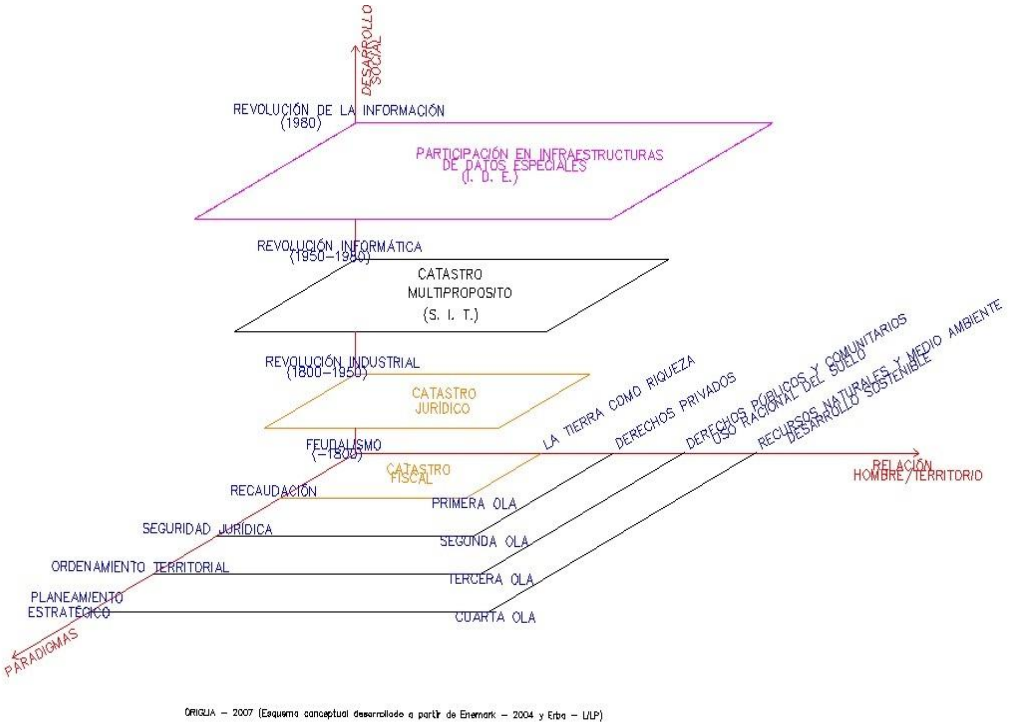
Los PH (Propiedad Horizontal) no se encuentran cargados en el sistema, situación que se resolvería sin inconvenientes puesto que en la base de datos gráfica se volcó el número de partida origen.

En particular se presentan inconvenientes con la georreferenciación en algunos sectores donde no fue posible la digitalización a partir de la restitución del vuelo, ya que para esa época (año 1968) no estaban consolidadas las manzanas. Esto es en los bordes externos del ejido, básicamente Villa Belgrano y Grumbein.La tendencia es procurar los alcances del Catastro Multifinalitario, como lo prevé la FIG. Federación Internacional de Geometras (Figura 5).

Figura 5.

de Aduriz, A. M.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M.; Neuman, K. y Bongiovanni, A. 2014. Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 20. pp. 237- 246. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Alcances y evolución del Catastro Multipropósito.



ORIGLIA Rodolfo H- Dirección Provincial de Catastro de la provincia de Río Negro. "*La ley nacional 26209 y los catastros territoriales provinciale*s".[en línea] Publicación para Consejo Federal de Catastro.(CFC).2008].[Marzo 2012]

Conclusiones

La conservación de la información, el espacio de guardado y la consulta de datos, se ve ampliamente beneficiada con el nuevo sistema. Sin embargo sería conveniente:

- Mejorar el alcance del SITeBB, llevando la consulta de datos y de la información a través de Internet, con un carácter más amplio-
- Vincular aun más con los catastros municipales de la región, estableciendo convenios de reciprocidad y apoyo mutuo.
- Procurar mejorar la calidad de datos y metadatos, a través del ingreso de personal capacitado.
- Proseguir con la corrección de la georeferenciación en los sectores donde se observan errores, básicamente en los bordes del ejido.
- Actualizar el marco de referencia, en concordancia con el marco oficial del país, POSGAR'07.

de Aduriz, A. M.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M.; Neuman, K. y Bongiovanni, A. 2014. Implementación y consolidación del SITeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca). Etapas, logros y dificultades. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 20. pp. 237- 246. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Bibliografía

ADURIZ, Ana María, de y otros, y MEDUS, Silvina,."*Informe contraparte* ", y de "*consultora*" ambos para componente 4. BID. ESTUDIO 1.EE.289 INFORME 2-2008

CHESÑEVAR, Carlos. *Mensuras y límites territoriales*. Editorial Encestando, 2000.

DI CROCHE, Nilda; ADURIZ, Ana María de; MARTINEZ; Miguel Angel. "GPS como herramienta en el control cartográfico". Jornadas Argentinas de Teleobservación". *Cartografía*. CONAE, Comisión Nacional de Actividades Espaciales. Pág. 75, 1998.a

DI CROCHE, Nilda; ADURIZ, Ana María de; MARTINEZ; Miguel Angel."Control de Cartas Topográficas con GPS". International Cooperation and Technology Transfer. ISPRS- International Society of Photogrammetry and Remote Sensing- Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, 1998.b

ERBA, Diego "*Los catastros municipales y la planificación urbana*." Lincoln Institut of Politic Land . [en línea] <http://www.lincolninst.edu. [abril 2012]

[en línea] - Compilación del Lincoln Institute." *Sistemas de Información Geográfica Aplicados al Catastro Urbano"* .http://www.lincolninst.edu [2010]

MASCHERONI TORRILLA, E. "*El catastro territorial. Evolución y estado actual*. *Dirección provincial de Catastro de Santa Fe-"*

CPA- (Consejo Profesional de Agrimensura. Pcia Buenos Aires). "*Proyecto de actualización, integración y depuración de los Catastros Municipales"* Presentado en I Congreso de Catastro Municipal. 2007-

NCGIA- National Centre of Geographic Information Analysis. 1990.

ORIGLIA Rodolfo H- Dirección Provincial de Catastro de la provincia de Río Negro. "*La ley nacional 26209 y los catastros territoriales provinciales*".[en línea] Publicación para Consejo Federal de Catastro.(CFC).2008].[Marzo 2012]

RECALDE, Jose M. "*Evolución social de la Agrimensura en el Río de la Plata*". *Anuario* . Publicado por Consejo profesional de la Agrimensura con trabajos de diversos autores. Pcia de Buenos Aires.1999-

García, María Celia. 2014. Amenaza o impacto urbano y turistico? Los incendios en zonas serranas de la periferia urbana de Tandil (pcia. de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 21. pp. 247-261. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

¿AMENAZA O IMPACTO URBANO Y TURISTICO? LOS INCENDIOS EN ZONAS SERRANAS DE LA PERIFERIA URBANA DE TANDIL (PCIA. DE BUENOS AIRES, ARGENTINA)

María Celia García [*]

Resumen

En primer término el trabajo comienza diferenciando peligro y amenaza natural de riesgo construido. La preocupación se centra en el impacto de los incendios debido a modificaciones introducidas por el hombre en el proceso de evolución y construcción urbana en los últimos veinte años, y trata un caso de estudio de un proyecto de investigación mayor.

Para localizar las zonas bajo riesgo, se censaron incendios producidos entre enero de 2008 y abril de 2014 en piedemonte, valle y colinas de la formación serrana Tandilia (dentro del Sistema de las Sierras Septentrionales Bonaerenses), que rodean por el Sur, Sur Este y Noroeste a la ciudad.

Se realizaron tablas de casos de incendio empleando fuentes secundarias (medios de información locales y nacionales), estadísticas del Destacamento local de Bomberos y trabajo de campo. También se realizó la interpretación de fotografías de trabajo de campo, aerofotogramas de 3 vuelos oficiales de diferente fuente y escala y mosaicos de imágenes de varias fechas desde Google Earth.

Con el objetivo de mostrar aquellas zonas de mayor ocurrencia, se seleccionaron y analizaron en softwares SIGs libres, a episodios o principales incendios sucedidos en épocas de sequías prolongadas y en temporada estival a otoñal más recientes, que han afectado el emplazamiento serrano del Sur, Sur Este, Sur Oeste y Noroeste de la ciudad.

Todas las zonas afectadas son emplazamiento de sitios de importancia turística, complejos de cabañas, hoteles y viviendas particulares. El ultimo evento de gran impacto evaluado ocurrió el 4 de Enero de 2014, se sucede a varios incendios en lugares inconexos, afecto al menos 53 hectáreas, duro 37 horas, llegó a afectar a barrios urbanos, y muestran tanto negligencia por parte de las políticas estatales locales, turistas irresponsables así como la necesidad de replantear el equipo para manejo de incendios a nivel local.

Palabras Clave: incendios, factores, Impacto en áreas serranas pobladas

[*] Dra. en Geografía. Centro de Investigaciones Geográficas CIG, en Unidad Ejecutora IGEHS (CONICET– FCH UNCPBA). Campus Universitario – Tandil – mariaceliagarcialarramendy@gmail.com

García, María Celia. 2014. Amenaza o impacto urbano y turistico? Los incendios en zonas serranas de la periferia urbana de Tandil (pcia. de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 21. pp. 247-261. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Abstract

The work begins differentiating risk betwenn natural hazard and risk constructed. The concern is the impact of fires due to changes introduced by man in the process of development and urban construction in the last twenty years , and is a case study of a major research project .

To locate low risk areas , fires between January 2008 and April 2014 in piedmont , valley and hills of mountain formation Tandilia (within the system of the Northern Sierras Bonaerenses) around the South West were counted and northwest of the city.

Cases of fire in tables, using secondary sources (local and national media information) , statistics from Detachment Fire and fieldwork were conducted . Interpretation of photographs of fieldwork, official flights aerofotogramas 3 different font and scale image mosaics of various dates from Google Earth was also performed.

In order to show those areas of highest occurrence , are selected and analyzed on free GIS software, to episodes or major fires occurred in times of prolonged drought and summer to more recent autumn , which will affect the serrano site South season, South east, South West and North West of the city.

All affected areas are construction sites of tourist importance , cabin resorts , hotels and private homes . The last event of great evaluated impact occurred on January 4, 2014 , several fires happening in unconnected places affection at least 53 acres , tough 37 hours, came to affect urban neighborhoods , and show both negligence on the part of political local state , irresponsible tourists and the need to rethink the fire management team locally.

Key words: fire, Impact factors, populated highland areas

García, María Celia. 2014. Amenaza o impacto urbano y turistico? Los incendios en zonas serranas de la periferia urbana de Tandil (pcia. de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 21. pp. 247-261. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

INTRODUCCION:

Desde comienzos de la década del 2000, en la ciudad de Tandil es común que en cada verano se materialicen incendios en áreas serranas. Desde los encargados locales de combatir al fuego se manejaron como principales hipótesis que actuaban como factor desencadenante a la sequia que afectaba a Tandil, principalmente durante el verano. Estaba implícita una vulnerabilidad natural (de acuerdo a la clasificación de Wilches Chaux, 1989), de campos y sociedad rural, ya que en todos los casos el incendio estaba considerado como amenaza natural y además se producían en zonas destinadas a cultivos o pastura de animales.

Paralelamente entre el año 2002 y la actualidad, la ciudad de Tandil comienza a extenderse hacia las sierras. La punta de lanza se inició con barrios cerrados (Garcia, M; 2002), para luego seguirle viviendas e infraestructura turística; materializando a las sierras del Sur y Oeste de Tandil, como emplazamiento de cabañas, hoteles y residencias urbanas de tipo permanente, aun en zonas que no cuentan con servicios urbanos de agua, cloacas (García, M. 2013), ni red de gas; y entrando en conflicto tanto con la declaración de las sierras como paisaje protegido como con el plan de ordenamiento territorial, y este proceso de instalación suburbana podría llevar a mayor riesgo de incendios (García, M; 2014).

Desde el presente trabajo se sostiene, por tanto, que la repetición de incendios en áreas serranas no solo se continuará sucediendo en verano, sino que pueden sucederse con mayor duración y frecuencia, sumándose el factor humano desencadenante y la vulnerabilidad social pertinente.

Los resultados que aquí se presentan, aúnan el esfuerzo de dos proyectos: 1) Proyecto de Investigación **Geotecnología y evaluación de riesgo a incendios** (2013-2014),realizado en la Universidad Nacional del Sur, y cuyo director es el Dr. Julio A. Uboldi; y 2) Proyecto de Investigación **Geografía del Bienestar y condiciones de vida en la Argentina. Configuración de ciudades y regiones (1991-2010)** y Programa de investigación **"DE LA FRAGMENTACIÓN Y LOS CONFLICTOS AL BIENESTAR: DESAFÍOS PARA LA GEOGRAFÍA ARGENTINA ACTUAL"** – Cód. 03/D262 –; éstos últimos, ambos dirigidos por la autora del trabajo.

Metodología

La preocupación que impulso el trabajo y el objetivo se centraron en el impacto de los incendios debido a modificaciones introducidas por el hombre en el proceso de evolución y construcción urbana en los últimos veinte años, y trata un caso de estudio de un proyecto de investigación mayor.

En primer lugar se procedió a recabar, analizar y seleccionar trabajos que permitieran esclarecer definiciones apropiadas a la hipótesis del trabajo. También en la etapa inicial se asistió a una Jornada de Capacitación realizada por Bomberos de Tandil en el ámbito de la Universidad Nacional del Centro, y a realizar entrevistas a especialistas de la gestión local en la Estación de Bomberos central de la ciudad de Tandil, lo cual permitió agilizar el armado de un registro de incendios, y recabar información acerca de recursos que posee bomberos, así como zonas

urbanas y suburbanas que actualmente forman parte de sus preocupaciones como para poder trabajar en tiempo y espacio apagando fuegos.

Para localizar las zonas bajo riesgo, se censaron incendios producidos entre enero de 2008 y abril de 2014 en piedemonte, valle y colinas de la formación serrana Tandilia (dentro del Sistema de las Sierras Septentrionales Bonaerenses), que rodean por el Sur, Sur Este y Noroeste a la ciudad.

Se confeccionaron tablas de casos de incendio empleando fuentes secundarias (medios de información locales y nacionales), estadísticas del Destacamento central y local de Bomberos Tandil (dependientes de la Policía de la Provincia de Buenos Aires), y se realizaron al menos tres trabajos de campo terrestre y un sobrevuelo sobre áreas de incendio.

También se realizó la interpretación de fotografías de trabajo de campo, aerofotogramas de 2 vuelos oficiales de diferente escala y fecha de realización (Geodesia de la Provincia de Buenos Aires (vuelos 1971 y 1981), imágenes de un vuelo del año 2011 realizado por avión robotizado y mosaicos de imágenes de varias fechas seleccionados desde Google Earth.

Con el objetivo de mostrar aquellas zonas de mayor ocurrencia, se seleccionaron y analizaron en softwares SIGs libres, a episodios o principales incendios sucedidos en épocas de sequías prolongadas y en temporada estival a otoñal más recientes, que han afectado el emplazamiento serrano del Sur, Sur Este, Sur Oeste y Noroeste de la ciudad.

Principales resultados

Se considera aquí como incendios en áreas serranas a toda oportunidad en que se presenta un fuego de grandes proporciones, el cual se produce en forma no deseaba por la sociedad ya que se propaga con fuerza y termina destruyendo pasturas, arboledas y hasta viviendas o parte de ellas, las que no debían quemarse.

Los incendios pueden producirse en determinado tiempo y afectar áreas o espacios. Dependen de las características del material combustible existente en el área (pastos, animales, arboles, mampostería de edificios, viviendas,etc.), la velocidad y dirección del viento predominante y las herramientas y tecnología de la cual se dispone para apagarlo su duración en el tiempo.

El área afectada dependen del tiempo de duración (con sus factores combustible y viento) y de la accesibilidad al lugar por herramientas y tecnología de bomberos, así como de la presencia de fuente de agua cercana al área incendiada, ya sea para disponer de ella por vecinos del lugar, como para abastecer a bombas de cuarteles de bomberos o aviones hidrantes que s disponen en el momento para el ataque del incendio. Uno de los bomberos entrevistados en el Cuartel central de Bomberos de Tandil explicó que muchas veces no pueden subir hasta el sitio de fuego a pesar de contar con un camión todo terreno, y por tanto la inexistencia de agua para recargar bombas que abastecen a mangueras extintoras es fundamental.

Las causas o factores intervinientes para que suceda un incendio pueden ser de origen natural (sequias prolongadas, estado de la vegetación a punto de ignición, época del año con mayor

déficit hídrico), cuestiones que han sido abordadas desde estudios teóricos así como aplicados de diferentes ópticas empleado Geotecnología para ser previsores de estas situaciones de riesgo.

Al respecto García M. y Uboldi J. (2012), afirman que hace ya varias décadas que la Teledetección es utilizada para evaluar con eficiencia situaciones medioambientales, estas posibilidades se incrementaron con el surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica, hoy en día es habitual que la información teledetectada forme parte de la contenida en un S.I.G., asumiendo el nombre globalizador de Geotecnologías. Los mimos autores explican que en el caso de los incendios forestales, de pasturas y de interfase, son particularmente interesantes las aplicaciones que las Geotecnologías ofrecen: prevención, detección, evaluación, análisis multitemporal, degradación medioambiental, entre otras.

Respecto a las sequías prolongadas en el área como factor de incendio, se puede mencionar una definición de Velasco, quien considera a la sequía como un fenómeno que se conoce más por sus efectos que por sí mismo, ya que se trata de *"una de las consecuencias más evidentes y potencialmente desastrosas es el déficit de agua, un factor totalmente artificial, antropogénico, producto y efecto de las actividades humanas"* (Velasco, Et. al; 2005, pp.44-45). Expone el tema de esa forma, pues insiste que el balance hídrico no cambia naturalmente con ritmos tan rápidos. Lo que incrementa la sequía según el autor es la cada vez mayor demanda de agua. Al respecto, ya trabajos del Ministerio de Obras Publicas español señala que el déficit hídrico puede medirse mediante aspectos físicos como desde la relación de números entre entradas como son las precipitaciones y salidas de evapotranspiración potencial; así como también mediante variables sociales. Por lo cual puede acontecer que no exista déficit dependiendo de los grupos y sociedades humanas que se abasteceb de agua en el lugar donde mido el déficit. El grado de desarrollo de una sociedad y las actividades económicas y de esparcimiento por ellas realizadas hacen que la demanda sea mayor y por tanto puede llegar a quedar insatisfecha (MOPU; 1992).

Para el caso del Partido de Tandil, y luego de venir de un período húmedo que tuvo grandes inundaciones del año 2001, recién se declara en emergencia hídrica por sequias en los años 2005 y 2007 (de acuerdo con mapas de Andrade, M. y Scarpati, O.2008).

En un trabajo del Ing. Agr. Rafael E. Consigli (quien trabaja como Oficial Inspector de la División Patrulla Ambiental de la Policía de la Provincia de Córdoba), indica que aunque toda época encierra riesgos de incendios de campos, en Córdoba durante el invierno o cuando ocurren sequías constituyen naturalmente los principales agentes provocador y propagador. Los incendios invernales son muy comunes en las sierras y en la zona norte y oeste de la Provincia cordobesa, complicándose en el primer caso por la irregular topografía y los frecuentes cambios de dirección del viento, mientras que en el segundo caso la presencia de masas boscosas dificultan el control, por la magnitud que puede alcanzar el fuego.

Sin embargo el mismo autor afirma luego, que muy pocas veces los incendios rurales se producen por causas naturales, casi siempre son originados por el hombre, aunque es bueno aclarar que a veces se concretan intencionalmente y otras de manera accidental. En el primero de los casos podríamos hablar de irresponsabilidad o ignorancia, en el segundo de descuido.

En esa misma línea de causas humanas de incendio, se ubica Martínez Carretero (1995), en trabajo de síntesis estadística de incendios forestales en Argentina, sostiene que las causas de incendio se las pueden sintetizarse en dos principales, atendiendo al uso del suelo: 1) quema de rastrojos en áreas de cultivos intensivos y semiextensivos; y 2) quema de material vegetal muerto en pastizales seminaturales con distinto grado de alteración.

En ese trabajo también menciona que para la provincia de Buenos Aires inciden la quema anual (que se restringe a rastrojos Lino y de Trigo para el periodo 1992 a 1995), y donde se quema además el 3% de los pastizales seminaturales.

De acuerdo a lo informado desde el cuerpo de Bomberos, el principal problema que tienen en Tandil es el de falta de personal (5 policías bomberos en el cuartel central, 2 en el destacamento Villa Italia y dos en Vela), y el problema de acceso a las zonas más altas de las sierras, a pesar que cuentan con un nuevo camión todoterreno.

La accesibilidad a algunos grupos de cabañas y hoteles debido a la topografía serrana así como por la existencia de caminos y estado de los mismos son factores importantes a la hora de considerar el riesgo de incendio y sus posibilidades de extinción. De acuerdo con el trabajo de campo realizado, en algunos sitios además de ser complejo acceder por la pendiente abrupta y un solo camino de acceso, otro inconveniente es la falta de pozos de agua con el caudal suficiente para poder extraer agua con los moto bombas.

La pendiente y su orientación son variables importantes en piedemonte de las áreas serranas, y en este caso, las pendientes orientadas hacia el Norte y Noreste, estarían en mayor riesgo debido a las horas de insolación a la que están sometidos sus rocas, pasturas naturales y materiales de viviendas.

Cuando ocurren brisas desde zonas no soleadas hasta estas pendientes solanas e incendiadas, pueden llegar a complicar las tareas de extinción. La ignición de un líquido o de un sólido requiere el aumento de su temperatura superficial hasta que se desprenden vapores a una velocidad suficiente para, una vez iniciada la ignición de estos, mantener la llama (Drysdale, D.;1998) .

La roca expuesta de una sierra puede calentarse durante el día, aumentando su temperatura superficial al igual que la de la escasa vegetación de sus inmediaciones.
La vegetación es otro elemento a considerar muy seriamente, las especies vegetales que cubren en partes a las sierras de Tandil, poseen diferentes grados de sensibilidad al fuego, siendo el denominado pastizal el que mas alta combustibilidad presenta y que se encuentra conformado por gramíneas, predominantemente Festuca ventanícola, Clematis campestris, Poa iridifolia, Stipa ambigua, Stipa gynerioides, Stipa tenuissima, Piptochaetium napostens, Stipa tenuis, algunas veces acompañada de cebadilla (Garcia. M. ; Uboldi, J.; 2012), muy combustible. El pastizal en Tandil ha sido muy modificado por la introducción de especies de alto tenor de combustión como es la retama (Spartium junceum), la que debe su alto poder combustible por su contenido oleoso (Uboldi et. al, 2007), aunque también cuenta con poderes de regeneración rápida. Y ella se sigue diseminando en las Sierras de Tandil, a pesar de los incendios.

En las zonas serranas que enmarcan a la ciudad, al menos hasta mediados de los años 1990 estaban usadas para desarrollar cultivos extensivos y ganadería. Algunos productos agrícolas (como restos de fibra o rastrojos, semillas oleaginosas, cereales germinados) ó productos finales de la industria de transformación (fertilizantes, algunos alimentos balanceados.) son propensos a la ignición espontánea. El calentamiento espontáneo de estos materiales presenta una característica especial: las peligrosas condiciones de temperatura de los sistemas se ven favorecidas por algunos procesos biológicos exotérmicos de difícil control (Banky, T.;1998),, que se materializan en veranos, estaciones o meses de mayor calor y o en tiempos de sequías.

De todos modos roca expuesta y o cubierta vegetal de pastura natural o modificada se trata de materiales sólidos, y para cada uno de ellos se tiene estudiado puntos de ignición o de mayor peligro de riesgo al cual la teledetección primero hasta las geotecnologías actuales ya tienen aportes muy importantes, que han permitido la aplicación de índices que nos muestran los puntos del mapa con mayor riesgo a incendio considerando los puntos de ignición de materiales.

Algo que no debería faltar para habitantes del campo y la ciudad, es su formación sobre seguridad y prevención contra incendios. Ya que no forman parte de la actual grilla curricular escolar, le cabría al Estado poner manos a la obra y pensar sobre como educar para prevenir en dichos temas. Por ahora en el caso de Tandil, los cursos de formación se realizan por invitación desde entidades (como el realizado en el mes de mayo de 2014 para personal de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, destinado a prevención de riesgos en ámbitos laborales), y los cursos están a cargo de Bomberos que pertenecen a la Policía de la Provincia de Buenos Aires.

Para que un programa de seguridad contra incendios sea efectivo, debe existir un compromiso de política social en cuanto a la seguridad y poner en marcha un plan efectivo con las fases siguientes: a) planificación, b) diseño y aplicación y c) evaluación del programa (Drysdale, Op. Cit,).

La planificación (establecimiento de metas y objetivos), si bien es algo más político de tipo enunciado, ya debe ser desde el nacimiento de la idea, compartido con quienes trabajen en defensa civil, bomberos y organizaciones que pudieran tener injerencia e intervención ante un caso de incendio. El diseño debe dejar en claro cómo se hace, con quienes y en qué tiempo; y su aplicación (puesta en práctica), debe considerar entrenamientos para que todo el mundo lo sepa o esté al tanto y desde allí recién legislar o corregir entre todos o sea haciendo la evaluación del programa para supervisar su efectividad.

Ahora bien, conjuntamente con el desarrollo de la ciudad, entre las actividades económicas que en ella se desarrollan, comienza a verse como una importante para el desarrollo local al turismo, a finales de los años 1990, sobre todo. Una ciudad conviviendo con las sierras y con escasas horas de viaje desde Buenos Aires y gran Buenos Aires, comenzaron a dar fuerza a visitas que cada vez con mayor frecuencia se venían a hacer un recorrido serrano, Caminatas y cabalgatas se organizaban a fin de favorecerlas, cabañas, hoteles y casas en torno a sitios turísticos serranos avanzaron en su construcción hacia las sierras.

Caminatas, cabalgatas y gente viviendo en inmediaciones de rocas y vegetación que pueden por condiciones naturales arder, pueden agregar nuevos materiales y riesgos. Colillas de cigarrillos, asados o fogones en lugares de acampe o en patios de residencia, botellas de vidrio (específicamente de cerveza, vino y de sidra), son sólo algunos ejemplos de los censados en trabajos de campo (Figura 1).

Figura 1.
Troncos de árboles ahuecados y típica parrillada de carne a la piedra, en inmediaciones del Lago del Fuerte y Sierras de Tandil.





Hay que tener en cuenta que los cigarrillos que arden sin llama no pueden provocar directamente una combustión con llama (ni siquiera en los combustibles gaseosos habituales), pero sí una combustión sin llama en materiales propensos a este tipo de combustión (pastos secos que componen el pastizal pampeano), que se carbonizan al calentarlos. En la combustión sin llama se oxida la superficie carbonizada, generando localmente el calor suficiente para producir una nueva carbonización del combustible adyacente aún sin quemar (Ibídem).

Se trata de un proceso muy lento que, en algunos casos como en veranos secos en los que comience a soplar viento, puede llegar a producir llamas y provocar un incendio que se propagará a gran velocidad.

Al respecto de las posibles fuentes de peligro de incendio, Banky, T. (1998), advierte que si bien existen varias definiciones para los términos incendio y combustión, las definiciones del fenómeno de la combustión más interesantes son las siguientes:

• La combustión es un proceso automantenido de reacciones en las que se producen transformaciones físicas y químicas. y
• Los materiales que intervienen en la combustión reaccionan con un agente oxidante próximo, que, en la mayoría de los casos, es el oxígeno del aire.

Por tanto el fumador distraído, apaga su cigarrillo a medias y se despoja de él, al igual que quien ya uso un fogón le arroja tierra y cree que los materiales a los cuales le ha apagado la llama, no

llegarán a producir incendios. Luego una pequeña brisa de aire oxigena a los materiales aun calientes, originando llamas e incendio. Si nadie se percata de ello, el incendio crece y la dirección del viento predominante indica hacia dónde.

Cuando las sierras comenzaron a ser transformadas en moradas estables o transitorias para turismo, se transformaron en una zona de interface particular, ya que las modificaciones hacen a una mayor fragilidad ante incendios debido a materiales introducidos; lo que Dougal Drysdale denomina nuevo elemento de riesgo para las instalaciones de edificios: la aparición de nuevos materiales combustibles. El autor explica que "*no hay que olvidar que, a medida que aumentan las proporciones de un incendio, no sólo se incrementa la velocidad de liberación de calor, sino también la velocidad de aparición de los productos de combustión"* (Drysdale, D. 1998, p.3).

La materialización de las sierras de Tandil como emplazamiento suburbano se ha podido observar en los últimos 10 a 15 años. Ello surge de comparar destinos de usos del suelo a partir de los vuelos aerofoto gráficos 1971 y 1991 (en los cuales prácticamente las sierras sólo fueron ocupadas para uso rural, pocas casas quinta o de fin de semana y puntualmente turismo), mientras que en varias imágenes de los años 2003 a 2014 obtenidas desde el Google Earth y desde un vuelo con avión robot permiten ver un rápido incremento de viviendas y cabañas junto a equipamiento turístico entre 2009 a 2014, y principalmente entre 2011 a 2014.

Los materiales de construcción que más predominan son viviendas con revestimientos de piedras y madera, cierres en piedras, y patios y piletas cubiertas con mamparas de plástico y o vidrio y acompañadas de nuevos y viejos arboles en los predios donde se ubican. En el caso de maderas de pino y piedras: Tan nobles como combustibles las primeras, como conservadoras de calor y difícil de apagar y enfriar las segundas (Figura 2).

Figura 2.
Casa construida en madera, con chimenea en piedra (roca de granodiorita).



Fuente: salida de campo, marzo 2014.

Pero no sólo el exterior es fuente de peligro, sino lo que hace al interior y al confort de estas viviendas, como sus estufas y formas de calefacción. Las cuales, ni en verano se apagan (mucho menos en invierno, cuando se llega a 5 grados bajo cero).

Teniendo en cuenta que las Sierras de Tandil, por encima de la cota de 200 metros sobre el nivel del mar, se han convertido por legislación provincial en un paisaje protegido, se debería tener bien en claro que las organizaciones de defensa civil entienden que en ellas se debe tener a la vista carteles indicadores de prevención y prohibición siguientes:

1. No encender hogueras para ningún uso (cocinar, calentarse, etc.).
2. Tenga en cuenta que, en general, está prohibido el uso del fuego en cualquier zona forestal. Solamente se autoriza su uso en zonas y épocas muy determinadas (áreas recreativas acondicionadas específicamente para ello y fuera de la época de sequía o peligro que varían según las condiciones meteorológicas). Aún en zonas autorizadas, asegúrese de que está permitido y, en caso positivo, tenga un cuidado especial al apagarlo, asegurándose que no quede ningún rescoldo que lo pueda reavivar y con ello iniciar un incendio.
3. No dejar hogueras o lámparas encendidas y desatendidas.
4. Apagar bien las cerillas y cigarrillos y no tirarlos por las ventanillas del coche.
5. No abandonar en el campo botellas, objetos de cristal o basuras que puedan provocar o favorecer el incendio.

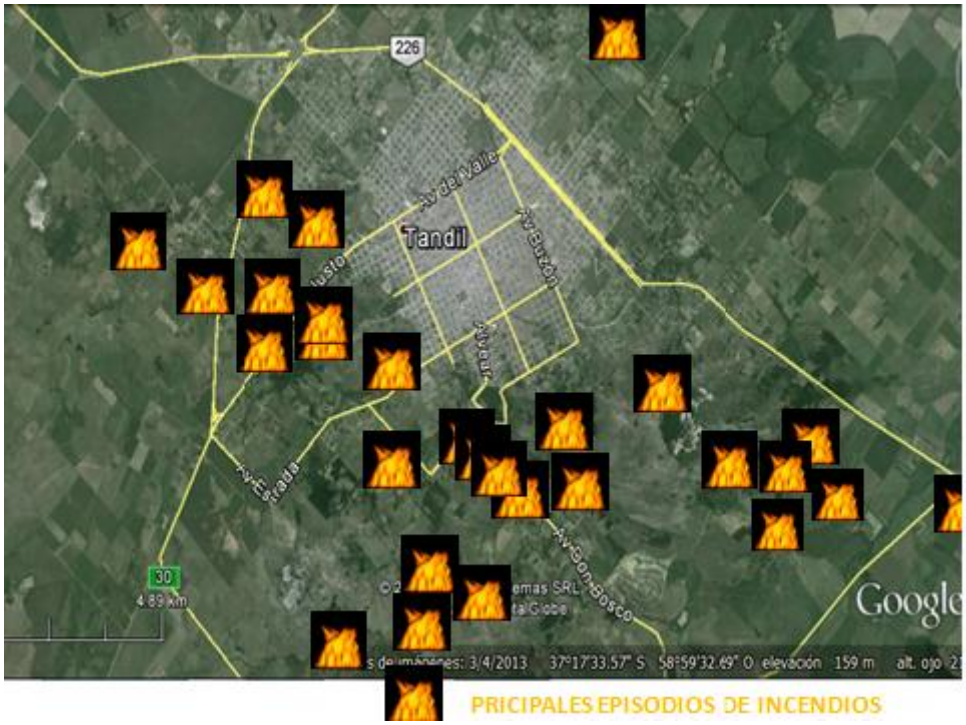
Luego de las entrevistas a bomberos, ordenando datos de sus registros de incendios y completando datos de localizaciones y áreas afectadas mediante información e imágenes, en gabinete permitió realizar una cartografía con una capa espacial puntos de incendio, y un listado de puntos serranos en los que irremediablemente ni siquiera se puede subir con el vehiculo todoterreno con el que cuentan en el cuartel central, y hasta los cuales si se logra subir a pie, muchas veces no se cuenta con disponibilidad de agua y se trabaja con bolsas.

Entre los puntos de registros de incendio, y de acuerdo a sus datos atributos indexados, se pudo distinguir mediante un mapa temático de intervalos, a los puntos de fuego más repetitivos desde al año 2008 al año 2014, imagen que permite establecer como puntos rojos a aquellos que representan mayor riesgo de incendio en el área suburbana de Tandil, debido a su cercanía a Viviendas, cabañas y hoteles de áreas serranas, así como a barrios urbanos aledaños a las sierras.

Por el estudio realizado fue posible detectar una mayor ocurrencia de eventos en aquellas áreas que poseen atractivos turísticos, son visitados por turistas en fines de semana largos y en vacaciones (tanto estivales como invernales). Cuentan con paseos turísticos, sendas serranas, complejos de cabañas, hoteles y viviendas particulares. De esta selección de fuegos vinculados al turismo, se confeccionó una imagen teniendo de fondo a un mosaico de imágenes de Google 2014. (Figura 3).

García, María Celia. 2014. Amenaza o impacto urbano y turistico? Los incendios en zonas serranas de la periferia urbana de Tandil (pcia. de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 21. pp. 247-261. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 3.
Principales focos de incendio por repitencia.



Fuente: Elaboración propia empleando plantilla grafica sobre mosaico de imágenes del Google Earth.

Los últimos fuegos de gran impacto se sucedieron entre mediados de Diciembre de 2013 y la primera quincena de Enero de 2014. Lamentablemente el incendio que mayor tiempo ardió y se volvió a encender en varias oportunidades, surgió a partir del tradicional Tandil Brilla, un espectáculo de fuegos artificiales que se realiza en la cima del Parque del Cerro Independencia (por organización y decisión del gobierno municipal local), a la hora 1 del primer día del año, como bienvenida del año nuevo (ver en Figura 4, comienzo del incendio inmediatamente debajo y a la derecha de las figuras de luces artificiales en forma de estrellas).

Figura 4.
Fuegos de artificio del "Tandil Brilla" y comienzo de incendio en Cerro del Parque Independencia, Tandil. Madrugada del 1 de Enero de 2014.



Fuente: diario online www.lavozdetandil.com.ar

El ultimo evento de gran impacto evaluado fue el del incendio ocurrido el 4 de Enero de 2014, comenzado a media mañana casi en paralelo en dos zonas no conexas, y en una de ellas afecto al menos 53 hectáreas llegando con fuegos sostenidos durante 37 horas, a amenazar a barrios urbanos de Las Tunitas, pie del Parque Independencia, La Movediza y de inmediaciones a Barrios Falucho II y Uncas.

Conclusiones y recomendaciones

Desde un enfoque global y geográfico, se rescata que:

- La materialización de las sierras de Tandil como emplazamiento suburbano ocurrió desde al menos los últimos 15 años, con un proceso acelerado desde los últimos 4 años, incluyendo viviendas individuales y permanentes, viviendas en barrios privados, cabañas, hoteles y lugares de compras de productos regionales, artesanías, restaurantes y casas de té. Estos cambios en el destino y uso de las sierras, hacen a una mayor fragilidad ante incendios debido a que los materiales introducidos son combustibles, y también porque desde la demanda de agua que estos usos significan, se agrava la sequia o el déficit de agua.
- Considerando que en las inmediaciones de las sierras, sobre todo en verano que es donde mayor repitencia tienen los incendios, los bomberos sólo cuentan con un vehículo todo terreno, y en algunos puntos (ciegos), de las inmediaciones serranas no se cuenta con pozos de agua para

abastecer mangueras, la posibilidad de apagar incendios es escasa, y en esos casos se requiere de auxilio de aviones hidrantes que no se encuentran en Tandil.
- Que a juzgar por la velocidad y características de los cambios introducidos en áreas serranas, ni el plan de ordenamiento territorial de Tandil, ni la Ley provincial de Paisaje Protegido de las Sierras de Tandil se cumplen, creando antecedentes legales para que futuros inversores sigan trasgrediendo dichos documentos públicos, convirtiéndolos en meras leyes cosméticas.
- las Geotecnologías, conforman un conjunto de herramientas que permiten prever situaciones que afectan seriamente el medio ambiente (tanto al medio natural como a la sociedad que vive o simplemente visita las sierras), por lo que desde el plano político (que es el encargado de la toma decisiones para la prevención de vulnerabilidad social a incendios) hasta el ambientalista (que estudia el fenómeno e intenta dar posibles soluciones, o actúa tratando de difundir ese conocimiento para la mayor parte de la población) no tienen excusa para realizar una buena planificación del resguardo de las sierras de incendios futuros.
- Para que un programa de seguridad contra incendios sea efectivo en Tandil, debe existir un compromiso de política social en cuanto a la seguridad de quienes viven en las sierras, quienes viven en Tandil y pretenden seguirlas disfrutando, así como poner a resguardo a visitantes y turistas. Para ello se debe poner en marcha un plan efectivo que considere no solo enunciados políticos inconsistentes, Con hacer cumplir la el Plan de Ordenamiento Territorial Tandil y la Ley de Paisaje Protegido de las Sierras, compartir experiencias con quienes trabajen en defensa civil, bomberos y organizaciones que pudieran tener injerencia e intervención ante un caso de incendio y diseñar estrategias y carteles de prohibido encender fuego, arrojar botellas y aplicar multas severas ya corregiría abusos y contribuiría a disminuir el riesgo de incendios.

De no considerarse ni realizarse nada de lo aquí previsto, la repetición de incendios en áreas serranas no solo se continuará sucediendo en verano, sino que pueden sucederse con mayor duración y frecuencia en cualquiera de los fines de semana largos, en la Semana Santa, sumándose el factor humano desencadenante, la vulnerabilidad social pertinente y el desentendimiento de las autoridades locales.

Bibliografía

Andrade, M. y Scarpati O. (2008): "Agua: Sequía e incertidumbre". En **X Jornadas de Investigación del Centro de Investigaciones Geográficas y del Departamento de Geografía**. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Ponencias. Documento de 11 páginas disponible en **www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/libraryeventos**

Banky, T. (1998). "Fuentes de Peligro de Incendio". En Grant C. **INCENDIOS**, CAPITULO 41 de Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Tomo 2. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene. ISBN : 84-8417-047-0. Gestión editorial. Madrid. Pp 8-15.

Cosigli, R. (1999): El productor agropecuario y los incendios forestales. En **Marca Líquida Agropecuaria**, Córdoba., 17-20. Disponible en Sitio Argentino de Producción Animal, en sitio web http://www.produccion-animal.com.ar/incendios_y_uso_del_fuego/

García, María Celia. 2014. Amenaza o impacto urbano y turistico? Los incendios en zonas serranas de la periferia urbana de Tandil (pcia. de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 21. pp. 247-261. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2014): **"Incendios Forestales. Medidas de Protección. Una responsabilidad compartida".** Ministerio del Interior. Gobierno de España. Disponible en http://www.proteccioncivil.org/incendios-medidas-proteccion

Drysdale. D. (1998): "Conceptos Básicos" En Grant C. **INCENDIOS**, CAPITULO 41 de Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Tomo 2. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene. ISBN : 84-8417-047-0. Gestión editorial. Madrid. 32páginas.

Garcia; M. C. (2014): "Turismo versus preservación de las sierras de la ciudad de Tandil. Una ciudad planificada para quienes?". En Dra. Ana María Fernández Equiza (Comp.):**Geografía, el desafío de construir territorios de inclusión.** Parte III ESPACIO URBANO: REESTRUCTURACIÓNECONOMÍA Y DESIGUALDAD. ISBN 978-950-658-346-0. CIG. IGEHS. 50 años de la Facultad de Ciencias Humanas. UNCPBA. Pp. 243-258. Tandil

Garcia, M. C. (2013): "Ordenamiento territorial no participativo y consecuencias ambientales. Usos del suelo urbano versus preservación de las sierras de la ciudad", en: **Nadir: Revista Electrónica de Geografía Austral.** Universidad Autónoma de Chile Sede Talca. Facultad e Educación, Pedagogía en Historia, Geografía y Ciencias Sociales. Chile. Año 5, n° 2 Agosto - diciembre 2013, pp. 1-9, 2013, ISSN 0718-7130. Disponible en: http://revistanadir.yolasite.com/. Indexada: Latindex.

Garcia, M.C. (2002): "BARRERAS SOCIALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD. BARRIOS PRIVADOS Y PÚBLICOS DE TANDIL EN LOS ÚLTIMOS DIEZ AÑOS" En **Revista ESTUDIOS SOCIOTERRITORIALES. Rev.Geografía.** -Año3/Nº3 Volumen 1 Páginas 319-331 CIG. UNCPBA. ISSN1515-6206. Tandil. Argentina. 2002.

Garcia, M. ; Uboldi, J. (2012): DETECCIÓN, UBICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES, DE PASTURAS Y DE INTERFASE. LAS GEOTECNOLOGÍAS AL SERVICIO DEL MEDIO AMBIENTE. En. **I Jornadas Nacionales de Ambiente 2012**: **libro de trabajos completos** / coordinado por Ana Ulberich; 1a ed. - Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2012. ISBN 978-950-658-306-4.Pp. 907-918.

Martínez Carretero (1995): LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA ARGENTINA. En **Revista Multequina 4**.ISSN 1852-7329 (versión electrónica). IADIZA.CRICYT. Mendoza. Pp, 105-114. Disponible en http://www.cricyt.edu.ar/multequina/

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. MOPU (1992) **"Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y Metodología"**. Madrid, Ministerio del Medio Ambiente. Secretaría General de Medio Ambiente. Madrid.

Uboldi, J; Mancino, M.; Barragan, F. (2007). Conflictos en la distribución de la vegetación en el Parque Prov. Ernesto Tornquist. Su análisis utilizando geotecnologías. En **II Congreso Latino americano de Parques Nacionales y otras áreas protegidas.** 30 de setiembre al 6 de octubre de 2007. Malargüe. Argentina.

García, María Celia. 2014. Amenaza o impacto urbano y turistico? Los incendios en zonas serranas de la periferia urbana de Tandil (pcia. de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 21. pp. 247-261. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Velasco, I; Ochoa, L; Gutierrez Rohan, D. (2005). "Sequía, un problema de perspectiva y gestión". En: revista **Región y Sociedad**, Vol XVII, Nº34, 2005. ISSN 0188-7408 (pp.35-71). El Colegio de Sonora. Mexico.

Wilches Chaux, G.(1989). **Desastres, Ecologismo y Formación profesional: herramientas para la crisis**. Instituto de Geografía. Editorial Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia. Popayán.

Linares, S.; Del Fresno, M.; Meliendrez M. y Milía S. 2014. Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 22. pp. 262-279. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity

Santiago Linares[*]
Mariana del Fresno[**]
Martín Meliendrez[***]
Sebastián Milía[****]

Resumen

El modelado emergente es una metodología en desarrollo apta para simular los procesos complejos que caracterizan a la dinámica socioespacial urbana en la actualidad. La mayoría de los antecedentes desde este enfoque han aplicado satisfactoriamente autómatas celulares basados en reglas para simular procesos tales como cambios en el uso del suelo, expansión urbana y segregación socioespacial.
Sin embargo, existen escasos antecedentes de abordajes basados en esta metodología al espacio urbano latinoamericano y prácticamente inexistentes los desarrollos propios de aplicaciones informáticas que permitan ejecutar estos modelos, es por ello que el objetivo del presente trabajo es presentar y divulgar la aplicación SACcity, como un desarrollo propio compatible con el Sistemas de Información Geográfica ArcGIS, como herramienta para el estudio y comprensión del fenómeno de crecimiento y expansión urbana en ciudades argentinas.

Palabras clave: Expansión urbana, Autómatas Celulares, Sistemas de Información Geográfica

Abstract

The emergent modeling is a suitable development methodology to simulate the complex processes that characterize urban sociospatial dynamics today. Most of the background from this approach have been successfully applied rule-based cellular automata for simulating processes such as changes in land use, urban expansion and spatial segregation.
However, there are few records of this methodology based approaches to Latin American urban space and virtually non-existent self-developed computer applications that allow to execute these models, which is why the objective of this paper is to present and disclose SACcity application such as a own development compatible with ArcGIS GIS as a tool for the study and understanding of the phenomenon of urban growth and expansion in Argentine cities.

Key words: Urban Sprawl, Cellular Automata, Geographic Information Systems

[*] Docente/Investigador CIG-IGEHCS, CONICET/UNCPBA, Tandil, Argentina. slinares@fch.unicen.edu.ar
[**] Docente/Investigador PLADEMA, CICPBA/UNCPBA, Tandil, Argentina. mdelfres@exa.unicen.edu.ar
[***] Departamento de Computación y Sistemas, UNCPBA, Tandil, Argentina. martinmeliendrez@gmail.com
[****] Ingeniero en Sistemas, UNCPBA, Tandil, Argentina. miliaseba@gmail.com

Linares, S.; Del Fresno, M.; Meliendrez M. y Milía S. 2014. Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 22. pp. 262-279. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

El marco teórico y metodológico que sustenta los tradicionales modelos de estructuración urbana se refieren a un período histórico en el que la ciudad era muy diferente con respecto a las manifestaciones contemporáneas. Tradicionalmente las ciudades eran representadas con un único distrito central caracterizado por la concentración de materias primas, mano de obra y densidad de comercios y servicios; mientras que en la actualidad este escenario se transformó sustancialmente, las ciudades tienden a ser policéntricas como consecuencia del acceso masivo del automóvil, la difusión y diversificación de los servicios y las nuevas tecnologías de la información y comunicación.

Es por ello que muchos abordajes actuales, basados en teorías clásicas sobre el desarrollo urbano, encuentran limitaciones para simularla y describir el carácter cambiante de los sub-espacios que en su interior se desarrollan. En consecuencia, hay una necesidad de implementar modelos que sean tan flexibles y dinámicos en sus capacidades de simulación como lo es la ciudad en su capacidad para evolucionar.

Una solución viable a estos problemas es posible encontrarla en los modelos basados en la teoría de la complejidad. Este enfoque se basa en delegar la simulación a macro-escala de la estructura urbana a un conjunto de sub-modelos dinámicos a micro-escala derivados de la teoría de la complejidad. Estos enfoques tratan de representar los actores individuales (o grupos) en un sistema dado, quienes pueden interactuar entre sí y/o con un entorno. A partir de la agregación de estas interacciones es que se configuran los comportamientos macro-escala.

Desde este punto de vista, la teoría de la complejidad puede ser considerada como un nuevo enfoque sistémico, que estudia la relación entre las partes y el todo de una manera diferente, haciendo hincapié en la idea de una estructura emergente de un proceso ascendente, donde las acciones locales y las interacciones producen el patrón global. Los procesos dinámicos intraurbanos resultan ser más importantes que la estructura en sí, ya que permiten la comprensión de dichos sistemas para ir más allá de la descripción (en términos estáticos), hacia la captura de la esencia interna de los fenómenos de cambio (Batty 2000; Wu 2002; Casti 1997).

Diferentes modelos desde la teoría de la complejidad han sido utilizados para simular la dinámica urbana, dentro de los cuales se encuentran los modelos estadísticos, modelos basados en agentes, modelos fractales, modelos de redes neuronales artificiales y modelos basados en autómatas celulares (Buzai y Baxendale 2006). En este artículo presentamos una aplicación informática que recupera gran parte de los avances desarrollados sobre los modelos basados en autómatas celulares.

Autómatas celulares aplicados al crecimiento urbano

El trabajo trascendental donde el concepto de autómatas celulares (AC) fue aplicado en su totalidad para abordar procesos socio-espaciales tuvo lugar en 1979, cuando el geógrafo Waldo Tobler desarrolló el concepto de AC para modelar y predecir el crecimiento urbano de una ciudad (Tobler 1979). En su trabajo, planteó la idea de cómo los AC pueden funcionar como una herramienta útil para el planeamiento urbano y cómo se pueden obtener las mejores reglas de transición. Tobler definió una ley que sería muy importante en el desarrollo de modelos predictivos para el crecimiento urbano: “en geografía todo está relacionado con todo, pero las cosas más cercanas están más relacionadas que las lejanas”. Esto significa que la cercanía o lejanía de ciertos tipos de procesos o actividades inhibe o estimula el surgimiento y desarrollo de otras actividades en sus cercanías.

Muchos autores siguieron la línea del modelo definido por Tobler, como por ejemplo Couclelis (1985, 1988), Itami (1988) y Phipps (1989); pero fue a partir de la década del noventa donde

aparecieron los modelos con los que se ha logrado representar más fielmente la realidad y con los que mejores resultados se han obtenido. Entre estos antecedentes destacamos los trabajos de Kramer (1996), Batty (1997), Semboloni (1999), Torrens (2000), O'Sullivan y Torrens (2000), Li y Yeh (2001, 2002), Masanori (2003), Oguz et al. (2007), Watkiss (2008) y Al-ahmadi et al. (2009).

Una de las propuestas metodológicas más destacadas es el modelo SLEUTH desarrollado por Clarke et al. (1997), quienes utilizan como entradas cinco variables que definieron de la siguiente manera: Slope, Land use area, Excluded area, Urban area, Transportation map, Hillshade area. A su vez, el modelo emplea cinco factores para controlar el comportamiento del sistema: difusión, reproducción, propagación, pendiente y distancia a rutas.

Finalmente, la aplicación más aceptada de AC para modelar las dinámicas urbanas la presentan White y Engelen (1993). El procedimiento que desarrollaron une los conceptos definidos en el modelo geográfico de Tobler (1979) junto con el supuesto de que el potencial de una célula para someterse a cierta transformación del uso del suelo depende de los estados de las células vecinas.
Formalmente, el autómata celular de White y Engelen consta de un espacio celular finito que representa un área urbana hipotética. Los distintos usos de suelo son identificados con los elementos del conjunto de estados del autómata celular. Se definen dos tipos de estados: los activos y los fijos. Los primeros representan usos de suelo convencionales, tales como residencial o comercial, los cuales pueden cambiar con el tiempo. Los segundos representan la infraestructura vial o accidentes naturales del terreno como, por ejemplo, un río o una barranca.

Las reglas de transición de estado son definidas a través de una función que relaciona cuatro diferentes tipos de factores:

- Las conveniencias intrínsecas entre los distintos usos de suelo, que representan aspectos heterogéneos del espacio geográfico que está siendo modelado. Estas conveniencias para que un uso de suelo, localizado en un punto específico, se transforme en otro o permanezca sin cambio están relacionadas con cuestiones que van desde la calidad del suelo hasta restricciones legales o presiones económicas especulativas.
- El efecto que sobre un uso de suelo específico tienen los usos de suelo aledaños. Este tipo de efecto puede ser atractivo o repulsivo, ya que algunos tipos de suelo atraen a unos y repelen a otros. Por ejemplo, un uso de suelo residencial atrae el uso comercial, mientras que repele el industrial.
- El efecto de la accesibilidad local, que representa la facilidad de acceso a la red de transporte.
- La perturbación estocástica que captura el efecto del conocimiento imperfecto y comportamientos variables de los actores sociales en relación a los usos del suelo.

El modelo de White y Engelen introduce un conjunto de cambios respecto a los modelos de AC clásicos que se venían aplicando. Por un lado, rompieron con la tradición del decaimiento monótono de la influencia del vecindario a medida que aumenta la distancia. En su lugar, usaron pesos $W_{x,d,j}$ para representar el balance de las fuerzas de atracción y repulsión que tienen lugar en los diferentes tipos de uso de suelos. Como la suma de dos fuerzas opuestas, el peso $W_{x,d,j}$ no es necesariamente monótono y hasta puede ser negativo. Otra diferencia importante respecto a los modelos tradicionales de AC radica en la introducción de un orden estricto de posibles transiciones entre los usos de suelo. El modelo solo permite que los usos de suelo cambien siguiendo una secuencia definida previamente. Por ejemplo, dado un modelo donde existen 4 posibles estados de uso de suelo una posible secuencia de cambio es: libre→ vivienda→ industrial→ comercial.

Linares, S.; Del Fresno, M.; Meliendrez M. y Milía S. 2014. Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 22. pp. 262-279. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Precisiones metodológicas del modelo propuesto

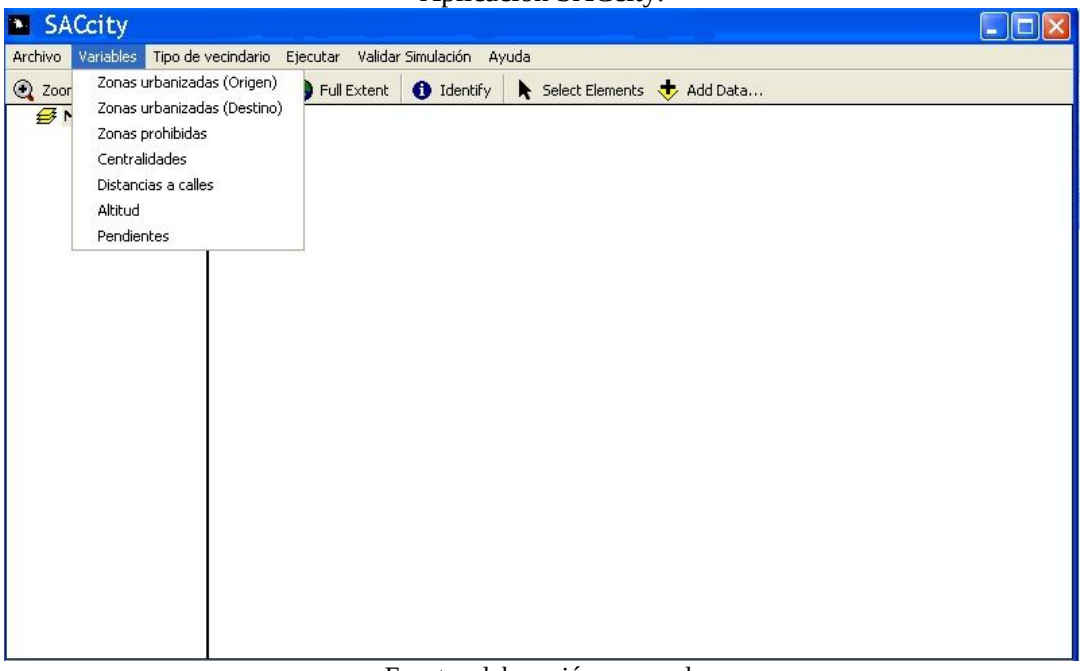
Muchos estudios han mostrado que la integración entre Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelos de CA puede ser usada para entender, simular y predecir satisfactoriamente el crecimiento urbano. En este sentido es se planteó desarrollar una aplicación en el lenguaje Java, la cual hemos llamado SACcity, que emplee las funcionalidades y modelo de datos de los productos de la empresa ESRI, como ArcGIS Desktop 9.3 y ArcGIS Engine 9.3.

El desarrollo de aplicaciones utilizando las funcionalidades desarrolladas por ESRI tiene una serie de ventajas:

- El framework proporcionado por ArcGIS para el desarrollo de aplicaciones SIG, es el mismo utilizado en la construcción de los productos ArcGIS Desktop, lo que facilita que las entradas y salidas del programa desarrollado puedan ser manipuladas con los demás productos ArcGIS existentes.
- Para facilitar el diseño de las aplicaciones, ArcGIS Engine incluye un conjunto de componentes reutilizables para proporcionar funciones gráficas, los cuales están desarrollados como componentes AWT. La API de Java para ArcObjects permite que estos controles estén disponibles para su uso como componentes visuales.
- ArcGIS Engine proporciona múltiples interfaces para la programación de aplicaciones (APIs). El software ArcGIS Engine Development Kit para Java viene con una colección de herramientas que permiten realizar una serie de funciones tales como: mostrar mapas con múltiples capas, buscar y encontrar características en el mapa, dibujar imágenes a partir de fotografías aéreas o imágenes de satélite, dibujar las características gráficas, tales como puntos, líneas, círculos y polígonos, identificar las características en el mapa.

La Figura 1 muestra la interfaz del usuario donde puede observarse la integración entre ambos componentes.

Figura 1.
Aplicación SACcity.



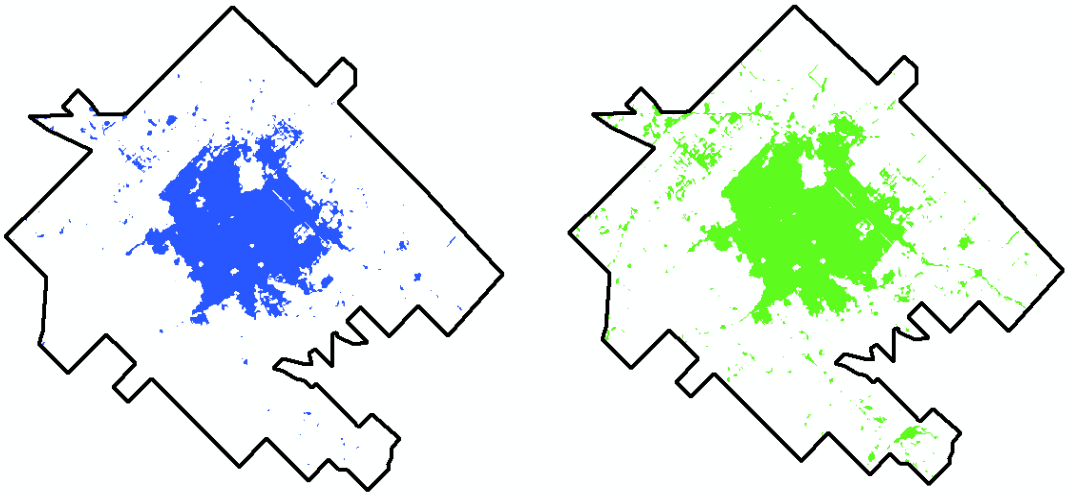
Fuente: elaboración personal.

Linares, S.; Del Fresno, M.; Meliendrez M. y Milía S. 2014. Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 22. pp. 262-279. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Variables del modelo

Para ejecutar el modelo de simulación, el usuario debe ingresar un conjunto de capas temáticas que representan diferentes factores que afectan (en mayor o menor medida) al crecimiento urbano. Las variables consideradas en esta aplicación son las más utilizadas en los antecedentes basados en AC. En primer lugar se tuvo en cuenta el suelo urbanizado representado por el área urbana construida en la ciudad de Tandil para los años 1985 y 2002 (Figura 2), que se considera como la variable a explicar o dependiente.

Figura 2.
Mapa de áreas construidas: Tandil, años 1985 (a) y 2002 (b).

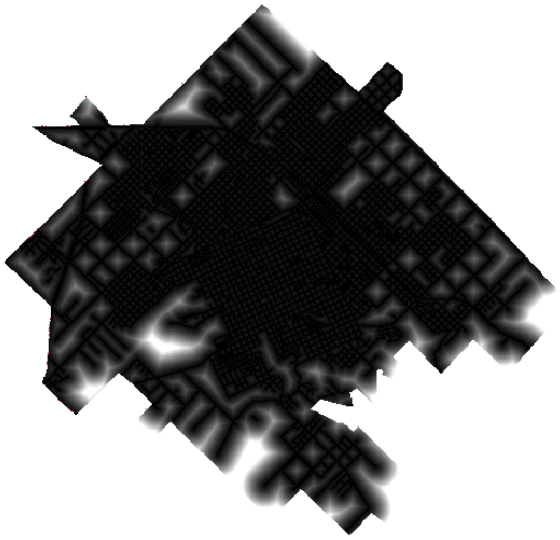


(a) (b)

Fuente: elaboración personal.

En segundo lugar se considera que la red de transporte desempeña un papel fundamental en el proceso de expansión urbana, y es por ello que las variables de distancia a vías de comunicación fueron tenidas en cuenta. La distancia simplemente se calcula como la distancia euclidiana a la vía de transporte más cercana y es considerada como una medida de accesibilidad geográfica, por lo que los valores más bajos de distancia implican una mayor probabilidad de cambio. La Figura 3 muestra un mapa de de distancias a calles representado con una escala de grises, que va desde el negro más profundo (distancia cero, o mínima distancia que puede existir entre un punto de la zona estudiada y la calle más cercana a ese punto) variando gradualmente en intensidad hasta llegar al blanco (máxima distancia que puede haber entre un punto de la zona estudiada y la calle más cercana a ese punto).

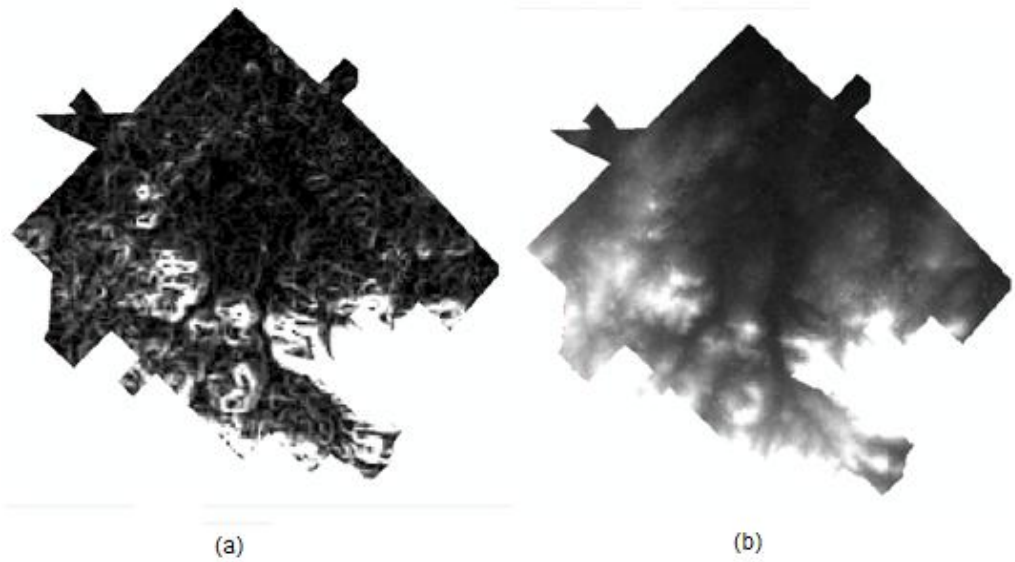
Figura 3.
Mapa de distancias a calles.



Fuente: elaboración personal.

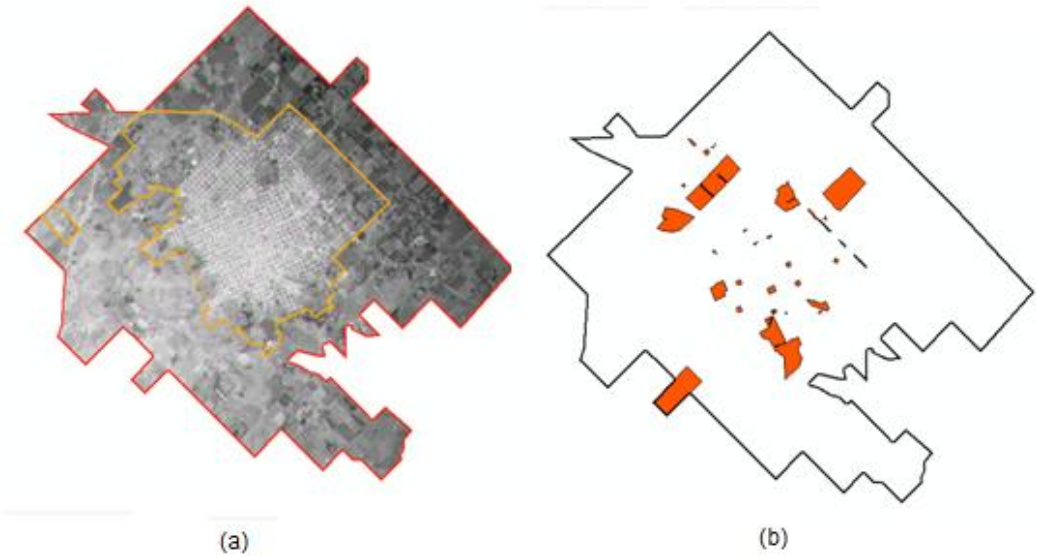
En tercer lugar, se han tenido en cuenta las variables de pendiente y de altura (sobre el nivel del mar). Para el caso de la pendiente, se trata de una variable que oscila entre 0% (0 grados) y 100% (90 grados), mientras que la altura es una variable que puede tomar cualquier valor positivo. Cuanto mayor es el ángulo de la pendiente, menor es la probabilidad de cambio. De forma similar, y en concordancia con las restricciones a la construcción que caracterizan a Tandil, cuanto menor es la altura, mayor es la probabilidad de cambio. La Figura 4 muestra mapas de pendientes (a) y de altitudes (b), también representados con escalas de grises. En el caso del mapa de pendientes, el negro más profundo equivale al menor grado de pendiente que existe en el área de estudio, mientras que el blanco representa el mayor grado posible. En el caso del mapa de altitudes, el negro simboliza la menor altitud que existe en el área de estudio, mientras que el blanco simboliza la máxima.

Figura 4.
Mapa de pendientes (a) y mapa de altitud (b).



Fuente: elaboración personal.

Figura 5.
Mapa de áreas complementarias y urbanas (a) y zonas restrictivas (b).



Fuente: elaboración personal.

En cuarto y último lugar, se considera que las políticas de planeamiento también condicionan los procesos urbanos, y por ello han sido incluidos dos aspectos básicos asociados a ello. Primero, al momento de definir el área potencialmente urbanizable, representado en nuestro caso por las zonas urbanas y complementarias que se encuentran delimitadas en el Plan de Desarrollo Territorial de Tandil (2005); y segundo, incluyendo una máscara de análisis que permite eliminar aquellas zonas con restricciones a ser urbanizadas, tales como zonas destinadas a uso militar, recreativo o equipamiento colectivo (Figura 5).

Modelado de algoritmos para predecir el crecimiento urbano

La aplicación construida permite la ejecución de dos modelos diferentes: un modelo de AC clásico, en donde a partir de reglas locales simples se buscan generar patrones complejos de urbanización a nivel global; y un modelo de AC combinado en el cual se incorpora un método de decisión multicriterio, que introduce un factor de difusión y en donde la regla de transición está definida como una función que contempla todos los parámetros de entrada en forma combinada, obteniendo así una simulación más cercana a la realidad. Este trabajo profundiza solo sobre el primero de los modelos citados.

Modelo de AC clásico

Dado que los sistemas naturales y sociales contienen muchos componentes (que pueden tener estructuras muy complejas) cuyos estados dependen de numerosas interacciones, es difícil construir modelos realistas que coincidan con el nivel de complejidad real (Clark, 1993). Es por esta razón que los modelos AC simples basados en reglas resultan más adecuados cuando se desea abordar problemas a gran escala. En dichos modelos de AC, cada célula en particular se ve afectada por sus vecinos de una manera simple (Wolfram, 1986).

Estos modelos forman una clase integral de modelos donde el espacio, el tiempo y los estados son discretos. Dado que se utilizan reglas (y no se basan en ecuaciones), se permite la consideración directa de conocimientos que no necesariamente se limitan a “datos duros”, y son particularmente útiles cuando se examinan los sistemas complejos (Jeltsch et al., 1996).

Por lo tanto, la teoría de AC permite el estudio de las interacciones simples entre los organismos a través del tiempo, modelando la siguiente dinámica: en cada paso de tiempo el AC evoluciona en base a reglas muy simples. El nuevo valor (estado) de una célula se calcula en base a su estado actual y en base a sus vecinas.

La característica interesante y distintiva de los modelos de AC basados en reglas, es que como consecuencia de la interacción de cada célula con sus vecinas, es posible recrear patrones extraños o singulares. Estos patrones pueden o no repetirse cada cierto tiempo: según la complejidad de cada uno, tomará sólo algunas iteraciones de tiempo para que vuelva a repetirse o lo hará cada miles de millones de iteraciones (White, 1997).

Cuando se habla de simples reglas, se hace referencia a reglas IF...THEN utilizadas para conducir la simulación junto a los diferentes tipos de vecindario. Por ejemplo, se podrían tener las siguientes reglas:

- SI la célula evaluada no está "urbanizada" (representa una zona sin construcción como bosque, pastizal o campo, por ejemplo), y está rodeada por tres o más células "urbanizadas", ENTONCES se cambia a "urbanizada".
- SI la célula evaluada está "urbanizada", ENTONCES se mantiene "urbanizada".

Este tipo de reglas, que rigen el cambio de estado de una célula de "no urbanizada" a "urbanizada", las llamamos reglas de urbanización.

También existen otra clase de reglas que permiten reflejar o colocar obstáculos en la ciudad. Estos obstáculos constituyen zonas de la ciudad virtual en las que las células no pueden crecer (urbanizarse). Este tipo de áreas pueden ser áreas tales como cuerpos de agua (ríos, diques, mares, etcétera) o reservas naturales en una ciudad real. Entonces el código se trabaja, por ejemplo, de acuerdo a la regla:

- SI la célula pertenece a una "zona prohibida", ENTONCES no se permite el crecimiento celular (urbanización) allí.

En una ciudad real, esta zona prohibida representa un uso de suelo específico.

A las reglas de este último tipo, a diferencia de las anteriores, las denominamos reglas de restricción, ya que al cumplir la condición impiden que la célula que se está evaluando cambie su estado. Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente definimos las siguientes reglas:

Reglas de restricción

1. SI el estado de la célula estudiada es "zona prohibida", ENTONCES no se permite la urbanización de esta celda.
2. SI el estado de la célula estudiada es "distancia a red de transporte igual a cero metros" (es calle o ruta), ENTONCES no se permite la urbanización de esta celda.
3. SI el estado de la célula estudiada es "pendiente mayor a 45 grados", ENTONCES no se permite la urbanización de esta celda.

Reglas de urbanización

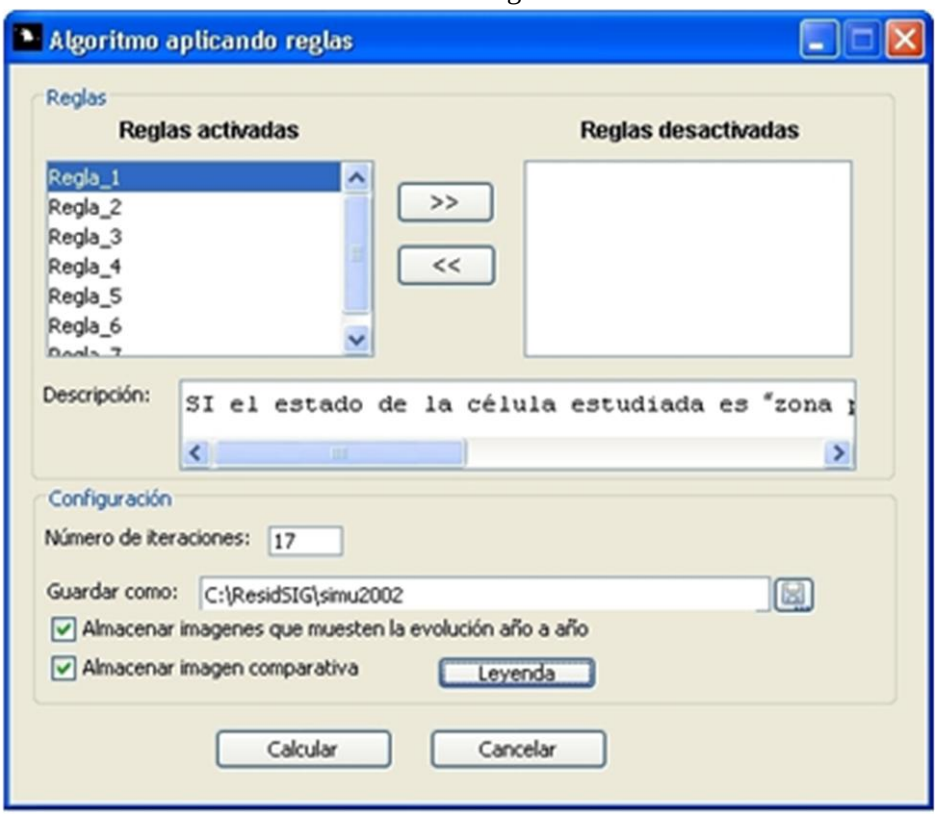
4. SI el número de células "urbanizadas" en el vecindario alrededor de la célula estudiada es igual o mayor a siete, ENTONCES esta última se cambia a "urbanizada" si no hay células en el vecindario que cumplan con alguna de las "reglas de restricción".

5. SI diez o más células del vecindario son "calle o ruta", y diez o más están "urbanizadas", ENTONCES se cambia el estado de la célula estudiada a "urbanizada".
6. SI el estado de la célula estudiada es "urbanizada", ENTONCES se mantiene el estado de la misma sin ninguna modificación.
7. SI la célula estudiada es "no urbanizada", y hay al menos diez células "urbanizadas" y siete "calles o rutas" en el vecindario, ENTONCES cambiar el estado de la célula estudiada a "urbanizada".

Si bien estas fueron las reglas definidas por defecto para la aplicación, el diseño de la misma permite implementar nuevas reglas fácilmente y de forma flexible.

Cuando el usuario de la aplicación ejecuta el modelo basado en reglas, estas se evalúan una tras otra hasta el momento en que una de ellas cumple la condición del SI, entonces a partir de ese momento no se evalúa ninguna otra regla. El orden con el cual se evalúan las reglas es importante: se comienza por las reglas de restricción, y finalmente se chequean las reglas de urbanización. De lo contrario, se podría llegar a estados del autómata imposibles para el contexto dado. Por ejemplo: si se evaluara primero la regla 7 y luego la regla 1, y si se cumpliera la condición de la regla 7, entonces la regla 1 no se ejecutaría y podríamos estar cambiando el estado de una célula a "urbanizada", cuando en realidad esa célula podría estar formando parte de un área prohibida para la urbanización. A pesar de que existe un conjunto de reglas por defecto para ejecutar el algoritmo basado en reglas, también se le permite al usuario de la aplicación elegir su propio subconjunto de estas reglas para ejecutar el algoritmo. A continuación se muestra el menú de la aplicación que enseña al usuario las reglas predefinidas y las posibilidades de activar o desactivar éstas reglas seleccionadas (Figura 6).

Figura 6.
Menú de reglas.

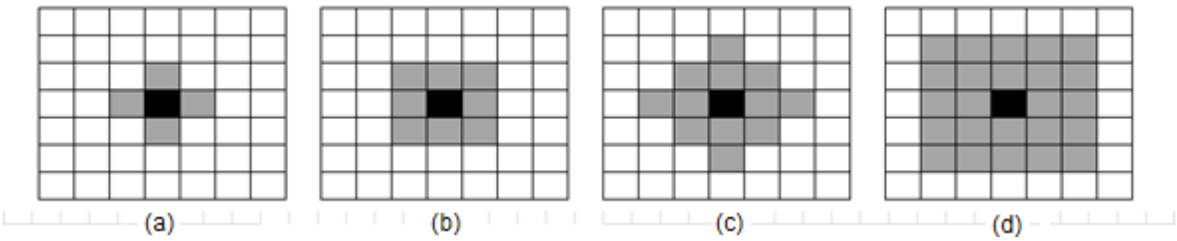


Fuente: elaboración personal.

Como mencionamos anteriormente, no sólo las reglas conducen la simulación, sino también el tipo de vecindario elegido. Cambiar entre uno y otro vecindario permite obtener observaciones importantes relacionadas con la tasa de crecimiento y la forma de expansión de la ciudad. La aplicación admite las siguientes definiciones de vecindad:

- **La vecindad de Von Neumman**. La conforman cuatro celdas, las celdas de arriba y abajo, las celdas derecha e izquierda. Estas celdas se calculan alrededor de una celda central (Figura 7a).
- **La vecindad de Moore**. Es una extensión de la vecindad de Von Neumann que contiene además las celdas diagonales (Figura 7b).
- **La vecindad de Von Neumman extendida**. Agrega a la vecindad de Moore las celdas diagonales (Figura 7c).
- **La vecindad de Moore extendida**. Es una descripción equivalente a la vecindad de Moore, pero extendiendo su distancia hacia al siguiente conjunto de celdas adyacentes (Figura 7d).

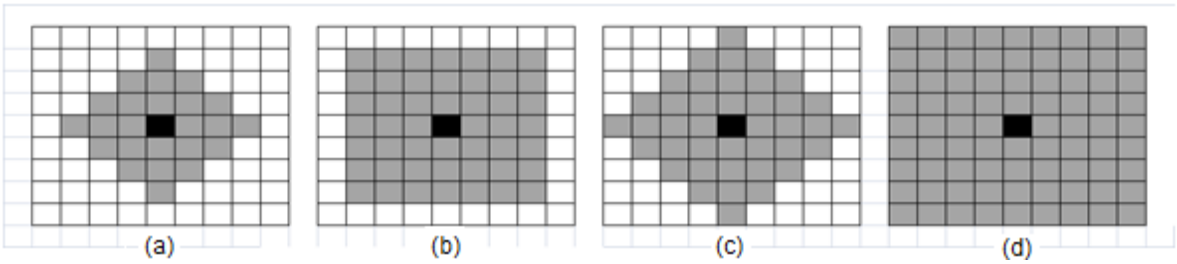
Figura 7.
Principales tipos de vecindades en los autómatas celulares.



Fuente: elaboración personal.

Otro concepto importante asociado con las vecindades es el radio, que indica la cercanía de las celdas que deben considerarse. En el caso de las vecindades de Von Neumman y de Moore tienen el valor de 1, ya que solamente se consideran los vecinos más cercanos, mientras que en la vecindad extendida de Moore el radio es 2. El radio permite, dependiendo de la situación en la que se desea aplicar AC, definir diferentes configuraciones como por ejemplo como se muestra en la Figura 8, vecindad de Von Neumman radio 3 (a), de Moore radio 3 (b), de Von Neumman extendida radio 4 (c) y de Moore extendida radio 4 (d).

Figura 8.
Vecindades en los autómatas celulares con distinto radio.



Fuente: elaboración personal.

En resumen, en un algoritmo de AC basado en reglas, las iteraciones se realizan al nivel de celdas en componentes de vinculación local que generan patrones de configuraciones espaciales globales y complejas. En este sentido cuando una celda contiene dos posibilidades como la existencia/no-existencia de espacio urbanizado, las relaciones de vecindad en su conjunto brindarán como resultado la forma y evolución de la aglomeración, y cuando los posibles

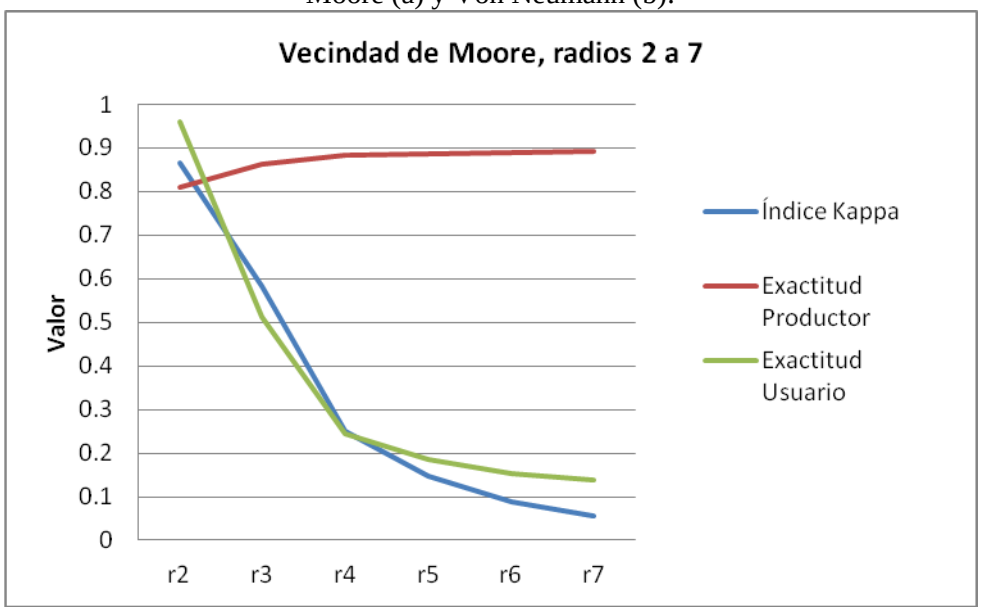
estados se amplían puede analizarse la configuración total de los usos del suelo en su interior (Buzai, 2005).
La definición de las reglas de un AC sigue siendo un tema de investigación, a pesar de la aparición de los AC como una herramienta de visualización de gran alcance en la simulación de crecimiento urbano. Un AC Urbano se desarrolla en gran medida a través del ensayo (prueba) y error, lo que hace que los modelos de AC sean esencialmente heurísticos (Wu, 2002).

Finalmente, contar con la situación real de las áreas urbanas permite validar el resultado, es decir, verificar cual es el grado de correspondencia entre lo predicho por el modelo y la realidad. Para tal fin, en este trabajo se emplean dos métodos de comparación de los resultados simulados con los valores reales de suelo ocupado por la ciudad: la comparación visual de los mapas (1) y una evaluación cuantitativa mediante matrices de confusión (2). La matriz de confusión permite deducir cuatro medidas relativas a la exactitud de los resultados: exactitud global, exactitud del usuario, exactitud del productor y coeficiente Kappa.

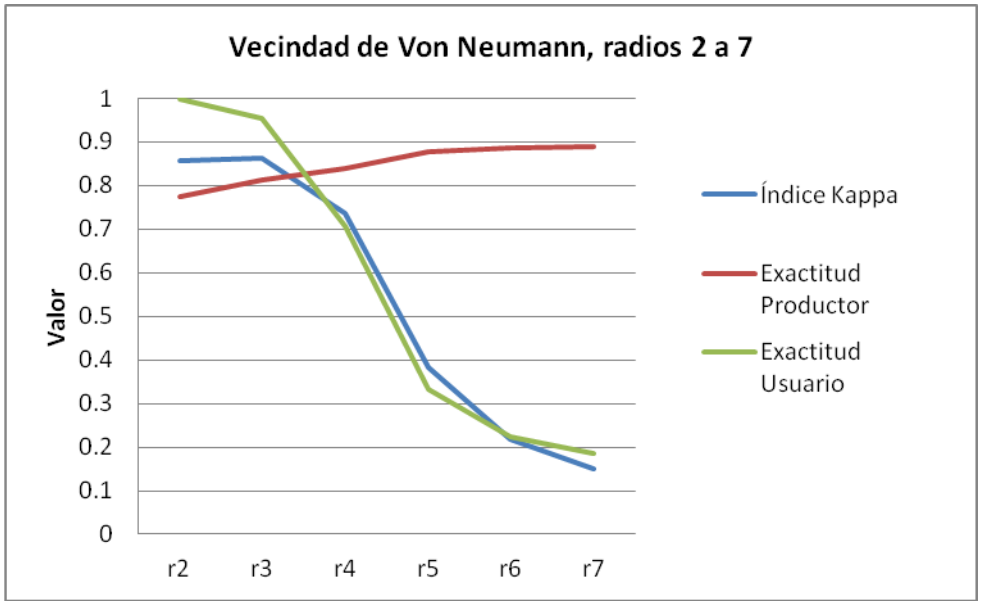
Aplicación y análisis de los resultados

Se escogió la ciudad de Tandil como estudio de caso para realizar durante el período 1985-2002 las evaluaciones sucesivas de la incidencia o sensibilidad de las reglas incluidas en SACcity para modelizar el crecimiento y expansión de la ciudad. Así, partimos de ejecutar el modelo basado en reglas, modificando en principio los distintos tipos de vecindarios disponibles, con el fin de deducir cuál de ellos representa mejor los procesos de expansión urbana. El resultado se presenta en la Figura 9, y claramente demuestra una mejor adaptación de los vecindarios pequeños, destacando los de Moore radio 2 y Von Neumann radio 3 como los mejores para el caso. A medida que el radio empleado aumenta, como se puede apreciar en la Figura 9, los índices de validación Kappa y exactitud del usuario decrecen bruscamente, mientras que la exactitud del productor aumenta levemente. Este último comportamiento se explica, no tanto por la bondad de la simulación, sino por la transformación excesiva e indiscriminada de píxeles al estado “urbanizado”, que terminan cubriendo desproporcionadamente el área de estudio, y por ende las celdas tomada como referencia para la validación.

Figura 9.
Dinámicas de los índices de validación aplicando vecindades Moore (a) y Von Neumann (b).



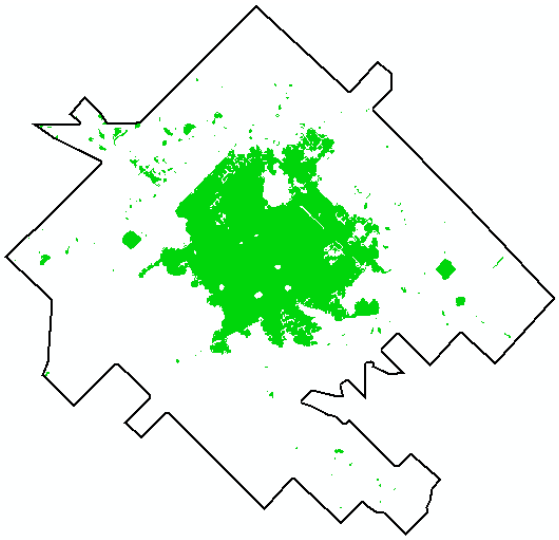
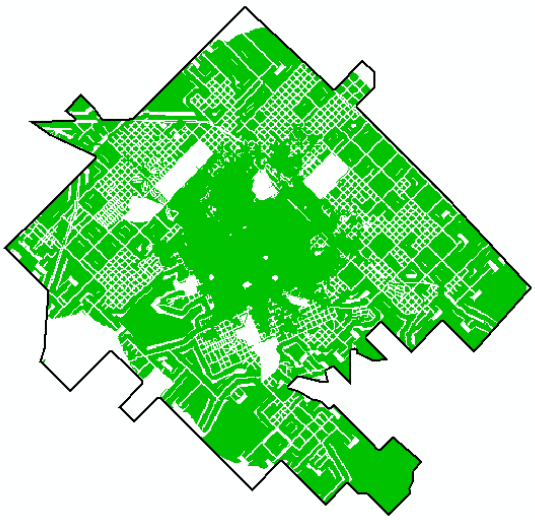
(a)



(b)

A modo de ejemplo, presentamos en la Figura 10 el resultado de dos simulaciones empleando situaciones extremas de adecuación de los vecindarios disponibles: Von Neumann radio 3 y Von Neumann radio 7. En el ejemplo claramente se observa la idoneidad del primero para simular la expansión urbana de la ciudad de Tandil y la asignación desmedida del segundo, que termina por convertir a "urbanizado" prácticamente toda el área de estudio.

Figura 10.
Modelo basado en reglas: vecindarios Von Neumann radio 3 y Von Neumann radio 7.

Resultados	Parámetros
	Tipo de Vecindario: *Von Neumann radio 3* Reglas: *1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7* Iteraciones: *17*
	Validación *Índice Kappa: 0.864* *Exactitud Global: 97.45%* *Exactitud Productor: 81.27%* *Exactitud Usuario: 95.51%*
	Tipo de Vecindario: *Von Neumann radio 7* Reglas: *1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7* Iteraciones: *17*
	Validación *Índice Kappa: 0.149* *Exactitud Global: 54.88%* *Exactitud Productor: 88.91%* *Exactitud Usuario: 18.63%*

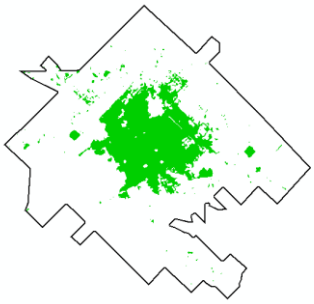
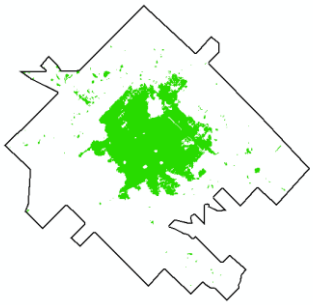
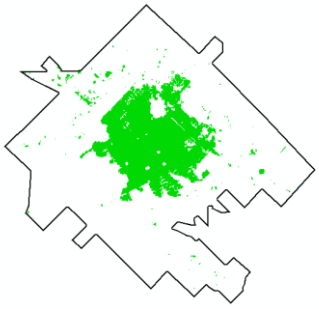
Fuente: elaboración personal.

Partiendo del mejor tipo de vecindario conocido a partir de las pruebas anteriores (Von Neumann radio 3), resultó interesante también evaluar la bondad de cada una de las reglas de urbanización incluidas en el modelo propuesto. Para ello, se optó por ejecutar tres simulaciones que se presentan en la Figura 11, que permitieron comparar el impacto individual de las reglas 4, 5 y 7 en los índices de validación disponibles.

En una primera aproximación observamos que todas las reglas presentan una muy buena adecuación para modelizar la expansión urbana, mostrando valores muy altos en todos los indicadores. No obstante, notamos que existe una mayor asociación entre las reglas que incluyen información respecto a la red de transporte (5 y 7) con respecto a aquellas que no lo incluyen (4). Hasta inclusive, se observa una leve mejoría en la exactitud del usuario en la regla 5 que toma más de diez células "calles o rutas" en la función de transición.

De alguna manera, este ejemplo no hace más que ratificar lo escrito en la literatura especializada sobre el tema; en la cual se sostiene que una de las diferencias entre una ciudad pequeña y una media es la forma de expansión que presentan estas últimas, en las cuales comienza a manifestarse cierto proceso de suburbanización, fuertemente determinado por la extensión de la red de transporte, formándose lo que serán los corredores urbanos sobre los accesos principales de la ciudad.

Figura 11.
Modelo basado en reglas: comparación reglas 4, 5 y 7.

Regla 4	*Regla 5*	*Regla 7*
Vecindario	Vecindario	Vecindario
Von Neumann radio 3	*Von Neumann radio 3*	*Von Neumann radio 3*
Reglas	Reglas	Reglas
1, 2, 3, 4 y 6 (se excluyen 5 y 7)	*1, 2, 3, 4 y 6 (se excluyen 4 y 7)*	*1, 2, 3, 6 y 7 (se excluyen 4 y 5)*
Iteraciones: *17*	Iteraciones: *17*	Iteraciones: *17*
Validación	Validación	Validación
Índice Kappa: 0.851	*Índice Kappa: 0.870*	*Índice Kappa: 0.870*
Exactitud Global: 97.29%	*Exactitud Global: 97.62%*	*Exactitud Global: 97.60%*
Exactitud Productor: 77.76%	*Exactitud Productor: 80.54%*	*Exactitud Productor: 80.85%*
Exactitud Usuario: 97.85%	*Exactitud Usuario: 98.11%*	*Exactitud Usuario: 97.50%*
		

Fuente: elaboración personal.

Conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros

La posibilidad de simular un proceso complejo, como es la expansión urbana, permite ratificar la importancia y utilidad que tienen las investigaciones en el campo de las Tecnologías de la Información Geográfica, hacia otras disciplinas y áreas de conocimiento. En esta investigación en particular, si bien la herramienta constituye un aporte concreto para las investigaciones sobre geografía urbana que se vienen desarrollando en el Centro de Investigaciones Geográficas de la Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional del Centro de Buenos Aires, consideramos que los avances pueden ser útiles para otros investigadores y profesionales preocupados por las transformaciones y dinámicas urbanas como la arquitectos, ingenieros, sociólogos, urbanistas y gestores ambientales.

Los diferentes resultados de los modelos propuestos permiten corroborar la versatilidad de la aplicación para adaptarse a los conocimientos y criterios de los usuarios expertos. La posibilidad de combinar y alternar reglas en una misma aplicación, resulta un aporte novedoso para la

simulación urbana, y permite una mayor utilidad de la herramienta al adaptarse a diferentes contextos urbanos.

De la misma manera, la posibilidad de contar con indicadores de validación permite, por un lado, darle la justa importancia a cada una de las reglas consideradas, y por otro, como se presenta en nuestro ejemplo, conocer efectivamente cuál de ellas resulta determinante para explicar la forma en que una ciudad se expande.

Resumiendo estos rasgos, podríamos decir que la aplicación de AC en la investigación de fenómenos urbanos, significa un estrechamiento de la distancia entre los procesos que ocurren en la realidad y los modelados mediante herramientas informáticas. Los resultados altamente satisfactorios arrojados en los índices de validación empleados así lo manifiestan.

No obstante, y a pesar de los buenos resultados, existen muchos aspectos que se podrían mejorar en esta aplicación, o en desarrollos similares futuros. En principio, las investigaciones futuras deberían estudiar técnicas para encontrar nuevas reglas de transición para el AC, lo que contribuiría a que fuera más realista.

Más allá de las variables tenidas en cuenta en este trabajo (área urbanizada, distancia a red de transporte, distancia a centralidades, altitud, pendiente, área urbanizable y áreas prohibidas), las cuales son consideradas como las principales condicionantes del crecimiento urbano; la simulación de este fenómeno se optimizaría considerablemente si se incluyen otras variables vinculadas a las actividades socio-económicas, características geotécnicas del suelo, zonas de riesgos y diversos indicadores urbanísticos que rigen legalmente el uso del suelo urbano.

Por otra parte, los modelos desarrollados en este trabajo sólo consideran dos posibles coberturas o clases de suelo: urbanizado y no-urbanizado. De esta forma, las simulaciones permiten ver cómo crece o se expande la ciudad en su conjunto. En trabajos futuros se podrían incorporar más clases que representen con mayor fidelidad a la morfología interna de las ciudades. Así por ejemplo, podríamos tener los tipos de suelo residencial, comercial, industrial, parque, etcétera, permitiendo ver, no sólo cómo crece la ciudad en su conjunto, sino también de qué manera crece cada uso a medida que crece la ciudad. Como consecuencia se podrían incorporar nuevas funcionalidades y nuevos algoritmos. Varios autores trabajan los modelos de crecimiento urbano de esta forma, como es el caso de Alkheder y Shan (2005), que representan la estructura de la ciudad con siete tipos de coberturas distintos (Agua, Camino, Urbanizado, Bosque, Pastura, Cultivo, Sin-Clasificar), o el de Lahti (2008) que permite configurar la aplicación para incorporar hasta 15 tipos de uso de suelo diferentes.

Finalmente, se podrían incorporar a la investigación otro tipo de modelos pertenecientes a la "nueva generación de modelos", tal como menciona Lahti (2008). Por ejemplo, modelos basados en multi-agentes (Benenson y Torrens, 2004) o aquellos que se orientan a la modelización de espacios urbanos a partir de grafos y considerando *random walks* (Blanchard y Volchenkov, 2007).

Agradecimientos

Nos gustaría expresar nuestro agradecimiento especial a Cristina Beatriz Massera, coordinadora de la Tecnicatura en SIG y Teledetección de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, por compartir mediante un trabajo conjunto de cooperación e investigación la licencia del software ArcGIS 9.3 necesaria para el desarrollo de esta aplicación.

Linares, S.; Del Fresno, M.; Meliendrez M. y Milía S. 2014. Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 22. pp. 262-279. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Bibliografía

AGUILERA, Francisco. "Predicción del crecimiento urbano mediante sistemas de información geográfica y modelos basados en autómatas celulares". Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, España, N° 6, 2006, pp. 81-112.

AGUILERA, Francisco; SORIA, Julio Alberto y VALENZUELA, Luis Miguel. Explorando el crecimiento en la aglomeración urbana de Granada: un modelo basado en autómatas celulares. El acceso a la información espacial y las nuevas tecnologías geográficas. España: actas [del] XII congreso nacional de tecnologías de la información geográfica, 2006, pp. 3-16.

ALKHEDER, Sharaf y SHAN, Jie. "Cellular Automata Urban Growth Simulation and Evaluation - A Case Study of Indianapolis". Geomatics Engineering. School of Civil Engineering. Purdue University, 2005. [En Línea]: http://www.geocomputation.org/2005/Alkheder.pdf Acceso: 3 de Junio de 2014.

ALMEIDA, Claudia María; BATTY, Michael; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira; CAMARA, Gilberto; SOARES-FILHO, Britaldo Silveira; CERQUEIRA, Gustavo Coutinho y PENNACHIN Cássio Lopes. "Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation". Computers, Enviroment and Urban Systems. Vol. 27. N° 5. 2003. pp. 481-509.

ANDERSON, James; HARDY, Ernest; ROACH, John y WITMER, Richard. **"**A land use and land cover classification system for use with remote sensor data". U.S. Geological Survey Professional Paper, N° 964, 1976. [En Línea]: http://www.fws.gov/wetlands/Documents/A-Land-Use-and-Land-Cover-Classification-System-for-Use-with-Remote-Sensor-Data.pdf Acceso: 3 de Junio de 2014.

BARREDO, Jose; KASANKO, Marjo; MCCORMICK, Niall y LAVALLE, Carlo. "Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata". Landscape and Urban Planning, Vol. 64, 2003, pp. 145-160.

BATTY, Michael; COUCLELIS, Helen. y EICHEN, Marc. "Urban systems as cellular automata". Environment and Planning B: Planning and Design, Vol. 24, N° 2, 1997, pp. 159-164.

BATTY, Michael. "Less Is More, More Is Different: Complexity, Cities, and Emergence". Environment and Planning B: Planning and Design, Vol. 27, N° 2, 2000, pp. 167-168.
BENENSON, Itzhak y TORRENS, Paul. Geosimulation: Automata-based Modeling of Urban Phenomena. Inglaterra: John Wiley & Sons, 2004, pp. 22-40.

BLANCHARD, Philippe y VOLCHENKOV, Dimitri. "Random walks along the streets and canals in compact cities: spectral analysis, dynamical modularity, information, and statistical mechanics". Phys. Rev. E. Vol. 75. N° 2, 2007.

BUZAI, Gustavo. "Actualización de cálculos y distribuciones espaciales a través de Cadenas de Markov y Autómatas Celulares: Pérdida de suelos en el Área Metropolitana de Buenos Aires". Primeras Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes. 2005. [En Línea]: http://www.gepama.com.ar/buzai/publicaciones/Buzai-JEP.pdf Acceso: 3 de Junio de 2014.

BUZAI, Gustavo y BAXENDALE, Claudia. Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica. Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente (GEPAMA). Argentina. 2006.
CASTI, John. Would-Be Worlds: How Simulation Is Changing the Frontiers of Science. Inglaterra: John Wiley and Sons. 1997.

Linares, S.; Del Fresno, M.; Meliendrez M. y Milía S. 2014. Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 22. pp. 262-279. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

CHUVIECO, Emilio. Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio. Barcelona: Editorial Ariel S. A. 3ª Edición. 2008.
CLARK, J. S. "Scaling the population level: Effects of species composition in gaps and structure of a tropical rain forest" En: EHLERINGER, J. R. y FIELD, C.B. (Eds.). Scaling Physiological Processes Leaf to Globe. Nueva York: Academic Press. 1993, pp. 255-285.

CLARKE, Keith; HOPPEN, Stacy y GAYDOS, Leonard. "A self modifying cellular automanton of historical urbanization in the San Fransico Bay area". Enviroment and Planning B, Vol. 24, N° 2, 1997, pp. 247-261.

COUCLELIS, Helen. "Cellular worlds: a framework for modeling micro-macro dynamics". Environment and Planning B, Vol. 17, N° 5, 1985, pp. 585-596.

COUCLELIS, Helen. "Of mice and men—what rodent populations can teach us about complex spatial dynamics". Environment and Planning A, Vol. 20, N° 1, 1988, pp. 99-109.

HENRÍQUEZ, Cristian; AZÓCAR, Gerardo y AGUAYO, Mauricio. "Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII región del Biobío, Chile". Revista de Geografía Norte Grande. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, N° 36, 2006, pp. 61-74.

ITAMI, Robert. "Cellular worlds: models for dynamic conception of landscapes". Landscape Architecture. Vol. 78. N° 5. 1988, pp. 52-57.

LAHTI, Johan. "Modelling urbain growth using cellular automata: a case study of Sydney, Australia". International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Holanda. 2008. 77 p. [En Línea]: http://www.itc.nl/library/papers_2008/msc/gem/lahti.pdf Acceso: 3 de Junio de 2014.

JELTSCH, Florian; MILTON, Suzanne; DEAN, Richard y VAN ROOYEN, Noel. "Tree spacing and coexistence in semiarid savannas". Journal of Ecology. N° 84. 1996, pp. 583-595.

LAN, Diana; LINARES, Santiago; DI NUCCI, Josefina y LOPEZ PONS, María Magdalena. "La lógica de la organización espacial en la Ciudad de TANDIL". En: ELIAS, Denise; SPOSITO, María Encarnação y SOARES, Beatriz. (Org.). Agentes econômicos e reestruturação urbana e regional: Tandil e Uberlândia. São Paulo: Expressão Popular, 2010. pp. 29-155.

PHIPPS, Michel. "Dynamic behavior of cellular automata under the constraint of neighborhood coherence". Geographical Analysis. Vol. 21. N° 3. 1989, pp. 197-215.

SAATY, Thomas. The Analytic Hierarchy Process. Nueva York: McGraw-Hill, 1980.

SUI, Daniel y ZENG Hui. "Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota regions: a case of study in Shenzhen". Landscape and Urban Planning. Vol. 53, N° 1-4, 2001, pp. 37-52.

TOBLER, Waldo. "Cellular Geography" En: Gale, Stephen y Olsson, Gunnar. (eds.), Philosophy in Geography. Dordrecht: Reidel, 1979, pp. 379-386.

VON NEUMANN, John. "Theory of self-reproducing automata" En: Burks, Arthur (Ed.). University of Illinois Press, Urbana, 1966, pp. 63-87. [En Línea]: http://www.history-computer.com/Library/VonNeumann1.pdf Acceso: 3 de Junio de 2014.

Linares, S.; Del Fresno, M.; Meliendrez M. y Milía S. 2014. Modelización de la expansión urbana mediante la aplicación SACcity. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 22. pp. 262-279. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

WHITE, Roger y ENGELEN, Guy. "Cellular-Automata and Fractal Urban Form: A Cellular Modeling Approach to the Evolution of Urban Land-Use Patterns". Environment and Planning A. Vol. 25, N° 8, 1993, pp. 1175-1199.

WHITE, Roger. "Cities and Cellular Automata". Discrete Dynamics in Nature and Society. Vol. 2. 1997, pp. 111-125. [En Línea]: http://downloads.hindawi.com/journals/ddns/1998/245791.pdf Acceso: 3 de Junio de 2014.

WHITE, Roger y ENGELEN, Guy. "Cellular automata as the basis of integrated dynamic regional modeling". Environment and Planning B: Planning and Design. Vol. 24. N° 2, 1997, pp. 235-246.

WHITE, Roger; ENGELEN, Guy y ULJEE Inge. "The use of constrained cellular automata for high resolution modelling of urban land-use dynamics". Environment and Planning B: Planning and Design, Vol. 24, N° 3, 1997, pp. 323-343.

WHITE, Roger y ENGELEN, Guy. "High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems". Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 24, N°5, 2000, pp. 383-400. [En Línea]: http://www.tau.ac.il/~bennya/nordgis/White_High-resolution%20integrated%20modelling%20of%20the%20spatial%20dynamics%20of%20urban%20and%20regional%20systems.pdf Acceso: 3 de Junio de 2014.

WOLFRAM, Stephen. Theory and applications of cellular automata. Hong Kong: World Scientific Publishing Co. 1986.

WU, Fulong. "Calibration of stochastic cellular automata: the application to rural urban land conversions". International Journal of Geographical Information Science, Vol. 16, N° 8, 2002, pp. 795-818.

Neuman, K.; Bongiovanni, A.; de Aduriz, A.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M. y Vecchi, M. 2014. Red GPS para la georeferenciación de límites dominiales registrados en el SITeBB (Sistema de Información Territorial Bahía Blanca) - Sector NO. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 23. pp. 280-288. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Red GPS para la georeferenciación de límites dominiales registrados en el SITeBB (Sistema de Información Territorial Bahía Blanca) - Sector NO

Karina Neuman[*] - Ariel Bongiovanni[*] - Ana María de Aduriz[**] - Cecilia Bergallo[**] - Pablo Pessolano[**] - Yanina Paglioni[**] - Marisa Primicia[**] – Mauro Vecchi[***]

Resumen

La ciudad de Bahía Blanca cuenta con un Sistema de Información Territorial (SITeBB) cuya base de datos está georeferenciada a POSGAR 98 (POSiciones Geodésicas ARgentinas), marco de referencia compatible con el WGS'84 (Word Geodetic System), sistema de referencia para las observaciones con equipos GPS (Global Positioning System).

El SITeBB se originó en 1993 en base a la digitalización de cartas restituidas del vuelo de 1968 que cubrían el área consolidada de la ciudad, denominada comúnmente "Anillo". Posteriormente, fue actualizándose con registros gráficos de mensuras y títulos de propiedad, sin georreferenciación.

Estudios recientes en el sector externo al "Anillo", han determinado diferencias de posicionamiento entre la materialización de chacras y/o manzanas y su correspondiente digitalización cartográfica.

El objetivo de este trabajo es aportar puntos de referencia para futuras mediciones con GPS de los hechos existentes; información necesaria para compatibilizarlos con los derechos de dominio vigentes. En esta presentación se contemplan las etapas de ejecución de la red GPS de apoyo, desde su materialización, medición con técnicas GPS precisas y procesamiento, hasta su ajuste al marco nacional vigente, POSGAR'07. El resultado logrado es una red con una precisión inferior a los 4 mm.

Palabras claves: SITeBB, red, apoyo, GPS, POSGAR

Abstract

Bahía Blanca city has a Territorial Information System (SITeBB) whose database is georeferenced to POSGAR 98 (ARgentine Geodetic Positions), this is a reference framework compatible with WGS'84 (Word Geodetic System), a reference system used by GPS (Global Positioning System) observations.

The SITeBB was originated in 1993 based on the digitalization of restitution charts from 1968 flight, which covered the city consolidated area, commonly known as "Ring". It was subsequently updated with land surveying graphic documents and property titles, without georeferencing. On the external Ring sector, recent studies have identified positioning differences between the materialization of farms and/or square and its corresponding cartographic digitization.

The goals of this work is to provide reference points for future GPS measurements of the existing facts; information required to make them compatible with the existing domain rights. In this presentation, the implementation stages of the support GPS network are contemplate, from its materialization, measurement with precise GPS techniques and processing, up to their adjustment to POSGAR'07, current national framework. A network with a precision lower than 4 mm was obtained.

Key Words: SITeBB, network, support, GPS, POSGAR

[*] Docente - Área 7 – Dpto. Ingeniería - Universidad Nacional del Sur- Bahía Blanca - kneuman@uns.edu.ar
[**] Docente - Área 13 – Dpto. Ingeniería - Universidad Nacional del Sur- Bahía Blanca - amdeaduriz@yahoo.com.ar
[***] Alumno de Agrimensura - Dpto. Ingeniería - Universidad Nacional del Sur- Bahía Blanca

Neuman, K.; Bongiovanni, A.; de Aduriz, A.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M. y Vecchi, M. 2014. Red GPS para la georeferenciación de límites dominiales registrados en el SITeBB (Sistema de Información Territorial Bahía Blanca) - Sector NO. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 23. pp. 280-288. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

El Catastro Territorial, como herramienta para la planificación y el urbanismo, requiere de una base de datos georeferenciada y actualizada para cumplir con el requisito de reflejar la realidad existente en el terreno.

A nivel local, el SiTeBB (Sistema de Información Territorial de Bahía Blanca) dependiente del Departamento Catastro Territorial de la Municipalidad de Bahía Blanca, ha sido desarrollado en 1983 en base a la digitalización de cartas restituidas según vuelo aerofotogramétrico de 1968, georreferenciadas al sistema Campo Inchauspe, que cubrían el área consolidada de la ciudad, denominada comúnmente "Anillo".

Actualmente, la base gráfica se encuentra georeferenciada a POSGAR 98 (POSiciones Geodésicas ARgentinas), marco compatible con el WGS'84 (Word Geodetic System), sistema geodésico mundial de referencia para las observaciones con equipos GPS (Global Positioning System).

En este momento, los límites de la ciudad llegan o sobrepasan las Rutas Nacionales, Provinciales y avenidas de circunvalación superando ampliamente el área original, o anillo. Si bien el SITeBB se ha ido actualizando con registros gráficos de mensuras y títulos, estos no cuentan con georeferenciación, situación que provoca fuera del anillo, diferencias de posicionamiento entre la materialización de chacras y/o manzanas y su correspondiente digitalización cartográfica, detectadas según algunos controles elementales efectuados en base al Google Earth y también por algunos trabajos de Agrimensura, de profesionales en ejercicio libre de su profesión.

Durante el desarrollo del proyecto "Determinación de una red GPS de apoyo para la vinculación de límites dominiales en el sector NO de Bahía Blanca" se identificó uno de los sectores donde se encuentran las mayores diferencias, delimitado por la Ruta Nacional Nº 33, la Avenida Alem y el camino Parque Sesquicentenario (Figura 1).

Previo al trabajo de campo que consiste en la medición de los hechos existentes, resulta necesario contar con una red de apoyo georeferenciada. En Bahía Blanca se determinó una red geodésica de apoyo al catastro local que abarcaba toda la ciudad con un total de 15 puntos (DI CROCHE, et al. 1998; DI CROCHE, et al. 1999). Uno de ellos, el BB02 estaba ubicado en la rotonda de Ruta Nacional Nº 33 y Camino Parque Sesquicentenario, actualmente inexistente; por lo que queda el sector desprovisto de puntos de referencia.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es construir una red de puntos fijos, georeferenciados al marco de referencia nacional POSGAR'07, para contribuir al ordenamiento territorial del sector NO de la ciudad de Bahía Blanca. La misma se utilizará como apoyo para futuras mediciones diferenciales con GPS de los hechos existentes; información necesaria para compatibilizarlos con los derechos de dominio vigentes.

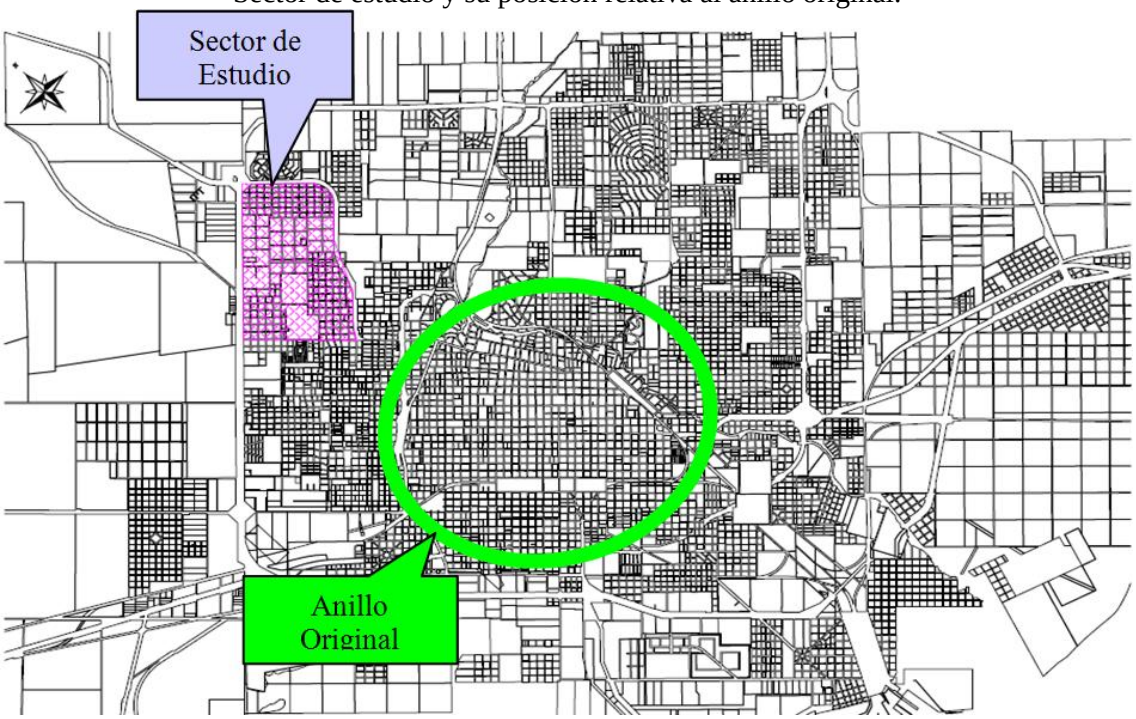
Materiales y métodos

Para la realización del trabajo se utilizaron:

- Tres equipos geodésicos GPS Trimble 4800, doble frecuencia.

- Los datos de la estación permamente GPS, marca Leica AT·303, ubicada en la terraza de la Universidad Nacional del Sur sobre el punto VBCA perteneciente a la red RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo SAtelital Continuo) georeferenciado a POSGAR'07. Archivos con intervalos de registro de 5 segundos.
- Planchetas catastrales del sector.
- Imágenes obtenidas del Google Earth.
- Software Trimble Bussines Center V2.6.

Figura 1.
Sector de estudio y su posición relativa al anillo original.



Fuente: propia.

Selección de los puntos

Para garantizar resultados satisfactorios en la medición con GPS, se eligieron lugares estables en el tiempo, de fácil acceso, libres de obstrucciones presentes y futuras (Ej. árboles), ya que la señal GPS es susceptible de ser bloqueada. Se consideró la ausencia de superficies reflectantes, para evitar el efecto Multipath, error accidental de las observaciones con GPS (HOFMANN-WELLENHOF, *et al.* 1997).

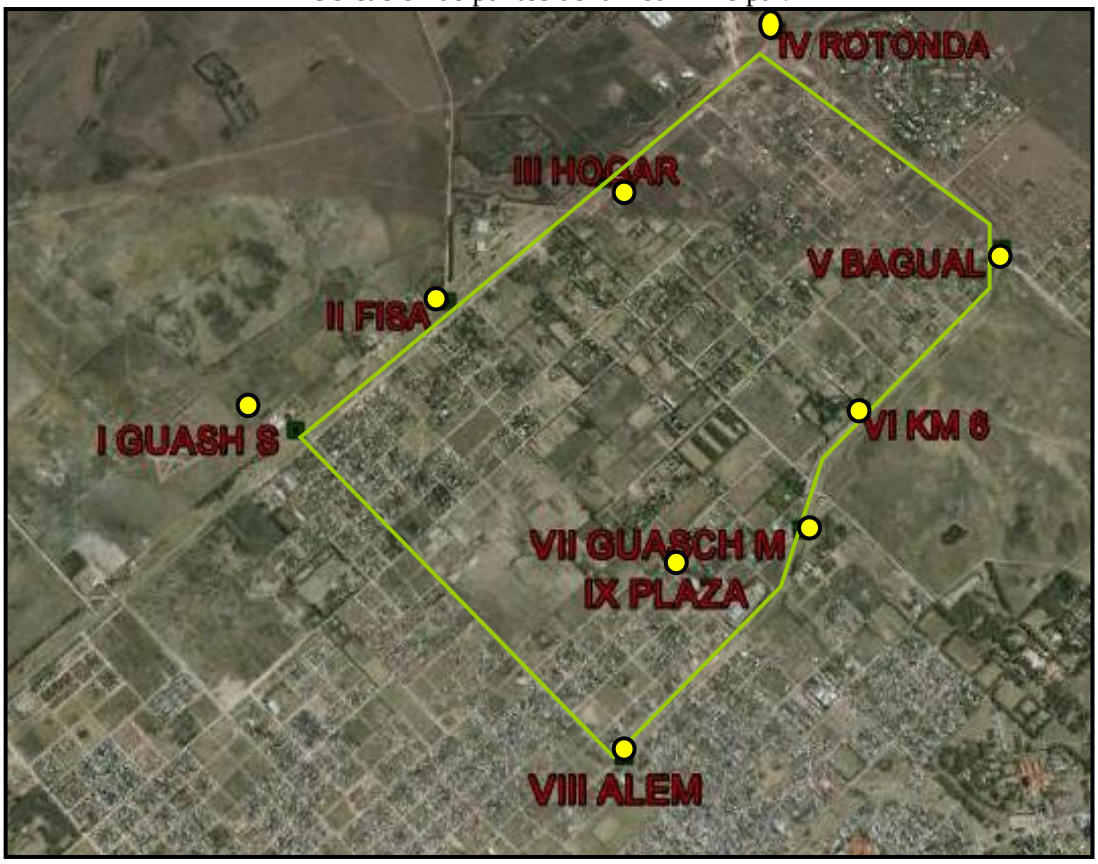
Simultáneamente considerando que en el futuro los puntos podrían utilizarse como apoyo de mediciones topográficas convencionales, se seleccionaron lugares con visuales sin obstáculos.
Finalmente se decidió colocar 9 puntos sobre los límites del sector, coincidiendo con vías rápidas de acceso a la ciudad y una en un espacio público. La separación máxima entre ellos no supera los 2 km. Los puntos fueron designados con números romanos seguidos del nombre del hecho cercano más destacado, quedando la distribución de los mismos según se muestra en la Figura 2.

Confección de los mojones

Se rellenaron caños de PVC de 4" de 60 cm de largo, con hormigón preparado en el Laboratorio de Estudio y Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional del Sur. Para indicar el punto, se

le introdujo una barra de hierro de 8 mm (Figura 3), se dejó fraguar el hormigón por 28 días, para luego proceder a la instalación in situ del mojón. En todos los casos se colocaron en terreno natural, asegurando su estabilidad con mortero cementicio (Figura 3).

Figura 2.
Ubicación de puntos de la Red Principal.



Fuente: propia

Figura 3.
Armado y fijación del mojón.



Fuente: propia

Medición de la Red Principal

La red principal fue medida con receptores GPS Trimble 4800 (Figura 4). El método de posicionamiento más preciso es el relativo a un punto de coordenadas conocidas, considerando la fase de la portadora y en modo estático. Por ello, y aprovechando la existencia de la estación permanente sobre el punto VBCA (Figura 5), se realizó la observación GPS por el término de una hora con intervalo de registro de 5 segundos, de manera de asegurar la simultaneidad de bservaciones entre los extremos de las líneas bases. Para obtener redundancia de datos y poder realizar el ajuste durante el procesamiento, cada punto fue ocupado en dos sesiones (Tabla I).

Figura 4.
Equipo GPS sobre punto de la Red.



Fuente: Propia

Figura 5.
Vista de la antena sobre punto VBCA.



Fuente: Propia

Neuman, K.; Bongiovanni, A.; de Aduriz, A.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M. y Vecchi, M. 2014. Red GPS para la georeferenciación de límites dominiales registrados en el SITeBB (Sistema de Información Territorial Bahía Blanca) - Sector NO. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 23. pp. 280-288. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Tabla I.
Sesiones de medición de la red Principal.

Sesión \ Punto	I GUASCHS	II FISA	III HOGAR	IV ROTONDA	V BAGUAL	VI KM 6	VII GUASCHM	VIII ALEM	IX PLAZA	VBCA
I	■	■								■
II		■	■							■
III			■	■						■
IV				■	■					■
V					■	■				■
VI						■	■			■
VII							■	■		■
VIII								■	■	■
IX	■								■	■

Fuente: propia

Procesamiento de la red Principal

A través del procesamiento diferencial se eliminan errores comunes, que afectan a las observaciones realizadas simultáneamente con equipos ubicados a corta distancia, como el caso que se está analizando.

En la primer etapa se procesaron individualmente las líneas bases, variando las estrategias de cálculo de los vectores que unen puntos de la red entre sí, y puntos de la red con el VBCA, logrando con esto mejorar los parámetros de precisión que arroja el posicionamiento diferencial. La redundancia de observaciones y la configuración geométrica de la red (Figura 6) permitieron, una vez depurados los datos, el ajuste de la misma en forma libre, evitando de esta manera las deformaciones que se producen al poner condiciones, como por ejemplo un punto fijo.

Una vez ajustada la red, se vinculó al punto VBCA, cuyas coordenadas en el marco oficial vigente (IGN; 2009), POSGAR'07, son las siguientes:

φ: -38º 42' 2,76549"
λ: -62º 16' 9,21762"
h: 59,479 m

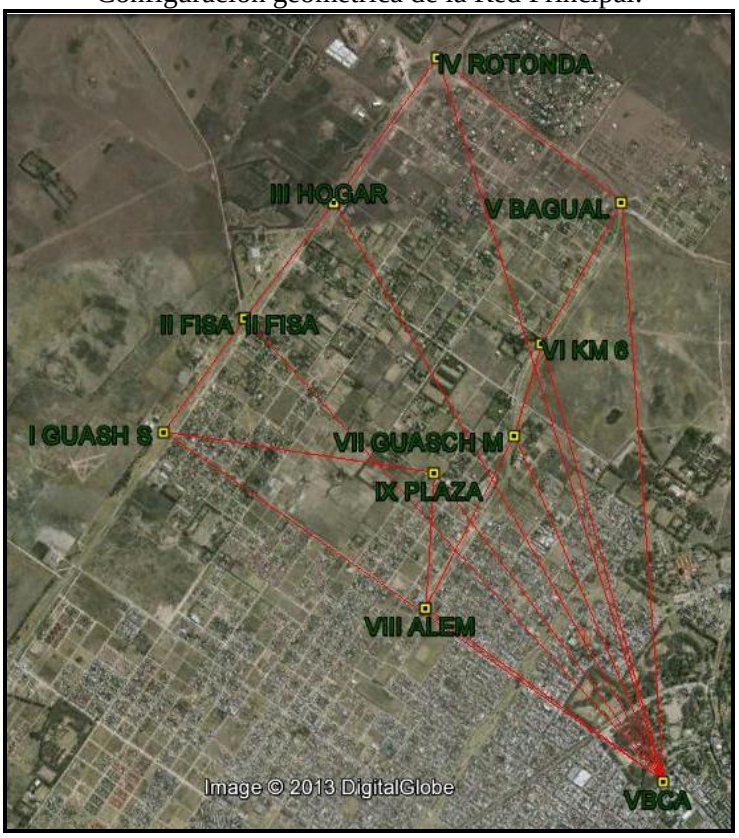
Fuente: www.ign.gob.ar

Análisis de los resultados

A partir de los estudios realizados fue posible obtener una red GPS conformada por 9 puntos que servirán de apoyo al SITeBB. Las coordenadas geográficas y Gauss Krüger, referidas al marco POSGAR'07, se muestran en la Tabla II.

Un producto secundario de este trabajo, pero de suma importancia para los profesionales que requieran de los puntos de la red, son las monografías de los mismos. En ellas se detalla la ubicación geográfica, coordenadas aproximadas, el acceso y características del punto perteneciente a la red.

Figura 6.
Configuración geométrica de la Red Principal.



Fuente: propia

Tabla II.
Coordenadas Geográficas y Gauss Krüger de los puntos de la red Principal.
Marco POSGAR'07.

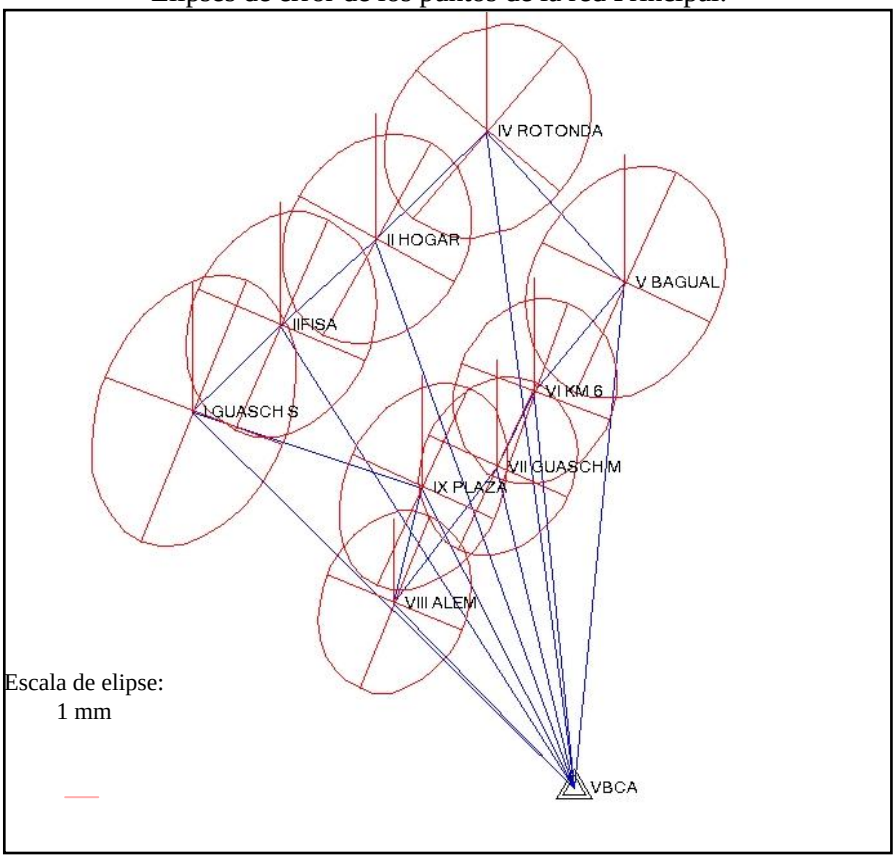
Punto	Latitud	Longitud	Altura elipsóidica (Metros)	x	y
I - GUASCH S	S 38°40'34.27800"	O 62°18'04.91306"	43.840	5719177.107	4560795.586
II - FISA	S 38°40'13.71346"	O 62°17'38.66054"	51.979	5719806.357	4561435.034
III - HOGAR	S 38°39'53.24058"	O 62°17'10.38624"	75.576	5720432.350	4562123.438
IV - ROTONDA	S 38°39'27.38297"	O 62°16'37.22343"	94.897	5721223.392	4562931.450
V - BAGUAL	S 38°40'02.94768"	O 62°15'55.48790"	78.399	5720118.731	4563931.742
VI - KM 6	S 38°40'29.04031"	O 62°16'22.36515"	68.582	5719319.338	4563275.616
VII - GUASCH M	S 38°40'46.88824"	O 62°16'33.35007"	51.251	5718771.094	4563005.741
VIII - ALEM	S 38°41'19.19367"	O 62°17'03.99912"	41.622	5717780.765	4562257.163
IX - PLAZA	S 38°40'51.80966"	O 62°16'55.86746"	44.926	5718623.622	4562460.297

Fuente: propia

En la Figura 7 se presentan las elipses de error de los puntos de la red. Considerando los valores del semieje mayor de la elipse (Tabla III), se puede decir que las coordenadas de los mismos tienen una incertidumbre en planimetría de 4 mm.

Los puntos de la red se encuentran uniformemente distribuidos, distantes no más de 2 km, quedando el sector de la Avenida Alem desprovisto de puntos, debido a que las condiciones de estabilidad y entorno libre de obstrucciones no se cumplía en su totalidad. Esta situación no afectaría la precisión en el posterior relevamiento areal que se plantea en el proyecto de investigación del que forma parte este trabajo, pero si los tiempos empleados en el recorrido del relevamiento cinemático hasta llegar a un punto fijo.

Figura 7.
Elipses de error de los puntos de la red Principal.



Fuente: propia

Tabla III.
Valores de los semiejes de las elipses de error.

Punto	Semieje mayor (Metros)	Semieje menor (Metros)
I - GUASCH S	0.004	0.003
II -HOGAR	0.003	0.003
II - FISA	0.003	0.003
IV - ROTONDA	0.004	0.003
V - BAGUAL	0.004	0.003
VI - KM 6	0.003	0.002
VII - GUASCH M	0.003	0.002
VIII - ALEM	0.003	0.002
IX - PLAZA	0.003	0.002

Fuente: propia

Neuman, K.; Bongiovanni, A.; de Aduriz, A.; Bergallo, C.; Pessolano, P.; Paglioni, Y.; Primicia, M. y Vecchi, M. 2014. Red GPS para la georeferenciación de límites dominiales registrados en el SITeBB (Sistema de Información Territorial Bahía Blanca) - Sector NO. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 23. pp. 280-288. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Conclusiones

El método de relevamiento y el posterior procesamiento y ajuste de la red permitió lograr una red con una precisión planimétrica inferior a los 4 mm, superando ampliamente las exigencias de precisión necesarias para el catastro.

La georeferenciación se efectuó al marco oficial de referencia, POSGAR'07. Se sugiere a Catastro Territorial de la Municipalidad de Bahía Blanca actualizar la georreferenciación del SITeBB al nuevo marco.

Los puntos de la nueva red servirán de apoyo para levantamientos con equipos GPS en el sector y aledaños. Podrán utilizarse como: puntos fijos para georeferenciar levantamientos relativos en forma radial; como bases, junto con los archivos del VBCA para lograr figuras cerradas para el caso de levantamientos que requieran ajuste y mayor precisión; o para control de levantamientos cinemáticos.

Bibliografía

DI CROCHE, Nilda, NAPAL, Esteban *et al*. "Actualización de un Sistema de Información Territorial por medio de GPS. Caso particular del SIT de Bahía Blanca- SITeBB". *Contribuciones Científicas GAEA*- Pág. 149/153, 1998.

DI CROCHE, Nilda, NAPAL, Esteban *et al*. "Interacción SIT-GPS". *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 1999.

HOFMANN-WELLENHOF.B; Lichtenegger, H. *et al*. *Global Positioning System, theory and practice*. Springer-Verlag, Wien, New York, 1997

HUERTA, Eduardo, MANGIATERRA, Aldo *et al*. *GPS Posicionamiento Satelital*. 1º Edición. Rosario. UNR Editora, 2005

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL- "Disposición Nº20/2009".[En Línea] Buenos Aires: Instituto Geográfico Nacional. http://ramsac.ign.gob.ar/posgar07_pg_web/documentos/Disposicion_Marco_POSGAR_07.pdf. [Febrero de 2014]

MANZANO AGUGLIARO, Francisco, MONTERO RODRÍGUEZ, Miguel Angel; *et al*. "Aplicación del GPS al control de la cartografía catastral de urbana".[En línea] Zaragoza: XVI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación. Área de Expresión Gráfica, Junio 2004, www.egrafica.unizar.es/ingegraf/pdf/Comunicacion17079.pdf- ". [Febrero de 2014]

SEEBER, Günter. *Satellite Geodesy. Foundations, Methods, and Applications*. Walter de Grunter. Berlín. New York., 1993.

Palazzo, Leandro y Enzo Monteiro. 2014. Rupturas y continuidades en el transporte público de pasajeros en Santa Rosa La Pampa. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 24. pp. 289-302. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Rupturas y continuidades en el transporte público de pasajeros en Santa Rosa La Pampa

Leandro Palazzo
Enzo Monteiro[1]

Resumen

El presente trabajo es un avance y se encuentra enmarcado en el proyecto de investigación "Atlas Geográfico y Satelital de la Provincia de La Pampa", tiene como finalidad analizar los cambios espaciales en el transporte público de pasajeros de la ciudad de Santa Rosa a raíz de la expansión urbana en el periodo comprendido entre los años 2006-2013. Como así también evidenciar la readecuación del transporte público a partir de las demandas de la población.
Para ello se tomara como variables de análisis los recorridos, frecuencias y la calidad del servicio entre otros.
A partir de la utilización del SIG se realizara un análisis detallado en el cual se puedan evidenciar los distintos aspectos que hacen a los cambios espaciales en el transporte público de pasajeros, debido a que esta herramienta sirve de apoyo en la toma de decisiones para la planificación y el ordenamiento territorial.

Palabras Clave: SIG, expansión urbana, ordenamiento territorial

Abstract

The present work is an advance and is framed in the project of investigation "Geographical Atlas and Satelital of the Province of La Pampa", has as purpose analyze the spatial changes in the passengers' public transport of the city of Santa Rosa immediately after the urban expansion in the period understood between the years 2006-2013. Since this way also demonstrates the readequacy of the public transport from the demands of the population.
For it there was taking as variables of analysis the tours, frequencies and the quality of the service between others.
From the utilization of the SIG an analysis was realized detailed in which there could be demonstrated the different aspects that they do to the spatial changes in the passengers' public transport, due to the fact that this tool uses as support in the capture of decisions for the planning and the territorial classification.

Key words: GIS, urban expansion, territorial classification

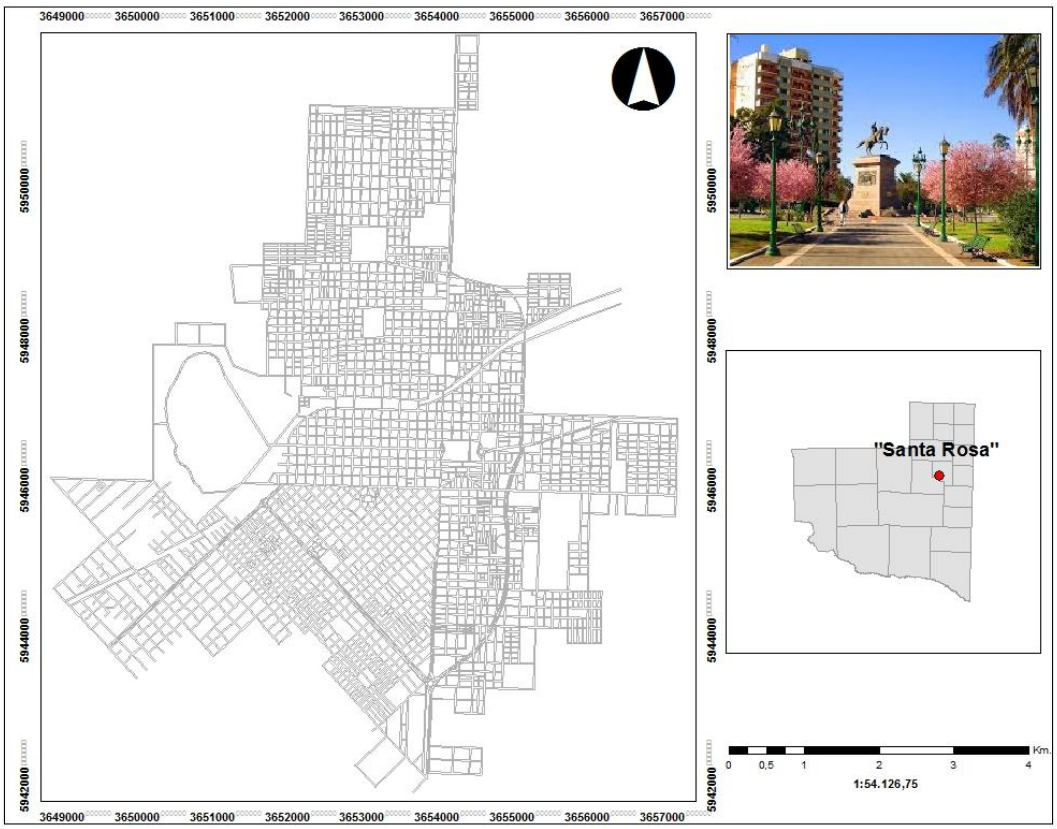
[1] Alumnos, Facultad de Ciencias Humanas - UNLPam - Santa Rosa (L.P.). lea_elpala@hotmail.com, monteiroenzo@outlook.com.

Palazzo, Leandro y Enzo Monteiro. 2014. Rupturas y continuidades en el transporte público de pasajeros en Santa Rosa La Pampa. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 24. pp. 289-302. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

La ciudad de Santa Rosa, capital de la provincia de La Pampa, perteneciente a la Patagonia Argentina fue fundada el 22 de abril de 1892 por Tomás Mason. La ciudad ocupa un lugar estratégico al encontrarse atravesada por las Rutas Nacionales Nº 5 y Nº 35, las cuales la cruzan horizontalmente de este a oeste la primera, y verticalmente de norte a sur la segunda. Es por ello que la ciudad ocupa una posición destacada y privilegiada en el país en cuanto a comunicación entre los extremos del mismo (Figura 1 y 2).

Figura 1.
Localización del área estudiada.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizado con datos de Pombo (2011).

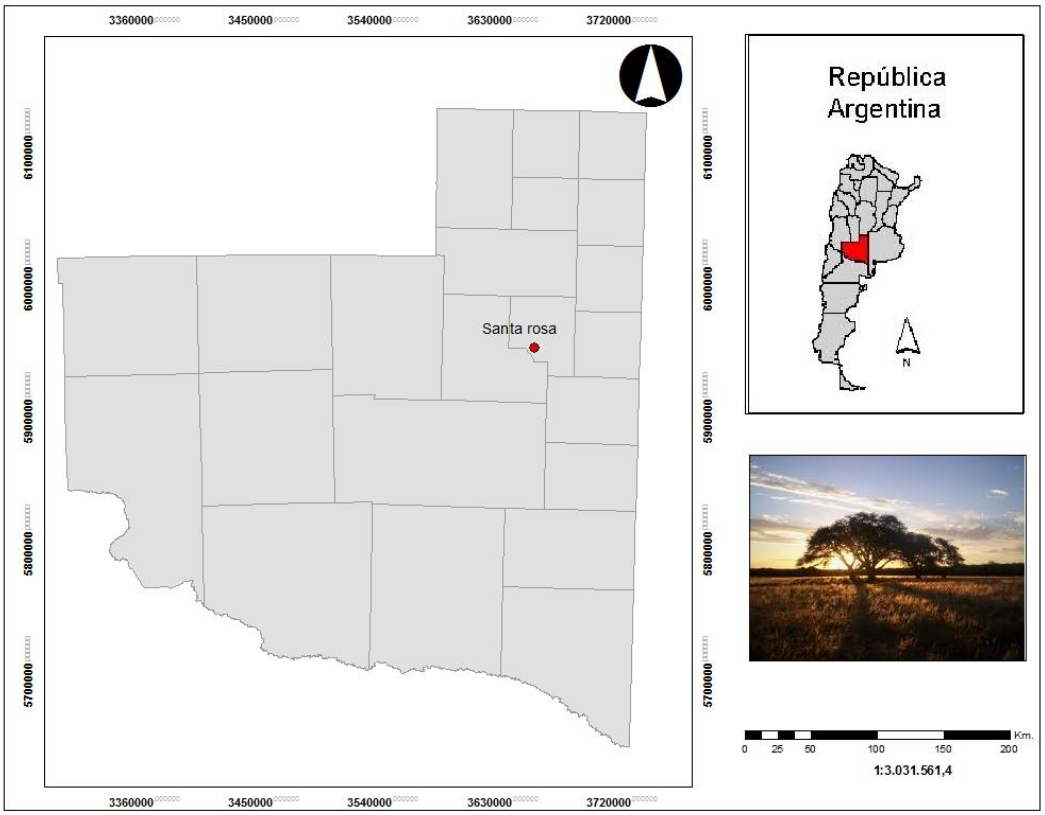
Santa Rosa en los últimos años ha sufrido una importante expansión urbana, lo cual se traduce en la incorporación de nuevas tierras para la construcción de viviendas, ya sean estas iniciativas de tipo social o privado. Dicho crecimiento obliga al estado a tomar decisiones en cuanto a la planificación y gestión territorial, con el fin de cubrir las demandas y exigencias de la población con respecto a la construcción de asfalto, infraestructura, tendido de servicios, entre otros. Esta investigación se centra en el estudio del transporte público de pasajeros de la ciudad de Santa Rosa, analizado las transformaciones espaciales del mismo como consecuencia de la expansión urbana, como así también evidenciar la readecuación del servicio respondiendo a las demandas de los usuarios. Para ello se analizó el desarrollo de la red de transporte público de pasajeros, estructura, recorridos y frecuencias y la extensión o no del mismo en función de la expansión urbana.

Palazzo, Leandro y Enzo Monteiro. 2014. Rupturas y continuidades en el transporte público de pasajeros en Santa Rosa La Pampa. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 24. pp. 289-302. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

La imposibilidad de numerosos grupos sociales de contar con un medio de transporte de tipo individual, sumado a la construcción de viviendas en la periferia obliga al Estado a implementar una serie de políticas públicas con el fin de dar respuesta a las demandas de la población. Entre estas acciones se encuentra la de proveer de un sistema público de transporte que permita a los ciudadanos un traslado relativamente accesible por los distintos sectores de la ciudad (POMBO DAILA, COSSIO BEATRIZ; 2010:5)

Un aspecto importante a tener en cuenta es el traspaso del servicio de una empresa a otra en los últimos años, el mismo permitirá realizar una comparación entre empresas con el fin de poner de manifiesto las rupturas y continuidades de ambas.

Figura 2.
Localización del área estudiada.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizado con datos suministrados de la Dirección General de Catastro de La Pampa.

En el caso de Santa Rosa el transporte público de pasajeros se encuentra concesionado desde el mes de septiembre de 2013 a la empresa "Autobuses Santa Fé", dicha empresa al hacerse cargo del servicio contaba con 8 líneas sin agregar ni quitar ninguna de estas. Dada las múltiples implicaciones del transporte público en la ciudad y los ciudadanos, este se considera un asunto de interés público y por lo tanto, debe regularse por medio de leyes y políticas que faciliten su control y adecuado funcionamiento.

La ciudad actual se encuentra sostenida esencialmente por la posibilidad de conexión entre diferentes espacios, por lo tanto la movilidad juega un rol activo en la medida que permita el desarrollo de este proceso y el mismo se territorializa (Blanco J.; 2010).

Para el análisis de la cronología de las empresas que prestaron el servicio público de pasajeros en la ciudad, cabe destacar que los datos obtenidos son escasos, esto debido a que desde un principio, los mismos, no se encontraban en forma digital lo cual dificulto la recolección de ellos.

A pesar de esto se pudo saber que la primera empresa que prestó el servicio fue la empresa 22 de abril a partir del año 1994, luego en el año 1998 ingreso la empresa El indio en conjunto con Pellegrini, los recorridos se encontraban divididos, la primera poseía la línea 2, la 1 y un sentido de la 5 y la segunda, las líneas 3, 4 y un sentido de la 5. Luego en el año 2000 se retira la empresa Pellegrini y adquiere la concesión completa del servicio la empresa El Indio incorporando la línea 6, finalmente luego de 6 años de prestación del servicio en el 2006 ingresa a la ciudad de Santa Rosa y adquiere el pliego de concesión el Grupo Plaza, prestando el servicio con unidades nuevas piso bajo hasta el mes de septiembre de 2013, cuando entonces de común acuerdo el municipio y la empresa deciden la rescisión del contrato, esto llevo a que se llame nuevamente a licitación adquiriendo el pliego tres empresas, Chevallier, Recreo y Autobuses Santa Fe, finalmente solo se presentó Autobuses Santa Fe convirtiéndose, en el mes de septiembre del mismo año, en la nueva prestataria del servicio urbano de pasajeros de la ciudad de Santa Rosa.

En la actualidad la ciudad posee un total de 8 líneas, siete atraviesan la ciudad longitudinalmente, y una posee un recorrido circular completo, tratando de complementar los demás recorridos.

Si bien los recorridos son establecidos en los pliegos por el municipio, la empresa puede realizar modificaciones en función de demandas o inconvenientes, siempre y cuando se garantice el servicio y el municipio apruebe los mismos.

A simple vista puede observarse que los principales puntos neurálgicos de la ciudad se encuentran representados por el Hospital Lucio Molas, el centro cívico y el área central de la ciudad, por lo que la mayoría de las líneas incluyen en sus recorridos dichos nodos. En cuanto a la frecuencia de las mismas, en la mayoría de los casos es de 20 a 25 minutos de lunes a viernes, y 45 minutos sábados, domingos y feriados.

En el presente trabajo se analizaron los profundos inconvenientes acaecidos en el transporte público de pasajeros con la decadencia y posterior rescisión del contrato del Grupo Plaza y el comienzo de la actual prestataria.

La decadencia de la ex empresa prestaría se da en el año 2011 donde se comenzó a notar el deterioro de las unidades, roturas continuas, incumplimiento en las frecuencias, entre otras, ya en el año 2013 el estado del servicio era calamitoso, manifestándose incendios, desprendimientos de neumáticos, rotura de cajas de cambio, inundaciones, fallas en los frenos entre otras, todo esto se tradujo en la posibilidad por parte del municipio de rescindir el contrato con la empresa, sin embargo el proceso fue arduo.

Los pasajeros comenzaron a elevar quejas por varios motivos, el incumplimiento de las frecuencias, las demoras, la higiene, la falta de señalización, la falta de refuerzos en las horas pico, esto se traduce en serios inconvenientes que afectaron la vida cotidiana de los usuarios.

Por otra parte los choferes realizaban paros por las malas condiciones laborales en lo que respecta a mal estado de las unidades e incumplimiento de pagos.

El municipio se vio colapsado por todos estos acontecimientos esto llevo a que en el mes de junio se diera la rescisión de común acuerdo con la empresa, garantizando la prestación del servicio hasta que hubiese una nueva empresa prestataria.

La municipalidad publico la venta de los pliegos en el mes de junio, dándose la adquisición de los pliegos por 3 empresas, Autobuses Santa Fe, Recreo SRL y Chevallier; hasta el martes 25 de junio de 2013, ninguna de las empresas había presentado ofertas, venciendo el plazo el miércoles 26, finalmente solo se presentó como única oferta Autobuses Santa Fe, siendo esta la actual prestaría del servicio.

Marco Teórico

Con el correr de los años la Geografía como disciplina ha sufrido múltiples cambios hasta llegar a lo que hoy es, los mismos responden a las diferentes formas de abordaje en lo que respecta a su objeto de estudio.

Esta disciplina, está compuesta por varias ramas o enfoques, una de ellas es la Geografía del transporte; la cual servirá como guía para el abordaje de la problemática a estudiar. "La mirada del geógrafo es particular y distinta; para él el transporte es una perfomance en el territorio, entendido como espacio social, factor y resultado de sociedades en lugares y momentos particulares" (Gutiérrez y Minuto, 2007).

Por este motivo es necesario hacer un recorte espacial para el abordaje del caso, para ello se utilizara la categoría de territorio "visto como una construcción social e histórica que articula procesos y actores en distintas escalas, en una combinación de materialidad, acciones y representaciones…" (Blanco, 2010: 172).

> "A partir de la concepción de territorio se abordara el sistema de transporte público urbano de pasajeros, entendido este como, todo aquel medio de transporte de uso colectivo y público, generalmente brindado por el estado nacional, provincial o municipal, que busca facilitar el traslado de la población, desde un punto a otro de la ciudad, con un costo preestablecido que pueda ser accesible a toda la población…" (Palazzo, Monteiro, 2013: 8).

Un aspecto a tener en cuenta para realizar este análisis, es la conectividad, que es definida como el grado según el cual los nodos de una red están directamente conectados los unos con los otros.

Los Nodos representan los diferentes puntos donde confluyen las redes, es decir los ámbitos de conexión entre diferentes espacios de una red.
Además, es necesario también tener en cuenta el concepto de accesibilidad, la cual se encuentra relacionada con la calidad de los caminos y carreteras; al tiempo que la cobertura se refiere a la cantidad de los mismos.

A su vez la expansión urbana, hace referencia a la extensión de la ciudad y la materialización de la misma, teniendo en cuenta las dinámicas poblacionales y sus consecuencias, este concepto permitirá evidenciar los cambios espaciales en el transporte público de pasajeros de la ciudad como así también las transformaciones de la trama urbana de la misma.

Seguí Pons (1995: 87) sostiene que, "en el análisis espacial las redes de transporte constituyen el sistema arterial de la organización regional y posibilitan la circulación de los flujos", siendo un

elemento de vital importancia en la articulación de diferentes áreas del territorio que, en cierta forma, lo modelan.

Área de estudio: una ciudad intermedia en crecimiento

El crecimiento acelerado de la población del área de estudio –Santa Rosa- tiene dos hitos fundamentales, la llegada de inmigrantes en las primeras décadas del siglo XX y la provincialización en 1951, cuando la misma se convierte en la capital de la provincia de La Pampa y se consolida como la sede del poder político provincial, esto provoco el fortalecimiento de la función administrativa, generando la creación de numerosos empleos, resultando un importante atractivo para la llegada de pobladores provenientes de otras provincias y pueblos del interior.

Otro hecho fundamental para el crecimiento de Santa Rosa fue que a partir de la década del ’70 y ‘80 se produce una importante migración campo ciudad, desde los pueblos del interior de la provincia hacia la misma.

Esto deja evidenciar el peso del sector terciario, un insuficiente desarrollo del sector industrial y una escasa participación del sector primario siendo las principales causantes de este proceso. Lo que se traduce en un centro urbano netamente de servicios por ser el asiento del gobierno provincial.

El crecimiento de la población fue acompañado por la extensión del área urbana, conjuntamente con otros factores, trajo como resultado el desborde de la superficie urbana, siguiendo los trazados de las Rutas Nacionales Nº 5 y 35, en detrimento de la compactación y consolidación de los sectores intermedios de la ciudad, esto acompañado por los límites y barreras naturales y artificiales que restringieron y condicionaron la expansión, sobre todo en el sector Noreste, Sur y Oeste, como por ejemplo el Aeropuerto al Norte, la Colonia Penal y la Estación del Ferrocarril al Noreste; el Parque Industrial al Sur y el Basurero, piletones y la Laguna Don Tomás al Oeste.

A pesar de esto el área urbanizada de la ciudad adopto una forma tentacular, siguiendo los trazados de las rutas nacionales Nº 5 y 35, y los ejes de crecimiento más significativos son hacia el Este coincidiendo con el trazado de la Ruta Nº 5, hacia el Norte sobre la Ruta Nº 35 y hacia el Sudoeste con la Avenida Perón que une Santa Rosa con la localidad de Toay, conformando en la actualidad una aglomeración única.

Este crecimiento como es sabido trajo aparejado una serie de demandas por parte de la población que debieron ser resueltas por el Estado, en su mayoría apuntadas a la cobertura de servicios y equipamientos como por ejemplo: red de agua potable, cloacas, gas natural, asfalto, alumbrado público, riego en calles sin asfaltar, recolección de residuos y un apropiado servicio de transporte público de pasajeros entre otros.

A partir del análisis realizado se pueden evidenciar las diferentes transformaciones que sufrió la ciudad de Santa Rosa, como así también las demandas que el Estado ha tenido que ir resolviendo.

La ciudad se encuentra favorecida por la función administrativa por ser la capital, sumado esto a la primacía del sector servicios, y la importancia que posee la Universidad Nacional de La Pampa, como factores de atracción de la población tanto del interior de la provincia como de provincias vecinas.

Otro aspecto que hace a la importancia de la misma es la posición estratégica que posee en cuanto a la conectividad con el resto del país convirtiéndose en un punto obligado de acceso de la población que se desplaza tanto al Norte, Sur como al Este y Oeste del país.

Metodología

En cuanto a la metodología adoptada en este trabajo, se utilizaron los dos tipos básicos de métodos para obtener información sobre movilidad urbana, los cuales son tanto cuantitativos como cualitativos. Los primeros son los más convencionales y difundidos para la recolección de datos.

Para esto se considera la definición de variables de análisis como un aspecto importante a la hora de afrontar una investigación, las mismas permitirán realizar un recorte; facilitando una delimitación más clara y precisa a la hora de alcanzar los objetivos planteados.
Entendiendo como variable un aspecto de la realidad definida por ciertos parámetros que le otorga un valor real o simbólico a la misma, se seleccionaron las siguientes variables de análisis como:

- Recorridos.
- Frecuencias.
- Calidad del servicio.
- Morfología de la ciudad.
- Rupturas y continuidades.
- Expansión urbana y readecuación del servicio.

Pero la movilidad no alcanza ser analizada y captada por herramientas de levantamiento estadístico, su conocimiento también requiere de métodos cualitativos, aplicados al conocimiento de la micro movilidad, en donde las entrevistas, grupos de foco e historias biográficas de viaje son, en la actualidad, poco utilizadas para obtener información de esta temática.

En un primer paso, se consideró pertinente realizar los recorridos del transporte público de pasajeros, para lograr una visión más crítica del servicio y un resultado más acertado, siendo participes del mismo, visibilizando así las demandas y falencias del servicio por parte de los usuarios.

Para responder los objetivos planteados, se procedió a la utilización de imágenes satelitales entendidas las mismas como matrices de datos de celdas llamadas píxeles, formadas por un determinado número de filas y columnas. Cada una de esas celdas representa un área geográfica indivisible, determinando así el detalle espacial mínimo que se puede distinguir dentro de la imagen. El tamaño de la superficie que puede ser representada varía dependiendo del satélite y de los sensores que tomen la imagen.

Para el caso específico de este trabajo, se contó con la utilización de imágenes satelitales, provenientes del satélite Landsat 5 sensor TM, suministradas por el INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) y por la Universidad de Maryland, EEUU. Las cuales cuentan con una resolución espacial de 30 metros.

También se utilizó imágenes CBERS_2B_HRC (Pancromáticas) de unos 2,5 metros de resolución espacial y una resolución temporal de 26 días.

A partir de esto se realizó el procesamiento digital de las mismas, el cual se basa en un primer momento, en la generación de una imagen multibanda, utilizando el programa ERDAS Imagine 9.2. En un segundo momento se procedió a la reproyección; este método permite cambiar de proyección de la imagen original por otra definida, en este caso se pasó de la proyección Universal Transversa Mercator (UTM) a la de Transversa Mercator (Gauss Kruger) con los parámetros correspondientes a la faja 3, que es la apropiada para el área de trabajo.

Una vez finalizado el paso de la reproyección, mediante la utilización del programa ERDAS Imagine 9.2, se prosiguió a la realización de la alineación de imágenes, proceso que se realiza cuando dos imágenes, con la misma proyección, no comparten el mismo espacio de coordenadas y/o la sobreposición de una con otra.

Al concluir con este paso, se prosiguió con la creación de una máscara, la cual es el dibujo de un rectángulo regular sobre el área de estudio determinada. A partir de él, se comienza con el recorte de las imágenes precisamente en el área que abarca el estudio seleccionado. Esto da lugar a la creación de nuevas imágenes recortadas en el área de estudio.

Otro insumo de notable importancia a destacar son las fotografías aéreas de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, las cuales fueron suministradas por la Dirección de Catastro de la Provincia de La Pampa, conformando un total de 11 fotografías, de las cuales se seleccionaron 5 para realizar un mosaico fotográfico en el software ERDAS.

Una vez realizado esto se procedió a la digitalización de los recorridos de las diferentes líneas por medio del gvSIG, software libre, utilizado en el proyecto Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa. Como reconoce Moldes Teo (1995: 37) existen un amplio espectro de aplicaciones de los SIG en el campo de los transporte, afirmando que se constituye en el eje tecnológico principal para la mejora y empleo eficiente de los sistemas de transporte a partir de su planificación, optimización y gestión.

En un primer momento a partir de la interpretación de la imagen satelital de la ciudad de Santa Rosa se realizo la identificación de los diferentes centros nodales como por ejemplo el centro cívico, Hospital, zona centro, y diferentes barrios planificados que albergan un importante número de usuarios del servicio público de pasajeros.

En un segundo momento se digitalizaron los diferentes recorridos de la empresa Grupo Plaza prestataria del servicio hasta el mes de septiembre de 2013, para luego hacer lo mismo pero con la actual prestataria Autobuses Santa Fe; de este modo a través de la superposición de los mismos se pudo corroborar las rupturas y continuidades de ambas empresas en lo que respecta a extensión y cobertura del recorrido como así también evidenciar la manifestación espacial del transporte público de pasajeros en la ciudad.

Rupturas y continuidades en el servicio

Autobuses Santa Fe es una corporación empresaria argentina fundada en el 2001 que, como lo indica su nombre, en la ciudad de Santa Fe.

Al ingresar la nueva empresa se pudo constatar que la misma incumplió con los pliegos desde el comienzo, ya que al momento que arribaron las nuevas unidades las mismas eran piso alto, no poseían rampa ni lugar en el interior para albergar a personas con capacidades diferentes, generando profundos inconvenientes que se tradujeron en juicios por parte de ONG al municipio y a la empresa.

Ante esto la municipalidad en conjunto con la empresa propuso la prestación de un servicio diferencial puerta a puerta para personas con capacidades diferentes, sin embargo estos últimos no aceptaron la propuesta por considerarla discriminatoria.

Se indago sobre una posible modificación en las unidades existentes donde la respuesta fue negativa por el escaso espacio que existe entre la puerta y la caja de cambios, sumado a que son 4 los escalones que se deben subir para acceder a la unidad.

La empresa comunico que se irán sumando progresivamente unidades piso bajo, en la actualidad las líneas que poseen al menos una de estas son la 1 y la 3.

Otro incumplimiento se da por la falta de señalización tanto de paradas como los recorridos al interior de las unidades, como así también el excesivo precio del boleto.

Otro inconveniente que hace al transporte de pasajeros es la inseguridad instalada en la ciudad, producto de una seguidilla de robos a los choferes que realizan el horario nocturno, esto se tradujo en una serie de paros que dejaron a la ciudad sin la prestación del servicio.

En cuanto a las frecuencias de servicio como se menciono anteriormente, las mismas deberían rondar los 20-25 minutos, aunque al realizar los diferentes recorridos se pudo evidenciar que los mismos no se cumplen, en muchos casos las demoras superan los 30 minutos, esto genera serios inconvenientes en los usuarios. Por otra parte se pudo evidenciar la falta de refuerzos en horas pico.

Al realizar la comparación por medio del análisis cartográfico de las 8 líneas correspondientes a las empresas Grupo Plaza y Autobuses Santa Fe se pudieron establecer pocas rupturas y varias continuidades en cuanto a la prestación del servicio (Figura 4).

Primeramente se puede decir que los cambios no han sido significativos, en cuanto a la reestructuración de los recorridos, considerando que solo se dieron modificaciones significantes en la línea 8 la cual incluyo en su recorrido el barrio Villa Martita pudiendo inferir que el mismo se debe a la demanda de la población que se traslada a realizar tareas en casas de familia como por ejemplo personal doméstico, jardineros, niñeras entre otras.

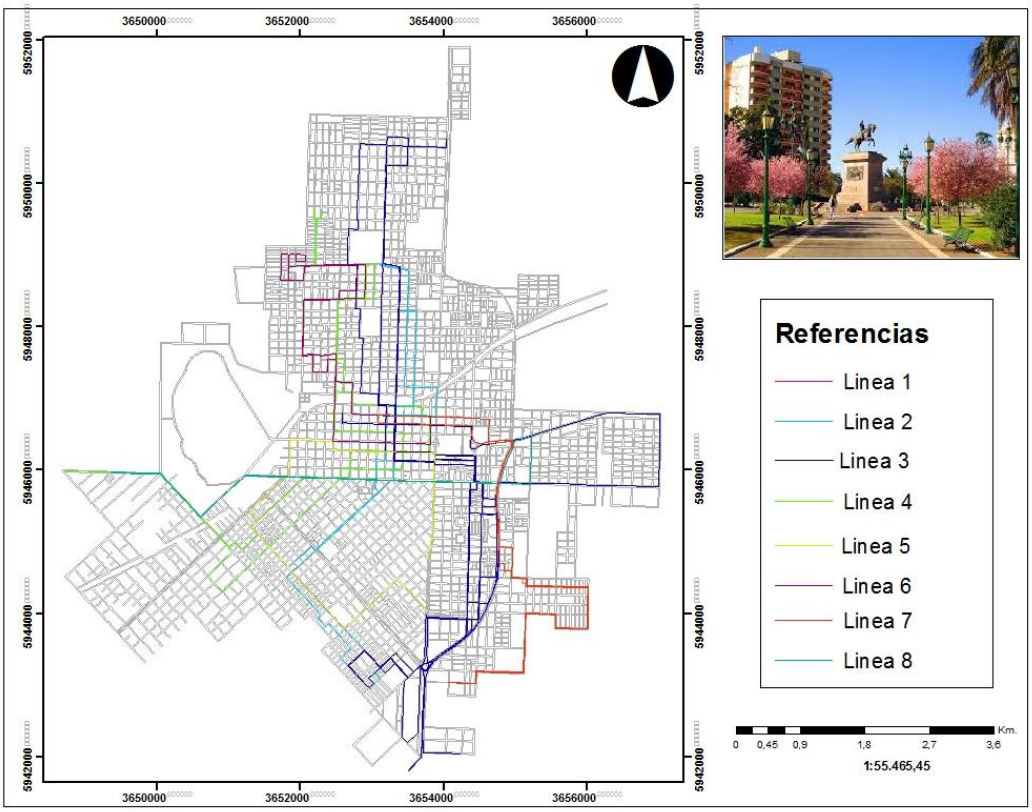
Es importante aclarar que en dicho barrio los residentes no consideraban pertinente el acceso del servicio ya que el mismo producía una modificación importante en el recurso paisajístico. Otro cambio significativo se dio en la readecuación de la línea 7 la cual cubre por completo el barrio Reconversión, cubriendo de esta manera el barrio inaugurado recientemente y el que se encuentra en pleno proceso de construcción.

Otro aspecto a tener en cuenta es que las 8 líneas siguen teniendo en sus recorridos calles sin asfaltar, produciendo severos inconvenientes en las unidades.

Realizando un análisis de los planos de la ciudad suministrados por la Dirección de Protección Ambiental y Servicios Públicos de la Municipalidad de Santa Rosa, se pudo ver que los mismos no presentan modificaciones en cuanto a la situación de la pavimentación de calles en el traspaso de una empresa a otra, esto se traduce en la falta de políticas públicas orientadas al mejoramiento de las calles, no respectando el pliego de la licitación y las condiciones establecidas por la actual empresa prestataria en cuanto a la pavimentación de calles para la prestación de un mejor servicio.

Palazzo, Leandro y Enzo Monteiro. 2014. Rupturas y continuidades en el transporte público de pasajeros en Santa Rosa La Pampa. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 24. pp. 289-302. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 3.
Recorrido "Grupo Plaza".



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, el mismo fue elaborado con datos proporcionados por Dirección de Protección Ambiental y Servicios Públicos de la Municipalidad de Santa Rosa 2013.

En cuanto a la línea 1 se puede ver que la misma posee 40 cuadras de calles de tierra en una vuelta en el total de su recorrido, la línea 2 posee 22 cuadras de ida y 22 cuadras de vuelta de calles de tierra lo cual se traduce en un total de 44 cuadras de calles de tierra, por otra parte la línea 3 tiene 11 cuadras de calles de tierra en la ida y 15 en la vuelta totalizando 26 cuadras de calles de tierra, la línea 4 posee 9 cuadras en la ida y 9 en la vuelta dando como resultado 18 cuadras sin asfalto; la línea 5 o también llamada circular solo posee 4 cuadras de calles de tierra. Por su parte la línea 6 posee 12 cuadras de ida y 12 cuadras de vuelta sumando 24 cuadras sin asfaltar, La línea 7 en el total de su recorrido tiene 120 cuadras de calles de tierra por último la línea 8 posee 50 cuadras sin asfaltar.

Esto pone de manifiesto que en una ciudad intermedia como lo es Santa Rosa la cantidad de cuadras sin asfaltar representa un número elevado, resultando la más conflictiva la línea 7 mientras que la línea 5 es la que se encuentra en mejor posición.

Por otra parte cabe destacar que la ineficiente distribución de los recorridos se tradujo en una superposición de líneas en algunos puntos de la ciudad.

También es notable la falta de políticas públicas que lleven a la descompresión del centro Santarroseño habilitando nuevas calles para la circulación de las diferentes líneas. Lo que deja

evidenciar la falta o ineficiente planificación urbana en cuanto al desarrollo de las redes de transporte en una ciudad intermedia como lo es Santa Rosa.

Figura 4.
Recorrido "Autobuses Santa Fe".



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, el mismo fue elaborado con datos proporcionados por Dirección de Protección Ambiental y Servicios Públicos de la Municipalidad de Santa Rosa 2013.

Esto deja evidenciar más continuidades que rupturas en lo que respecta a la readecuación del transporte urbano de pasajeros en la ciudad.

Conclusiones

En principio se puede decir que la investigación no puede darse por concluida ya que la misma consiste en un avance de investigación. Si bien en el mes de septiembre del año 2013 se dio un cambio de empresa en la prestación del servicio del transporte público de pasajeros, las transformaciones producidas en lo que respecta ya sea a frecuencias, extensión, calidad del servicio entre otros no fueron significativos.

La empresa prestataria del servicio en el periodo 2006-2013, Grupo Plaza, rescindió el contrato con el municipio, por lo que se debió llamar a licitación el proceso fue caótico en cuanto a la compra de pliegos, presentación de oferentes, definición de la concesión entre otras. Al ingresar la nueva empresa en septiembre de 2013 se pudo comprobar que la misma incumplió los pliegos de la licitación desde el momento de arribo a la ciudad, como por ejemplo que los micros no sean piso bajo con rampas para discapacitados.

Otro aspecto que representa una continuidad sigue siendo la falta de señalización de paradas, y/o mala señalización de las mismas, lo que lleva a que los nuevos usuarios o usuarios ocasionales no sepan la ubicación, esto se pudo evidenciar de manera personal cuando se realizaron los recorridos, considerando de suma importancia que la carteleria se encuentre en lugares estratégicos para referenciar al usuario. También se puede mencionar la inexistencia en las unidades de un plano que indique las paradas correspondientes y de este modo se posibilite a los pasajeros un mejor uso del servicio.

Como se mencionó anteriormente, es importante aclarar que todos estos aspectos aparecían implícitos en los artículos de los pliegos adquiridos por la empresa prestataria.

En cuanto a la reestructuración del servicio como consecuencia de la expansión urbana se puede citar la línea 7 la cual sumo en su recorrido, al barrio reconversión esto responde a las demandas de los usuarios, como así también a la futura inauguración de otro plan de viviendas que se encuentra en plena etapa de ejecución.

Otra de las líneas que fue reestructurada fue la línea 8 si bien esto no solo responde a la expansión urbana sino también a la demanda por parte de los usuarios que debían trasladarse a trabajar al barrio Villa Martita, dicha línea anteriormente realizaba el recorrido desde el Barrio Plan 3000 hasta el Barrio los Hornos; este recorrido es realizado actualmente por la línea 4. Otra reestructuración realizada en los servicios fue en la línea 5, conocida como circular. La empresa Grupo Plaza si bien poseía un recorrido circular, tenía un punto donde el recorrido concluía; en cambio Autobuses Santa Fe, realiza el recorrido por completo sin detener el circuito.

Por otra parte la línea 3 debió extender su recorrido hacia el barrio Matadero, por lo que dicha línea presenta 3 ramales, A, B y Cementerio.

El A correspondiente al barrio Matadero, el B el servicio común y el del cementerio que funciona solo los fines de semas con dos frecuencias, una por la mañana y la otra por la tarde.
Si bien como se planteó anteriormente los recorridos tuvieron una serie de modificaciones al ingresar la nueva empresa, con la elaboración cartográfica y la salida al terreno se pudo ver que los mismos no se encuentran aprovechados al máximo ya que presentan superposiciones que podrían ser reajustadas si se diera una nueva readaptación de los mismos.

Se pudo evidenciar que la mayoría de las líneas siguen teniendo en sus recorridos los principales centros neurálgicos de la ciudad, Hospital, centro cívico y área central de la ciudad, se puede inferir que el barrio Sur conocido como plan 5000 es el que posee mayor cantidad de líneas produciéndose en muchos casos una superposición de las mismas, esto se debe a la cantidad de población que reside en ese barrio y a las demandas de los usuarios.

En cuanto a la accesibilidad se pudo ver lo dificultoso que resulta a los ancianos y personas discapacitadas el uso del servicio del transporte ya que los mismos no poseen rampas para discapacitados y los micros no son piso bajo, solo poseen un micro piso bajo las líneas 1 y 3.
Por último y en lo que respecta a las frecuencias en los recorridos se pudo inferir que las mismas no fueron modificados, incumpliendo los 25 minutos estipulados, llevando a demoras que oscilan los 30-45 minutos los días hábiles y 45 -60 minutos sábados, domingos y feriados.
Para finalizar se puede decir que en dicho avance de investigación se pudieron registrar mas continuidades que rupturas en lo que respecta a cambios espaciales en el transporte público de pasajeros de la ciudad de Santa Rosa a raíz de la expansión urbana
Las técnicas cartográficas actuales y la revolución de la información confieren a la cartografía

temática un papel destacado e importante para conocer la realidad de nuestro territorio. El Atlas geográfico y satelital de la provincia de La Pampa, pretende ser una herramienta interactiva y permanente para evaluar con precisión y confianza la realidad socioterritorial de la provincia de La Pampa.

A partir de esto se considera pertinente una readecuación del transporte público de pasajeros en la ciudad de Santa Rosa, de este modo se facilitaría la desconcentración del centro y se evitaría la superposición de recorridos mejorando notablemente la prestación del servicio.

Una posible solución sería proyectar un centro nodal en forma de flor donde confluyan todas las líneas y a partir de ella se extiendan redes que comuniquen ese centro con los diferentes barrios de la ciudad; otra posible solución sería una readecuación total del servicio como fue en el caso de Rosario el cual posee una estación única inter modal, tarjetas sin contacto, paradas inteligentes entre otros tipos de avances.

En conclusión, en el presente trabajo se habla de movilidad ya que la "movilidad urbana es la práctica social de viaje que conjuga deseos y necesidades de desplazamiento (o requerimientos de movilidad) con capacidades para satisfacerlos. Ambos son resultado y condición de la inserción de un grupo en un contexto social, definido por factores físicos, locacionales, económicos, regulatorios, culturales, de género y étnicos, entre otros" (Gutiérrez y Minuto, 2007).

Bibliografía

BLANCO, J. *"De la noción de impacto a la de procesos asociados. Reflexiones a partir de la relación autopistas-urbanización en la Región Metropolitana de Buenos Aires"*. En Mundo Urbano Nº28, 2006.

BLANCO, Jorge. La geografía de las redes. En Fernández Caso, M.V. (coord.). *Geografía y territorios en transformación. Nuevos temas para pensar la enseñanza*. Buenos Aires: Noveduc. 2007.

BLANCO, Jorge. *"Notas sobre la relación transporte – territorio: implicancias para la planificación y una propuesta de agenda"*. En Revista Transporte y Territorio Nº3, Universidad de Buenos Aires, p. 172-190, www.rtt.filo.uba.ar, 2010.

BOSCH, A. *Economía del Transporte*. Capitulo 3.

BRANDES U; KENIS P; et al. *La explicación a través de la visualización de redes*. REDES-Revista hispana para el análisis de redes sociales. Vol.9, #6. http://revista-redes.rediris.es. 2005.

CARRERA C., DEL CANTO C. *"Trabajos Prácticos de Geografía Humana"*. España: Editorial Síntesis. 1988.

DE RUS, G; CAMPOS, J; y BOSCH, A. *Economía del transporte*. Universidad de La Palmas de Gran Canarias. España, 2003.

GUTIERREZ, A. y MINUTO, D., *"Una aproximación metodológica a lugares con movilidad vulnerable",* en XIV CLATPU, CLATPU-ANPET, Río de Janeiro, Nº 366 (en CD ROM), 2007.

MOLDES TEO, Javier. *Tecnologías de los Sistemas de Información Geográfica*. Editorial RA-MA. Madrid, España. 1995.

Palazzo, Leandro y Enzo Monteiro. 2014. Rupturas y continuidades en el transporte público de pasajeros en Santa Rosa La Pampa. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 24. pp. 289-302. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

ORTEGA VALCÁRCEL, José. *Los horizontes de la geografía. Teoría de la Geografía*. Barcelona: Ariel, 2000.

PALAZZO, Leandro; MONTEIRO, Enzo. *El transporte público de pasajeros en Santa Rosa. ¿Una ciudad conectada?*, Trabajo inédito presentado como finalización y aprobación de la materia SIG y Teledetección. Facultad de Ciencias Humanas – Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa – La Pampa. 2013.

SEGUÍ PONS, Joana. *Pluralidad de métodos y renovación conceptual en la geografía de los transporte del siglo XXI*. En Scripta Nova. Vol. VII, Nº 139. http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-139.htm. 2003.

SEGUÍ PONS, Joana. Análisis y estructuración de las redes en el espacio. En *Prácticas de análisis Espacial*. OIKUS-TAU Ediciones. Barcelona. España. Pp. 87-200. 1995.

TOINT, P. *"La modelización del transporte"*. En Mundo Científico Nº116. 1992.

Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M. C. y Diharce, M. C. 2014. Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 25. pp. 303-318. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa

Daila G. Pombo [1]
Ma. Celeste Martínez Uncal [2]
Ma. Carolina Diharce [3]

Resumen

Los mapas y cartas topográficas sin instrumentos irremplazables para el conocimiento y el desarrollo de un territorio. El mapa de la estructura agraria del Territorio de La Pampa en diferentes épocas permite trazar un balance del estado de la colonización agrícola. Por este motivo, el presente trabajo se propone el estudio de la evolución de la estructura catastral de la provincia desde el año 1884 hasta la actualidad.
En un primer momento, se analizará el Departamento de Rancul, localizado al norte de la provincia de la Pampa. El área de estudio pertenece a la Región Fisiográfica Central con clima semiárido.
Este estudio se enmarca dentro de los aspectos metodológicos del proyecto de investigación Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa, presentando los avances y procurando continuar con la elaboración de la cartografía, dando respuesta a la necesidad de disponer de información confiable, actualizada y de fácil acceso para diferentes usuarios. Por este motivo se pretende gestionar el conocimiento geográfico y satelital de la provincia diseñando y construyendo una herramienta interactiva y permanente que permita analizar, explicar e interpretar la realidad socioterritorial de la misma y sus desigualdades.

Palabras clave: Estructura catastral, SIG, fotografías aéreas

Abstract

The maps and topographic maps without irreplaceable tools for knowledge and the development of a territory. Map of the cadastral structure of the Territory of La Pampa at different times draws a balance state of agricultural colonization. For this reason, this paper studies the evolution of the province cadastral structure is proposed from 1884 to the present.
In the first moment, there will be analyzed Rancul's Department, located to the north of the province of La Pampa. The area of study belongs to the Central Region Physiographic semiarid climate.
This study is part of the methodological aspects of the research project and Geographic Satellite Atlas of the province of La Pampa, presenting the progress and trying to continue the development of cartography, responding to the need for reliable, current and easy access for different users. For this reason, to manage and satellite geographical knowledge of the province designing and building an interactive and ongoing tool to analyze, explain and interpret the socio-territorial reality of it and its inequalities.

Keywords: Cadastral structure, GIS, aerial photographs

[1] Docente e Investigadora – Facultad de Ciencias Humanas – UNLPam - dailapombo@gmail.com
[2] Docente e Investigadora – Facultad de Ciencias Humanas – UNLPam - mcelemu@hotmail.com
[3] Becaria y alumna - Facultad de Ciencias Humanas – UNLPam - carodiharce@gmail.com

Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M. C. y Diharce, M. C. 2014. Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 25. pp. 303-318. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas de innovación tecnológica, ya que han llevado a modificar la forma de encarar, analizar y solucionar problemas complejos de planificación y gestión en los más diferentes ámbitos. De esta forma, integrando esta información al Atlas se desarrollarían trabajos de diversa índole además de integrar un medio de comunicación de información territorial.

En un primer momento, se analizará el Departamento de Rancul, localizado al norte de la provincia de la Pampa. El área de estudio pertenece a la Región Fisiográfica Central con clima semiárido y geomorfológicamente, abarca parte de la subregión denominada "Acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales", ubicada en la parte central de la provincia; aproximadamente entre los meridianos 64º 30´ y 66º W y entre los paralelos 35º y 37º S, abarcando los departamentos Rancul, Conhelo, Loventué, Utracán y Toay.

Este estudio se enmarca en los aspectos metodológicos del proyecto de investigación Atlas Geográfico y Satelital de la Provincia de La Pampa, presentando los avances de los primeros meses de trabajo. Se procura continuar con la elaboración de la cartografía, dando respuesta a la necesidad de disponer de información confiable, actualizada y de fácil acceso para diferentes usuarios.
Por este motivo se pretende gestionar el conocimiento geográfico y satelital de la provincia diseñando y construyendo una herramienta interactiva y permanente que permita analizar, explicar e interpretar la realidad socioterritorial de la misma y sus desigualdades, a partir del empleo de cartografía estática y de un visualizador de datos geoespaciales, sustentado en un Sistema de Información Espacial.

Es así que se determinó como objetivo general del trabajo la interpretación de la evolución catastral del departamento Rancul, teniendo en cuenta el marco legal y los modelos económicos desde 1902 hasta la actualidad. Y a partir de aquí se establecieron objetivos específicos como la digitalización de la división catastral a partir de los planos catastrales, la identificación de las causas de la configuración del espacio rural actual; y determinar los condicionantes de la subdivisión del departamento desde un enfoque multicausal y multiescalar.

Caracterización del área de estudio

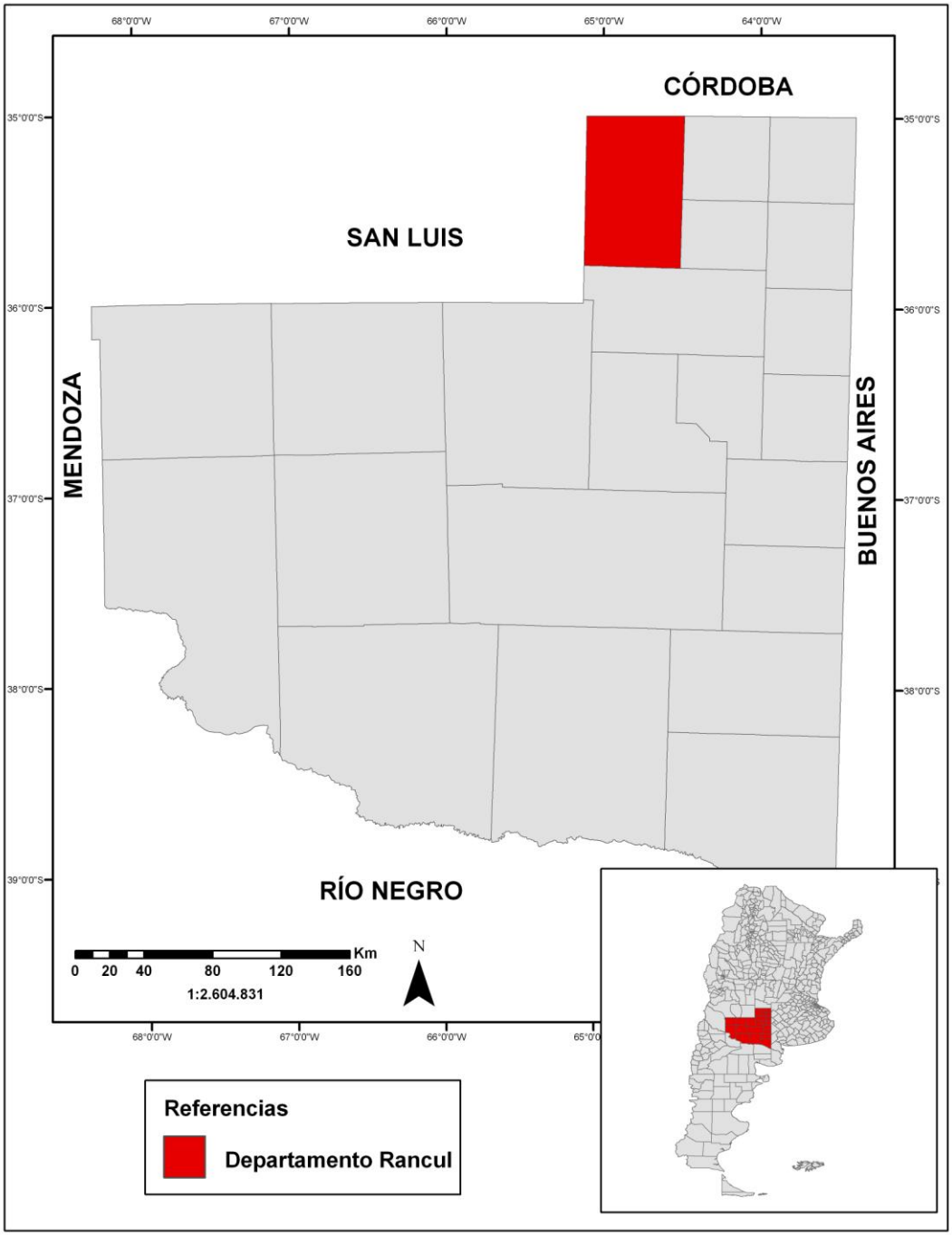
Las características fisiográficas de la provincia de La Pampa se esquematizan en regiones basadas en rasgos de clima, geomorfología, suelo y vegetación. En base a las regiones climáticas (árida, semiárida y subhúmeda) y a los otros procesos morfogenéticos que actuaron en cada una de de esas áreas se diferencian cuatro regiones fisiográficas: Occidental, Central, Oriental y Meridional.

La región que es objeto de nuestro estudio, el Departamento Rancul (Figura 1), pertenece a la Región Fisiográfica Central con clima semiárido. El paisaje está compuesto de médanos, planicies y cordones arenosos intercalados con mesetas residuales. La región presenta suelos algo evolucionados, con cierta diferenciación de horizontes (predominan Entisoles), formados a partir de sedimentos arenosos. La vegetación está compuesta de pastizales psammófilos, matorrales halófitos, arbustales perennifolios y bosques abiertos caducifolios.

Geomorfológicamente, el área de estudio, abarca parte de la subregión denominada acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales, ubicada en la parte central de la provincia;

aproximadamente entre los meridianos 64º 30´ y 66º W y entre los paralelos 35º y 37º S, que incluye los departamentos Rancul, Conhelo, Loventué, Utracán y Toay.

Figura 1.
Área de Estudio: Departamento Rancul de la provincia de La Pampa.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, realizados con datos de la Dirección General de Catastro de la Provincia de La Pampa 2014.

En esta subregión el clima se torna algo más favorable para la agricultura (sector oriental) y más seguro para la ganadería de ciclo completo o recría pero la lluvia sigue siendo el factor limitante más importante en los rendimientos de los cultivos y en la producción de pasturas. Las precipitaciones promedias anuales históricas eran de 480 mm al oeste y de casi 600 mm al noreste, incrementándose en los últimos 30 años a valores de 700 mm y 800 mm respectivamente.

La acción eólica con acumulación de arenas y sus geoformas características predominan en toda el área, observándose también, de manera aislada, antiguas mesetas, cerros testigos, planicies calcáreas, entre otras. (INTA et al.; 1980).

La subregión se caracteriza por diferentes tipos fisonómicos, pastizales psammófilos, arbustales mixtos de Condalia microphila (piquillín), Schinus johnstonii (molle blanco) y Schinus fasciculatus (molle negro), Larrea divaricada (jarilla) y bosque abierto de Prosopis caldenia (caldén). En esta zona se realiza principalmente ganadería de ciclo completo o recría y agricultura con severas limitaciones debido a las características ambientales anteriormente descriptas.

El espacio geográfico es entendido como una totalidad, constituido por múltiples dimensiones (Silveira, 2009; Fernándes, 2009). Por eso se reconoce en el presente trabajo que la estructura agraria y, dentro de ésta, la estructura catastral, son inseparables de las demás dimensiones que hacen a la construcción de un espacio: la social, cultural, económica, ambiental, jurídica y política.
La configuración del espacio rural de la provincia de La Pampa es el resultado de la interacción entre la oferta ambiental de recursos, su valoración en las distintas etapas de poblamiento y apropiación de dicho espacio, y las estructuras económicas y políticas definidas por el estilo de desarrollo imperante en cada período histórico.

En este sentido, en el siglo XIX se produce una expansión agraria asociada al capitalismo mundial, y en el marco de la división internacional del trabajo, en que Argentina se posicionaba como proveedora de materias primas. Este avance se realiza a costa de los espacios indígenas a través de las campañas militares.

"A la expropiación y desafectación de los recursos naturales de las poblaciones indígenas, le siguió la conformación de un marco político e institucional que asegurase el desenvolvimiento de la nueva organización social, ahora vinculada a las formas capitalistas de producción" (Lluch, 2008:133).
Siguiendo el análisis de la autora, este esquema se materializó en el espacio a través del establecimiento de los límites administrativos que demarcaban los Territorios Nacionales según la Ley Nº28 (1862) Ley de Nacionalización de los Territorios Nacionales, bajo la presidencia de Mitre. De esta forma se interponían los intereses del Estado Nacional frente a los reclamos provinciales, por ejemplo, de las provincias San Luis, Córdoba y Santa Fe que buscaban extender sus fronteras hacia el sur.

Es así como surgen los Territorios Nacionales, regidos por la Ley Nº1532 (1884), dependientes del gobierno nacional. Se observa de qué forma la legislación va complementando las ideologías liberales del momento, con su correlato espacial.

Por la Ley 975 del año 1878, llamada de la "Conquista del Desierto", el Estado Federal emitía un empréstito de guerra internacional garantizado por las tierras a conquistar, por lo cual había que conservar tierras para honrar los títulos de los suscriptores (Gaignard, 1989).

Es así como la estructura catastral del Departamento Rancul, objeto de estudio del presente trabajo, se enmarca en el proyecto del Estado de trazar las fronteras provinciales, primero, y departamentales, en un paso posterior. Se va generando una división jurisdiccional en función de la legislación, atendiendo a las características topográficas y ambientales, a las necesidades de inserción en el mercado internacional por parte del Estado Federal, y a los sujetos que comienzan a ser beneficiados en este proceso: terratenientes.

Hacia 1902, el plano oficial del Territorio Nacional de La Pampa era cartografiado por el Departamento Topográfico de Buenos Aires, señalando la división en secciones y lotes.
Siguiendo el análisis de Gaignard (op. cit.), la Ley Avellaneda (Nº 817) del año 1876 indicaba una división de la tierra en lotes cuadrados que determina el diseño catastral definitivo de las tierras pampeanas:

- Secciones de un millón de hectáreas (400 leguas cuadradas de 2.500 ha cada una);
- Divididas en cuatro fracciones de 250.000 hectáreas (ha) cada una (100 leguas cuadradas);
- Divididas en 25 lotes de 10.000 ha. cada uno (4 leguas cuadradas).

Una vez finalizada la cuadrícula y mensura del terreno, el Estado se dispuso a otorgar sus propiedades, en lotes de 10.000 hectáreas, unidad de cuenta en La Pampa. De esta forma mil lotes (diez millones de hectáreas) fueron otorgadas para pagar a los suscriptores del empréstito de guerra. El resto de las tierras fue vendida en Buenos Aires, en las Embajadas de París y Londres, bajo la **Ley de Remate** de 1882, según la cual, en cada venta no se podían exceder las 40.000 hectáreas (has). De esta forma de asignaron 2.400.000 hectáreas más. Finalmente, por la **Ley de Premios** (ley 1628 de 1885) que distribuyó entre los soldados y oficiales del ejército una parte del botín de tierras, según su rango jerárquico, por ejemplo: 8.000 has a los "jefes de la frontera", y 1.500 al resto de los oficiales. Con tierras, el Estado saldó parte de las deudas a los proveedores del ejército y a los constructores del telégrafo. Por esta ley sólo fueron distribuidas 708.772 has del Territorio Nacional de La Pampa.

Hacia 1889, van a predominar en el Departamento Rancul, lotes que van de 10.000 a 20.000 has, aunque se reconocen algunas de 60.000 has, pertenecientes a los propietarios Casey y Penco.
Luego de la campaña de 1879, y la apropiación privada de las tierras conquistadas se produce una especulación de los precios de las tierras. En la mayoría de los casos, los propietarios desconocían la ubicación de sus adjudicaciones, por lo cual se genera una ola de venta y reventa de tierras que generan una inflación de los precios inmobiliarios.

Un decreto presidencial de septiembre de 1904 establecía las cabeceras departamentales, que en el Departamento Rancul será Parera. Según Forteza, su población fue la primera nacida en el norte pampeano. Estas fértiles tierras fueron adquiridas en 1884 por Faustino Parera, oriundo de Paraná. Gracias a su promisorio futuro, llegaron pobladores de otras provincias, pero estas esperanzas se esfumaron cuando el trazado del Ferrocarril Oeste tendió sus líneas 12 kilómetros al norte del pueblo. Según el autor, su población emigró hacia otros pueblos como Quetrequén, Realicó e Ingeniero Luiggi. Finalmente, la situación de aislamiento que había restringido su crecimiento, fue modificada con la pavimentación del acceso desde la Ruta Nacional 188 hasta Parera (Forteza; 1979).

El resto de los pueblos más importantes del Departamento fueron Rancul (fundado en 1903), Quetrequén (en 1904) y Caleufú (1911).

Y en 1919 el Territorio Nacional de La Pampa se subdivide en 22 departamentos motivada por la densidad de población y el carácter de la producción agrícola (Cornelis; 2008), dando como resultado el mapa actual de la provincia.

Materiales y métodos

La información catastral permite observar la forma de apropiación del espacio pampeano desde 1880, en el marco de la conformación del Estado Nacional. De hecho, luego de la expulsión y exterminio por parte de la "Conquista del Desierto", se prosiguió a la mensura de las provincias y su posterior subdivisión en Departamentos, Secciones, Fracciones y Lotes. Este proceso permitió al Estado Nacional afrontar sus deudas con los particulares privados que habían financiado el avance hacia el suroeste del territorio nacional.

Para alcanzar los objetivos así como resultados fiables, el trabajo se desarrolló y se desarrollará con la consecución de las siguientes fases que se describen.

El punto de partida de cada proyecto o trabajo de investigación es la recopilación y descarga de la cartografía y base de datos de las distintas fuentes que intervengan en el mismo, comprobando la idoneidad de los datos e inventariando, filtrando y clasificando la información, generando mapas que engloben las capas necesarias para el análisis.

Será necesario realizar una digitalización de los planos del Territorio Nacional de La Pampa, del Departamento Rancul, localizados y fotografiados en Dirección General de Catastro, Gobierno de la Provincia de La Pampa.

El siguiente paso es la automatización y ejecución de flujos de trabajo o el empleo de herramientas que permitan el procesamiento y análisis geográfico simultáneo de varias capas de información ya depuradas facilitando el trabajo con la rapidez en la producción de resultados intermedios y mapas finales.

Luego de esta etapa, prosigue la de actualización, contraste y validación de resultados con el trabajo de campo. Esto ha sido será necesario para resolver conflictos originados por la superposición de las fuentes de información recurriendo a su contraste y evaluación, y así que permitan establecer mejores criterios y resultados.

En el marco de la creación de un conjunto de mapas temáticos, la cartografía digital y otras tecnologías de la información, poseen un gran número de funciones y facilidades para la producción de mapas, incorporadas en el diseño asistido por computadora, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la percepción remota, entre otras.

Con el fin de analizar la evolución de la estructura catastral del Departamento, se cuenta con investigaciones historiográficas acerca de las condiciones políticas, legales y socio-económicas de la sociedad pampeana, dentro del contexto nacional y mundial de los períodos analizados, con el fin de interpretar la estructura catastral (una dimensión de la estructura agraria) como una materialización de procesos sociales complejos que requieren una mirada multidisciplinar, multicausal y pluriescalar.

Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M. C. y Diharce, M. C. 2014. Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 25. pp. 303-318. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Resultados y Discusión

La apropiación del espacio pampeano por parte del Estado Nacional se realizó en un contexto de división internacional del trabajo, en que cada país ponía a disposición del mercado internacional, aquellos productos que le significaban una ventaja comparativa. En este sentido, las regiones actuales pampeana y patagónica reportarían grandes beneficios, si era posible poner en juego los factores productivos (tierra, trabajo y capital).

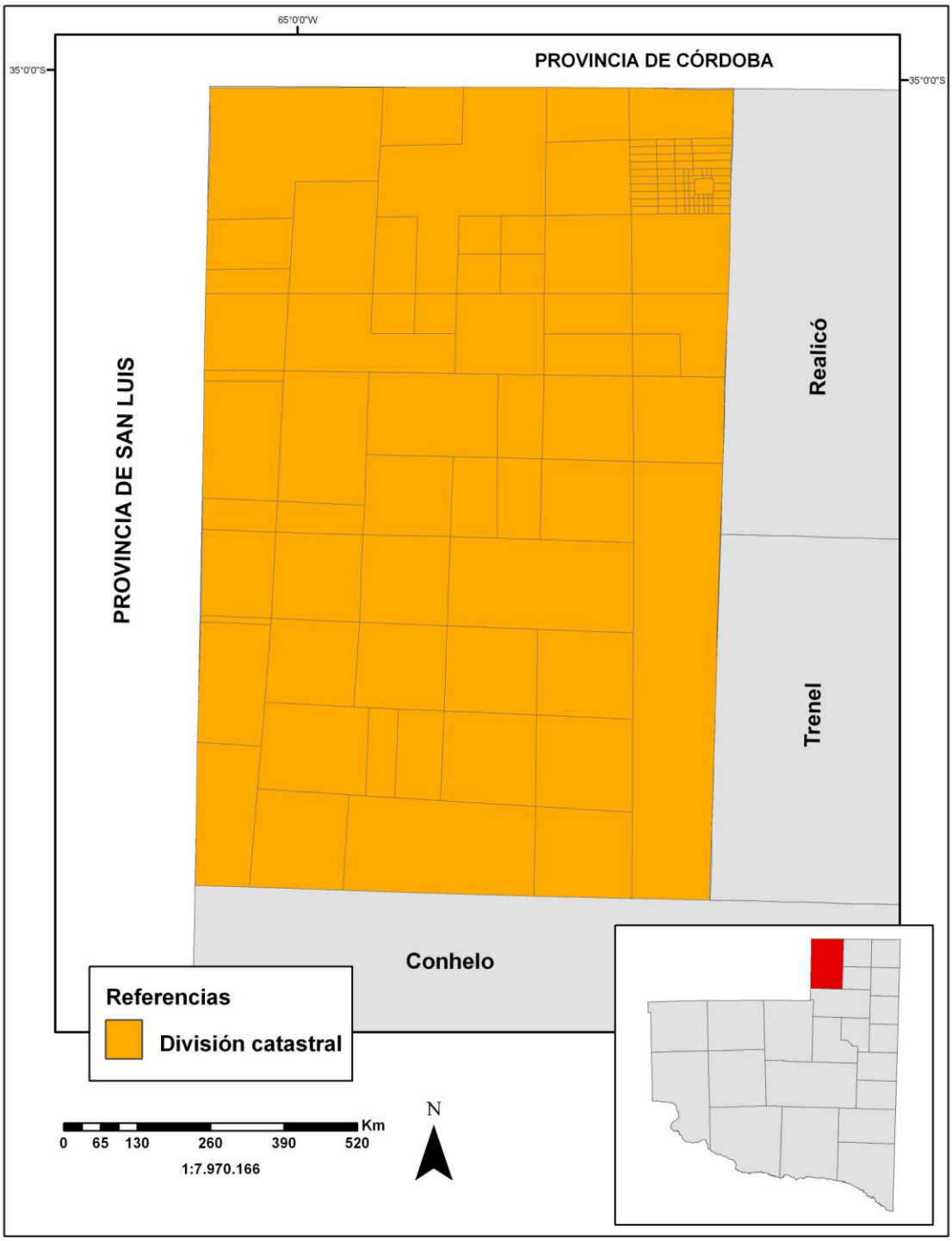
De esta forma, la estructura catastral del Territorio Nacional de La Pampa, que tiene lugar en el año 1902 (Figura 2) se relaciona con que Argentina ya era el granero de trigo, según Gaignard (op. cit.). La región pampeana era valorizada por la expansiva economía capitalista, que requería espacios abiertos, llanos y vacíos.

La expansión de la frontera agropecuaria proveniente desde Buenos Aires, repercutió en la conformación de una estructura agraria heterogénea, en que van a subsistir la pequeña propiedad (colono-arrendatario-productor) frente a las grandes estancias ganaderas (Mayol, 1995). Es así como al este del Territorio Nacional de La Pampa, van llegando los cultivos, la población, la ganadería y el ferrocarril.

"La Pampa ocupa uno de los lugares más destacados en la repartición internacional de las fuerzas productivas y en los circuitos comerciales que se desarrollan a partir de ella a fines del siglo XIX" (Gaignard, op. cit.:282).

Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M. C. y Diharce, M. C. 2014. Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 25. pp. 303-318. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

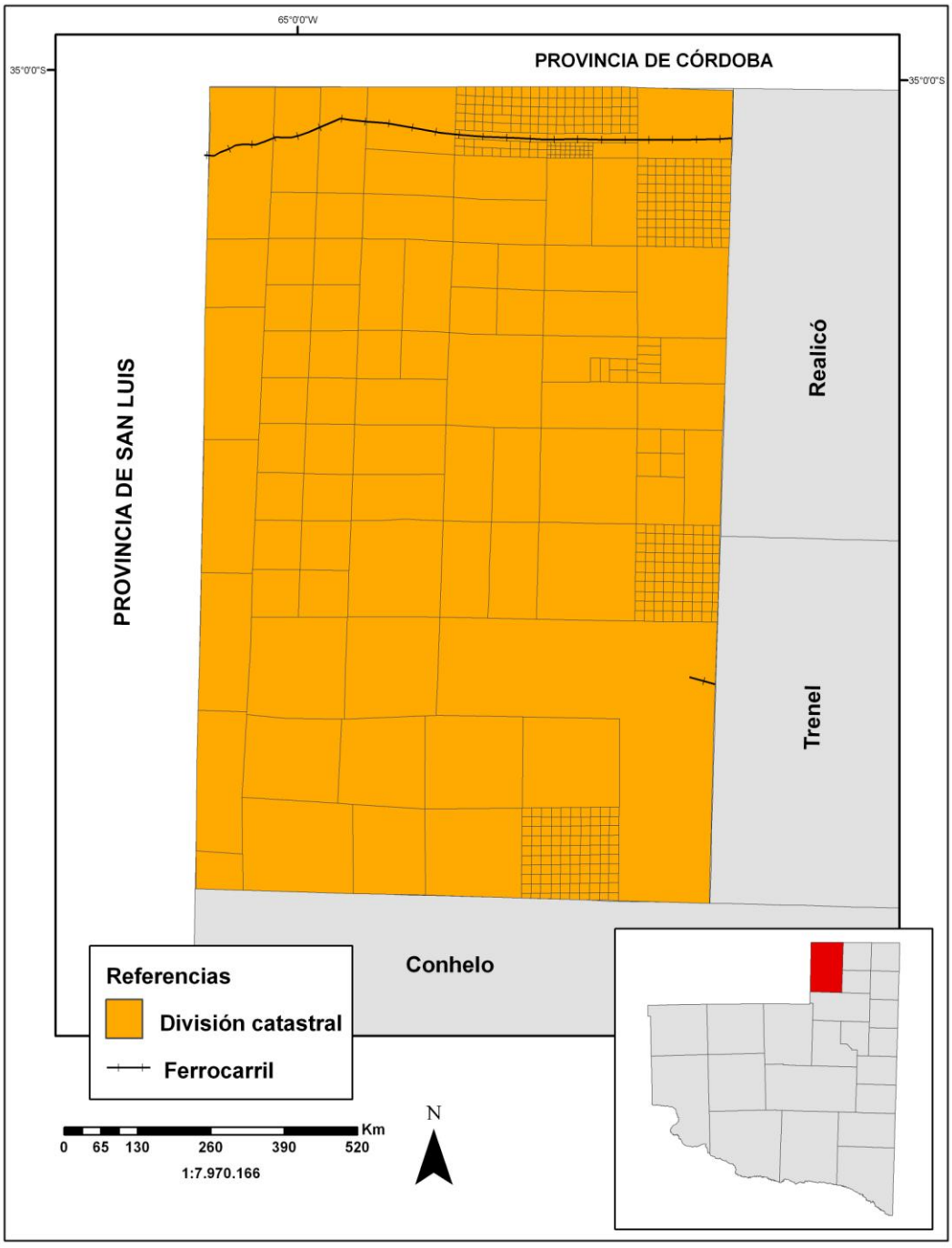
Figura 2.
División Catastral del Departamento Rancul en el año 1902.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, en base a mapas catastrales proporcionados por la Dirección General de Catastro de La Pampa 2013.

Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M. C. y Diharce, M. C. 2014. Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 25. pp. 303-318. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 3
División Catastral de Departamento Rancul – Año 1922.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, en base a mapas catastrales proporcionados por la Dirección General de Catastro de La Pampa 2013.

Hacia 1910, en el Departamento Rancul, el estado de la colonización agrícola[4] muestra un predominio de la gran propiedad, aunque con algunas subdivisiones en unidades de 2.500 a 5.000 has. Por otro lado, a una escala regional, los datos del censo de 1914 muestran una mayor subdivisión (por el mayor número de colonias) en explotaciones de 25 a 500 has (Olmos, 2008). Este proceso estuvo a cargo de actores privados, que entregaban parcelas a los campesinos bajo sistemas de tenencia como el arrendamiento, la aparcería y la mediería. Según Gori, citado por Mayol (1995), la colonización rural significó planes privados de subdivisión de latifundios para arrendar chacras dentro de ellos (Figura 3).

En este Departamento tuvo gran incidencia en la organización espacial, la presencia de la compañía colonizadora Estancias y Colonias Trenel, del italiano Devoto, quien adquiere una superficie de 3500.000 hectáreas. Gracias a su influencia política logró que llegara a sus tierras el tendido de las líneas ferroviarias, dando lugar a varias estaciones dentro de uno de sus campos: Caleufú (entre otros).Esta Sociedad Anónima arrendó sus campos a colonizadores para que se encargaran de conseguir colonos (Forteza, 1974).

La provincia de La Pampa experimentó un crecimiento agrícola que fue posible gracias a un régimen de tenencia de la tierra[5] que combinaba propietarios y arrendatarios, actores que conformaban un grupo heterogéneo que abarcaba desde medianos a grandes chacareros, hasta productores muy pequeños con escasa o nula capacidad de acumulación.

Por su parte, el perfil productivo de cereales fue motorizado por estas compañías de colonizadoras, que ponían en juego las tierras con población, impulsando la expansión agrícola. Además, el arrendamiento era más común en la actividad agrícola que en la ganadera (Olmos, op. cit.).

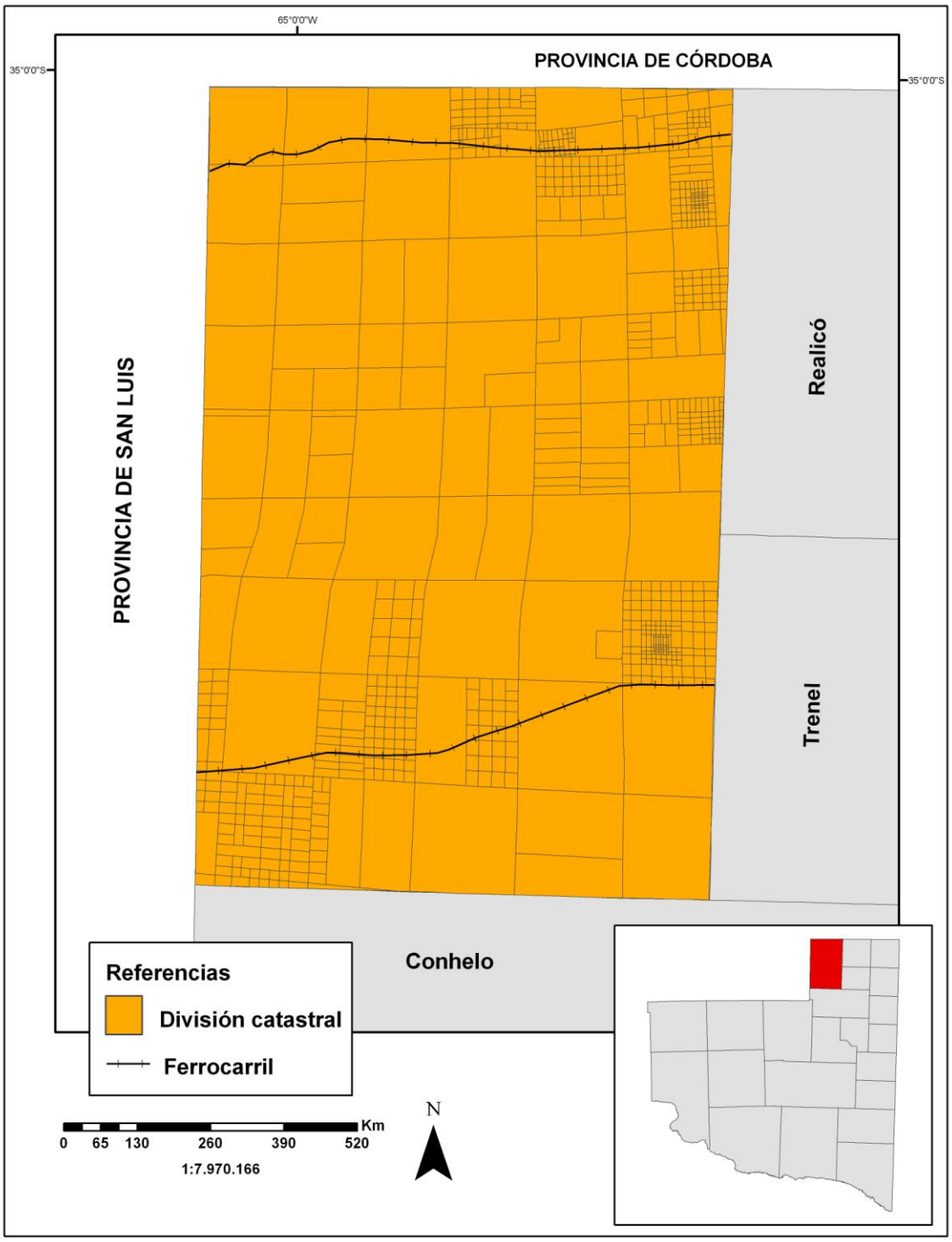
Existe una gran correlación entre colonización, desarrollo agrícola y características ambientales: la isohieta de los 500 mm indica el límite para la producción cerealera que va empujando la ganadería hacia el oeste, por las condiciones fisiográficas menos favorable a la agricultura, y además se observan explotaciones de mayor tamaño, relacionadas con la unidad económica[6].

El peso del arrendamiento capitalista tuvo una significativa importancia abarcando, según el censo nacional de 1937, el 72 % de los productores frente a un 28 % de propietarios (Mayol, op. cit.).
El ferrocarril jugó un rol muy importante en la conformación de los espacios pampeanos, tanto los rurales como los urbanos. En el caso del Departamento Rancul, se observa en la cartografía el mayor parcelamiento (Figura 4) en las zonas urbanas nacidas con la llegada de aquel medio de transporte. Hasta la década del treinta, los ferrocarriles controlaban el transporte de cargas y de pasajeros, pero la crisis iniciada en 1929 va a inclinar la balanza a favor del transporte de carretera, con una paulatina sustitución de aquellos por el transporte automotor, en un contexto internacional en que Gran Bretaña va cediendo su lugar hegemónico a Estados Unidos (Ayala y Gette, 2008).

[4] Colonia agrícola: división de una propiedad en múltiples lotes que se ofrecen a los agricultores encargados de roturarlos y sembrarlo. En mencionado Departamento sólo eran tres hasta ese momento, una al norte y dos al sur (Gaignard, op. cit.).
[5] Régimen de tenencia de la tierra es la relación jurídica que adopta el productor y la tierra (INDEC, 2002).
[6] Unidad Económica Agropecuaria: "El predio que por su superficie, calidad de la tierra, ubicación, mejoras y demás condiciones de producción, racionalmente trabajado por una familia agraria tipo, que aporte la mayor parte del trabajo y desarrolle las actividades corrientes de la zona, le permita alcanzar un nivel de vida digno y evolucionar favorablemente" (Ley Provincial Nº 468/73).

Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M. C. y Diharce, M. C. 2014. Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 25. pp. 303-318. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 4.
División Catastral de Departamento Rancul – Año 1930.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, en base a mapas catastrales de la Dirección General de Catastro de La Pampa, 2013.

La reconversión de la estructura agraria en la zona de cardenal, el retroceso de la actividad forestal y de la agricultura, y la expansión de la ganadería de monte, concentró los servicios urbanos en muy pocos poblados que habían sido puntas de rieles o pueblos de frontera, como Rancul y Caleufú (Aráoz; 1991).
Siguiendo con las conclusiones del autor, los pueblos más importantes tuvieron un mayor crecimiento entre las décadas de sesenta y setenta; mientras que los poblados menores se estancaron y algunos desaparecieron, junto con el ferrocarril.

El pavimento y el vehículo automotor, sumado a las nuevas ocupaciones urbanas resultaron en una redistribución de la población tanto urbana como rural. La Tabla I muestra el impacto cuantitativo de tal aspecto a nivel departamental.

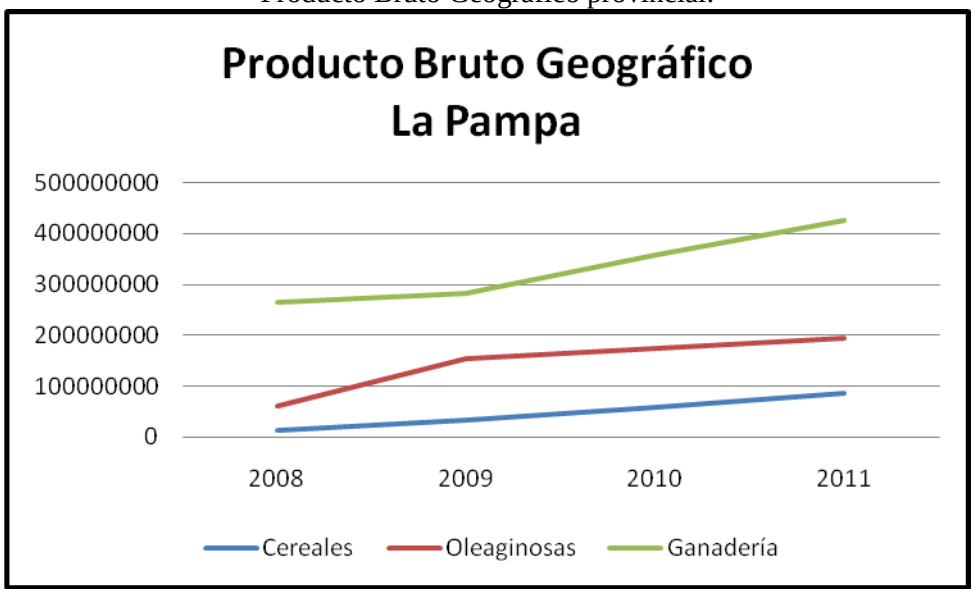
Tabla I.
Variación intercensal de población urbana y rural-Departamento Rancul.

Población urbana	Población rural
1970-1980	**1970-1980**
52,90%	-26,20%

Fuente: Elaboración propia en base a datos aportados por Aráoz, 1991.

A propósito de la mecanización de las actividades agrícolas, surge un nuevo actor en la zona más valorizada de la provincia de La Pampa, y del departamento Rancul: los contratistas de servicios rurales.
Dado el proceso de subdivisión de las explotaciones agrícolas, no es rentable la adquisición de maquinarias, por lo cual se ahorra una fuerte inversión, aunque Aráoz también menciona algunas desventajas de este sistema, como por ejemplo, la transferencia de parte de la ganancia del productor al contratista y el descenso de la reinversión en la producción.

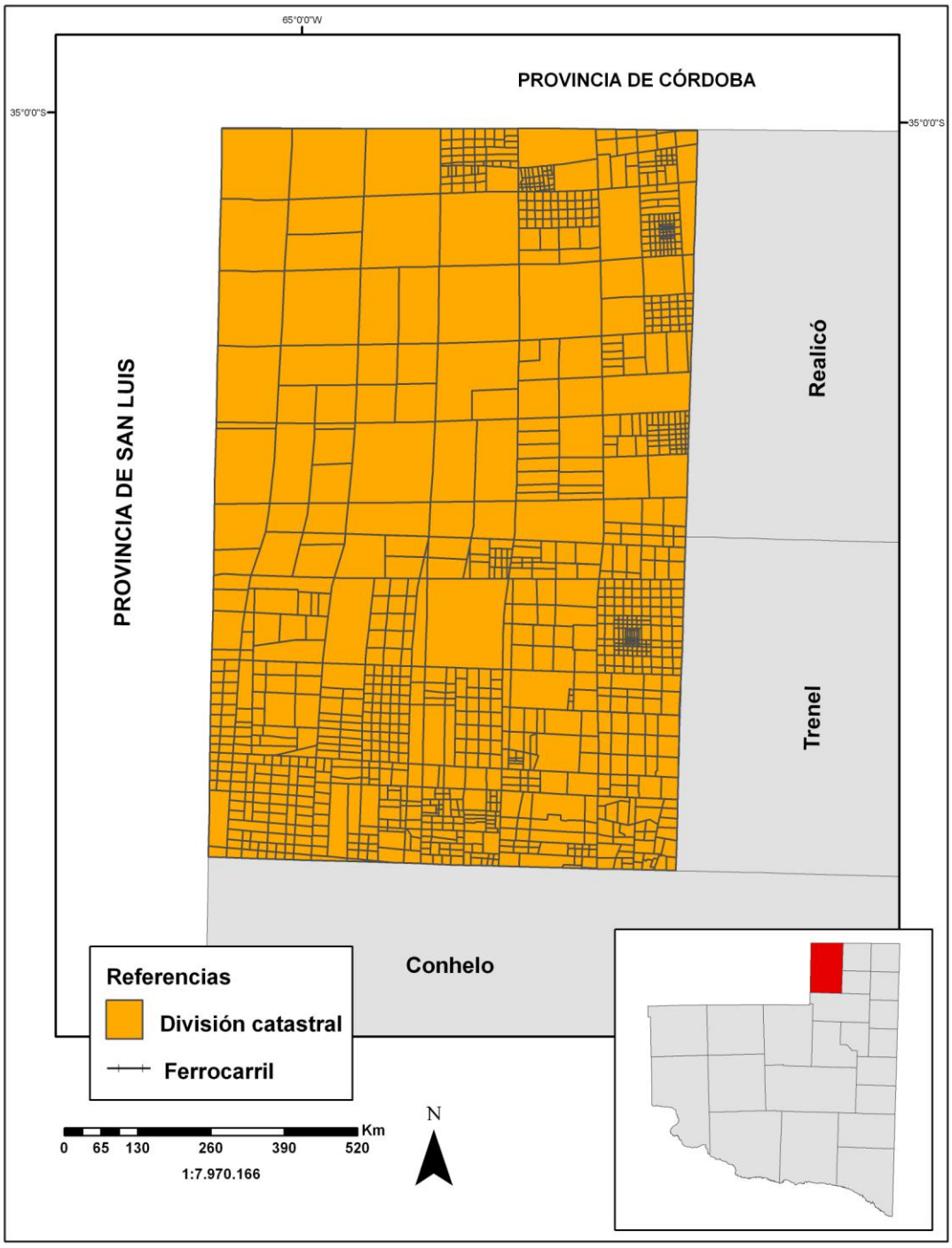
Figura 5.
Producto Bruto Geográfico provincial.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico 2013.

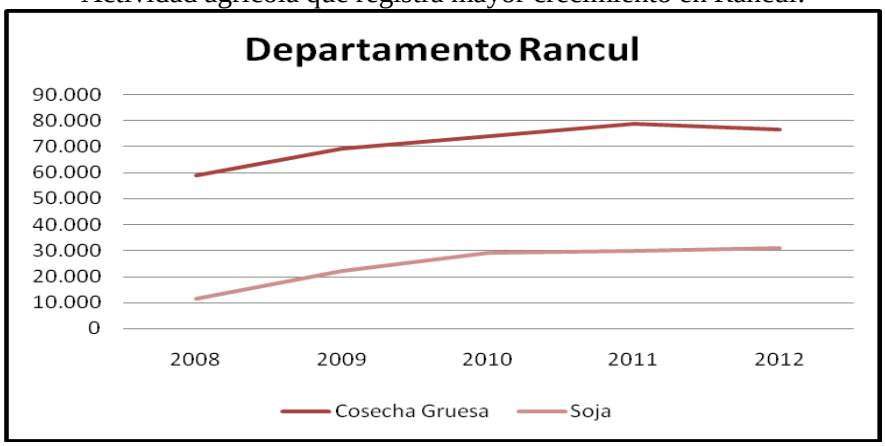
Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M. C. y Diharce, M. C. 2014. Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 25. pp. 303-318. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 6.
División Catastral de Departamento Rancul – Año 2010.



Fuente: Atlas Geográfico y Satelital de la provincia de La Pampa – Instituto de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas- Universidad Nacional de La Pampa, en base a mapas catastrales de la Dirección General de Catastro de La Pampa, 2013.

Figura 7.
Actividad agrícola que registra mayor crecimiento en Rancul.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anuario Estadístico 2013.

La Figura 5 muestra el de Producto Bruto Geográfico a nivel provincial evidencia un aumento significativo de la actividad ganadera, con un lento crecimiento de la agricultura, con un claro quiebre en oleaginosas en el año 2009.

Por otro lado, el departamento Rancul sostuvo un mayor crecimiento en la agricultura de cosecha gruesa, sobre todo, se observa un corrimiento de la frontera agraria de la mano de la producción de soja (Figura 6 y 7).

Conclusiones

Entre los años 1880-1930, se produce el desarrollo de la actividad ganadera (primero ovino y luego vacuno) y crece la producción agrícola orientada a la exportación de cereales, principalmente trigo, maíz y lino. En la etapa comprendida entre 1915 y 1937, confluyen una serie de eventos y cristalizan procesos y prácticas sociales que van a generar el carácter de la región del este pampeano: la Primera Guerra Mundial, la aparición de la explotación mixta y los efectos de la crisis de rentabilidad, desatada en 1929, con su influencia sobre la estructura agraria y por ende, en el parcelamiento.

La llegada de población inmigrante desde Europa generó un crecimiento acelerado del noreste de la provincia, donde se encuentra nuestro objeto de estudio, estimulado por el rápido desarrollo de la producción agrícola y de la ganadería para los mercados internacionales. En esta etapa se observa en la estructura catastral, un aumento de las colonias agrícolas en el departamento Rancul, un aumento de los poblados y principalmente en la cartografía de 1922 y 1930 aparece un nuevo estructurador del espacio, el ferrocarril, que permitiría el transporte y la comunicación entre el mercado externo y la entrada de manufacturas hacia el interior (Mayol, op. cit.).

La distribución espacial de los ferrocarriles responde a una compleja relación entre los dueños de las tierras y las empresas ferroviarias, en el que ambos se beneficiaban. Pero en este proceso queda un sector de población que arrienda o es propietario de lotes inferiores a la unidad económica (en general no superaban las 200 has), proceso en el que es clave también el papel del Banco Hipotecario.

Este módulo de superficie insuficiente (dadas las características ambientales de la región), sumado a los compromisos asumidos por parte de los colonos, generaron un proceso de degradación de los suelos, sumado al ciclo climático desfavorable que se inicia en 1928, lleva a la quiebra de numerosos colonos y a un proceso de descenso demográfico rural (Mayol, op. cit.).

El presente trabajo intenta establecer la evolución de la estructura catastral y agraria de la provincia de La Pampa, y en particular, del Departamento Rancul, asumiendo que es necesario un estudio comparativo con otros espacios, generando un conocimiento más completo de la impronta de los procesos sociales en la división parcelaria de dicho espacio.

Conocer la forma en que fue apropiado el territorio pampeano, destacando la valoración de los recursos naturales (tierras aptas para la producción agropecuaria), implica la comprensión de procesos de territorialización, es decir, la toma de poder sobre un espacio por parte de un grupo de sujetos y agentes que encontraron, junto con el Estado Nacional, una posibilidad de insertarse en el mercado internacional.

Los Sistemas de Información Geográfica nos permiten, además de gestionar la Información Espacial, conocer estos procesos, interpretar intencionalidades de los actores involucrados en los procesos sociales, conocer su materialización directa en el espacio, y finalmente, y más importante, la posibilidad de brindar información a los usuarios para la toma de decisiones.

Referencias Bibliográficas

ARÁOZ, Fernando. *La Pampa Total. Aspectos geográficos. Apuntes para una geografía humana de La Pampa.* Santa Rosa: Subsecretaría de Educación, 1991.

GOBIERNO DE LA PAMPA. *Anuario Estadístico.* Santa Rosa: 2013.

AYALA, Javier y GETTE, Santiago. "Caminos y Transportes". En: LLUCH, Andrea; SALOMÓN TARQUINI, Claudia (Editoras) *Historia de La Pampa. Sociedad, política y economía. Desde los poblamientos iniciales hasta la provincialización (ca. 8000 AP a 1952).* Córdoba: Ediciones del Boulevard, 2008, pp. 219-231.

CORNELIS, Stella. M. "La organización burocrática-administrativa del Territorio Nacional de La Pampa (1884-1952)". En: LLUCH, Andrea; SALOMÓN TARQUINI, Claudia (Editoras). *Historia de La Pampa. Sociedad, política y economía. Desde los poblamientos iniciales hasta la provincialización (ca. 8000 AP a 1952).* Córdoba: Ediciones del Boulevard, 2008, pp. 279-394.

FORTEZA, Armando. *Seminario de historia y geografía regional (Clase teórica).* Santa Rosa: Instituto de Estudios Regionales, 1974.

FORTEZA, Armando. *Fundación de Pueblos en La Pampa. (Secuencia hasta 1920).* Santa Rosa: Facultad de Ciencias Humanas, UNLPam, 1979.

GAIGNARD, ROMAIN. *La Pampa Argentina. Ocupación-Población-Explotación. De la Conquista a la crisis mundial (1550-1930).* Buenos Aires: Ed. Solar, 1989.

Pombo, D. G.; Martínez Uncal, M. C. y Diharce, M. C. 2014. Evolución de la estructura catastral de la provincia de La Pampa. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 25. pp. 303-318. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

INDEC. "Glosario de términos utilizados en el Censo Nacional Agropecuario 2002". En línea. Disponible en: http://www.indec.com.ar/indec.gov.ar.htm. (Consultado el 2/10/13).

INTA, GOBIERNO DE LA PAMPA y UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA. "Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa". Buenos Aires: 1980. Ley Provincial Nº 468/73. En línea. Disponible en: http://www.lapampa.gov.ar/images/stories/Archivos/AsesoriaLetrada/Leyes/Ley_468.pdf (Consultado el 2/10/13).

MAYOL, Ana María. "La captura de un espacio. Políticas, grupos de poder, colonización y estructura socioeconómica en La Pampa". En COLOMBATO, Julio (Coord.) *Trillar era una fiesta. Poblamiento y puesta en producción de La Pampa territoriana.* Santa Rosa: Instituto de Historia Regional, UNLPam, 1995, pp. 13-48. Tomo I y II.

OLMOS, S. (2008) "Estructura agraria: el camino hacia la especialización espacial" En: LLUCH, Andrea; SALOMÓN TARQUINI, Claudia (Editoras). *Historia de La Pampa. Sociedad, política y economía. Desde los poblamientos iniciales hasta la provincialización (ca. 8000 AP a 1952).* Córdoba: Ediciones del Boulevard, 2008, pp. 164-181.

Sanmarco, G.; Sanmarco, J. M. y Arce, L. J. 2014. Intervención urbanística estatal barrio Ramón Carrillo – Santiago del Estero. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 26. pp. 319-339. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Intervención urbanística estatal barrio Ramon Carrillo – Santiago del Estero

Guillermo Luis Sanmarco [*]
José María Sanmarco [**]
Leopoldo Javier Arce

Resumen

En el marco de un proyecto de investigación, se tiene el objetivo de determinar el impacto de una intervención urbanística del Estado provincial en un Barrio preferencial de la ciudad de Santiago del Estero, construyendo viviendas, con su incidencia en el medio y en los catastros provincial y municipal. Se ha tomado para este estudio el denominado barrio Ramón Carrillo de la ciudad de Santiago del Estero. Se lo ha catalogado en el primer párrafo como preferencial dado que se halla colindante al barrio Centro y orientado hacia el sur de la ciudad, donde en sentido comparativo con el norte, se tiende a un uso más residencial del suelo así como mejores aspectos constructivos. Además tiene concentración comercial, administrativa y educacional con importantes vías de circulación. Se busca enunciar la situación desde su origen con su evolución y/o involución presentada hasta la actualidad. Se partió de una zona netamente deprimida en lo físico y social dentro de este barrio. Como resultado final se pudo comprobar que la intervención del Estado fue positiva.

Palabras claves: Mejoramiento, Seguridad, Circulación

Abstract

As part of a research project, it aims to determine the impact of an urban state intervention in provincial preferential District of the city of Santiago del Estero, building houses, with their impact on the environment and the provincial and municipal cadastre. Has been taken for this study called Ramón Carrillo neighborhood of the city of Santiago del Estero. He has been listed in the first paragraph as preferential because is adjacent to the neighborhood center and oriented south of the city, where comparative sense with the north tends to a residential land use and better constructive aspects. It also has commercial, administrative and educational concentration with major roads. Wanted to state the situation from their origin and evolution / involution or presented to date. We started with a distinctly depressed area in the physical and social in this neighborhood. The end result it was found that state intervention was positive.

Key words: Improvement, Security, Ouestanding

* Docente, Universidad Nacional de Santiago del Estero. sanmarco@unse.edu.ar
** Docente, Universidad Nacional de Santiago del Estero. jsanmar@unse.edu.ar

Sanmarco, G.; Sanmarco, J. M. y Arce, L. J. 2014. Intervención urbanística estatal barrio Ramón Carrillo – Santiago del Estero. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 26. pp. 319-339. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Se ha estudiado el Barrio Ramón Carrillo de la ciudad de Santiago del Estero, buscando determinar aspectos positivos y negativos luego de una intervención urbanística del Estado, a lo largo de un periodo de tiempo de aproximadamente un cuarto de siglo. El proceso de intervención del Estado se inició a principios de la década de 1990. La obra específica fue adjudicada a una empresa constructora que tuvo numerosos problemas, ajenos a este estudio y paralizó la misma en varias oportunidades. El contrato le fue rescindido. Estuvo suspendida mucho tiempo hasta que fue adjudicada nuevamente para su finalización. La entrega efectiva de las viviendas se realizó en dos etapas.

La fecha final de construcción y entrega de viviendas a los habitantes adjudicatarios es diciembre de 1998. La intervención fue en sector central del mismo como se enuncia y muestra más adelante.

Objetivo general

Este trabajo tiene como objetivo general conocer el desarrollo del proceso urbanístico en un sector puntual de la ciudad, por la intervención del Estado.

Objetivos específicos

Estudiar y analizar la situación del sector antes y después de la intervención del Estado.
Determinar qué tipo de inconvenientes se presentan en la actualidad en el sector intervenido.
Determinar que mejoras se han producido
Ser una herramienta de ayuda en la toma de decisiones por parte del Estado.

Hipótesis

La hipótesis a validar es que con la intervención del Estado efectuada, pese a la aparición de problemas, presentes en toda actividad antrópica, se puede obtener una mejora en este sector.
La importancia del tema es fundamental, ya que las actuaciones en el urbanismo y su correlato catastral, no solo afectan a quienes ocupan esa zona, sino que es un factor influyente en el medioambiente urbano, tema que actualmente es de dedicación de todos los estados y se considera en las Cumbres de la Tierra, en donde se consolida el compromiso de ir en busca de un mejor uso de la tierra, hasta en la menor unidad administrativa (municipios).

Metodología

Búsqueda y captura de datos
Análisis
Análisis y comparativa de la información.
Conclusión diagnostico

Actividades

Las actividades desarrolladas son:
Estudio de orígenes
Investigación, con revisión IN-SITU en el barrio y en el entorno

Determinar los lugares pertinentes y posibles y efectuar la búsqueda de datos, en particular Ministerio de Obras Públicas, Instituto Provincial de Vivienda y Urbanismo, Registro General de la Propiedad Inmueble, Dirección General de Catastro, Dirección Municipal de Suelo Urbano.
Ordenamiento de los datos obtenidos, así como de la documentación.
Transformación de datos en información para su consideración.
Planteo de conclusiones referidas a inconvenientes y problemas, gravedad y alcance de los mismos, plausibilidad de soluciones, modificaciones o alternativas

Orígenes

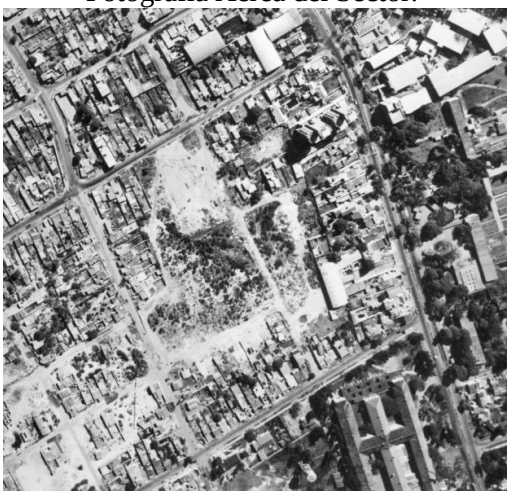
La zona donde el Estado provincial realizo este grupo habitacional, presentaba anteriormente un **sector con un aspecto urbanísticamente deprimido dentro de un barrio ya consolidado, con servicios y buen nivel urbanístico**.

Eran terrenos baldíos, que conformaban un bajo, inundable en épocas estivales cuando se presentaban lluvias, sin escurrimiento de aguas, por lo que se conformaban lagunas donde proliferaban los mosquitos. Cuando no se presentaba esta situación, parte de este sector mostraba una canchita precaria de futbol, utilizada por ocupantes linderos. Las calles Garibaldi, Inti Huasi y Calle 2 no se hallaban abiertas.

Sobre el sector sur de estos terrenos se hallaban familias que hacían ocupación de tierras. Siendo este un barrio central de la ciudad, dotado de grandes ventajas urbanísticas, el Estado decidió intervenir para mejorar el mismo. La forma que utilizó el Estado para la disponibilidad de esos terrenos fue la figura legal de expropiación por causa de utilidad pública.

En la época de estudio y decisión con respecto a la intervención, la tecnología para utilización para cubrir el barrio y el sector, para estas áreas eran las fotografías aéreas, como se sabe de alto costo y de difícil obtención, solo podían contemplarse dentro de un marco de actuación mucho mayor, o que por otro motivo hubieran sido realizadas y estuvieran disponibles.

Figura 1.
Fotografía Aérea del Sector.



Fotografía aérea tomada en fecha 25 de Mayo de 1991, del sector de intervención, parte del Barrio Ramón Carrillo, sector donde se observan cuatro arterias bien definidas, al Este Av. Belgrano, al Sur Calle Lamadrid, al Oeste Av. Moreno, y al Norte Calle Lavalle, donde se aprecian las características mencionadas.

Caracterización urbana del barrio y la ubicación específica

Zona central de la ciudad, caracterizada por la presencia de numerosas ventajas de tipo urbanístico, el Barrio Ramón Carrillo se halla delimitado por la Avenida Belgrano, Avenida Alsina, calle Santa Fé, calle Lavalle, Avenida Moreno y calle Suarez, con una superficie de 56,82 hectáreas y una población al 2001 de 3793 habitantes; destacamos que la Avenida Belgrano, es la única vía de circulación de la ciudad que cruza la misma en forma completa de Sur a Norte, de intenso tránsito:

Colectivos
Salud
Comercios diarios y ocasionales
Educación
Oficinas públicas

El sector específico de intervención se halla delimitado por las calles Posadas, Moreno, Lavalle y Garibaldi.

Tabla I.
Comparativa entre barrio y sector intervenido.

(según datos mencionados)	**Barrio**	**Conjunto Habitacional**
Superficie	**56,82 has.**	**1,63has.**
Población	**3793 habitantes**	**850 habitantes (estimada)**
Densidad	**66,75 hab/ha.**	**521,47 hab/ha.**

Fuente: Censo 2001 – santiagociudad : wwwsantiagociudad.gov.ar - Plano aprobado DGC.

Se procedió a su elección como estudio, debido a que en función de las actuaciones y consideraciones en el marco del Proyecto de Investigación "Resultados de la Aplicación de la Ley Nacional n° 13512 en los Planes de Viviendas desarrollados por el Estado", ya realizados se detectó que no tiene planos aprobados en la Dirección de Suelo Urbano de la Municipalidad.

Siendo esta una situación netamente minoritaria en el universo de casos que se han considerado, entonces merece particular atención.

Con respecto a documentación técnica de redes de agua corriente, electricidad, desagües pluviales y cloacales, diversas oficinas de su ente realizador expresaron que no tiene las mismas.

Fruto del accionar del grupo de investigación se ha podido determinar la existencia de planos de Mensura y División en Propiedad Horizontal, confeccionados según la normativa vigente y en primera instancia a los fines de su presentación ante la Dirección de Suelo Urbano de la Municipalidad, y Dirección General de Catastro. En consultas a los organismos pertinentes se ha podido determinar que la misma ha sido presentada, pero nunca se ha llegado a la instancia de APROBACION de ella. En el marco del proyecto se ha procedido a efectuar copias de esta documentación técnica, para su resguardo y que posibiliten un análisis de situación.

Acción del Estado

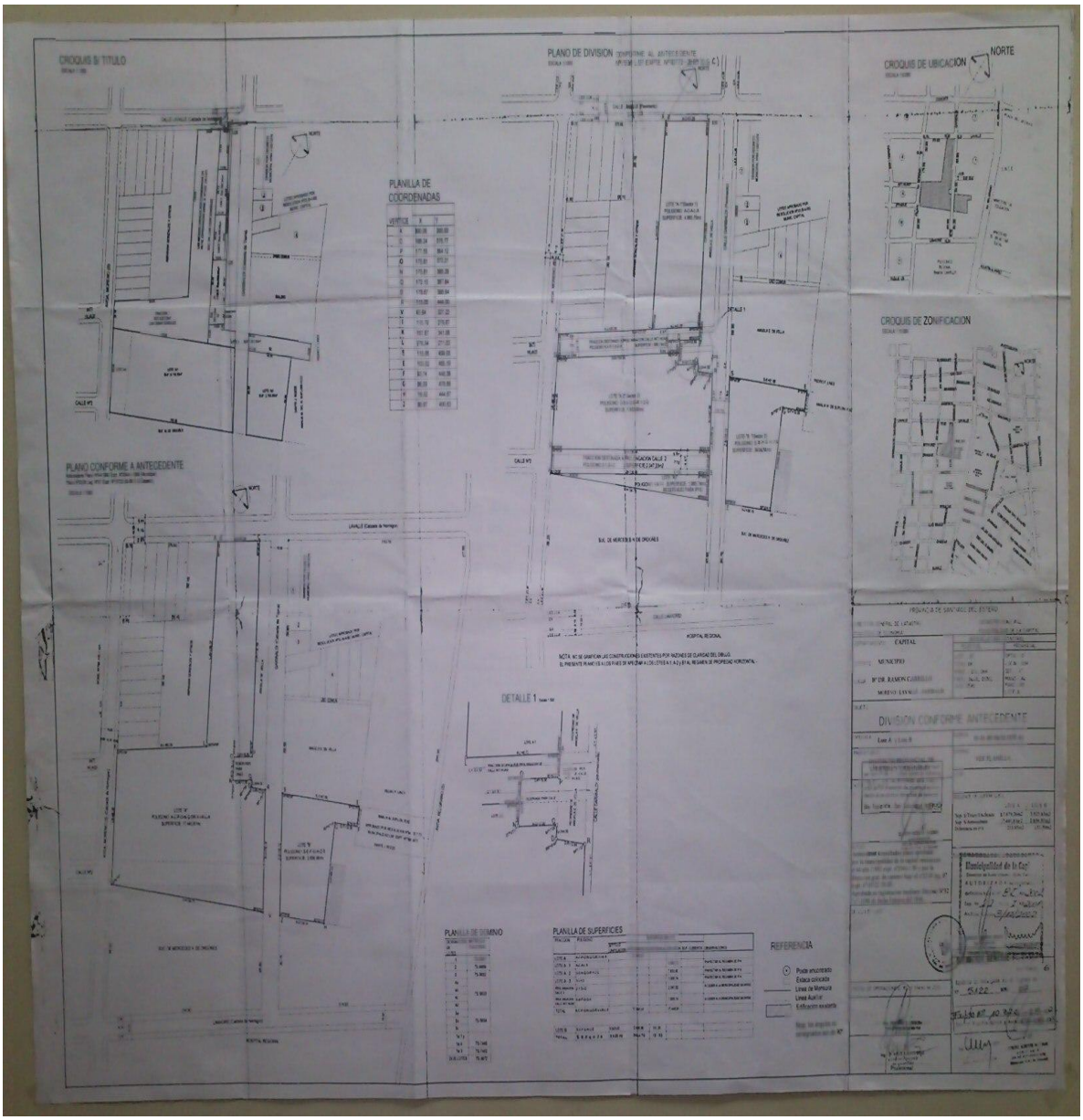
Se realizó un proyecto de Urbanización consistente en Grupo Habitacional de 216 Viviendas realizadas mediante un Plan FONAVI particularizado como Operatoria 70, en el que se pautaban diversas e importantes mejoras en las viviendas con respecto a los proyectos típicos.

Dado las características de la zona, central, urbanizada y de buen nivel, se realizó un proyecto de densidad media a fin de por un lado hacer rendir el terreno, pero por otro, beneficiar al mayor número posible de familias y densificar la zona.
Este proyecto implicaba las siguientes mejoras urbanísticas:

Apertura de calles.
Pavimento de hormigón de calles internas y linderas
Realización de Red de Gas
Realización de Red de Energía Eléctrica
Realización de Red de Agua Potable
Realización de desagües pluviales y cloacales

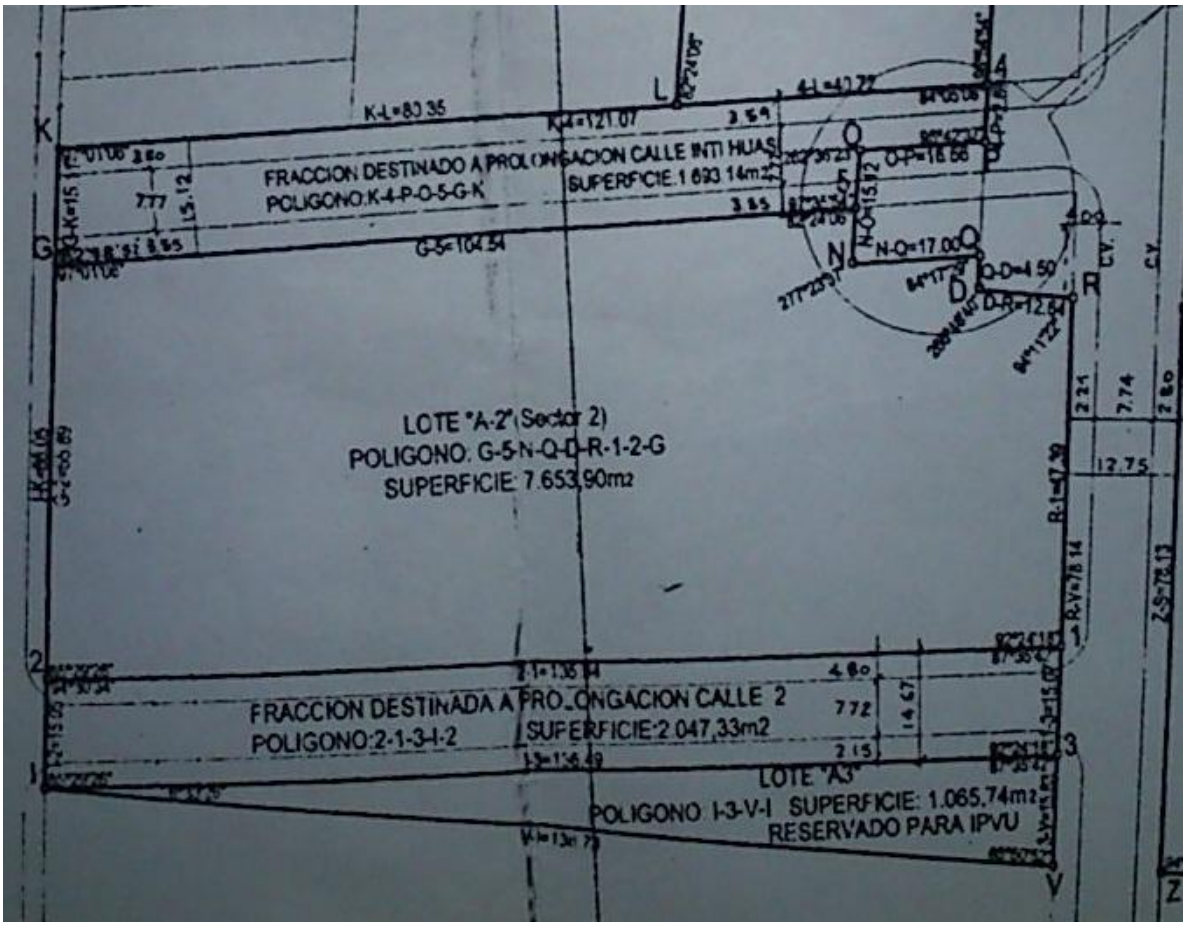
Todo ello tanto para servicio interno como también para satisfacer y mejorar urbanísticamente al entorno lindero y próximo.

Figura 2.
Plano de División.



Fuente DGC – Al solo efecto de mostrar la existencia de Plano de División aprobado de los inmuebles ocupados donde se observan los sectores intervenidos, calles abiertas y espacio ocupado al sur. Año de Aprobación 2.004.

Figura 3.
Detalle de Plano.



Fuente DGC. Detalle del Plano de División (aprobado en 2.004) donde se observan los espacios dejados para calle Inti Huasi, y la calle 2 abierta de hecho.

Agravamiento institucional

Previo y durante la realización de obras, la situación de este sector del barrio y de la ciudad se vio agravada o modificada según como se considere, de dos maneras diferentes:

A) Cuando la empresa prestataria de servicio de energía eléctrica, realizó un tendido de postes de energía para alimentar las viviendas de quienes allí hacían ocupación (no propietarios), de terrenos que eran linderos pero sin apertura de calle intermedia.

De esta forma lo primero que sucedió en que con la colocación de postes de energía conformó de hecho un costado de una posible calle, la que en la práctica entonces a partir de este hecho, se fue materializando y consolidando.

B) Cuando el propio gobierno reconoció la presencia de ocupadores del mismo.

En función de actuaciones institucionalizadas, en la aplicación en las principales ciudades de la provincia de la denominada Ley Pierri, el Gobierno efectuó relevamientos de diversas situaciones

de ocupación y confeccionó planos de levantamiento territorial, con los cuales luego confeccionó por Escribanía de Gobierno las que se llamaron "actas de dominio" y públicamente eran promocionadas como escrituras de dominio por actores políticos, que se inscribían en el Registro General de la Propiedad Inmueble en las denominadas "Matrícula Folio Personal".

En este sector el Gobierno realizó esta actuación; ocupantes del los sectores lindantes y superpuestos al sur de la zona de intervención, aseguran tener de estas que ellos denominan: "escrituras de dominio". Consolidó y asentó una ocupación que presenta características urbanísticas que no eran las deseadas.

Actualidad

En este momento esta zona (barrio y linderos inmediatos) es una de las zonas más dinámicas de la ciudad. Presenta una convergencia importante de tres aspectos fundamentales:

Comercial
Comercios diarios de todo tipo Despensa a supermercados, ropas, artículos del hogar, regalería repuestos, confiterías y restaurantes, consultorios profesionales, etc.
Estación de combustible de nafta
Estación de combustible de gas
Residencial
- Viviendas unifamiliares
- Edificios en altura y media altura
- Departamentos en PB

Institucional
- Salud publica
  - Hospital Oftalmológico
  - Hospital Regional completo todos servicios + residencia
  - Hogar y Centro de Atención de Ciegos y Ambliopes
- Educación
  - Universidad
    - Facultad de Ciencias Exactas
    - Facultad de Humanidades
    - Facultad de Ciencias Forestales
    - Facultad de Agronomía
  - Escuela de Comercio
- Ministerio de Salud
- Ministerio de Desarrollo Social
- Instituto Provincial de vivienda y Urbanismo
- Instituto de Animales Venenosos
- Consejo de Educación

Figura 4.
Imagen del Barrio.

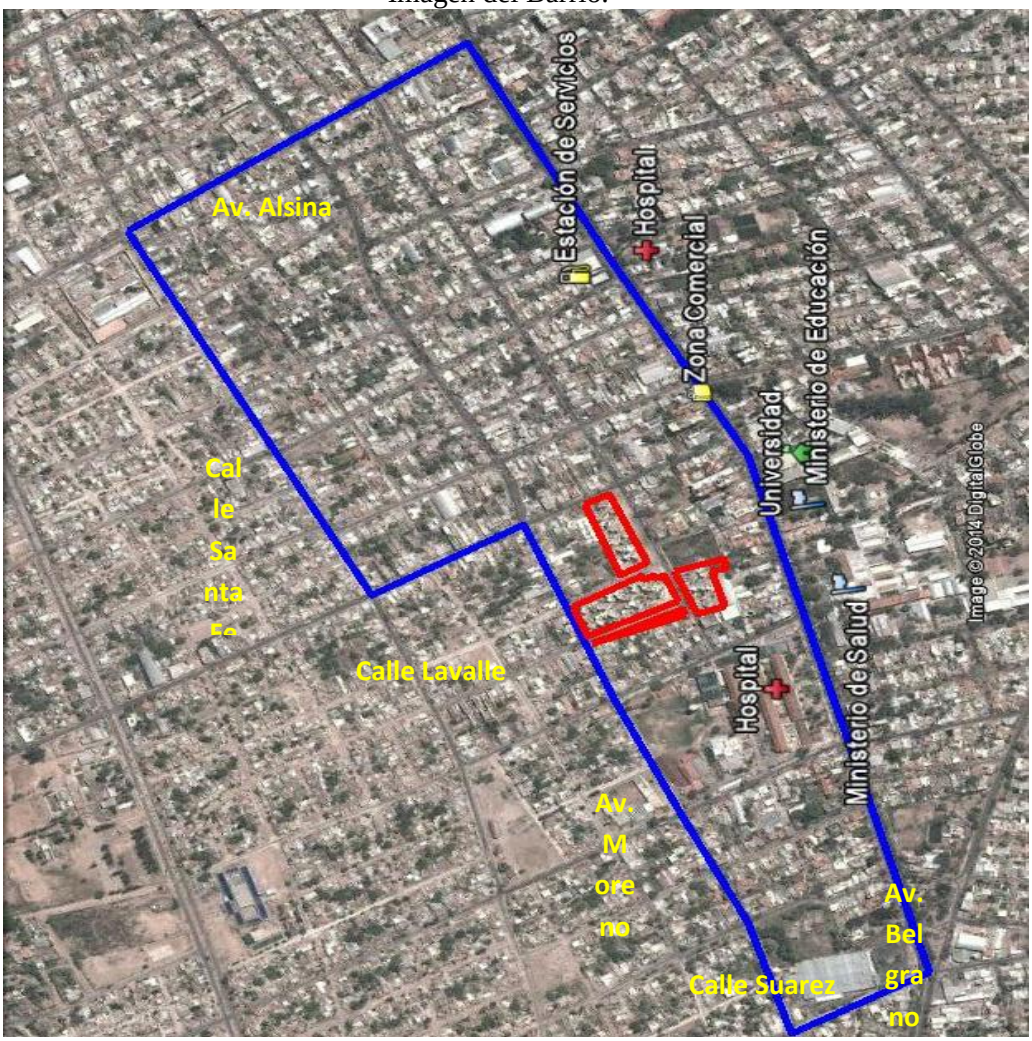


Imagen del Año 2.013 donde se halla remarcado el Barrio Ramón Carrillo y el sector de intervención. Zona de características residenciales, institucionales y comerciales.

Como se puede apreciar, las nuevas tecnologías, con el empleo de imágenes, tanto de software adquirido, como de aquellos de libre disposición, son un importante avance en estos estudios urbanísticos catastrales, reemplazamos la utilización anterior de fotografías aéreas, algunos de cuyos inconvenientes ya hemos mencionado por un recurso, cada vez más conocido, de aplicación denominada "amigables" y que se perfecciona paulatina y constantemente, siendo cada vez más confiable, de mejor resolución y de mayor cantidad de aplicaciones. También y es fundamental su compatibilidad con otras aplicaciones de tecnologías de información geográfica.

Figura 5.
Imagen del Sector Intervenido.



Se observa en esta imagen del año 2.013 el sector del barrio donde se desarrollaron viviendas en densidad media y las calles perfectamente consolidadas.

Tráfico Inmobiliario

En particular **dentro del barrio Ramón Carrillo**, este grupo habitacional presenta la característica de una gran actividad de tráfico inmobiliario.

Si consideramos que esta formado por 216 unidades habitacionales, podemos hacer un estimado que a cuatro personas por unidad (normalmente son familias con hijos), su población podría ser de unos 850 habitantes, cifra considerable si estimamos la cantidad de habitantes del barrio enunciada previamente.

Dado que ya ha transcurrido el plazo legal en el cual los adjudicatarios del mismo se hallaban obligados a hacer ocupación efectiva del inmueble y no podían efectuar operaciones de disposición sobre el mismo y que la situación de todo este sector, es que se presenta esta característica.

La gran demanda habitacional en este sector de la ciudad que cuenta con todo el equipamiento necesario y este grupo de viviendas que cuenta con todos los servicios, sumado a gastos de

mantenimiento y funcionamiento muy reducidos, motiva una dinámica de gran cantidad de demanda en alquileres y ventas (sin escrituras, acciones y derechos). Esta solo se puede observar en muy pocos sectores de la ciudad. Se manifiesta en ofertas en periódicos e inmobiliarias, pero también en la demanda y consulta de boca a boca e in-situ.

Figura 6.
Muestra avisos clasificados.



DEPARTAMENTOS

S/ INTI HUASI e/ Moreno y Garibaldi - Dpto de 2 dorm., liv-com., coc-com. y baño.

Bº JERARQUIZADO Municipal Sector 4 Esc. 2 1ºpiso, 3 dor, Liv-com, baño. Consúltenos

Bº JERARQUIZADO Municipal Sector 4 Esc. 8 2ºpiso, 3 dor., liv-com, baño. Consúltenos.

Bº EJÉRCITO Arg., s/calle Cap. Mirabal (Ex calle 63) Dpto. amoblado 3 dor, coc-com, lav, baño. Gas envasado.

Bº CIUDAD del Niño - 2 dor. c/placard (1/ aa.), liv-com., lav. cub, coc, baño. Consúltenos.

LA BDA S/ Pueyrredon al 100. 3 d. (1 en suite) antebaño, baño, coc-com, liv-com, lav., patio.

DPTO. TEMPORARIO S/ calle Alsina, al fte. de Pza. Sarmiento. 1 dor., coc-com., baño.

P.F. CAROL al 1100 2 Dptos de 1 dorm, coc-com. y baño. Consulte,

INTI HUASI al 300 c/ Moreno. Excel Dpto de 2 dor., coc-com y baño. Consulte.

CONGRESO AL 500 - 2 Dptos de 1dor., coc-com. y baño. Consúltenos.

Diario El Liberal. Avisos clasificados. Santiago del Estero. Miércoles 28/05/2014. Página 11. Muestra como ejemplo de las publicaciones diarias de ofertas inmobiliarias en este sector.

Una herramienta fundamental en el estudio son las imágenes fotográficas. **En el análisis de imágenes fotográficas, se presenta notorio el avance de la tecnología**. El empleo de las fotografías fue siempre muy importante en los estudios urbanísticos y también catastrales, pero antes, este era un recurso caro en su empleo, debía ser limitado su uso y los errores no eran admisibles pues igual costaban. Actualmente es un recurso ágil, pero fundamentalmente económico, utilizable en tanta cantidad como se desee, corriendo el riesgo en caso de fallar los criterios de tener que lidiar con mas imágenes de las necesarias, pero los errores por exceso tanto en cantidad como calidad de información no son determinantes. En esta presentación se utilizan fotografías tomadas en el presente año.

Figura 7.
Muestra de sector.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

Figura 8.
Cerramiento perimetral.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

Como se puede observar en la figura 8, se realizó un cerramiento al terreno próximo a un departamento, apropiándose de lo que constituye un Espacio Común de Uso Común, por otro lado la característica del cerramiento no brinda buen aspecto.

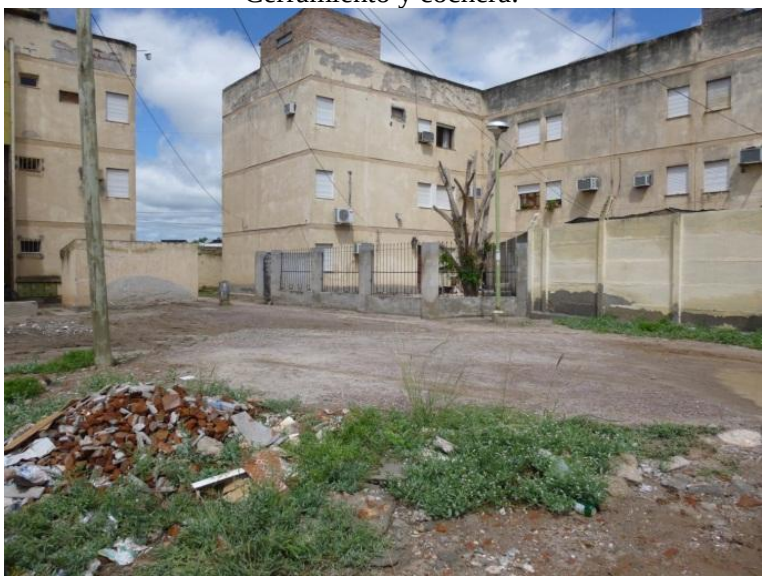
Figura 9.
Cerramiento y cochera.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

En la figura 9 se observa un cerramiento que tiene una doble finalidad, hacer exclusivo un Espacio Común de Uso Común y tener allí también una cochera.

Figura 10.
Cerramiento y cochera.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

En la figura 10 se observan dos cerramiento, uno es vista desde otro Angulo de la figura 3 y otro cerramiento adyacente, este tiene el mismo destino, apropiarse de un espacio Común de uso Común y poder utilizar el mismo como cochera descubierta. Se trata de dos irregularidades una al lado de la otra y de muy diferente construcción, una de placas premoldeadas y otra de reja de hierro, conforman un aspecto desagradable.

Figura 11.
Utilización de Espacios Comunes.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

La figura 11 muestra una constante, la invasión de Espacios Comunes de Uso Común destinados a espacio verde con vehículos, que se llegan a estacionar pegados a las paredes.

Figura 12.
Cerramiento Irregular.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

En la figura 12 se puede observar otro cerramiento irregular en que un vecino del sector cierra una parte de terreno destinado a Espacio Común de Uso Común, para uso propio, en forma geométricamente irregular con terminación deficiente y vidrios partidos.

Figura 13.
Cerramiento y entrada irregular.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

En la figura 13 se observa un cerramiento irregular producido con forma muy caprichosa en diagonal a un vértice de construcción y con una pequeña puerta, todo ello ocupando Espacio Común de Uso Común.

Figura 14.
Cerramiento irregular.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

En la figura 14 se observa un cerramiento irregular que ocupa Espacio Común de Uso Común, de mejor construcción, con ladrillos y columnas, pero también en construcción en diagonal, siguiendo el razonamiento de realizarlo en diagonal a los vértices de la construcción.

Figura 15.
Cerramientos continuos.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

Se observa en la figura 15 una continuidad de cerramientos ocupando el Espacio Común de Uso Común, que además muestra mal aspecto, con destinos diversos, apropiamiento, entrada, asador, etc.

Figura 16.
Cerramientos cubiertos.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

Se observa en la figura 16 un cerramiento realizado de Espacio Común de Uso Común, este es de superficie cubierta con destino a cochera cubierta y ambiente anexado a vivienda. Aberturas diferentes al común denominador. Se observa diferentes estados de conservación.

Figura 17.
Cerramiento y angostamiento.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

Se observa en la figura 17 un cerramiento de Espacio Común de Uso Común, el cual provoca una situación peligrosa al enangostar y quitar visibilidad a un pasillo de circulación de los vecinos hacia sus departamentos.

Figura 18.
Cerramiento y angostamiento.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

Se observa en la figura 18 el mismo cerramiento de Espacio Común de Uso Común de la figura 11, hacia otro lado de la construcción, es evidente que quita luz, visibilidad y capacidad de reacción en el paso de los vecinos, es un elemento de mucho riesgo, motivo de quejas de los vecinos en las entrevistas realizadas.

Figura 19.
Cochera.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

En la figura 19 se observa una cochera cubierta, con puerta, alejada de cualquier vivienda/departamento, haciendo ocupación del Espacio Común de Uso Común.

Figura 20.
Cocheras cubiertas.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

En la figura 20 se observan cocheras cubiertas con portón, habiendo ocupación del Espacio Común de Uso Común, que presentan diferentes características constructivas y diferentes aspectos y además algunas con su ingreso en el interior del terreno, transforman lo que se destina a espacio verde en un paramo sin césped y barroso, motivando quejas de los vecinos entrevistados.

Figura 21.
Construcción en Espacio Común.



Fuente: relevamiento in-situ por equipo de trabajo.

En la figura 21 se observa una construcción en el Espacio Común de Uso Común. Destinada a ampliación de la vivienda/departamento, se nota una buena construcción, pero es irregular y de diferentes características constructivas a los edificios del sector. Es notorio que achica el Espacio Común y quita además luz y visibilidad en el ingreso hacia el fondo del terreno.

Figura 22.
Corredor Calle Garibaldi.



Fuente: imagen Google Earth. Año 2.013.

En la figura 22 se observa a lo largo de la calle Garibaldi posicionamiento de las fotografías presentadas.
Teóricamente se podría asumir que estos inconvenientes ilustrados en las figuras no se podrían presentar si este grupo de viviendas contara con Plano de División en Propiedad Horizontal Aprobado, ello haría que entonces se pudiera protocolizar un Reglamento de Copropiedad y al escriturar a favor de cada adjudicatario de una vivienda por parte del estado, tomaría conocimiento formal y oficial de lo que puede y no puede hacer en una vida en propiedad Horizontal.

Como se ha podido observar en este estudio hemos empleado tecnologías de información (imágenes satelitales, software, etc.), antes no disponibles y que facilitan, pero fundamentalmente mejoran los resultados.

Estas nuevas tecnologías facilitan la constatación, sobre todo en las dimensiones, de las construcciones clandestinas, ya que es posible y probable que al intentar inspeccionar o medir, los infractores presenten actitudes conflictivas.

Resultado aspecto catastral y tributario

De las averiguaciones en el mismo barrio y estudios en la Dirección General de Catastro de la Provincia y Dirección General de Rentas de la Provincia se ha determinado que estas viviendas no tienen documentación de División en Propiedad Horizontal Aprobada en el organismo pertinente, tampoco se hallan empadronadas y no se cobra de ellas el IMPUESTO INMOBILIARIO.

Se puede entonces determinar que en este grupo habitacional, no se esta cumpliendo con una equitativa distribución de cargas sociales, ya que todos los habitantes de la Provincia deben en función del valor de su propiedad aportar recursos que serán propios de la provincia para con ello cumplir sus fines.

Como se enunció ut-supra, la documentación si esta confeccionada, no se enumeran causas de su no aprobación por no ser inherentes al fondo de cuestión.

Así planteada, esta situación en este caso, presenta la particularidad que no se produce por falta de pago por voluntad de los vecinos sino por inacción de la autoridad.

De idéntica manera, de las averiguaciones en el mismo barrio y estudios en la Dirección de Suelo Urbano y Dirección de Rentas de la Municipalidad, se ha determinado que la Municipalidad de la Capital sí ha procedido a empadronar las viviendas, aun sin plano aprobado, y de ellas se cobra la Tasa Municipal de Retribución de Servicios. (Dicho empadronamiento se habría realizado en función de planos sin aprobar y relevamiento en el lugar).

En este caso, estas viviendas sí están aportando su correspondencia al funcionamiento orgánico de la ciudad. Se considera que la Provincia podría empadronar de hecho, sin documentación técnica, a las viviendas y así poder percibir el Impuesto Inmobiliario, tal como hizo la municipalidad.

Resultado aspecto urbanístico

Ya enunciado el actual estado del Barrio y del sector intervenido, así como la gran movilidad de transacciones inmobiliarias en este sector, resumiendo se han podido observar pros y contras o aciertos y desaciertos en esta intervención urbanística estatal.

Este sector ha presentado notorias ventajas, transformando un gran sector baldío e inundable en uno integrado a la urbanización del barrio en forma coherente (viviendas nivel medio) y mejorando la misma (calles, servicios, infraestructura).

Ha tenido sus desaciertos al permitir y luego consolidar asentamientos irregulares, así como no al cumplir con todos los aspectos de la intervención urbanística, al no terminar de finalizar la misma pues no aprobó planos de División en Propiedad Horizontal y no impuso a las personas que allí colocó de las características y particularidades de la vida en Régimen de Propiedad Horizontal, lo que motiva los problemas mostrados en las imágenes y otros no plasmables en imágenes como son las discusiones entre vecinos por las ocupaciones y malos usos y prácticas, así como falta de mantenimiento y contribuciones comunes.

Se estima que estos problemas enunciados podrían mejorar con una acción del estado, mediante publicidad instructiva sobre la vida en PH. Más allá de ello, la mejora se dará cuando se tenga un Reglamento de Copropiedad y escrituras que enuncien el mismo. El resultado de balance general es ampliamente satisfactorio

Se espera no haber hecho un ejercicio teórico, sino haber llegado a conclusiones que puedan ser útiles a vecinos de la ciudad, autoridades provinciales y municipales, representantes del Estado, en su función de satisfacer necesidades básicas, cumplir la garantía constitucional de asegurar vivienda digna para sus habitantes y desarrollar urbanísticamente las ciudades.

Bibliografía

Código Civil.

Dirección General de Catastro. *Legislación Catastral Compilada Tomo I*, CPIyA, 1986.

Ley Nacional n° 13.512.

Ley Provincial de Santiago del Estero n° 3.600.

Mariani de Vidal, Mariana. *Derechos Reales*, Zavalía, 2008.

Municipio de Santiago del Estero. *Código de Ordenamiento Urbano y Edificación*.

Vazano, Pablo A.; Barragán, Federico G. y Laucirica, Julieta S. 2014. Impacto de las políticas públicas en el ordenamiento del tránsito en áreas testigo de la ciudad de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 27. pp. 340-359. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Impacto de las políticas públicas en el ordenamiento del tránsito en áreas testigo de la ciudad de Bahía Blanca

Vazano, Pablo Adrian [*]
Barragán, Federico Gastón [**]
Laucirica, Julieta Soledad [***]

Resumen

Las colisiones viales constituyen una de las problemáticas que afectan a la sociedad en su conjunto. Como consecuencia de esto, el municipio de Bahía Blanca ha implementado una serie de programas con el propósito de mitigar sus efectos. El GIECOV (Grupo Interdisciplinario de Estudios de las Colisiones Viales) nace en este contexto con el propósito de generar un monitoreo multidisciplinario de las distintas aristas que intervienen en las colisiones viales.

Informes periódicos descriptivos (generados por el grupo) pueden ser complementados con el análisis y evaluación de las políticas de intervención en el espacio urbano a través de geotecnologías. Utilizando los datos recolectados por el sistema de respuesta a emergencias provincial 911, reestructurados en bases de datos geográficas se procedió al análisis multi-temporal de áreas testigos. El municipio ha intervenido en los sectores estudiados mediante la instalación de semáforos y repavimentación arterias deterioradas con el objetivo de disminuir los siniestros.

La finalidad del presente trabajo es evaluar el impacto de las políticas mencionadas y la consecución de los objetivos abordados. Complementariamente se destacara la importancia de una correcta planificación territorial y la relevancia de las TIGs al momento de llevar a cabo la misma.

Palabras Clave: Colisiones Viales, Sistemas de Información Geográfica, Políticas públicas

Abstract

The automobile collision is one of the issues that affect our society nowadays. Consequently, the Bahía Blanca County has implemented certain programs to mitigate its effects. GIECOV, Interdisciplinary Group of Automobile Collisions Studies (Or the initials in spanish: Grupo Interdisciplinario de Estudios de Colisiones Viales), is created in this context in order to generate a multidisciplinary monitory of the different perspectives that are included in this conflict.

The periodic descriptive reports (generated by the group of studies) may be complemented with the analysis and evaluation of the intervention policies within cities making use of geotechnologies. It was also made use of data collected by the provincial system of response to emergencies 911. These were re-organized into geographic data to proceed with the multi-temporal analysis of "witness areas". The county has intervened in this sectors that were part of the investigation, by the installation of traffic lights and the paving of main streets, centered on the reduction of crashes as an aim.

The main goal of this research paper is to evaluate the impact of the policies mentioned before and the achievement of goals in consequence. It is outlined the importance of TIGs in order to perform a correct planning of the territory.

Key words: Automobile Collisions, Geographic Information Systems, Public policy

[*] Licenciado en Geografía, Departamento de Geografía y Turismo, UNS. pvazano@gmail.com
[**] Ayudante-alumno, Departamento de Geografía y Turismo, UNS. federicobarragán@gmail.com
[***] Alumna de Licenciatura en Geografía, Departamento de Geografía y Turismo, UNS. julieta.laucirica@gmail.com

Vazano, Pablo A.; Barragán, Federico G. y Laucirica, Julieta S. 2014. Impacto de las políticas públicas en el ordenamiento del tránsito en áreas testigo de la ciudad de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 27. pp. 340-359. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Las colisiones o siniestros viales se definen como el **hecho o circunstancia que tiene lugar en la vía pública cuando el usuario se encuentra circulando y que, por alguna circunstancia –del vehículo, la vía o personal- sufre daño físico, moral o psíquico** (Rey, 1999). Ruiz y Vázquez explican que el riesgo de sufrir un siniestro vial está íntimamente relacionado con causas como el estado de la red vial, el aumento del parque automotor y ciclomotor y la velocidad de conducción (Ruiz y Vázquez, 2010) entre otras.

En la actualidad las colisiones viales representan, a distintas escalas espaciales, un flagelo catalogado por la Organización Panamericana de la Salud como una epidemia silenciosa. En todo el mundo 1,2 millones de personas mueren por año en colisiones viales mientras que más de 50 millones resultan heridas. Constituye la **principal causa de muerte en personas entre 10 y 24 años**[1] lo que genera una preocupación creciente en los distintos niveles del Estado debido a las consecuencias, directas e indirectas, mediatas e inmediatas que la problemática causa en individuos y sociedades. Históricamente, las lesiones por accidentes de tránsito fueron consideradas sucesos aleatorios o fortuitos. Sin embargo, se sabe que las lesiones y decesos se pueden prevenir estimándose que un 80% a 90% de los siniestros viales son atribuibles a fallas humanas. Organismos internacionales, agencias nacionales de tránsito e institutos de investigación han enumerado las medidas a tomar y su eficacia para reducir esta problemática. Los cinturones de seguridad, los asientos de seguridad para niños, el uso de cascos en motocicletas, los conductores designados, la disminución de la velocidad máxima del tránsito han resultado ser medidas eficaces en la prevención de lesiones graves (OMS, 2002).

La ONG Luchemos por la Vida expresa que **en el año 2013 en la República Argentina se produjeron 7.896 decesos a causa de las colisiones viales** -de las cuales un 31% se registraron la Provincia de Buenos Aires- con un promedio diario de 22 decesos. La problemática es considerada la cuarta causa de muerte en el país -después de las enfermedades cardiovasculares, los tumores malignos y las enfermedades cerebro-vasculares- y genera un **alto impacto social y económico**. Económico debido a que el gasto generado por discapacidades y lesiones consume entre un 1 y un 3% del PBI al año y la pérdida –sólo por decesos- de más de 170.000 años potenciales de vida (APVP) de los cuales 87.000 constituyen años de vida activa potencial[2] y social por las consecuencias psicológicas y morales de los accidentados y sus familias.

En Bahía Blanca, el Sistema 911 y el GIECOV (Grupo Interdisciplinario de Estudio de las Colisiones Viales) registraron durante el año 2013 un total de 3.642 colisiones viales con 1.604 heridos y 23 víctimas fatales.

En este contexto, a partir de 2006 se pone en marcha el Sistema Nacional de Seguridad Vial, establecido en la Ley de Tránsito Nº 24.449 bajo su Decreto reglamentario Nº 779/95 el cual establece la creación de políticas estratégicas de armonización federal. Dentro de ese marco, es dable considerar la elaboración de un "Plan Nacional de Seguridad Vial", como:

[1] La Organización Panamericana de la Salud (OPS) considera que, si no se implementan políticas adecuadas, treparía de la décima (10º) causa de muerte en el mundo a la tercera en 2020. (OMS, 2004 En: Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (2006): "PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL 2006-2009")

[2] Según datos del Centro de Experimentación y Seguridad Vial (CESVI) y Foro de Investigación en Salud de la Argentina respectivamente.

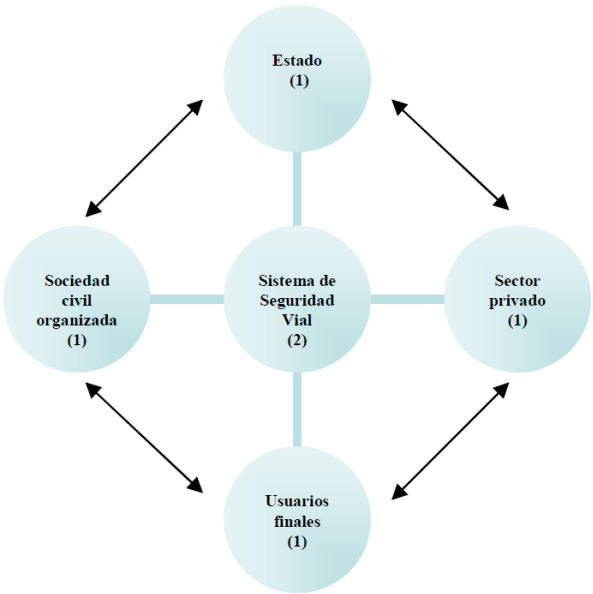
> *"la acción más sólida para procurar la reducción de los siniestros de tránsito que se producen en el país, puesto que permite el abordaje del fenómeno desde un marco sistemático y racional, otorgando coherencia y coordinación a las políticas públicas que desde los distintos sectores y autoridades se encaren en torno a esta materia" (Ministerio de Planificación - Plan Nacional de Seguridad Vial, 2006).*

Uno de los puntos de este Plan consiste en fomentar y desarrollar la investigación accidentológica, promoviendo la implementación de las medidas que resulten de sus conclusiones.

La ciudad de Bahía Blanca no es ajena a la problemática por lo que a partir de septiembre de 2008 pone en marcha el **Programa Municipal de Seguridad Vial "Bahía Conduce".** La seguridad Vial es definida como un sistema social (ver Figura 1) donde interactúan, personas, acciones y procesos utilizando medios de transporte motorizados o no. Idealmente este sistema tendría una dinámica libre de conflictos (Haddon, 1968 en Nazif, 2011) pero cuando las elementos del sistema no son mantenidos o los actores no coordinan la misma acción ante el mismo estímulo -por ejemplo frenar ante la luz roja de un semáforo- se producen desajustes que tienen consecuencias materiales y sociales directas (Nazif, 2011). En este sistema se producen interacciones (flechas negras) entre los diferentes grupos sociales que intervienen en el diseño de políticas públicas de seguridad vial, dándose también resultados de la implementación de dichas políticas.

Los fundamentos del programa antes mencionado se sustentan en la sanción de la Ordenanza Nº 14.948 que declara la Emergencia Vial en el Partido de Bahía Blanca y en la necesidad de implementar políticas públicas, instrumentado un programa que se articula sobre tres ejes principales: Salud y Educación Vial, Infraestructura Vial y Control y Sanción de faltas; interrelacionados en forma sistémica. La segunda etapa del programa se inicia con convenios entre la Municipalidad y organismos privados y públicos, como la Universidad Nacional del Sur (UNS).

Figura 1.
Sistema Societal de la Seguridad Vial.



Fuente: Nazif, 2011:12.

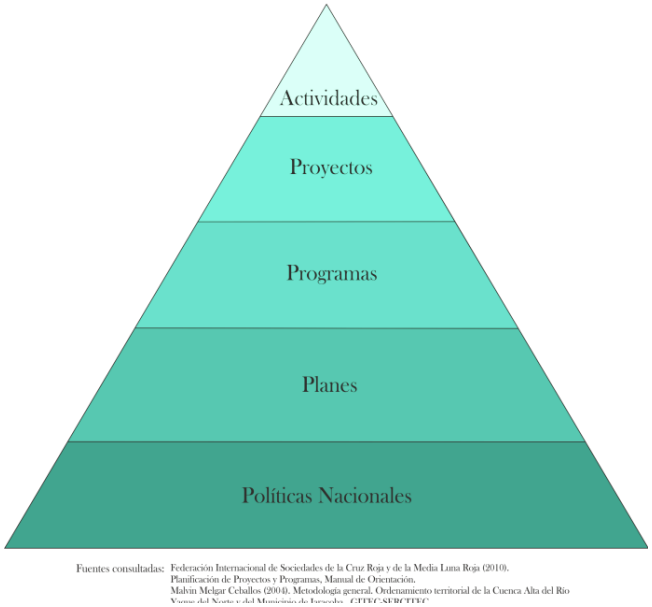
Una **política pública** se define como cursos de acción a información dirigidos a cumplir un objetivo definido dentro de un marco democrático. Involucra al sector público con la participación de la comunidad y el sector privado. Para que sea efectiva debe incluir objetivos, contenidos, instrumentos o mecanismos, definiciones y la previsión de sus resultados (Lahera Parada, 2002). Entre los instrumentos a utilizar respecto a la problemática de los siniestros viales, el Estado y los actores intervinientes pueden priorizar la introducción de nuevas normas y reglamentaciones, la generación de programas de sensibilización y educación de la sociedad, el control de las normas vigentes o la intervención en el espacio con la previsión de mejorar la seguridad y las condiciones de circulación. Elvik destaca que la efectividad de las medidas tendientes a mejorar el Sistema Vial se asocia a la superación de contradicciones entre diseñadores y facilitadores del sistema de seguridad vial frente a los usuarios o actores del mismo. Es necesario este punto de vista sociológico para asegurar el éxito de las políticas públicas para mejorar la seguridad vial (Nazif, 2011). Instalar en la percepción general la idea de problema de seguridad vial a resolver es un paso primordial para que éstos problemas no se continúen en el tiempo (Elvik, 2008).

"Bahía Conduce" plantea la problemática de la seguridad vial en la ciudad y pretende englobar las medidas en un programa con objetivos y metas definidas en el marco del **planeamiento estratégico** con miras a un adecuado ordenamiento territorial[3].

> *"La Planificación Estratégica, (PE), es una herramienta de gestión que permite apoyar la toma de decisiones de las organizaciones en torno al que hacer actual y al camino que deben recorrer en el futuro para adecuarse a los cambios y a las demandas que les impone el entorno y lograr la mayor eficiencia, eficacia y calidad en los bienes y servicios que se proveen.*
> *Desde un punto metodológico, la planificación estratégica consiste en un ejercicio de formulación y establecimiento de objetivos de carácter prioritario, cuya característica principal es el establecimiento de los cursos de acción (estrategias) para alcanzar dichos objetivos. Desde esta perspectiva la PE es una herramienta clave para la toma de decisiones de las instituciones públicas". (CEPAL 2011)*

[3] Se puede definir al *Ordenamiento Territorial* como el proceso de organización del territorio que se articula, complementa y retroalimenta en forma permanente con la planificación estratégica. Esta busca y orienta la transformación, ocupación y utilización de los espacios geográficos buscando su desarrollo socioeconómico integrado, armonioso y equitativo teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio considerado y la armonía con el ambiente. Azpurúa y Gabaldón (1982:173-181) indican que se compone, sintéticamente, de tres elementos; la Ley de Ordenación del Territorio, el Plan Territorial y la Organización Institucional.

Figura 2.
Etapas de la planificación territorial.



Fuente: Elaboración propia con base en fuentes consultadas, Vazano, Barragán y Laucirica.

La **geografía aplicada** puede, en este sentido, generar herramientas, información y recursos humanos para fomentar la planificación estratégica y el consecuente ordenamiento territorial de los espacios urbanos tendiendo a un desarrollo integrado, armonioso y equitativo. Entre estas herramientas se destacan las **Tecnologías de la Información Geográficas** (TIGs) o geotecnologías que han expandido a la geografía y sus principios hacia otras ciencias. Estas herramientas han revitalizado la perspectiva espacial tanto en estudios científicos como al nivel de la gestión municipal y presentan una nueva forma de ver el mundo (Buzai, 2001). Estos SIG permiten a la administración pública un adecuado análisis espacial y generan de información sumamente útil para la toma de decisiones. La correcta espacialización y el análisis de los datos con el SIG facilitan la tarea y brindan sustento y convalidación científica a políticas públicas emprendidas por las administraciones públicas. De esta manera se puede llegar a revertir o corregir aquellos desequilibrios socio-espaciales y brindar mejoras sustantivas en la calidad de vida del conjunto de la ciudadanía. La información generada por el Grupo Interdisciplinario de Estudios de Colisiones Viales (GIECOV) tiene como objetivo mostrar la situación semestral de la problemática junto con estudios adicionales, que sirven de base para la toma de decisiones. Surge del esfuerzo de la unificación de bases de datos del servicio 911, de Defensa Civil y Cuerpo Único de Inspectores Municipales y del Hospital Municipal de Bahía Blanca Dr. Leónidas Lucero (HMALL). Comprende a investigadores de los departamentos de Ingeniería, Ciencias de la Salud y Geografía y Turismo teniendo este último como función la recopilación de datos y la generación de cartografía temática mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Finalidad, objetivos e hipótesis

El presente trabajo tiene como **finalidad contribuir a la mejora de la circulación vial y la calidad de vida en Bahía Blanca**. Posee como **objetivo general evaluar el impacto de políticas públicas**

de seguridad vial llevadas a cabo por la Municipalidad de Bahía Blanca en áreas del Macrocentro local a través de los datos generados por el GIECOV.

Se desarrollará para ello una **base de datos georreferenciada con el objetivo de poder evidenciar el cambio en los números de colisiones en esquinas entre los años 2010 y 2014 como indicador de la efectividad de las intervenciones realizadas**. Como objetivos específicos se pretende cuantificar los cambios en la cantidad de siniestros desde la implementación de nuevos semáforos y los cambios por re-encarpetamiento de calzadas y la combinación de ambas medidas. Esto permitirá comprobar la hipótesis de que **la implementación de las políticas públicas genera una reducción en el número de colisiones dentro de las áreas testigo.**

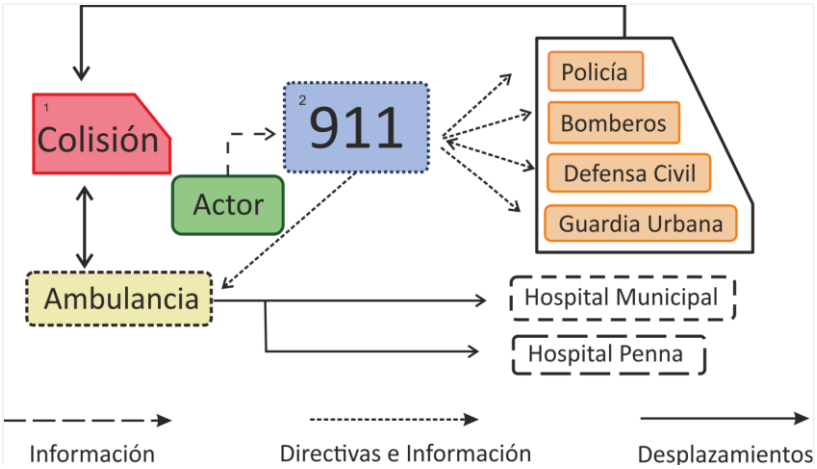
Metodología y materiales

Las dos políticas públicas mencionadas se implementan teniendo como meta la reducción de la variable infraestructura como causa en la ocurrencia de siniestros viales. La primera responde a la necesidad de organizar los flujos en bocacalles mientras que la segunda pretende evitar roturas y deterioros mecánicos, maniobras bruscas y caídas de ciclistas y motociclistas. **Para evaluar esta condición se diseñará una base de datos que se nutrirá de información que el grupo de investigación recoge del sistema de respuesta a emergencias local 911. Este sistema replica y georreferencia la información[4] en forma automática sobre accidentes de tránsito que toman los operadores del "911" quienes reciben llamadas de ciudadanos**. Desde mayo de 2006 las llamadas de emergencias son recibidas por una central telefónica, la cual depende del Estado Provincial y tiene como función recibir datos de sucesos que requieran presencia de policía, bomberos, defensa civil, guardia urbana o ambulancias realizando, a partir del momento en el que es recibida la llamada, las conexiones necesarias para que los incidentes sean resueltos. En el caso de las colisiones (Figura 3) el centro recibe una comunicación desde el lugar del siniestro donde un actor brinda información (1 en la figura 3). Es a partir de entonces cuando el servicio de emergencias (2) ejecuta el protocolo y decide la presencia de las fuerzas públicas, comunicándose con las mismas a fin de que se dirijan al lugar. Si existieren heridos son trasladados en ambulancia a los hospitales públicos y de ser imposible su internación en dicho nosocomio son derivados a centros asistenciales privados de la ciudad[5]. El servicio cuenta con al menos cinco ambulancias operativas y recurre a asistencia privada cuando se ve desbordado por la demanda.

[4] Se toman datos relativos a la ubicación, hora, fecha y vehículos participantes en la colisión. Esta información primaria se complementa con la carga de un formulario llenado por personal de defensa civil y guardia urbana en el lugar del hecho.

[5] Para la atención de los heridos, la ciudad cuenta con hospitales y servicios de emergencias públicos y privados que se encuentran localizados principalmente en el sector centro de la ciudad y en la calle Necochea. El "Hospital Municipal de Agudos Dr. Leónidas Lucero" HMALL y el Hospital Interzonal de Agudos "Dr. José Penna" constituyen los centros de alta complejidad y junto al Hospital Militar son los nosocomios públicos de la ciudad sumando 523 camas, 33 de ellas de terapia intensiva. A éstos se agrega la oferta sanitaria privada totalizando 825 camas, 78 de terapia intensiva.

Figura 3.
Ruta de la información y diagrama de respuesta ante siniestros viales en Bahía Blanca.



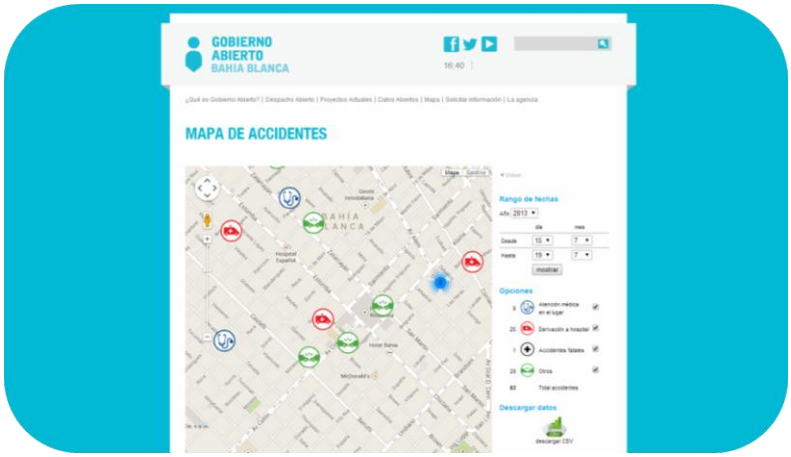
Fuente: Adaptación Proyecto Colisiones Viales en Bahía Blanca

La información acerca de los siniestros viales era de acceso restringido al GIECOV y al área de transporte y Defensa Civil de la Municipalidad de Bahía Blanca. Sin embargo desde principios de 2014 esta información se encuentra abierta al público dentro de la página web del Gobierno Abierto de Bahía Blanca[6] (http://gabierto.bahiablanca.gov.ar/mapa-de-accidentes/). Se destaca que en este registro el ingreso de información se realiza sólo mediante llamadas al 911 por lo que **existe un subregistro respecto a la totalidad de las colisiones generadas en la ciudad, incluyéndose sólo las que precisen, por su gravedad, una llamada al servicio de emergencias** solicitando la presencia de móviles públicos.

Para el presente trabajo el tratamiento de la información dentro de una base de datos espacializada mediante un sistema de información geográfica (ArcGIS 9.3) permitirá validar o rechazar la hipótesis. Estas áreas consisten en **tres zonas** dentro del macrocentro bahiense identificadas como: **Sector Universitario, Sector Oeste y Sector Sur**, detalladas en el apartado Área de Estudio.

[6] Esto responde a y forma parte de un proceso de modernización del Estado que también incluye la visualización a tiempo real de la ubicación de ambulancias, cámaras de seguridad, obras de pavimentación y transporte público de pasajeros.

Figura 4.
Consulta web y descarga de datos sobre siniestros viales de la Municipalidad de Bahía Blanca.



Fuente: Captura de pantalla http://gabierto.bahiablanca.gov.ar/mapa-de-accidentes/

Figura 5.
Estructura de la base de datos y fuentes de las capas de información utilizadas.

Trabajo_Jornadas.gdb Colision_xAno_xCuatrim Primer_c_2010 Primer_c_2011 Primer_c_2012 Primer_c_2013 Primer_c_2014 Segundo_c_2010 Segundo_c_2011 Segundo_c_2012 Segundo_c_2013 Tercer_c_2010 Tercer_c_2011 Tercer_c_2012 Tercer_c_2013	**Geodatabase** Registro de colisiones agrupadas por cuatrimestre De cada clase de entidad se obtendrá la localización geográfica de las colisiones. **Fuente: Datos servicio de emergencias 911**	
Colisiones XY2010 XY2011 XY2012 XY2013	**Registro** de colisiones totales anualizadas. Clases de entidad que contienen las colisiones que se produjeron se extraerán los datos necesarios para las colisiones cuatrimestrales. **Fuente: Datos servicio de emergencias 911.**	
Colisiones_zonas_testigo Colision_Esquina	**Centroide** de las esquinas que contiene datos pormenorizados del área analizada. **Atributos que contiene**: Semáforo, Num_Colisiones, S1_2013, S2_2013, Total, Var_2013, 1c_2010, 1c_2011, 1c_2012, 1c_2013, Prom_1c, 1c_2014, 2c_2010, 3c_2010, 2c_2011, 3c_2011, 2c_2012, 3c_2012, 2c_2013, 3c_2013, Dif_1er_Cuat, Tipo_Intersec. **Fuente: Datos servicio de emergencias 911.**	
Infraestructura Areas_Testigo Calles Catastro Catastro_Area Centros_Salud Delegaciones Educacion Espacios_Verdes Parques_Lineales Rotondas Rutas_accesos Semaforos	**Capas temáticas base.**	
	Áreas_Testigo	Nombre, superficie
	Infraestructura accesoria.	
	Semáforos	Ubicación, Año de colocación.
	Fuente: Municipalidad de Bahía Blanca / Openstreetmap.org	

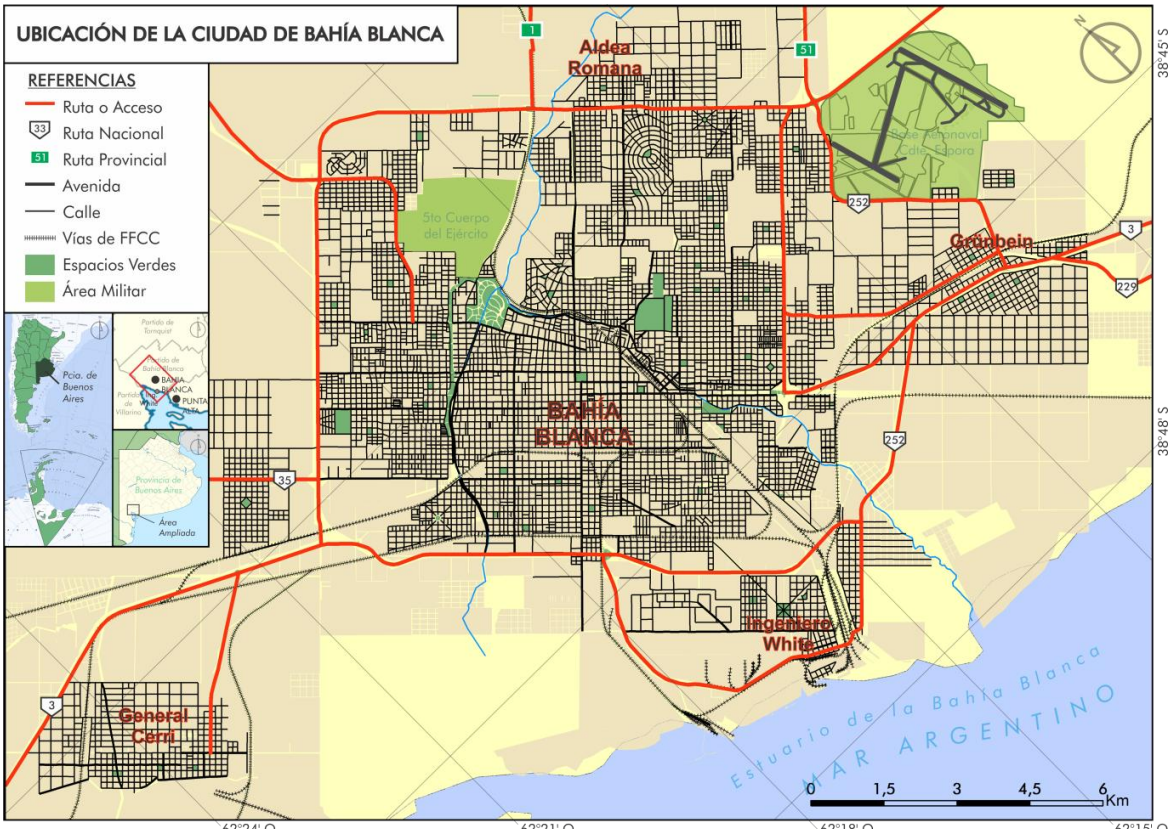
Fuente: Elaboración propia, Vazano, Barragán y Laucirica.

La selección de variables, recopilación, tratamiento y síntesis de la información procedente de las instituciones mencionadas con anterioridad requiere de la instrumentación de metodologías y sistemas que garanticen precisión y coherencia, en particular cuando hablamos de datos geográficos; es decir, datos que se refieren a una localización especifica en la superficie terrestre a partir de un sistema de coordenadas. El Sistema de información geográfica (SIG) con su capacidad para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y presentar datos espacialmente referenciados (Jiménez, 2007), se transforma en una herramienta fundamental para la estructuración y combinación de información gráfica en forma de mapas (información espacial) y atributos asociados (información no espacial) que se ve involucrada.

El área de estudio

Bahía Blanca se encuentra ubicada al suroeste de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. En sus aspectos geográficos se caracteriza por estar inscripta en una zona climática correspondiente a los climas templados de transición, entre el húmedo pampeano y el semiárido patagónico con una precipitación media de unos 600 mm y una temperatura media anual media de 15° C. Constituye el límite meridional de la llanura pampeana Argentina (Campo, 2004). En cuanto a los valores poblacionales cuenta con un número de **301.531 habitantes** (Censo, 2010) lo cual la inscribe en el rango de ciudad media -400.000 habitantes- (Quiroga *et al.*, 2011).

Figura 6.
Ciudad de Bahía Blanca.



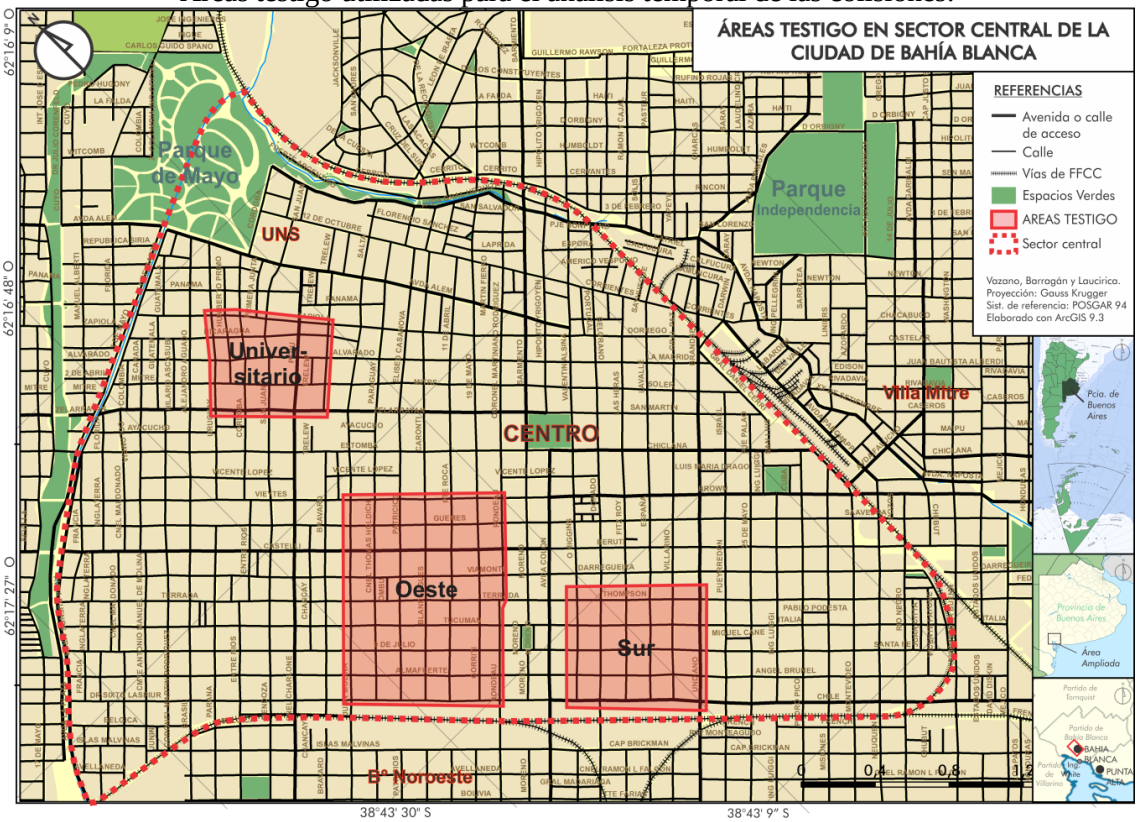
Fuente: Elaboración propia con base en fuentes consultadas, Vazano, Barragán y Laucirica.

Vazano, Pablo A.; Barragán, Federico G. y Laucirica, Julieta S. 2014. Impacto de las políticas públicas en el ordenamiento del tránsito en áreas testigo de la ciudad de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 27. pp. 340-359. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Desde el punto de vista morfológico se trata de una **ciudad pampeana con un amanzanamiento en damero y ausencia de diagonales y avenidas en su área central** (figura 6) que cuenta con una alta densidad de ocupación y variedad de actividades. Posee una considerable extensión horizontal, la cual se realizó de manera regular y sistemática hasta encontrarse con las barreras representadas por las vías del ferrocarril y los arroyos Napostá y Maldonado superadas por pasos a nivel y puentes respectivamente (Bróndolo *et al*,1993). Estos puntos de cruce de barreras constituyen 33 puertas de acceso de la periferia al área central de la ciudad donde existe concentración de flujos de tránsito. El trazado de calles se adaptó al ferrocarril y los cursos de agua por lo que el plano en damero se vio ligeramente alterado. Sin embargo se puede apreciar, en la actualidad, una dominancia de la traza cuadricular del sistema vial de Bahía Blanca compuesto por rutas, accesos, avenidas y calles.
Para el presente trabajo se tomó en cuenta la individualización de **tres áreas testigo** (figura 7) **que poseen en su interior presencia de nuevos semáforos y arterias repavimentadas.** La delimitación de las mismas tomó en cuenta que dentro de éstas se hallen intersecciones en las que se den las siguientes combinaciones:

1. **Presencia de nuevos semáforos y reencarpetamiento de calzada;**
2. **Nuevos semáforos y ausencia de reencarpetamiento de calzada;**
3. **Ausencia de nuevos semáforos y presencia de reencarpetamiento de calzada y;**
4. **Ausencia de nuevos semáforos y ausencia de reencarpetamiento de calzada.**

Figura 7.
Áreas testigo utilizadas para el análisis temporal de las colisiones.



Fuente: Elaboración propia con base en fuentes consultadas, Vazano, Barragán y Laucirica.

Las áreas testigo, caracterizadas en la tabla I, muestran sectores urbanos de dinámico crecimiento y densificación con especificidades que las distinguen del microcentro bahiense donde las colisiones pueden deberse a la densidad de los flujos dentro de sus arterias.

Tabla I.

Detalle de las áreas testigo elegidas para el control multitemporal de siniestros viales.

ÁREA	LÍMITES (Superficie)	CARACTERÍSTICAS
UNIVER-SITARIO	Uruguay, Zelarrayán, Zapiola y Santiago del Estero (30has)	- Zona de estudiantes, presencia de motos, bicicletas y peatones - Damero irregular (calles cortadas e intersecciones en ángulo distinto a 90°) - Polos de atracción a escala local: UNS, Parque de Mayo, Hipermercado - Ejes Perú-San Juan conexión directa entre el SO de la ciudad y UNS y Parque de Mayo.
	Esquinas (con semáforos)	
	33 (12)	
OESTE	**Límites (superficie)**	- Dos sub-áreas, al sur sector de corralones, comercios y depósitos con tránsito pesado y altas velocidades. Al Norte residencial-educativo. - Intersecciones Rondeau-Sixto Laspiur, Juan Molina-Sixto Laspiur puertas al sector SO de la ciudad. - Presencia de Institutos terciarios y escuelas. - Presencia de Hospitales (2), comisaría y cuartel de bomberos. - Calles de acceso y egreso del área central: Juan Molina, Rondeau y Vieytes
	Rondeau, Sixto Laspiur, Juan Molina y Vieytes (88has)	
	Esquinas (con semáforos)	
	56 (23)	
SUR	**Límites (superficie)**	- Semaforización casi total - Intersecciones Chile-Donado, Chile-Undiano puertas al sector Sur de la ciudad. - Presencia de Estadios, corte de calles, congestión de estacionamiento. - Calles de acceso y egreso del área central: Donado, Undiano. - Calle Chile con desarrollo de mayores velocidades.
	Thompson, Chile, O´higgins, Undiano (36has)	
	Esquinas (con semáforos)	
	30 (23)	

Fuente: Elaboración Propia Vazano, Barragán y Laucirica.

Resultados y discusión

Las colisiones viales en Bahía Blanca

Factores económicos y socio-espaciales en el área de estudio dieron como resultado el **aumento del patentamiento de vehículos y motovehículos, tanto en números absolutos como en relativos** (Silberman, 2012). La extensión horizontal de la ciudad se vio potenciada por nuevas urbanizaciones en la periferia producto de la dinámica económica argentina luego de la crisis financiera de los años 2001 y 2002. La necesidad de desplazarse junto con las condiciones económicas favorables post-crisis causó la adquisición de un número creciente de autos y motos. Conjuntamente a partir del año 2008 el sistema de transporte público urbano es reestructurado aumentándose el precio del boleto al tiempo que se reducían las frecuencias de los buses (Pizarro *et al.*, 2011).

Como resultado de estos factores, el parque automotor bahiense aumenta de 110.456 vehículos en el año 2000 a 151.893 en el 2011 registrándose los mayores incrementos a partir del año 2006 a esto se le suman 21.777 nuevos motovehículos desde el inicio del año 2008 hasta 2011 según datos

aportados por la DNRPA[7]. **Entre 2011 y 2013 el parque automotor continúa su aumento hasta alcanzar un estimado de 168.000 vehículos** (Según datos de CREEBBA[8]) dando una tasa de motorización **557 vehículos cada 1000 habitantes**, un 113% superior al promedio nacional de 250 automóviles y con valores comparables con países como Alemania, Canadá, Finlandia y Suiza (entre 510 y 587 automóviles cada 1000 habitantes) (C3T-UTN, 2011).

Tal crecimiento no es acompañado por la ampliación de calzadas por lo que el flujo de tránsito se hace más denso, sobre todo en el área central, aumentando el riesgo de siniestros viales. **Este fenómeno es común a otras ciudades medias argentinas, como Resistencia, en la Provincia de Chaco (Foschiatti *et al*, 2002). Esto es una condición de riesgo sobre todo para motociclistas, ciclistas y peatones[9], grupos más vulnerables a heridas graves producidas en colisiones viales**.
El registro de las colisiones reportadas a la central 911 para el año 2013 arroja un total de **3642 colisiones**, un 10% superior a los registros de 2012. Resultado de ellas se produjeron **23 decesos**, lo que representa una tasa de mortalidad de 7,42 cada 100.000 habitantes. De los 23 decesos, 21 correspondieron a hombres. Producto de los siniestros registrados **fueron hospitalizadas 1604 personas, principalmente motociclistas (65%)**. Respecto a la diferenciación por sexo 64% de los hospitalizados fueron hombres y la franja etaria más representada correspondió al segmento 15 a 24 años seguido de la franja de 25 a los 34 años.

Los días de la semana con más siniestros registrados en 2013 fueron viernes y sábado, aunque con diferencias menores respecto a los demás días. Respecto a la hora del día la distribución de las colisiones es trimodal, ocurriendo principalmente entre las 7:00 y las 9:00, las 12:00 y las 14:00 y las 17:00 y las 20:00hs. Todos estos datos fueron generados por el GIECOV.

Las colisiones en las áreas testigo en relación con la implementación de políticas públicas

Se generó el análisis de la información tabulada y georreferenciada a la cual se le dio como salida gráficos, tablas y documentos cartográficos. La figura 8 muestra la **alta variabilidad del promedio de colisiones viales** que requirieron presencia de fuerza o asistencia pública en los sectores considerados. Los valores, organizados por cuatrimestre desde el 01/01/2010 al 30/04/2014 arrojan un **promedio general de 0,52 siniestros** por esquina por cuatrimestre y un desvío estándar de 0,17.
Esta variabilidad incluye períodos de bajos valores, coincidentes con los primeros meses de los años considerados, y valores mayores, correspondientes a los segundos cuatrimestres del período especificado. La **tendencia por sector es decreciente en el área testigo del B° Universitario, creciente en Macrocentro Sur y estable en Macrocentro Oeste**. De las tres áreas testigo el sector Oeste es el que posee valores promedio superiores a las zonas restantes seguida de la zona Sur que posee mayor cantidad de esquinas con semáforos. El mapa temático de la figura 9 muestra que **esta variabilidad temporal tiene su correlato en el espacio**. Se identifican, dentro de las zonas, arterias con mayores valores de accidentes resultado, posiblemente, del mayor volumen de tránsito que por ellas circulan independientemente de la presencia de semáforos en las esquinas. Se destacan las arterias Juan Molina, Rondeau y Vieytes en el área Oeste, Zapiola en Universitario y Ángel

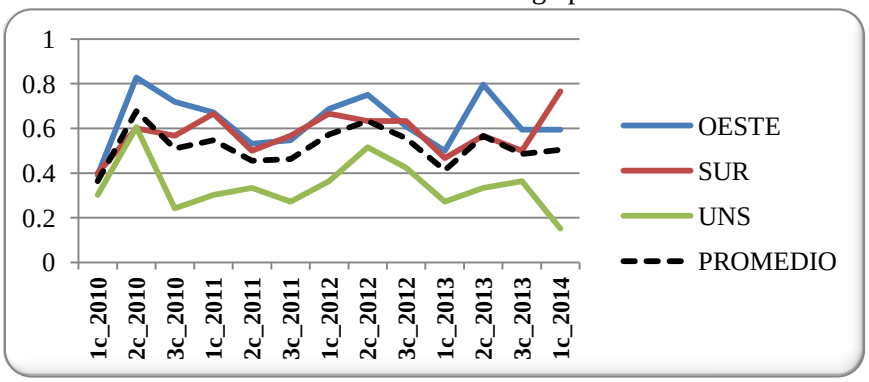
[7] Dirección Nacional de los Registros Nacionales de la Propiedad Automotor y de Créditos Prendarios. http://www.dnrpa.gov.ar

[8] Fuente: http://www.creebba.org.ar/main/index.php?op=bbcacifras&cual=dimension Centro Regional de Estudios Económicos de Bahía Blanca Argentina.

[9] El Centro de Experimentación y Seguridad Vial (CESVI) recopiló información de aseguradoras argentinas las cuales indicaron que del total de heridos graves 36% eran motociclistas y 20% peatones. La población más afectada por las colisiones viales en Argentina corresponde a los segmentos etarios entre 18 y 30 años (35,2%) y entre 31 y 50 (33,7%), lo que implica mayores riesgos para la población económicamente activa y en edad reproductiva.

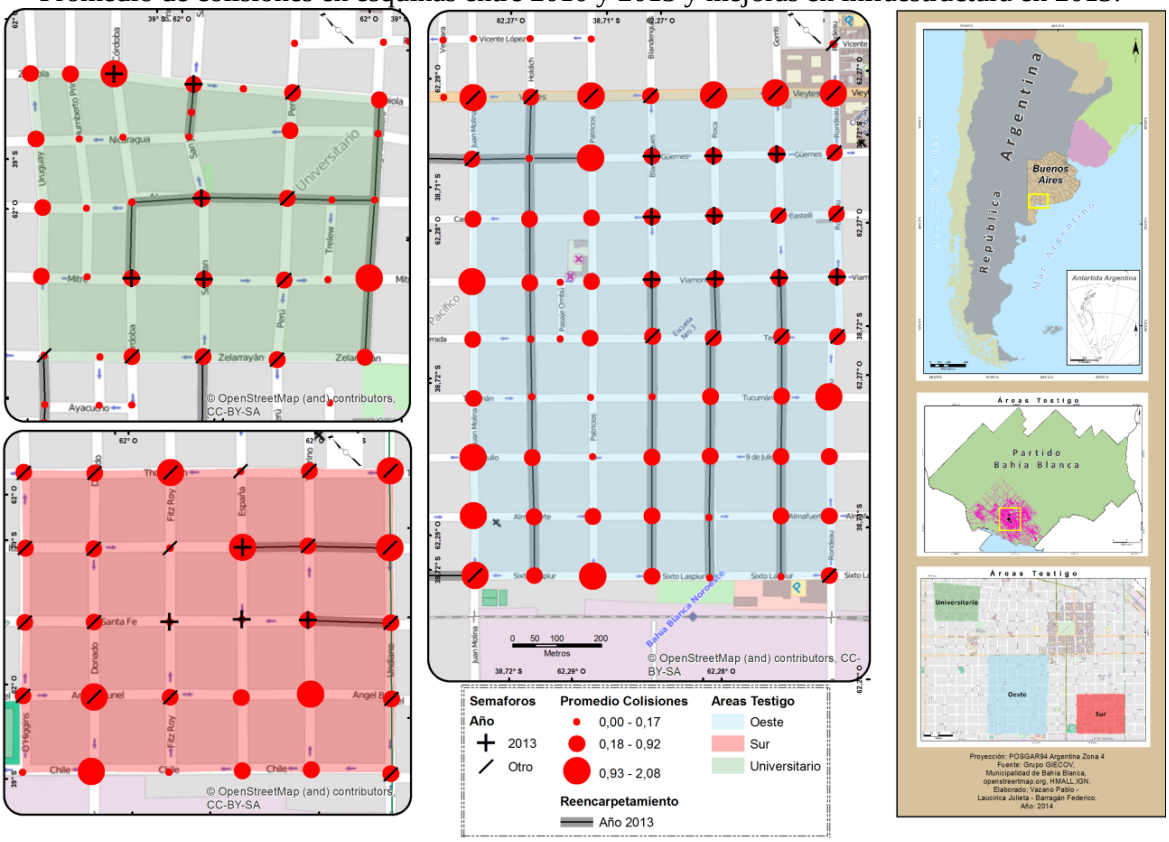
Brunel y Undiano en la zona Sur. Otro resultado que pudo apreciarse mediante la cartografía es que se decidió la instalación de semáforos en esquinas con un promedio de colisiones menor al general.

Figura 8.
Promedio de colisiones en áreas testigo por cuatrimestre.



Fuente: Elaboración propia, Vazano, Barragán y Laucirica.

Figura 9.
Promedio de colisiones en esquinas entre 2010 y 2013 y mejoras en infraestructura en 2013.



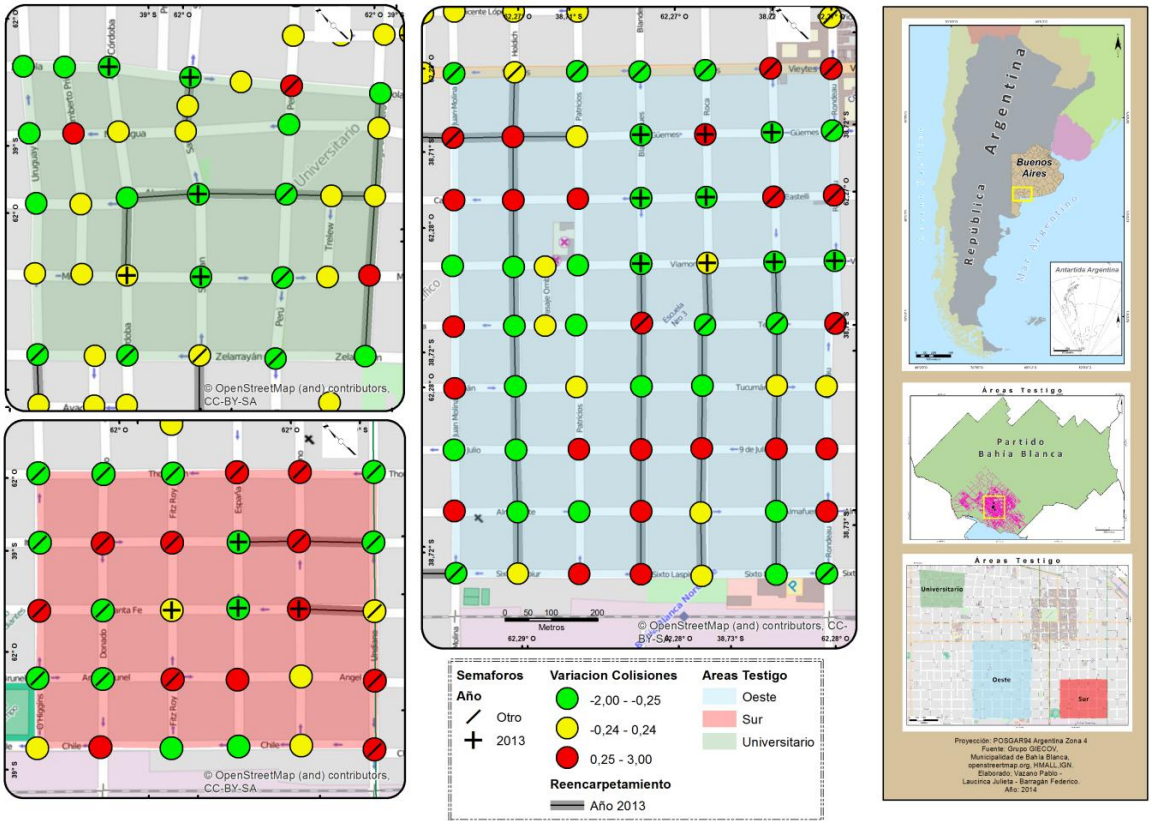
Fuente: Elaboración propia con base en fuentes consultadas, Vazano, Barragán y Laucirica.

La figura 10 muestra la evolución temporal de las colisiones ocurridas durante el primer cuatrimestre de 2014 contrastada con el promedio de los primeros cuatrimestres de los años 2010 a

2013. Se indican valores negativos (en color verde) si la cantidad de accidentes en 2014 es menor a la registrada en años precedentes, valores nulos indicando estabilidad (en color amarillo), y positivos indicando un aumento en la cantidad de siniestros (en color rojo). De esta manera **es posible comparar la situación antes y después de la repavimentación de calzadas y la instalación de semáforos en las esquinas de barrios y macrocentro bahiense**.

Se verifica nuevamente una **alta variabilidad espacial en los valores** no siendo posible establecer una regionalización dentro de los sectores considerados. Si se pueden individualizar mejoras en la seguridad vial de arterias del área de estudio enumeradas en la Tabla II. Para identificar el éxito o el fracaso en la implementación de las mejoras (nuevos semáforos y pavimento) se puede considerar tomar el promedio del conjunto de intersecciones con ambas mejoras, con una de ellas y considerar también las esquinas sin mejoras para descartar tendencias generales en el tránsito bahiense. La figura 11 muestra que durante los primeros cuatrimestres de los años considerados tanto las intersecciones repavimentadas como aquellas sin intervenciones poseen una tendencia estacional con un aumento del 14% mientras que de las dos restantes la tendencia es a la reducción del número de siniestros. Para el caso de los semáforos la reducción es marcada desde el año 2013 mientras que para las esquinas que tuvieron ambas mejoras se generó un repunte en el número de colisiones durante 2014 similar a las esquinas con pavimento como única mejora y aquellas sin intervenciones.

Figura 10.
Promedio de colisiones en esquinas con mejoras en infraestructura durante el año 2013.



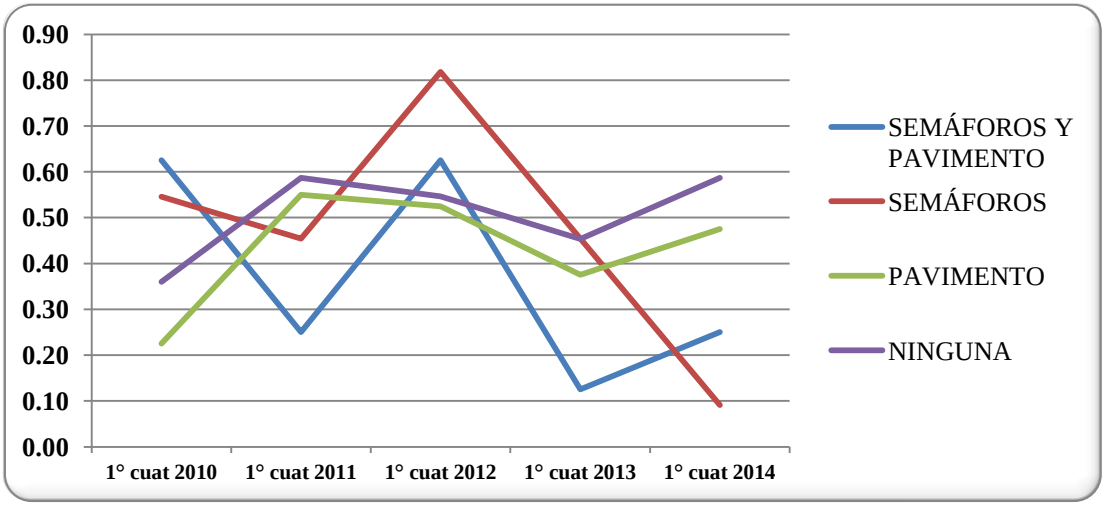
Fuente: Elaboración propia con base en fuentes consultadas, Vazano, Barragán y Laucirica

Tabla II.
Cambios en la seguridad vial de las áreas testigo estudiadas.

Área Testigo	Mejoras en la seguridad vial	Empeoramiento en la seguridad vial
UNS	Zapiola, Alvarado, Perú, San Juan y Córdoba	---
OESTE	Viamonte, Holdich (e/ Viamonte y Almafuerte), Blandengues (e/ Vieytes y Terrada)	Blandengues (e/ Terrada y Sixto Laspiur), 9 de Julio (e/ Patricios y Rondeau), Rondeau.
SUR	---	Villarino, Angel Brunel (e/ Fitz Roy y Undiano)

Fuente: Elaboración propia, Vazano, Barragán y Laucirica.

Figura 11.
Promedio de colisiones en esquinas con mejoras en infraestructura durante el año 2013.



Fuente: Elaboración propia, Vazano, Barragán y Laucirica.

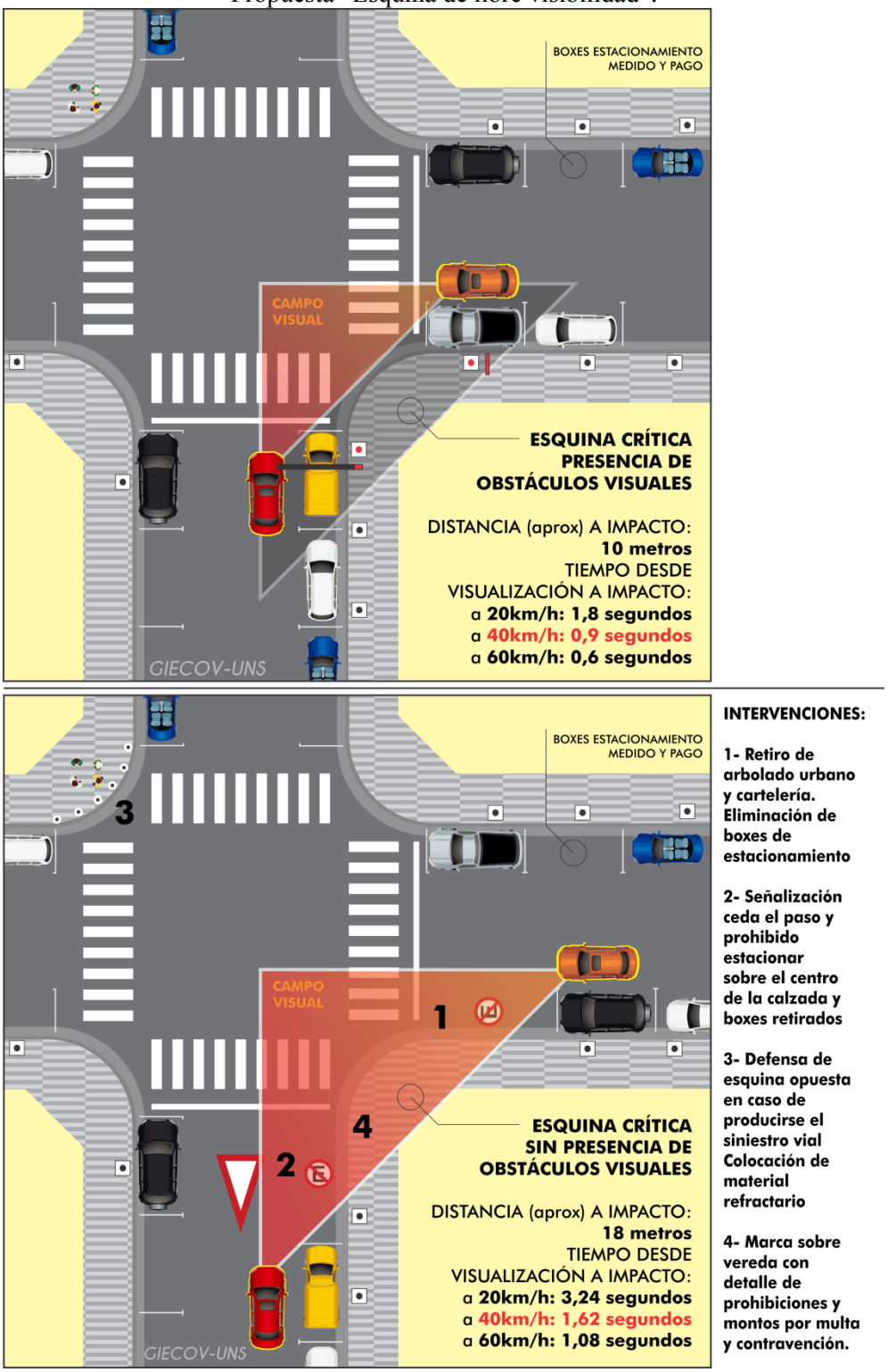
Tanto la cartografía como los datos trabajados de la base de datos del GIECOV muestran una **importante variabilidad temporal y espacial. Resulta difícil establecer tendencias y generar escenarios claros dentro de las zonas consideradas**.

Si se evalúa cuantitativamente el aumento o reducción en el número de accidentes se puede apreciar que **la introducción de semáforos es la medida más efectiva, marcando una reducción de 0,8 a 0,09 colisiones graves[10] por cuatrimestre y por esquina.** Esto representa una disminución del 88,9% para el espacio y período considerado. **La presencia de calzadas repavimentadas no tendría influencia en la modificación de la cantidad de siniestros en las esquinas de las áreas testigo estudiadas ya que mantiene valores en alza similares a aquellas sin intervención**.

Es dable reiterar que parte de los nuevos semáforos se instalaron en esquinas con una baja cantidad de accidentes graves mientras que otras arterias con mayores valores y esquinas sin semaforizar no fueron intervenidas. Esto último parecería evidenciar que la cantidad de accidentes de gravedad no es un criterio a considerar para la instalación de nuevos semáforos. Si se tiene en cuenta que la opinión pública destaca la instalación de los mismos como una medida de mitigación se aconseja una consulta a la base de datos previa instalación de nuevos artefactos para destinarlos a las intersecciones con mayores promedios de siniestros graves.

[10] Se consideran graves no por las lesiones o posibles decesos generados sino porque requieren presencia de ambulancias y otros servicios de emergencia y motivan un llamado a la central 911.

Figura 12.
Propuesta "Esquina de libre visibilidad".



Fuente: Elaboración propia, Vazano, Barragán y Laucirica.

Sin embargo desde el grupo de investigación se recomienda la implementación de intervenciones públicas en el espacio sin necesidad de destinar mayores partidas del presupuesto municipal. Se pueden lograr mejoras haciendo cumplir la legislación vigente efectuando **controles estacionarios y móviles de velocidad, alcoholemia y documentación**. De la misma manera se puede aumentar la seguridad vial minimizando el riesgo ambiental de potenciar o provocar un error humano (causa del 80% de los siniestros viales) (Lautrédou, 2010:8). Por ejemplo se pueden mejorar notablemente las **condiciones de visibilidad en bocacalles** aumentando el tiempo de reacción ante un inminente impacto (figura 12) o **reducir velocidades máximas a 30 o 20km/h en áreas densamente pobladas y en cercanías de centros educativos o sanitarios.** Con el objetivo de disminuir la velocidad en bocacalles se recomienda también el diseño de rotondas y mini-rotondas. Al respecto Nazif comenta que esta medida redujo en un 30 y 40% la cantidad de siniestros dentro de la Comunidad Europea. En Brasil, una medida similar tuve mayores reducciones.

> *"De acuerdo a un análisis realizado por Bernabé y Borges de Paula, este tipo de medida tuvo una efectividad de reducción de la mortalidad de peatones en las áreas donde éstas se instalaron de un 80% para un período de medición de 2 años" (Nazif, 2011:32)*

Conclusiones

Como conclusiones de la investigación **se puede, con ayuda de la base de datos y documentos cartográficos, comprobar en parte la hipótesis planteada, ya que sólo la implementación de semáforos (sin combinación de nuevo pavimento) genera una reducción del 88,9% (en promedio) de siniestros graves en las intersecciones de la ciudad para los sectores y períodos temporales considerados.** La repavimentación tiene, en promedio, una tendencia a aumentar el número de colisiones graves tanto por sí sola como si se la combina con la instalación de semáforos. Los resultados del análisis indican en las áreas testigo elegidas situaciones disímiles de evolución de la cantidad de siniestros: una reducción en 2014 en el sector universitario, un aumento en el sector Sur y estabilidad en el área Oeste.

Como puntos adicionales es obligatorio destacar la alta variabilidad en los datos analizados. Esto indica la **necesidad de contar con series de datos más extensas por lo que se recomienda la continuación de la línea de investigación**, sobre todo si se tiene en cuenta que continúan las obras de repavimentación en amplios sectores de la ciudad. Sumado a esto último al momento de generado este trabajo de investigación se implementaron nuevas políticas de ordenamiento de tránsito. La Municipalidad de Bahía Blanca puso en marcha una serie de medidas para ordenar el tránsito en el sector central: aumento del área de estacionamiento medido y pago y eliminación de boxes en arterias, por lo que se espera se generen cambios que alteren la dinámica y flujos de tránsito esperando también cambios en la ocurrencia y distribución de siniestros viales.

El seguimiento de la cantidad de colisiones y el análisis multi-temporal de las mismas debe indefectiblemente ser acompañada de mediciones de flujos de tránsito. Estas mediciones pueden ser tanto directas, con la presencia de individuos contabilizando los automóviles, o indirectas, aprovechando la instalación de cámaras de seguridad del sistema SIPREVI en numerosas esquinas de la ciudad de Bahía Blanca. Medir los flujos de tránsito permitiría relacionar la mayor ocurrencia de siniestros con mayores flujos vehiculares.

Asimismo **es necesario enriquecer el análisis de la problemática de la seguridad vial con estudios sobre error humano. La bibliografía consultada coincide en que constituye la principal causa de accidentes entre el 80 y el 90%.** Distracciones, tiempos de reacción reducidos

y particularidades del tránsito en distintos ámbitos geográficos obligan a la minimización de factores externos al conductor y al peatón que puedan potenciar errores humanos que desencadenen desajustes al sistema societal vial.

Se recomienda para futuras intervenciones y gastos en infraestructura (semáforos) la consulta previa a la base de datos sobre accidentes de tránsito y la notificación al grupo de investigación GIECOV para que respalde o desestime la intervención urbana. Esto involucraría la utilización de geotecnologías en la toma de decisiones. La recomendación se propone a la vista de que un porcentaje de los nuevos artefactos fueron instalados en esquinas consideradas no conflictivas. La planificación estratégica, en este sentido, debe realizarse en base a información de calidad que sustente la toma de decisiones sobre el espacio. La geografía como ciencia espacial se encuentra con la obligación de brindar a la administración pública las herramientas necesarias para cualquier medida que redunde en la mejora en la calidad de vida. Al mismo tiempo la disciplina debe proponer soluciones a problemáticas espaciales que involucren un sistema social y el medio en el que se desarrolla.

Las medidas a tomar para mejorar la seguridad vial, minimizando el riesgo de sufrir siniestros viales, desde el municipio, ya sea antes de que se produzca el hecho -en las tareas de prevención y concientización de la población-, durante el mismo -en la mejora del estado de la infraestructura vial- y luego de ocurrido -en la respuesta ante emergencias- pueden ser mucho más efectivas si son focalizadas y ubicadas espacialmente mediante herramientas que provengan de la geografía aplicada, auxiliada por geotecnologías. **La optimización de los recursos del Estado y de los tiempos de respuesta resulta fundamental en la mejora de la seguridad vial y pone al servicio de la calidad de vida de los habitantes de Bahía Blanca las políticas públicas generadas por parte del Estado local y provincial con el apoyo de la Universidad Pública.**

Bibliografía

ALFARO ÁLVAREZ, Carlos y DÍAZ COLLER, Carlos. "los accidentes de tránsito: creciente problema en la salúd pública". *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*. Washington, 1977. pp 310-318.

BRÓNDOLO, Margarita. *et al*. *Geografía de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Encestando, 1993.

BUZAI, Gustavo. "Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y CiberGeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión", *GeoFocus (Artículos)*, nº 1. Luján: Universidad Nacional de Luján, 2001. pp 24-48

BUZAI, Gustavo y BAXENDALE, Claudia. *Análisis socio-espacial con sistemas de información geográfica*. Buenos Aires: Lugar, 2006.

C3T UTN - Estudio sobre tasa de motorización. Relaciones y determinantes. [En línea] Buenos Aires, C3T-UTN, 2011 http://www.utn.edu.ar/secretarias/extension/c3t_apostillas.utn [24 de Febrero de 2014]

CAMPO, Alicia. *et al*. El clima del Sudoeste Bonaerense" Bahía Blanca: Ediuns, 2004.

Vazano, Pablo A.; Barragán, Federico G. y Laucirica, Julieta S. 2014. Impacto de las políticas públicas en el ordenamiento del tránsito en áreas testigo de la ciudad de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 27. pp. 340-359. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

CESVI ARGENTINA. *Prensa* [En línea] Buenos Aires: CESVI, 2011 http://www.cesvi.com.ar/Home/Prensa/accidentes.htm [21 de Junio de 2013]

DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS E INFORMACIÓN DE LA SALUD. *Estadísticas* [En línea] Buenos Aires, 2012. http://www.deis.gov.ar [24 de marzo de 2014]

FOSCHIATTI, Ana María *et al*. "Contribución de los SIG para la determinación de áreas vulnerables a sufrir accidentes en la ciudad de Resistencia (Chaco-Argentina)" *Serie Geográfica. Tecnologías geográficas para el desarrollo: Experiencias de aplicación en América Latina*. N°10, año 2002-2003. Alcalá de Henares: Alcalá, 2002. pp 131-142

LAHERA PARADA, Eugenio. *Introducción a las políticas públicas*. Santiago: Fondo de Cultura Económica, 2002.

LAUTRÉDOU, Gerard. *Guía práctica de la seguridad vial. Una guía para las Sociedades Nacionales de la Cruz Roja y la Media Luna Roja.* Ginebra: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2010.

LOIMER, Hermann. y GUAMIERI, Michael. "accidents and acts of god: a history of the terms" *American Journey of Public Health.* Vol. 86 N°1. Washington: Sheridan, 1996. pp 101-107

MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL, INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS. *Plan Nacional de Seguridad Vial 2006-2009* [En Línea] Bahía Blanca, Municipalidad de Bahía Blanca, 2006. http://www.bahiablanca.gov.ar/conduce/plan_nacional_seguridad_vial.pdf [11 de Junio de 2010]

MUNICIPALIDAD DE BAHÍA BLANCA *BAHÍA CONDUCE: Plan Municipal de Seguridad Vial* [En línea] Bahía Blanca, Municipalidad de Bahía Blanca, 2008. http://www.bahiablanca.gov.ar/conduce/Bahia_Conduce_II.pdf [11 de Junio de 2010]

NAZIF, José Ignacio. *Guía práctica para el diseño e implementación de políticas de seguridad vial integrales, considerando el rol de la infraestructura*. Santiago: Naciones Unidas – CEPAL, 2011.

PIZARRO, Nora, BARRAGÁN, Federico *et al*. "Utilización de SIG en el estudio y monitoreo de las colisiones viales. Estudio de caso: Motos (Bahía Blanca, Argentina)" En: OLMOS CRUZ, Agustín (Comp.) *La salud ante los cambios globales. Actas del III Congreso Internacional de Geografía de la Salud*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, 2011. pp V68-V87

REY, Celmira Esther. *Las condiciones ambientales de la vida urbana. El tránsito como generador de riesgo de accidentes en la ciudad de Resistencia*. Tesis. Maestría en Gestión Ambiental y Ecología UNNE. Resistencia: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 1999

RUIZ, María Dolores y VÁZQUEZ, Anibal. "Incorporación de la gestión de velocidad y la seguridad vial en la evaluación económica de proyectos" En: Actas de Congreso II Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial. Buenos Aires, Octubre de 2010.

SILBERMAN, Pedro. *Análisis descriptivo de las colisiones viales en bahía blanca en el período 2006-2010*. Revista de la Asociación Médica vol.22 n°2. Bahía Blanca: Asociación Médica BB. 2012. p44 - 50

Vazano, Pablo A.; Barragán, Federico G. y Laucirica, Julieta S. 2014. Impacto de las políticas públicas en el ordenamiento del tránsito en áreas testigo de la ciudad de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del Sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 27. pp. 340-359. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

SILBERMAN, Pedro, BURGOS, Lucrecia, *et al*. *Colisiones viales en motocicleta en la Ciudad de Bahía Blanca, 2009-2010*. Revista Argentina de Salud Pública. vol.3 n°13. Buenos Aires: Ministerio de Salud de la Nación. 2012. p24 - 29.

Agradecimientos

Al Grupo Interdisciplinarios de Estudios de las Colisiones Viales y a sus actuales y pasados integrantes.



SECCIÓN 7.
PROCESOS FÍSICO-AMBIENTALES

Aliaga, Vanina S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M. Cintia; Bohn, Vanesa Y. y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 28. pp. 361-371. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras

Vanina S. Aliaga [1,2,4,5]
Federico Ferrelli [1,2,4,5]
María C. Piccolo [1,2,4,5]
Vanesa Y. Bohn [2,3,4,5]
Gerardo M.E. Perillo [1,3,4,5]

Resumen

Utilizando técnicas de información geográfica se estudió la evolución espacial y temporal de dos cuerpos de agua: Paso de las Piedras (Buenos Aires) y La Picasa (Santa Fe) localizados en la región pampeana. El período de estudio fue 1981-2012. Se utilizaron datos del modelo Reanalysis (NCEP/NCAR), datos *in situ* correspondientes al Servicio Meteorológico Nacional e información satelital (LANDSAT 5, 7 y 8). La ocurrencia de eventos extremos de precipitación se analizó según los métodos de Quintiles y de la Normal. Con ellos se determinaron años húmedos, secos y normales. En Paso de las Piedras en el año muy lluvioso (2005) el área lagunar fue 1,1 km^2 más que el año normal (2002), mientras que en la laguna La Picasa el incremento del área en un año húmedo (2002) fue de 174,9 km^2 mayor con respecto a un período normal (2008). Este aumento diferenciado del espejo de agua muestra la gran variabilidad en la precipitación en la región. El análisis espacial de los espejos de agua mediante imágenes satelitales permitió estudiar el efecto de la variabilidad climática. La correlación de ambas fuentes de información mostró que los datos del Reanalysis no presentan una relación lineal con los registrados en el terreno.

Palabras clave: Reanalysis (NCEP/NCAR), Región Pampeana, lagunas, imágenes satelitales.

Abstract

The spatial and temporal evolution of two shallow lakes (Paso de las Piedras and La Picasa) distributed along a Pampas region was studied. The study period was 1981-2012. Reanalysis model (NCEP/NCAR) and *in situ* meteorological data were used. Furthermore, satellite images were processed to calculate the area of each lake (LANDSAT 5, 7 and 8). The occurrence of extreme events was studied by the Quintiles and Normal methods. Regression analysis was used to compare Reanalysis data and *in situ*. The results showed significant temporal and spatial differences. Paso de las Piedras lake area presented an increase of l.1 km^2 in a very wet year (2005) compared with a normal one (2002). Meanwhile the Picasa Lake presented an increase of 174.9 km^2. This difference shows the magnitude of the precipitation variability of the study region.

Key words: Reanalysis (NCEP/NCAR), Pampean Region, shalow lakes, satellite imagery.

[1] Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET)
[2]Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca
[3] Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca
[4]Proyecto redes CONICET Pampa
[5] IAI Proyecto SAFER
valiaga@iado-conicet.gob.ar

Aliaga, Vanina S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M. Cintia; Bohn, Vanesa Y. y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 28. pp. 361-371. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

El clima es un factor clave para determinar las características y distribución de los sistemas naturales. La precipitación y su variabilidad en todas las escalas de tiempo determina ciclos estacionales como así también variaciones interanuales (Rosenzweig, 2007). El efecto diferencial de cambios en el clima puede observarse en las tendencias a escala global en relación a las variaciones en las profundidades de los lagos. Las lagunas son integradores de cambios medioambientales que suceden en el paisaje terrestre. Además de proveer agua potable, recreación y ser utilizados en industria, las aguas continentales suministran además servicios ecosistémicos (Williamson *et al.*, 2008). Los lagos constituyen una red ampliamente distribuida, capaz de proveer información valiosa acerca de los patrones y mecanismos de respuesta de los sistemas acuáticos al cambio climático (Williamson *et al*., 2008; Adrian *et al.*, 2009).

Las lagunas de la llanura pampeana argentina son sensibles a la variabilidad climática. Son cuerpos de agua poco profundos donde el tiempo de residencia del agua y salinidad es significativamente variable. Su hidrología es altamente dependiente de las precipitaciones *in situ*, lo cual afecta importantes áreas de riego y actividades económicas primarias. Esta región argentina constituye el área más productiva del país, con una mayor concentración de cuerpos de agua y también, con la mayor densidad de población. La alternancia de períodos secos y húmedos es una característica distintiva de la región pampeana y sus condiciones extremas tienen importantes consecuencias sociales y económicas.

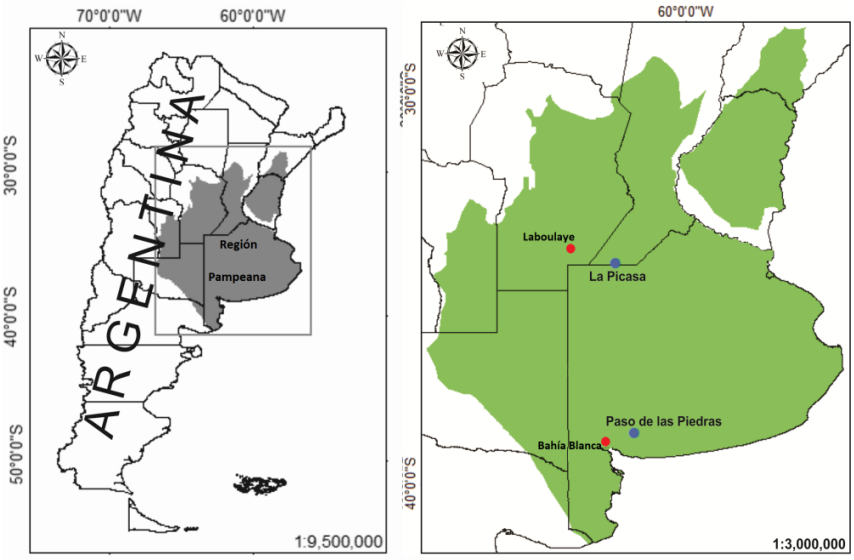
La región pampeana (Fig. 1) presenta una superficie de 613.532,5 km^2. El clima se define como templado-húmedo. Las precipitaciones disminuyen desde el Noreste hacia el Sudeste, oscilando entre 1385 a 377 mm anuales. Las temperaturas medias anuales y estacionales decrecen en sentido norte-sur, mientras que la continentalidad del clima aumenta de este a oeste. La región se caracteriza por la ocurrencia de extensos períodos de sequía o excesos hídricos que afectan la disponibilidad de agua e impactan sobre la productividad de los sistemas agropecuarios y diversas actividades humanas (Labraga *et al*., 2011).

En la literatura se encuentran numerosos estudios sobre las lagunas de la provincia de Buenos Aires, en relación a su morfometría, calidad de aguas y eutrofización así como también aquellos referidos a su distribución espacial y su variabilidad durante períodos pluviométricamente diferentes (Quirós *et al*., 2005; Dangavs 2005; Dukatz *et al*., 2005; Torremorel *et al*., 2007; Allende *et al*., 2009; Fornerón *et al*., 2010; Geraldi *et al*., 2011). Sin embargo, son escasos los trabajos en los que se estudia la evolución de las características físicas de las lagunas en relación a la variabilidad climática durante períodos prolongados.

Al considerar la magnitud de estudios a escala regional es posible abordar el análisis de la variabilidad climática y su efecto sobre las lagunas a partir de nuevos métodos indirectos de sistematización de información climática. Entre ellos se encuentra el REANALYSIS (NCEP/NCAR) (Kalnay *et al.*, 1996, Klister *et al.*, 2001). Por otro lado, la utilización de imágenes provenientes de sensores remotos es otra herramienta de seguimiento o monitoreo en lagunas. El uso de imágenes satelitales es un complemento esencial para el estudio de la dinámica espacial de los cuerpos de agua ante la dificultad en algunos casos de acceso a ellas. La aplicación de estos métodos permitió un análisis de los cuerpos de agua a lo largo de toda la región pampeana (Gelmi *et al*., 2004; Geraldi *et al*., 2007; Bohn, 2009; Fornerón *et al*., 2013).

En el presente trabajo se estudiaron dos sistemas diferentes dentro de la región pampeana: la laguna La Picasa (Santa Fe) y el dique Paso de las Piedras (Buenos Aires). La localización de los mismos representa el gradiente de precipitación y temperatura en la región pampeana. La laguna La Picasa se encuentra en un clima templado húmedo, mientras que el dique Paso de las Piedras es frio subhúmedo (Díaz y Mormeneo, 2002). Además, las lagunas se diferencian en su naturaleza debido a que el dique Paso de las Piedras es de origen artificial y constituye un reservorio controlado. El objetivo de este trabajo fue analizar la variación espacial de dos áreas lagunares diferentes de la región pampeana en años secos, húmedos y normales, a partir de información *in situ* y de modelos numéricos para el período 1981-2010. Además, se pretende comparar datos meteorológicos *in situ* con aquellos generados con modelos numéricos para poder utilizar estos últimos en cada caso de no tener información meteorológica. Se espera que con los resultados de este trabajo se amplíe el conocimiento del efecto diferencial de la variabilidad climática sobre la dinámica espacial de los espejos de agua de la región pampeana.

Figura 1.
Localización de los sitios de estudio (azul) y de las estaciones seleccionadas (rojo).



Fuente: Elaboración propia.

Método de trabajo

Se obtuvieron datos del modelo numérico Reanalysis (NCEP/NCAR) para el período 1981-2010 correspondientes a la región pampeana (http://www.esrl.noaa.gov/). Este modelo permite acceder a datos mensuales de diversas variables meteorológicas con un píxel de 2,5 º (de latitud y longitud). Estos datos se contrastaron con los medidos *in situ* provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SNM, Argentina) a partir de un análisis de regresión lineal y un test de medias de Fisher (Diferencia Mínima Significativa DMS). Con ello fue posible seleccionar la estación meteorológica que mejor representa las condiciones climáticas de la zona en donde se encuentra el dique Paso de las Piedras y la laguna La Picasa. En la laguna La Picasa se utilizaron los registros de la estación Laboulaye (Córdoba) del SMN y en el dique Paso de las Piedras se consideró la estación Bahía Blanca (Buenos Aires) del SMN (Fig. 1). Para la determinación de los años de estudio para cada

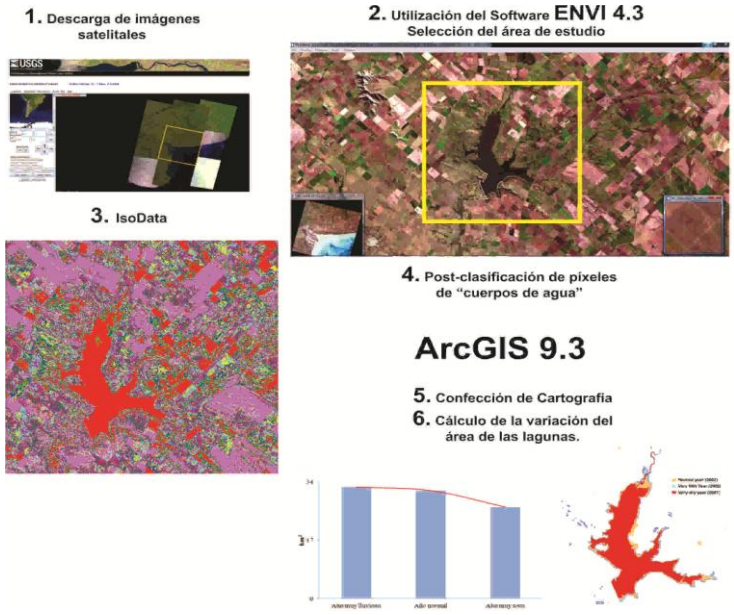
laguna se aplicaron los métodos de Quintiles y de la Normal. Se calcularon los quintiles de la serie 1981-2010 y se los clasificó según lo presentado en la Tabla I (Bolognesi, 1971). Complementariamente a la aplicación de estos índices, se analizaron las precipitaciones anuales y sus frecuencias en relación a la distribución normal y a la tendencia central. A partir de los resultados del método de Quintiles, se seleccionaron los años muy secos, normales y muy lluviosos para cada una de las lagunas seleccionadas. El análisis temporal y espacial de los cuerpos de agua se realizó con imágenes satelitales Landsat (5, 7 y 8). Las mismas fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, Brasil), United Stated Geological Survey (USGS, Estados Unidos) y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE, Argentina). Este análisis se realizó a partir de una clasificación no supervisada *Interactive Self-Organizing Data Analysis Technique (Algorithm)* (ISODATA). El procesamiento de las imágenes satelitales se realizaron con el Software ENVI 4.3 (Fig. 2). Los resultados de la clasificación fueron estudiados con un Sistema de Información Geográfica (SIG) (ArcGIS 9.3).

Tabla I.
Clasificación de períodos anuales en relación a las precipitaciones anuales según el Método de Quintiles. P=precipitación anual.

Año muy seco	P < 1Q
Año seco	1Q<= <2Q
Año normal	2Q<=P<3Q
Año lluvioso	3Q<=P<4Q
Año muy lluvioso	P>=4Q

Fuente: Modificado de Bolognesi (1971).

Figura 2.
Esquema de la metodología empleada.



Fuente: Elaboración propia.

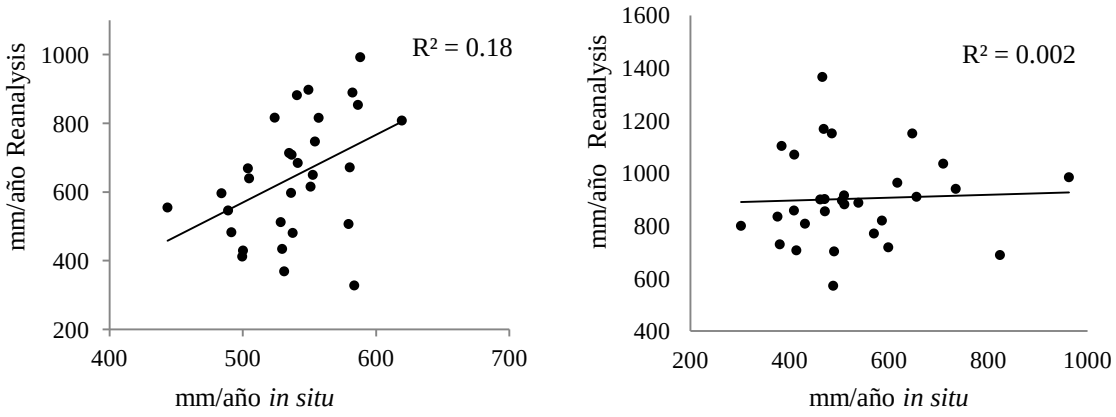
Resultados

Aplicación del método de Quintiles y de la Normal

Los datos *in situ* y del modelo del REANALYSIS no fueron comparables entre sí. Los métodos mencionados demostraron diferencias significativas en sus valores medios. Los datos del modelo no representan el régimen anual de precipitaciones (húmedo, seco, normal) que describen los datos *in situ*. El análisis de regresión lineal entre ambas fuentes de datos mostraron un R^2 de 0,18 en el área del dique Paso de las Piedras y de 0,002 en la laguna La Picasa (Fig. 3).

En la laguna La Picasa se determinaron los años 1991, 2008 y 2002 como secos, normales y húmedos respectivamente (Tabla II). El método de la normal fue coincidente con el método de Quintiles mientras que el Reanalysis no lo fue en los años secos y normales pero si en el húmedo.
En el dique Paso de las Piedras los años 2007, 2002 y 2005 fueron secos, normales y húmedos respectivamente (Tabla III). El método de la normal mostró coincidencias en relación a la precipitación media anual para el período de estudio (1981-2010). Por otro lado, la información obtenida del Reanalysis no manifestó correlación con los datos *in situ*. Cabe destacar que los métodos de Quintiles y de la Normal mostraron que los años húmedos, secos y normales no son los mismos en ambos sitios de estudio. Por ejemplo el año 2002 resultó "húmedo" en el área de la laguna La Picasa y "normal" en el área del dique Paso de las Piedras. Estos resultados muestran la variabilidad climática de la región pampeana.

Figura 3.
Regresión lineal de precipitación *in situ* y del modelo en La Picasa y Paso de las Piedras.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SMN y Reanalysis. Período1981-2010.

Tabla II.
Años secos, húmedos y normales según los métodos de Quintiles y de la normal para el área de la laguna La Picasa.

	Estación SMN – Laboulaye		Reanalysis	
Año	**Quintiles**	**Normal**	**Quintiles**	**Normal**
1991 (seco)	Muy seco	Inferior	Lluvioso	Inferior
2008 (normal)	Normal	Similar	Muy lluvioso	Superior
2002 (húmedo)	Muy húmedo	Superior	Muy lluvioso	Similar

Fuente: Elaboración propia modificado de Bolognesi (1971).

Aliaga, Vanina S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M. Cintia; Bohn, Vanesa Y. y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 28. pp. 361-371. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Tabla III.
Años secos, húmedos y normales según los métodos de Quintiles (Bolognesi, 1971) y de la normal para el área del dique Paso de las Piedras.

	Estación SMN – Bahía Blanca		Reanalysis	
Año	**Quintiles**	**Normal**	**Quintiles**	**Normal**
2007 (seco)	Muy seco	Inferior	Normal	Similar
2002 (normal)	Normal	Similar	Lluvioso	Superior
2005 (húmedo)	Muy húmedo	Superior	Seco	Inferior

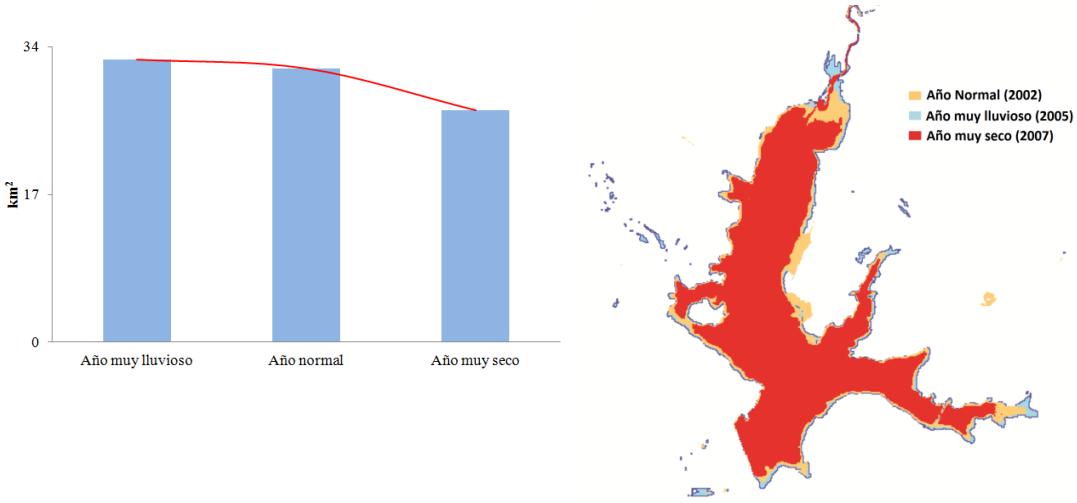
Fuente. Elaboración propia modificado de (Bolognesi, 1971)

Dinámica espacial de los cuerpos de agua

Se observó un aumento o disminución del área ocupada por el espejo de agua en relación con los años muy secos, muy húmedos y normales. La utilización de imágenes satelitales permitió determinar una disminución notoria del área de la laguna del dique (Fig. 4). El año muy lluvioso presentó 1,1 km^2 (3,4 %) más que el año normal y 5,8 km^2 más que en el año muy seco. Por otro lado, el año muy seco mostró 4.8 km^2 (15,2 %) menos que el año normal (Fig. 4). Al considerar el área del espejo de agua se debe tener en cuenta que el dique abastece de agua a las localidades del partido de Bahía Blanca y de Coronel Rosales donde habitan más de 400.000 habitantes. Este uso del recurso regula la abundancia de agua además de las precipitaciones locales.

En la laguna La Picasa se observaron variaciones interanuales considerables. Las diferencias registradas entre el año muy seco y muy húmedo fueron de 101,8 km^2 (48 %) y de 277,5 km^2 respectivamente. Por otro lado, el año muy lluvioso presentó un área de 386,7 km^2, es decir un 82 % mayor que el año normal (Fig. 5). En el período 1981-2010 las precipitaciones fueron más abundantes (903 mm/año) en la laguna La Picasa que en el dique Paso de las Piedras (643 mm/año) debido a su localización al Noroeste de la región pampeana.

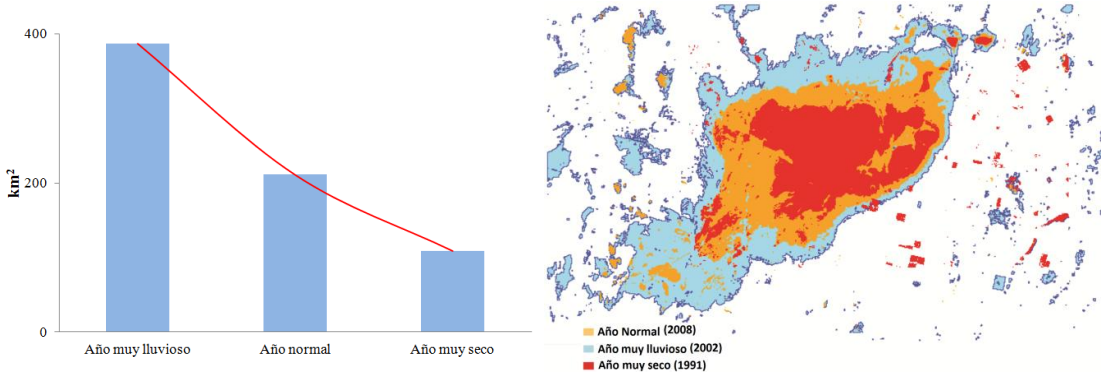
Figura 4.
Variación de la superficie del dique Paso de las Piedras en años muy seco, normal y muy lluvioso.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SMN e imágenes Landsat.

Aliaga, Vanina S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M. Cintia; Bohn, Vanesa Y. y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 28. pp. 361-371. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 5.
Variación de la superficie la laguna La Picasa en años muy seco, normal y muy lluvioso.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SMN e imágenes Landsat.

Las variaciones areales de los cuerpos de agua estudiados en relación a los años secos, húmedos y normales son muy distintas. Cada laguna requiere un análisis individual en cuanto a su dinámica en períodos diferentes. Las mayores variaciones interanuales de la superficie se observan en la laguna La Picasa. En este caso su considerable dinámica espacial puede estar relacionada a su localización al norte de la región donde las precipitaciones medias anuales son más abundantes que las registradas hacia el sur de la misma (Díaz y Mormeneo, 2002). La laguna La Picasa es hidrológicamente endorreica y se caracteriza por ser altamente inestable (Roseinstein *et al.*, 2009).

Las inundaciones generan alteraciones ambientales donde grandes extensiones rurales son inutilizadas, daños en la infraestructura, interrupción de las vías de comunicación, canalizaciones anárquicas, problemas sanitarios, desocupación rural y urbana y el incremento del éxodo rural, entre otras. El comportamiento y consecuencias de la variación del área lagunar son únicos en cada caso.

Tabla IV.
Variación de la superficie en km^2 de las lagunas para cada periodo analizado.

	La Picasa		**Paso de las Piedras**	
	Año	km^2	año	km^2
Seco	1991	109,2	2007	26,7
Normal	2008	211,8	2002	31,5
Húmedo	2002	386,7	2005	32,5

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SMN.

Discusión

Khan *et al*. (2002) obtuvo un comportamiento similar al analizar el sur de Sudamérica. Sus resultados sugieren que las diferencias entre los datos de Reanalysis y datos meteorológicos de temperatura y humedad son considerables. Se debe tener precaución al utilizar los datos de Reanalysis para la validación de modelos y el estudio de la variabilidad del clima, especialmente en algunas zonas del hemisferio sur. Otro caso de estudio es el efectuado por Zhao *et al*., 2007, en base a los datos de la temperatura del aire de 597 estaciones en China continental y con los datos de Reanalysis durante 1979-2001. Los resultados indican que la precisión de la temperatura de la superficie interpolada depende mucho de las altitudes de los datos originales y de la complejidad topográfica.

En Argentina, Rusticucci y Kousk 2002, comprobaron que el rango extremo de la topografía de Argentina condiciona los datos de Reanalysis, tanto en las escalas de tiempo diarias como mensuales. Los datos de Reanalysis subestiman la intensidad de los eventos extremos cálidos sobre el norte y el sur de Argentina y sobreestiman los eventos de frío extremo durante el invierno sobre el centro de Argentina. Por lo tanto, los datos de Reanalysis NCEP- NCAR tienen que ser utilizados con precaución para los estudios de la magnitud de las variaciones climáticas interanuales.

Conclusiones

No es posible la utilización de los datos del Reanalysis (NCEP/NCAR) para el estudio de la dinámica espacial de los cuerpos de agua de la región pampeana. Los mismos requieren de métodos de precisión para ajustarse a los datos medidos *in situ*. Esto se debe a que el Reanalysis representa las condiciones atmosféricas de un área mucho mayor y evidentemente las condiciones de sitio de cada lugar geográfico es diferente.

En ambas lagunas de la región pampeana se observan que las diferencias medias entre ambos métodos son altamente significativas al querer lograr una descripción de la variabilidad climática, con diferencias aproximadas de 200 mm entre los registros *in situ* y los estimados por el modelo. Sin embargo, se puede aproximar la ocurrencia de eventos húmedos y secos a partir del análisis del procesamiento de imágenes satelitales por medio de las tecnologías de información geográfica. Principalmente, la dinámica espacio-temporal del espejo de agua de las laguas en cuanto a la forma y dirección del crecimiento en periodo de abundantes lluvias.

Bibliografía

ADRIAN, R., O'REILLY, C., ZAGARESE, H., BAINES, S., HESSEN, D., KELLER, W., LIVINGSTONE, D., SOMMARUGA, R., STRAILE, D., VAN DONK, E., WEYHENMEYER, G. Y WINDER, M. 2009. Lakes as sentinels of climate change. Limnology and Oceanography 54:2283-2297.

ALLENDE. L., TELL, G., ZAGARESE, H., TORREMORELL, A., PÉREZ, G., BUSTINGORRY, J., ESCARAY, R. E IZAGUIRRE, I. 2009. Phytoplankton and primary production in clear-vegetated, inorganic-turbid, and algal-turbid shallow lakes from the pampa plain (Argentina). Hydrobiologia 624:45–60

Aliaga, Vanina S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M. Cintia; Bohn, Vanesa Y. y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 28. pp. 361-371. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

BOHN, V. Y. 2009. Geomorfología e hidrografía de las lagunas del sur de la provincia de Buenos Aires. Tesis de Doctor en Geografía. Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía. 244 pp.

BOLOGNESI, E., 1971. Análisis de criterios para clasificar totales mensuales de precipitación aplicados a series de República Argentina. Meteorología. Centro Argentino de Meteorólogos. Vol II Nº 1, 2 y 3. Buenos Aires.

COMISIÓN NACIONAL DE ACTIVIDADES ESPACIALES (CONAE) 2012 Home Page http://www.conae.gov.ar

DANGAVS, N., 2005. Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires. En: Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. Capítulo XIII, 219-235. La Plata

DIAZ R.A. e MORMENEO I. 2002. Zonificación del clima de la región pampeana mediante análisis de conglomerados por consenso.

DUKATZ, F., FERRATI, R. Y CANZIANI, G., "Clasificación de lagos someros pampeanos mediante imágenes Landsat TM", Biología Acuática, vol. 22, 95-101 pp., 2005

FERNÁNDEZ LONG, M.E., BARNATÁN, I.E., SPESCHA, L.B., HURTADO, R.H., MURPHY, G.M. 2005. Caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires 25: 247-257

FORNERÓN, C.F., PICCOLO, M. C. Y CARBONE, M.E. 2010. Análisis morfométrico de la laguna Sauce Grande (Argentina). Huellas 11 – 30

FORNERÓN, C.F. 2013. Hidrografía de la laguna Sauce Grande (provincia de Buenos Aires) en época de sequía. Tesis (doctoral)--Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo, 211 h.: ilustraciones col. ; 30 cm.

GELMI, M., FERRATI, R., VORNETTI, A. Y CASTETS, F., 2004. Estimación de la Variación Temporal de la Disponibilidad de Agua en Sistemas Lacunares Pampeanos. III Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos (EMEAP 2003).

GERALDI, A., PICCOLO, M.C. Y PERILLO, G.M.E., 2007. Aplicación de SIG para la estimación de calidad de agua de las lagunas Las Encadenadas del Oeste. En: Rivas, R., Grisotto, A. y Sacido, M.. Teledetección: herramienta para la gestión sostenible. XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Argentina.

GERALDI, A., PICCOLO, M.C. Y PERILLO, G.M.E. 2011. El rol de las lagunas bonaerenses en el paisaje pampeano. Ciencia Hoy 22.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) 2012 Home Page http://www.inpe.br/ Accessed 15 October 2012

KALNAY, E., M. KANAMITSU, R. KISTLER, W. COLLINS, D. DEAVEN, L. GANDIN, M. IREDELL, S. SAHA, G. WHITE, J. WOOLTEN, Y. ZHU, M. CHELLIAN, W. EBISUZAKI, W.

Aliaga, Vanina S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M. Cintia; Bohn, Vanesa Y. y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 28. pp. 361-371. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

HIGGINS, J. JANOWIAK, K. C. MO, C. ROPELEWSKI, J. WANG, A. LEETMAA, R. 1996. The NCEP/ NCAR 40–year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.***77**, 437–471

KHAN V. M., RUBINSHTEIN, K. G., STERIN A. M. y ABDOULAEV, S.. 2002.Comparison between monthly data of NCAR/NCEP reanalysis and aerological observations in southern hemisphere. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguazu-PR.

KLISTER R, KALNAY, E., COLLINS, W., SAHA S., WHITE, G., WOOLLEN, J., CHELLIAH, M., EBISUZAKI, W., KANAMITSU M., KOUSKY V., VAN DEL DOOL, H., JENNE, R., FIORINO, M. (2001) The NCEP NCAR 50 year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and documentation.. Bull. Am. Meteorol. Soc.,Washington D.C., USA 247-267.

LABRAGA, J., BRANDIZI, L. Y LÓPEZ, M. 2011. Avances en el pronóstico climático de las anomalías de lluvia en la Región Pampeana. Meteoro lógica, Vol. 36 N°2. 59-71

NASA Atmospheric Correction Parameter Calculator 2012 Home Page http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/ Accessed 9 October 2012

QUIRÓS, R., et al., 2005. Los efectos de la agriculturización del humedal pampeano sobre la eutrofización de sus lagunas. En: Reunión de Eutrofización en América del Sur. Instituto Internacional de Ecologia. Ringuelet, R. A., Salibian, A., Claverie, E. y Ilhero, S., 1967. Limnología química de las lagunas pampásicas (Provincia de Buenos Aires). Physis 27:201-221.

REYNOLDS, R. JENNE, AND D. JOSEPH, 1996. The NCEP/ NCAR 40–year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.***77**, 437–471

ROSENSTEIN, S.; MONTICO, S.; BONEL, B. y ROSENSTEIN, C. 2009. El caso de las inundaciones en la laguna la picasa: ¿una oportunidad para la construcción de una representación colectiva del "desastre ambiental"?. Revista de investigaciones de la facultad de ciencias agrarias. Universidad Nacional de Rosario, Rep. Argentina. Número VX.

RUSTICUCCI, M. M. y KOUSKY V.E. 2002. A Comparative Study of Maximum and Minimum Temperatures over Argentina: NCEP–NCAR Reanalysis versus Station Data. American Meteorological Society. Journal of climate. Volume 15, 2089-2101.

TORREMOREL, A., BUSTIGORRY, J., ESCARAY, R. Y ZAGARESE, H., 2007. Seasonal dynamics of a large, shallow lake, laguna Chascomús: The role of light limitation and other physical variables. Limnologica 37:100–108

USGS 2012 Home Page http://glovis.usgs.gov/ Accessed 15 October 2012

WILLIAMSON, C. E., DODDS, W., KRATZ, T.K. Y PALMER, M.A. 2008. Lakes and streams as sentinels of environmental change in terrestrial and atmospheric processes. Front. Ecol. Environ. 6:247–254.

Aliaga, Vanina S.; Ferrelli, F.; Piccolo, M. Cintia; Bohn, Vanesa Y. y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 28. pp. 361-371. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

ZHAO, T., GUO, W. y FU. C. 2007. Calibrating and Evaluating Reanalysis Surface Temperature Error by Topographic Correction. American Meteorological Society. Journal of climate. Volume 21, 1440-1446.

Brendel, Andrea S.; Bohn, Vanesa Y. y Piccolo, M. Cintia. 2014. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica al análisis de eventos climáticos extremos en la Región Semiárida Pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 29. pp. 372-383. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Aplicación de Sistemas de Información Geográfica al análisis de eventos climáticos extremos en la Región Semiárida Pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina)

Andrea S. Brendel [1*]
Vanesa Y. Bohn [1,2**]
M. Cintia Piccolo [1,3***]

Resumen

El objetivo de este trabajo es el análisis de eventos secos y húmedos en la Región Semiárida Pampeana (RESAP) (Provincia de Buenos Aires) en el período 2000-2012 mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología incluyó el análisis de series de datos del Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) correspondientes a 98 estaciones (escala 1 mes) y su interpolación mediante la incorporación de los datos a un SIG. Los eventos extremos del período se detectaron durante los años 2001 (húmedo) y 2009 (seco). En el año 2001, el Norte de la región presentó valores de SPEI entre 1.5 y 1.99 mientras que en el resto de la región se observaron valores menores a 1.5. En cuanto al período seco, los valores de SPEI oscilaron entre -1.0 y -1.49 (en el Norte) y menores a -1.5 (en el Sur). La aplicación de SIG resultó ser una herramienta apropiada para la caracterización de los eventos climáticos extremos en el área de estudio. El método de interpolación Spline fue considerado óptimo para la región, a partir de la correlación hallada entre la información interpolada y la distribución normal de las precipitaciones.

Palabras clave: SIG, eventos extremos, Región Semiárida Pampeana

Abstract

The objective of this work is the analysis of extreme climatic events in the Semiarid Pampean Region (RESAP) using by the Geographic Information System (GIS) in the 2000-2012 period. Methodology included the application of the Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI) corresponding to 98 stations (1 month scale). Data were interpolated by GIS. As a result, the extreme events in the region were detected during 2001 (wet) and 2009 (dry) years. During the 2001 year, the North of the study area showed SPEI values of 1.5 and 1.99 whereas in the others subzones, the index values did not surpass 1.5. In relation with the dry period, the SPEI values were between -1 and -1.49 in the North and they were lower than -1.5 in the South. GIS application contributed to the characterization and detection of extreme climatic events in the study area. The spline interpolation method was considered optimal for the region, due to their correlation with the normal rainfall distribution.

Keywords: GIS, extreme events, Semiarid Pampean Region

[*] Departamento de Geografía y Turismo – Universidad Nacional del Sur. 12 de Octubre y San Juan. 4º piso (8000). Bahía Blanca. Argentina.
**Departamento de Geología – Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. vbohn@criba.edu.ar
***Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET)- Bahía Blanca. mcpiccol@gmail.com
Autor de correspondencia: Andrea Brendel (andreabrendeluns@gmail.com)

Brendel, Andrea S.; Bohn, Vanesa Y. y Piccolo, M. Cintia. 2014. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica al análisis de eventos climáticos extremos en la Región Semiárida Pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 29. pp. 372-383. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

En gran parte del continente americano, la variabilidad climática está relacionada con el fenómeno ENSO (Aceituno, 1987). Dicha variabilidad es una sumatoria de eventos meteorológicos que se producen en diferentes escalas temporales y espaciales (décadas, años, estaciones).La variabilidad interanual de las precipitaciones está ocasionada por la presencia frecuente de eventos secos y húmedos. Estudios realizados han mostrado una conexión entre presión atmosférica, temperatura, precipitación y anomalías hidrometeorológicas. Las anomalías en las temperaturas del mar generan una alteración térmica, causando una circulación atmosférica derivada de los cambios en las temperaturas del océano que alteran la interacción mar-aire, afectando los procesos nubosos y como consecuencia la distribución de las precipitaciones generando períodos de sequías o inundaciones. Los ciclos de sequía e inundación constituyen uno de los fenómenos de mayor impacto en la hidrología y la actividad agrícola de la región pampeana argentina.

Se han realizado numerosos estudios en relación a los eventos extremos en la región. La identificación e intensidad de las sequías han sido analizadas en diversos estudios utilizando balances hidrológicos diarios y mensuales (Troha y Forte Lay, 1993). Bohn et al. (2011) determinaron que los años 1998 y 2007 presentaron características pluviométricas normales con tendencia a la sequía moderada y como ejemplo de sequías extremas citaron a los años 1995 y 2008. Ferrelli et al. (2012) indicaron que los años 2008 y 2009 fueron muy secos y que las anomalías de precipitación fueron negativas en casi todo el sur de la provincia de Buenos Aires. D'Ambrosio et al. (2013) analizaron los años 2008 y 2009 y concluyeron que en esos años la disminución de las precipitaciones fue la causante de una de las mayores sequías meteorológicas registradas en los últimos 50 años en la región. Los eventos húmedos en el sur de la provincia de Buenos Aires fueron estudiados por Bohn et al., (2011) destacando que los años 2001 y 2002 fueron extremadamente húmedos. Scian (2002) analizó las variaciones inter e intranuales de la precipitación mensual en la región semiárida pampeana de Argentina para el período 1911-1999. Estimó que toda la región pampeana sufrió condiciones hídricas excepcionales debido al incremento de la precipitación desde la década del '70.

Para el análisis de las variables climáticas una de las herramientas más utilizadas son los SIG. Éstos constituyen una tecnología poderosa para capturar, almacenar, analizar y modelar datos espacialmente referenciados. Son diversos los métodos de interpolación con los que cuentan los SIG entre los que destacan: Kriging, Spline y IDW (Inverse Distance Weighted). Bustamante (2003) comparó diversas técnicas para interpolar la temperatura en el sector peninsular de España. En ese mismo país Jordán y Bellinfante (2000) aplicaron el método IDW para cartografiar la erosividad de la lluvia en el campo de Gibraltar e Izquierdo y Márquez (2006) evaluaron la efectividad del método de interpolación Kriging para estudiar el régimen de precipitación en Tenerife. En la región, Zapperi et al. (2010) aplicaron diversos métodos de interpolación y concluyeron en que el método Spline es el más adecuado para la obtención de isohietas. Ferrelli et al. (2012) mediante SIG generaron mapas de anomalías negativas y positivas de precipitación en el sur de la provincia de Buenos Aires.

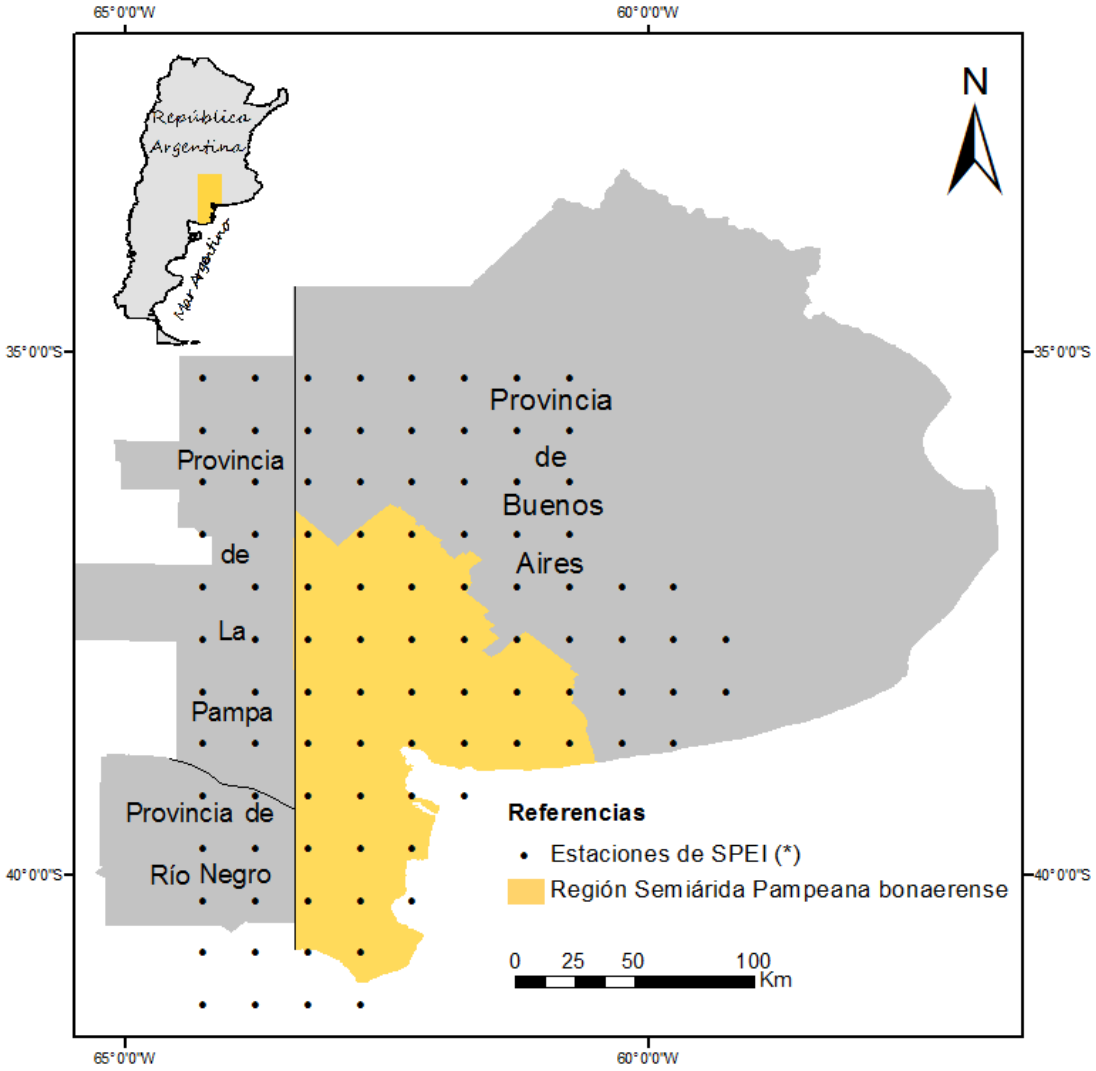
El objetivo de la presente investigación es detectar y analizar los eventos secos y húmedos en la Región Semiárida Pampeana (Provincia de Buenos Aires) durante el período 2000-2012, mediante la aplicación de SIG a datos climatológicos.

Área de estudio

El área de estudio se localiza entre los 36° 32'- 40° 44' S y los 63° 24'- 60° 30' O e incluye 13 partidos (Figura Nº 1). El clima es frío subhúmedo o semiárido (Díaz et al., 2002) con máximas precipitaciones en primavera y otoño. El área se encuentra afectada por el desplazamiento de

masas de aire que surgen de los principales centros de alta presión oceánica y del frente polar. El fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur) genera anomalías extremas positivas de precipitaciones durante "El Niño" y anomalías extremas negativas durante "La Niña", produciendo grandes ciclos de sequías e inundaciones (Capelli et al., 1994) en el área estudiada. Las temperaturas medias anuales están comprendidas entre 14 º C y 20 º C. Las precipitaciones, no siempre son suficientes en los sectores occidentales para el cultivo sin riego, otorgan un carácter subhúmedo a esta variedad de clima templado, denominado también de transición (Campo *et al.*, 2004).

Figura 1.
Localización del área de estudio.



Fuente: elaboración propia (2014)

Método de trabajo

Para la detección de eventos extremos en el área de estudio se aplicó el Índice Estandarizado de Precipitación y Evapotranspiración (SPEI) (Begueria y Serrano, 2009). Se calculó para las estaciones analizadas durante el período 1970-2012 a una resolución espacial de 0,5º. Se analizaron 98 estaciones (Figura N°1) a escala 1 mes, la que representa el desvío de la

precipitación mensual estandarizada y refleja las condiciones en tiempo inmediato de la precipitación.

Para la descripción climatológica del área de estudio se tomaron como referencia las estaciones localizadas a los 38° 25'S - 61 ° 25´ O (al norte de la isohieta de 700 mm) y la ubicada a los 40° 75' S - 62° 75' O (al sur de la isohieta de 400 mm).

El SPEI es un índice climático mensual calculado a partir de la diferencia entre la precipitación acumulada en un período de tiempo y la evapotranspiración potencial. Una de las características principales de este índice es que se puede calcular para diferentes escalas de tiempo. Tiene carácter multi-escalar y permite que sea utilizado por diferentes disciplinas científicas para detectar, monitorear y analizar las sequías. Los valores de clasificación del SPEI se muestran en la Tabla 1.

Para el análisis de las anomalías de precipitación se utilizaron las estadísticas climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y de la Red de Información Agroeconómica de la Región Pampeana (INTA RIAP). Se analizaron los datos de 30 estaciones pluviométricas comprendidas en el área de estudio.
Las estaciones del SPEI y pluviométricas fueron incorporadas al SIG mediante la creación de un mapa de puntos. El mismo fue interpolado para la elaboración de mapas de eventos extremos y de anomalías pluviométricas. El método utilizado fue el Spline debido a la ventaja que presenta para su aplicación en superficies cuyos valores varían suavemente.

Tabla I.
Valores de clasificación del SPEI.

Valor del SPEI	Caracterización del período
2.0 o más	Extremadamente húmedo
1.5 a 1.99	Muy húmedo
1.0 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Casi normal
-1.0 a -1.49	Moderadamente seco
-1.5 a -1.99	Muy seco
-2 o menos	Extremadamente seco

Fuente: Vicente Serrano *et al*. (2010).

Resultados

Análisis de la distribución espacial de eventos secos, húmedos y normales

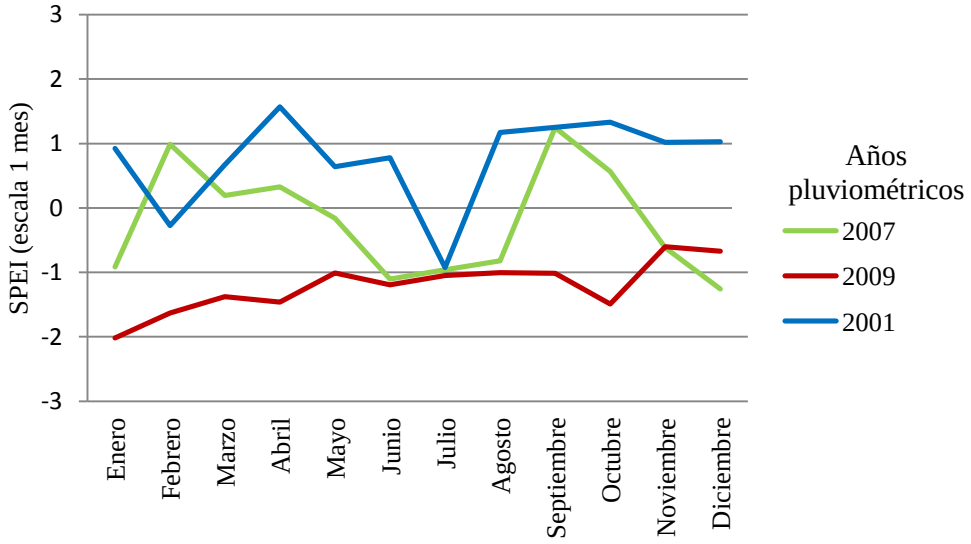
Como resultado del análisis del SPEI a escala 1 mes, se obtuvo la tendencia de la precipitación en el área de estudio. Se clasificó a los años 2001 y 2009 como eventos extremos húmedo y seco, respectivamente. El año 2007 se consideró normal coincidiendo con lo estudiado por Bohn et al. (2011) en el sur de la provincia de Buenos Aires, clasificando al año 2007 como normal. Durante el 2007, las precipitaciones decrecieron de NE a SO con valores entre 800 y 400 mm/año en el área de estudio.

En el norte de dicha área, el año 2001 presentó un extenso período con condiciones moderadamente húmedas (agosto-diciembre). Se destacó el mes de abril por presentar el máximo valor de SPEI (1.56). Estos resultados coinciden con lo hallado por D'Ambrosio et al. (2013) en el oeste de la región Pampeana, concluyendo que el año 2001 presentó condiciones muy húmedas destacándose los meses de abril, octubre y febrero. Los meses restantes presentaron condiciones normales.

En el año 2009, la situación de sequía moderada se extendió desde marzo a octubre. El mes de febrero presentó el máximo valor para la categoría muy seco (SPEI= -1.63) y el valor extremo de sequía ocurrió en el mes de enero (SPEI= -2.02) (Figura N° 2). Estos resultados avalan lo enunciado por D'Ambrosio et al. (2013). Dichos autores concluyeron que el mes de febrero de 2009 se caracterizó como muy seco.

El año 2007 fue caracterizado como normal. Los valores de SPEI oscilaron entre -0.99 y 0.99, exceptuando los meses de junio y diciembre (SPEI ~ -1.15) (sequía moderada) y septiembre para el que se obtuvo un SPEI de 1.24 (moderadamente húmedo).

Figura 2.
SPEI (Norte del área de estudio).

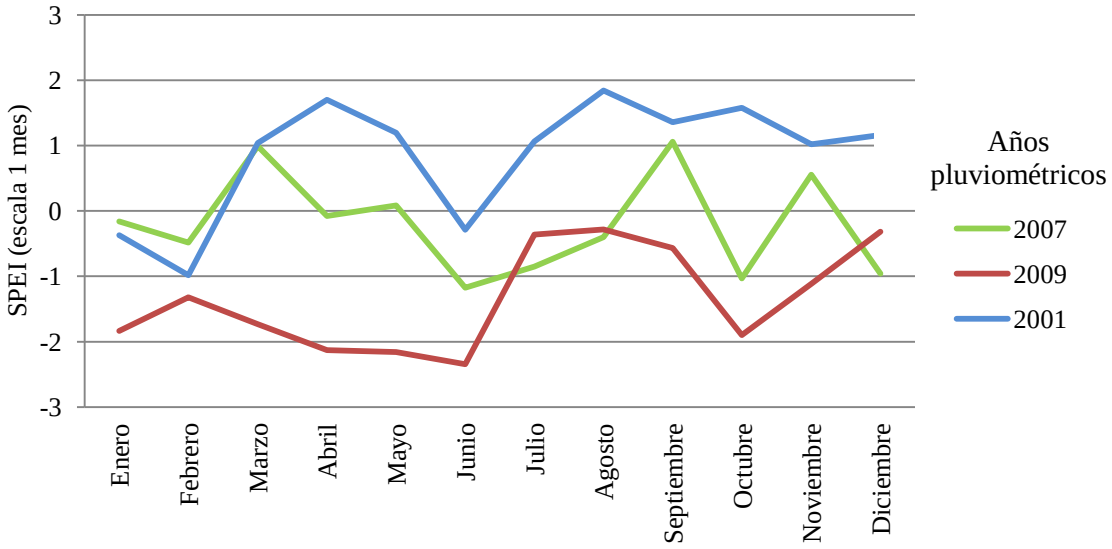


Fuente: elaboración propia (2014).

Por el contrario, en la zona Sur, el año 2001 presentó alternancia de situaciones muy húmedas y moderadamente húmedas. Los meses de marzo, mayo, julio, septiembre, noviembre y diciembre fueron considerados moderadamente húmedos mientras que abril, agosto y octubre fueron muy húmedos. Los meses restantes fueron considerados normales. El máximo valor de SPEI ocurrió en el mes de agosto (SPEI=1.84) (Figura N° 3).

El año 2009 presentó mayor frecuencia de situaciones de extrema sequía en el sector Sur. Los meses de abril, mayo y junio presentaron los valores extremos en esta categoría, siendo el mes de junio el que obtuvo el máximo valor de SPEI (-2.34). Por su parte, las condiciones muy secas, ocurrieron en enero, marzo y octubre, con el máximo valor en junio (SPEI= -1.89). La categoría moderadamente seco, sólo se detectó en los meses de febrero y noviembre. El año 2007, se presentó como normal y los valores fueron similares a los de la zona Norte. Fueron secos los meses de junio y octubre mientras que septiembre se consideró húmedo.

Figura 3.
SPEI (Sur del área de estudio).



Fuente: elaboración propia (2014).

Análisis cartográfico de eventos secos, húmedos y normales

A partir del análisis de serie de datos del SPEI durante el período 2000-2012, los años 2001 y 2009 se consideraron extremos en cuanto a humedad y sequía, respectivamente. Dichos resultados coinciden con lo estudiado por Ferrelli et al. (2012) para el sector sur de la provincia de Buenos Aires. Éstos determinaron como resultado que el evento seco de mayor duración en el sur de la provincia de Buenos Aires ocurrió durante el período 2005-2009. Como evento normal, se determinó el año 2007. En el año 2001, el Norte del área de estudio mostró mayor humedad que el Sur, predominando la categoría "muy húmedo" y en menor proporción la de moderada humedad. En el Sur del área de estudio la humedad fue moderada (Figura N° 4a).

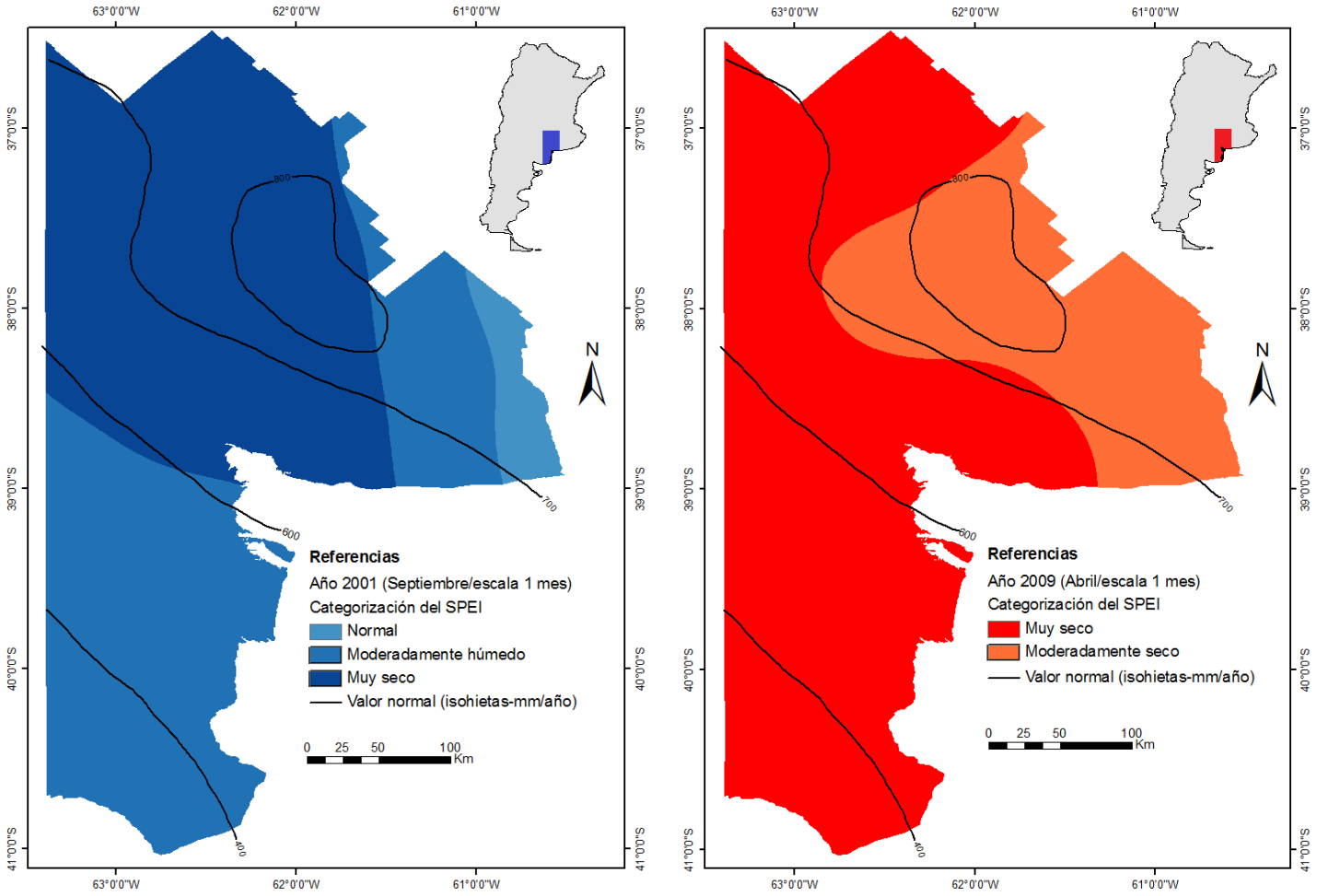
Durante el año 2009, en el norte de la región la sequía se presentó como moderada y muy seca, mientras que la totalidad del sector Sur, sufrió condiciones de "muy secas" (Figura N° 4b). El año 2007, se consideró normal. La distribución de los valores de SPEI en esa categoría fue homogénea (Figura N° 4c). Como resultado de la interpolación de la serie de datos del SPEI se obtuvo que, durante el año 2009 (evento seco), los valores presentaron una distribución espacial similar a los campos medios de precipitación. Por ello, la sequía fue de mayor intensidad hacia el Sur, disminuyendo considerablemente hacia el Norte. Esto coincide con lo estudiado por D'Ambrosio et al. (2013) en relación al análisis de las precipitaciones en el período 1959-2009 para el sector N y NO de la región. Dichos autores señalaron que la disminución en las precipitaciones de los años 2008 y 2009 fue la causante de una de las mayores sequías meteorológicas registradas en los últimos 50 años.

En el año 2001 (evento húmedo), en el norte del área, las condiciones fueron más húmedas que en el resto de la región. Al Sur de la isohieta de 600 mm/año la humedad fue moderada, en coincidencia con la distribución normal de las precipitaciones. Los resultados obtenidos en relación al año 2001 se relacionan con las conclusiones expuestas por Bohn et al. (2011) en su estudio de análisis de períodos secos y húmedos en el sudoeste bonaerense, en el que se destaca al año 2001 como extremadamente húmedo. Glave (2006), en su estudio acerca de la influencia climática en el sudoeste y sudeste de provincia de La Pampa, determinó que a partir de 1975 y hasta 2005 se presentó una fase húmeda de gran magnitud en la región. Estudios realizados en la

región Pampeana argentina señalan que, durante los años Niña, las lluvias tienden a ser inferiores a lo normal entre octubre y diciembre (Podestá et al., 1999).

Figura 4.
Eventos húmedo (Figura a), seco (Figura b) y normal (Figura c) en la RESAP.

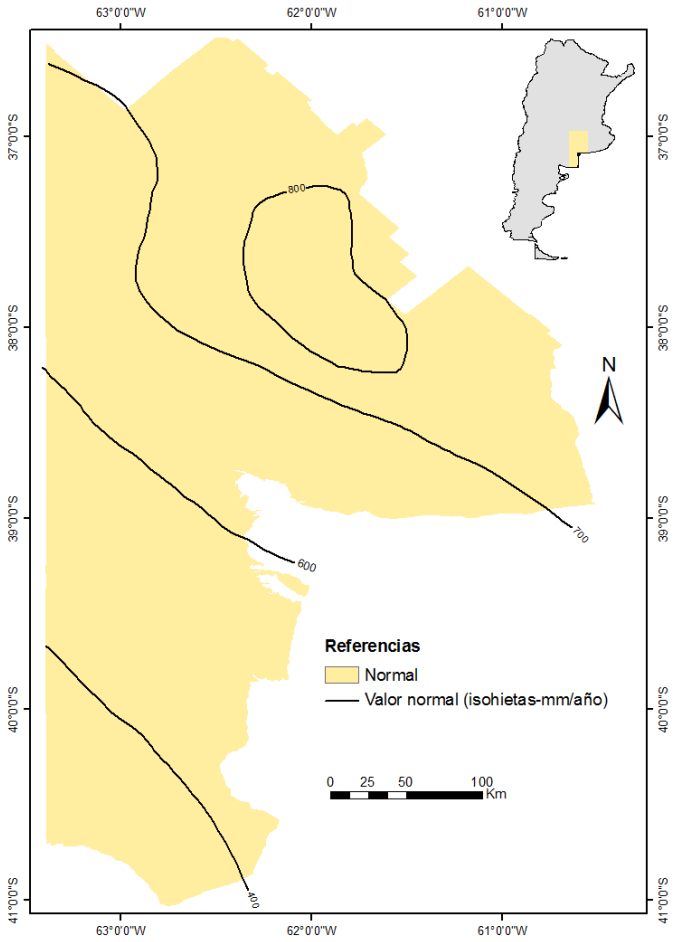
Figura a **Figura b**



Fuente: elaboración propia (2014)

Brendel, Andrea S.; Bohn, Vanesa Y. y Piccolo, M. Cintia. 2014. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica al análisis de eventos climáticos extremos en la Región Semiárida Pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 29. pp. 372-383. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura c



Fuente: elaboración propia (2014).

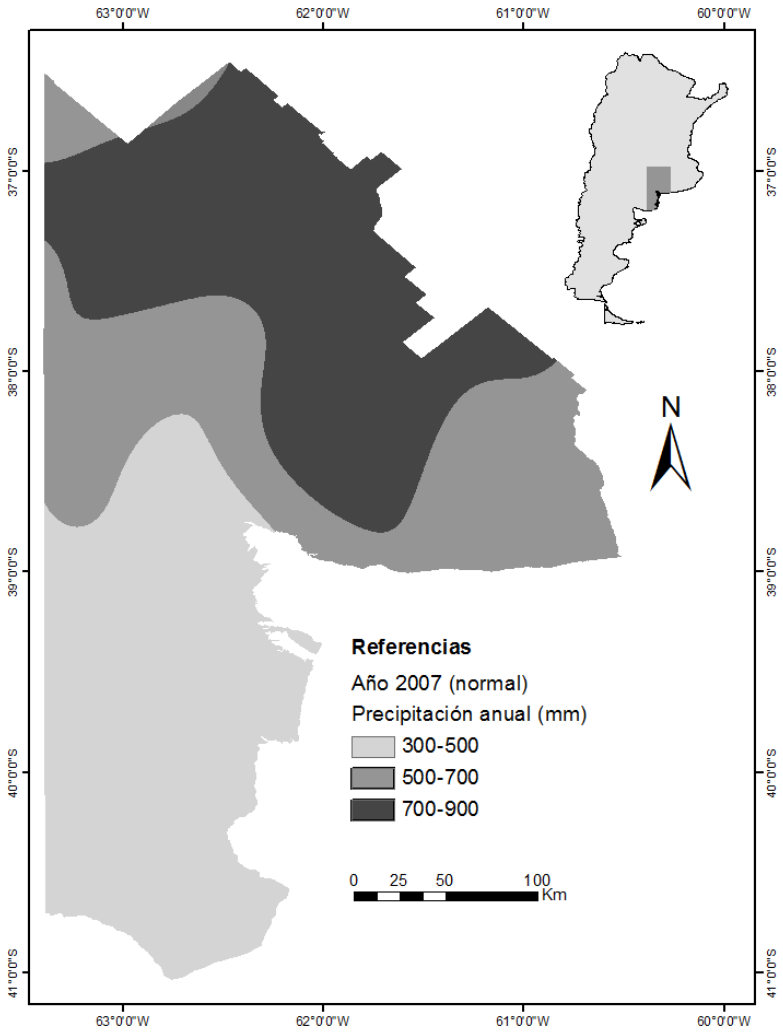
Análisis espacial de anomalías de precipitación

Se realizaron mapas normales y de anomalías pluviométricas, mediante la aplicación de un SIG. La distribución normal de las precipitaciones se analizó a partir del año 2007 (Figura Nº 5). Los máximos valores de precipitación anual se registraron hacia el Norte de la RESAP, alcanzando los 700 y 900 mm/año mientras que en el centro fueron de 500-700 mm/año. El sector sur presentó los menores registros de precipitación del área estudiada (entre 300 y 500 mm/año). La figura 6a muestra la distribución espacial de las anomalías de precipitación durante un año húmedo (2004). En toda el área de estudio la anomalía de precipitación fue positiva (excepto en una pequeña porción del NE y SE del área), alcanzando los 300 mm/año. Los sectores Norte y Sur, presentaron valores de anomalías que oscilaron entre 100 y 200 mm/año mientras que la región central presentó valores entre 150 y 300 mm/año. Los resultados obtenidos coinciden con lo analizado por Bohn et al. (2011), concluyendo que, durante el período 2004-2009, el año 2004 registró precipitaciones anuales que superaron a la normal (~ +100 mm).

Por el contrario, las anomalías de precipitación calculadas en el año 2009 fueron negativas, alcanzando valores de -500 mm/año. Esto coincide con lo estudiado por Ferrelli et al. (2012) durante el período 2005-2009 para el sur de la provincia de Buenos Aires. Dichos autores

concluyeron en que en el año 2009 las anomalías de precipitación superaron los -200 mm/año. Por su parte, los sectores SE y NE, presentaron las máximas anomalías (entre -300 y -500 mm/año) mientras que el resto del área presentó anomalías entre -100 y -300 mm/año (Figura N° 6b).

Figura 5.
Distribución espacial de la precipitación durante un año normal (2007).

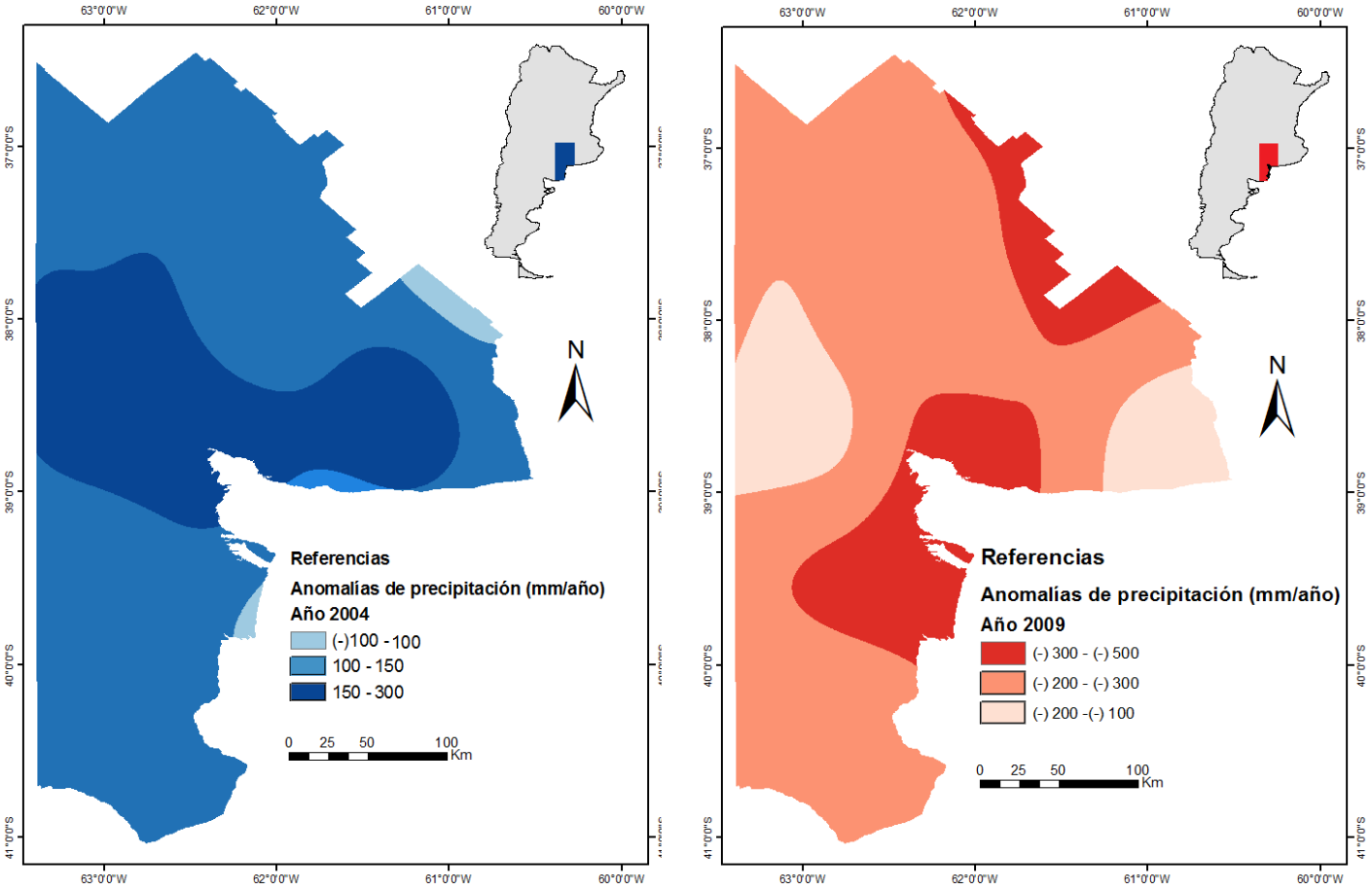


Fuente: elaboración propia (2014).

Brendel, Andrea S.; Bohn, Vanesa Y. y Piccolo, M. Cintia. 2014. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica al análisis de eventos climáticos extremos en la Región Semiárida Pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 29. pp. 372-383. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 6.
Anomalías positiva (Figura 6a) y negativa de precipitación en la RESAP (Figura 6b).

Figura a **Figura b**



Fuente: elaboración propia (2014).

Conclusiones

La aplicación del SPEI en complemento con el análisis de la precipitación mediante un SIG, fue un método de trabajo apropiado para la caracterización e identificación de eventos extremos en la región. Durante el período estudiado, la región se caracterizó por la alternancia de eventos húmedos y secos definiéndose a los años 2001 y 2009 como extremos (húmedo y seco, respectivamente) mientras que el año 2007 fue normal. El año 2004 también fue húmedo.

El análisis de la variabilidad de la precipitación mediante el SIG favoreció el análisis de la distribución y montos de las anomalías de precipitación. Éstas fueron positivas durante el año 2004 y negativas durante el 2009. La incorporación de los registros pluviométricos al SIG y la aplicación de métodos de interpolación favorecieron a la descripción de los períodos húmedos, secos y normales a la vez que fue considerado óptimo para la región (debido a su correlación con la distribución normal de las precipitaciones). Asimismo la aplicación del SIG, facilitó el análisis de la distribución espacial de los datos así como también la comparación de los eventos extremos entre sí.

Brendel, Andrea S.; Bohn, Vanesa Y. y Piccolo, M. Cintia. 2014. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica al análisis de eventos climáticos extremos en la Región Semiárida Pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 29. pp. 372-383. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en el marco del PGI "Estudio Integrado de lagunas pampeanas Provincia de Buenos Aires" subsidiado por la Universidad Nacional del Sur (UNS). Los autores agradecen al INTA Ascasubi, Bordenave e INTA RIAP por los datos cedidos y al Lic. Federico Ferrelli.

Bibliografía

ACEITUNO, P. "On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector". Part I: Surface Climate, *Mon. Wea. Rev.*, 1998, n° 116, pp. 505-524.

BUSTAMANTE, J. "Cartografía predictiva de variables climáticas: Comparación de distintos modelos de interpolación de la temperatura en España peninsular".*Graellsia*, 2003, n° 59, pp. 359-376.

CAMPO, Alicia, CAPELLI, A et al. *El clima del Sudoeste Bonaerense*. Bahía Blanca: EdiUns, 2004.

CAPELLI DE STEFFENS, Alicia y CAMPO DE FERRERAS, Alicia. *La transición climática en el sudoeste bonaerense,* SIGEO, Bahía Blanca, 1994, Vol. 5, pp. 1-77.

D´AMBROSIO, Guillermo; BOHN, Vanesa Yael y PICCOLO, María Cintia. "Evaluación de la sequía 2008-2009 en el oeste de la Región Pampeana". *Cuadernos Geográficos.* Granada: Universidad de Granada, 2013, Vol. 52, pp. 29-45.

DIAZ, Raúl y MORMONEO, Inés. "Zonificación del clima en la región pampeana mediante análisis de conglomerado por consenso". *Revista Argentina de Agrometeorología 2*,2002 pp.125-131.

FERRELLI, Federico; BOHN Vanesa Yael y PICCOLO, María Cintia. "Variabilidad de la precipitación y ocurrencia de eventos secos en el sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina)". *IX Jornadas Nacionales de Geografía Física Bahía Blanca.* Bahía Blanca, 2012, pp. 15- 28.

GLAVE, Adolfo. "Influencia climática en el Sudoeste Bonaerense y Sudeste de La Pampa". *Acaecer.* [En línea]. Vol. 31, N° 360, pp. 18-23, www.produccion-animal. com.ar [07 de abril de 2014].

IZQUIERDO, T. y MÁRQUEZ, A. "Comparación de métodos de interpolación para la realización de mapas de precipitación para el acuífero de Icod-Cañadas (Tenerife, Islas Canarias)", *Geogaceta,* 2006, N° 40, pp. 307-310.

JORDÁN, A. y BELLINFANTE, N. (2000): "Cartografía de la erosividad de la lluvia estimada a partir de datos pluviométricos mensuales en el Campo de Gibraltar (Cádiz)." *Edafología*, 2000, pp 83- 92.

PARKER, David y FOLLAND, Chris. "The nature of climatic variability". *Meteorological Magazine.* Vol. 117, 1988, pp.201-210.

Brendel, Andrea S.; Bohn, Vanesa Y. y Piccolo, M. Cintia. 2014. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica al análisis de eventos climáticos extremos en la Región Semiárida Pampeana (provincia de Buenos Aires, Argentina). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 29. pp. 372-383. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

PENALBA, Oscar. Reportaje sobre el impacto de "El Niño 97/98". Tiempo Presente, *Revista del Centro Argentino de Meteorólogos*, 1998.

PODESTÁ, Guillermo; MESSINA Carlos Daniel; GRONDONA, Martín; y MAGRIN, Graciela." Associations between Grain Crop Yields in Central-Eastern Argentina and El Niño-Southern Oscillation". *Journal of Applied Meteorology,* 1999, Vol. 38, pp. 1488-1498.

SCIAN, Beatriz. "Evidencias de la señal del SOI sobre la variabilidad de las lluvias en la región semiárida pampeana*". Meteorológica*, 2000, Vol. 25, pp.1- 2.

SCIAN, Beatriz. "Variabilidad de las condiciones hídricas en la región semiárida pampeana Argentina".*Geoacta*, 2002, Vol.27, pp. 30-52.

TROHA, Alberto y FORTE LAY, Juan Alberto. "Análisis de las principales sequías edáficas ocurridas en la provincia de Buenos Aires", *Geoacta,* 1993, Vol. 20, pp. 79-85.

VICENTE-SERRANO, Sergio; BEGUERÍA, Santiago y LÓPEZ MORENO, Juan. "Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration". Index. J. Climate, 2010.

ZAPPERI, Paula; RAMOS, Belén; RAMBORGER, María y IUORNO Alejandra. "Comparación de métodos de interpolación aplicados a la obtención de mapas de isohietas e isotermas". *Tecnologías de la Información Geográfica del sur argentino*, 2010, Capitulo nº 5, pp 52-64

Cano, M. y Navarro, E. 2014. Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 30. pp. 384-396. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste

Martín Cano *
Edgardo Navarro **

Resumen

El sistema de las Lagunas Encadenadas del Oeste se ubica en el centro-oeste de la provincia de Buenos Aires, caracterizado por un escalonamiento de los cuerpos lacustres en sentido contrario a la pendiente regional. Particularmente, la laguna Epecuén ocupa el extremo topográficamente más bajo del sistema y constituye la receptora final de los excesos hídricos en épocas húmedas. Su manejo resulta de interés a localidades que históricamente fueron afectadas como Lago Epecuén, Carhué y Guaminí. A los efectos de conocer su capacidad de almacenamiento, se trabajó con GISs y Modelo Digital de Elevación (MDE) SRTM del sector. La interacción entre ambos elementos, permitió el tratamiento digital del que se obtuvieron los Modelos Digitales de Terreno que caracterizan *profundidad de la laguna* y *volúmenes diferenciales*. La integración de estos volúmenes, condujo a la estimación de la capacidad de almacenamiento entre la cota elegida y el plano de fondo definido por el MDE (96 msnm). El volumen de almacenamiento se calculó cada 1m hasta 110 msnm, límite de endorreísmo del sistema. Un modelo matemático ($V = 4345.3C^5 - 3611.5$) establece la relación funcional estimada entre nivel de la laguna y el volumen de almacenamiento.

Palabras clave: MDE; Tratamiento Digital; Estimación de Volumen; Laguna Epecuén; Modelos Matemáticos

Abstract

The West Chained-lakes system is located in the center-west of Buenos Aires province, characterized by steeping water bodies, in the opposite direction to the regional slope. Particularly, the Epecuén lake occupies topographically the lower end of the system and is the final recipient of the hydric excess during wet periods. Its management is of interest for localities that historically were affected like Lago Epecuén, Carhué and Guaminí. In order to estimate the storage capacity of this hydric excess, we worked with GISs and Digital Elevation Model (DEM) SRTM of the area. The digital processing allowed obtaining two main Digital Terrain Models, which characterize the *depth of the Epecuen lake* and the *differential volumes*. The integration of these volumes, led to the storage capacity estimation between the chosen reference topographic isoline and the base plane defined by the DEM (96 masl). The storage volume was calculated, every 1 m up to 110 masl that is the limit of the endorreism of the system. A mathematical model ($V = 4345.3C^5 - 3611.5$) establishes the estimated functional relationship between the lake level and the storage volume.

Key words: DEM; Digital Processing; Volume Estimation; Epecuén Lake; Mathematical Function

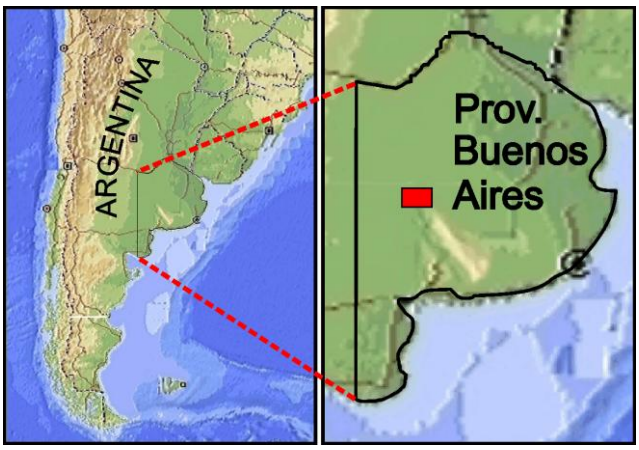
* Becario CONICET, Dpto. de Geología-UNS, Bahía Blanca. martinbahia@hotmail.com
** PAID CIC, Dpto. de Geología-UNS, Bahía Blanca. enavarro@criba.edu.ar

Cano, M. y Navarro, E. 2014. Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 30. pp. 384-396. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

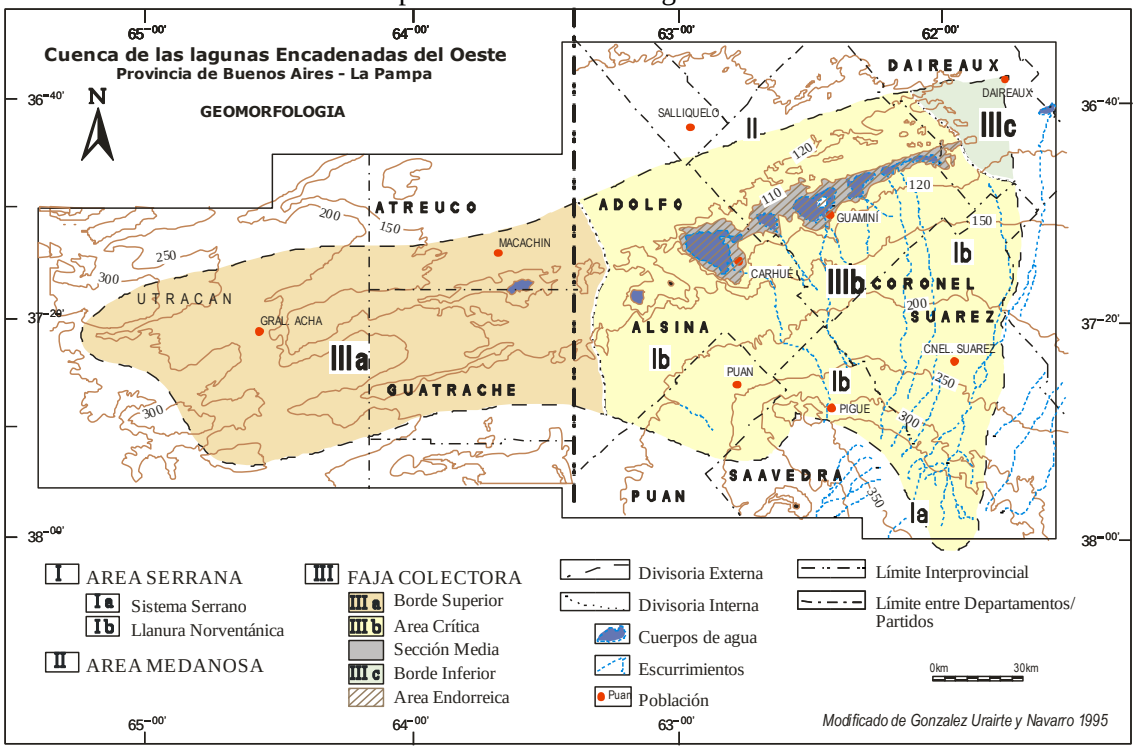
La región de las Lagunas Encadenas del Oeste se ubica en el centro-oeste de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1) y comprende un conjunto de cinco cuerpos principales (Epecuén-La Paraguaya, del Venado, del Monte, Cochicó y Alsina-Inchauspe). En las inmediaciones de estas lagunas se disponen diferentes localidades entre las que se destacan Carhué en las cercanías de la laguna Epecuén y Guaminí próxima a la laguna Guaminí.

Figura 1.
Ubicación general del área de las Lagunas Encadenadas del Oeste.



El área general de captación para todo este sistema alcanza 2.578.000 has (González Uriarte y Navarro, 1995) ubicándose las lagunas en el sector geomórficamente definido como *Faja Colectora*, identificada como II, y delimitada por la isolínea cerrada de 110 msnm, cota que se adoptó como nivel límite del comportamiento endorreico (Fig. 2).

Figura 2.
Cuenca de aporte al Sistema de Lagunas Encadenadas del Oeste.



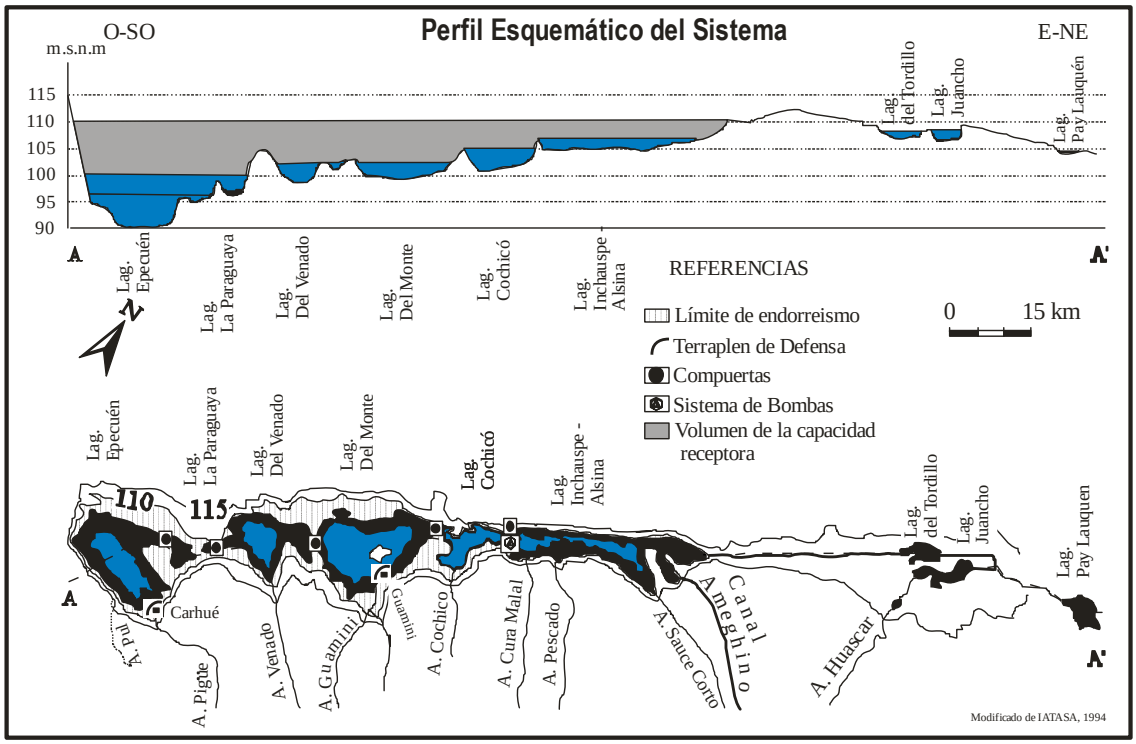
Fuente: Modificado de Gonzalez Uriarte y Navarro (1995).

Cano, M. y Navarro, E. 2014. Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 30. pp. 384-396. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

El principal rasgo morfológico distintivo del sistema, está dado por el escalonamiento en sentido contrario a la pendiente regional que presentan los cuerpos lacustres, ocupando la laguna Epecuén el extremo topográficamente más bajo (Fig. 3). Dicha posición le imprime un carácter de alta vulnerabilidad frente a posibles excesos hídricos en épocas húmedas, ya que actúa como receptora final de esos volúmenes de agua.

Figura 3.

Distribución y disposición escalonada en sentido OSO-ENE de las Lagunas de Encadenadas del Oeste.



Fuente: Modificado de IATASA (1994).

Aspectos climáticos

El clima de la región puede ser tipificado como Subhúmedo húmedo mésico, según la clasificación aplicada por Burgos y Vidal (1951), y ústico y mésico según la clasificación climoedáfica aplicada por Van Wambeke y Scoppa (1976). Está sujeto a la ciclicidad que caracteriza a la provincia de Buenos Aires, que fue registrada al menos desde el siglo XVI (Ardissone, 1937) y según Navarro y González Uriarte (1998), tiene a su vez proyección hacia el futuro. Estos mismo autores sostienen que "todo intento de solución que se quiera dar a los problemas ocasionados por esta alternancia debe ser de tipo regional, considerando las situaciones en ambos extremos y que históricamente se trata de una región agrícola-ganadera", y además que "cualquier obra de endicamiento o embalse a realizar, deberá contemplar la respuesta del sistema subterráneo ante la posibilidad de inversión de su gradiente hidráulico, ya que desde el punto de vista hidrogeológico, el cuerpo lagunar podría llegar a comportarse como influente".

Aspectos Ecológicos

Según IATASA (1994) por su composición química las aguas del sistema son alcalinas, con tendencia a precipitar CO_3Ca y con gradiente salino creciente desde Alsina a Epecuén. Así se distingue un primer grupo integrado por las lagunas Cochicó-Alsina, con aguas de baja salinidad (aproximadamente 1 g/l de residuos sólidos) clasificadas como hipohialinas, de composición bicarbonatada sódica, hemicloruradas, hemisulfatadas y eutróficas. En el segundo

conjunto formado por las lagunas del Monte y del Venado, las aguas son mesohalinas (aproximadamente 5 g/l de residuos sólidos), de composición iónica clorurada sódica, hemibicarbonatada y muy eutróficas. Finalmente el grupo de La Paraguaya y Epecuén presenta aguas hipersalinas (aproximadamente 60 g/l de residuos sólidos), aguas cloruradas sódicas y oligotróficas en lo que respecta a la concentración de clorofila. Por esta razón se distinguen en el sistema tres áreas ecológicas, y en cada una de ellas a su vez se pueden identificar tres zonas concéntricas con caracteres de bioespecifidad singulares, de las cuales la más importante es la que corresponde a la zona central de cada laguna.

La fauna terrestre se compone esencialmente de aves, donde se destaca el Ñandú (*Rhea grande*), y la fauna acuática está representada por más de 100 especies que no se distribuyen en forma homogénea dentro del sistema, respondiendo a variaciones en las características químicas de los cuerpos de agua. La vegetación natural de la planicie alta corresponde a la formación de "monte" que ha sido prácticamente eliminado por incorporación de tierras al cultivo, y en la planicie baja arenosa y en sectores salinizados, predominan herbáceas adaptadas a estas condiciones.

Problemática Geoambiental

La alternancia de períodos secos y húmedos que históricamente afectaron la región, ocasionaron graves daños tanto en la zona rural como en las poblaciones aledañas. Entre 1978 y 1986 las lagunas Epecuén y La Paraguaya tuvieron un crecimiento del espejo de agua del 80% que modificó en forma importante las características del paisaje, y de igual forma el ascenso freático trajo aparejado el desarrollo de nuevos cuerpos lagunares en las zonas más bajas. El hecho más grave se dio en 1985 en el Partido de Adolfo Alsina por la desaparición de la localidad Lago Epecuén, que contaba con una infraestructura turística regionalmente importante, viéndose a su vez afectadas las poblaciones de Carhué y Guaminí, donde diversas construcciones de interés social y económico quedaron bajo agua.

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar aspectos metodológicos que permitan estimar volúmenes vinculados a depresiones topográficas, operando matemáticamente con la matriz numérica que resulta toda imagen raster, en particular aquella asociada a un Modelo Digital de Elevación (MDE) y que representa la topografía de un lugar. Teniendo en cuenta la problemática ambiental asociada a inundaciones que históricamente afectó al sistema de Lagunas Encadenadas del Oeste, es que se eligió la laguna Epecuén como elemento topográfico para el desarrollo metodológico y valoración cuantitativa.

Metodología y Resultados

Cálculo de volumen a partir de un Modelo Digital de Elevación (MDE)

El trabajo comprende dos aspectos fundamentales, uno orientado a calcular la capacidad de almacenamiento de agua de la laguna Epecuén para diferentes cotas, y otro, destinado a definir un modelo matemático que establezca la relación funcional estimada entre el nivel de agua de la laguna y el volumen asociado a ese nivel. La información fue procesada con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) IDRISI Selva y Global Mapper 15. La interacción entre estos softwares, permitió llevar adelante el tratamiento digital del MDE de los cuales se obtuvieron sucesivos Modelos Digitales de Terreno (MDT).

A los efectos de desarrollar el cálculo de volumen como forma demostrativa para un nivel de laguna, se considera un plano superior de laguna de 110 msnm (cota de endorreísmo) y como fondo de la misma, 96 msnm que son los correspondientes al MDE disponible del sector (Fig. 4). Con el propósito de llevar adelante el tratamiento digital, un Modelo Digital de Elevación (MDE) SRTM del sector de la laguna Epecuén y su entorno, cuya resolución espacial es de 90

por 90 metros, fue recortado mediante el software Global Mapper (Fig. 5). De esta manera toda la información digital topográfica se circunscribió al área de análisis.

Figura 4.

Esquema representativo de aspectos geométricos considerados para el cálculo de volumen a partir de un MDE. *Z=0 plano del nivel del mar; Z_{di}: Nivel digital de un píxel cualquiera i asociado a la altura respecto del nivel del mar. Z_{pb}: Nivel digital del píxel correspondiente a la altura del plano base de la depresión respecto del nivel del mar. Z_p: Profundidad de la depresión. Ps: Plano Superior; P_b: Plano de base; BL: Borde de laguna; V_d: Volumen diferencial.*

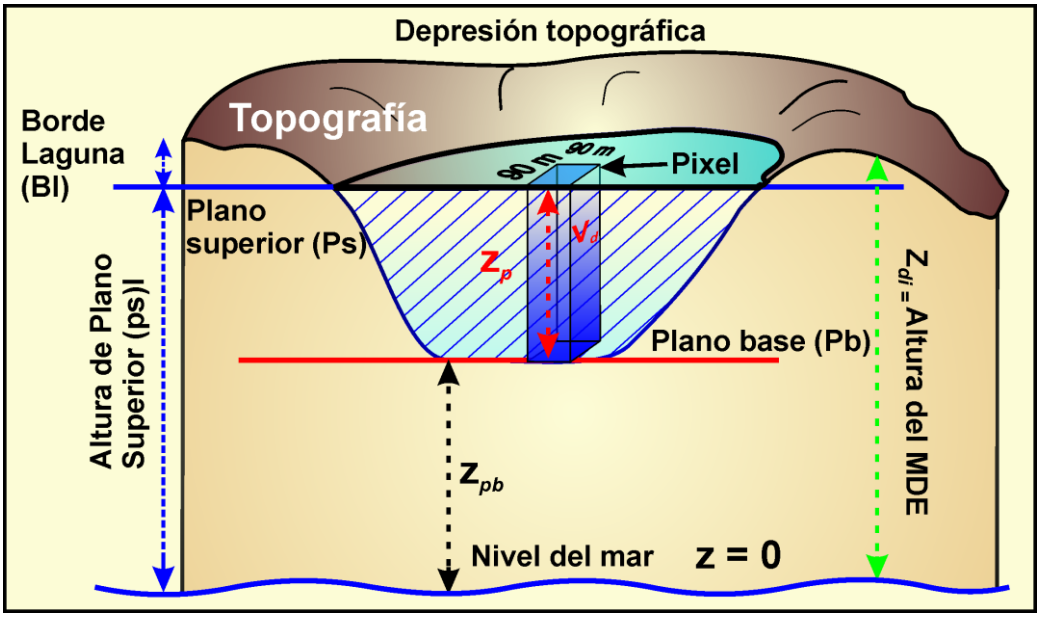
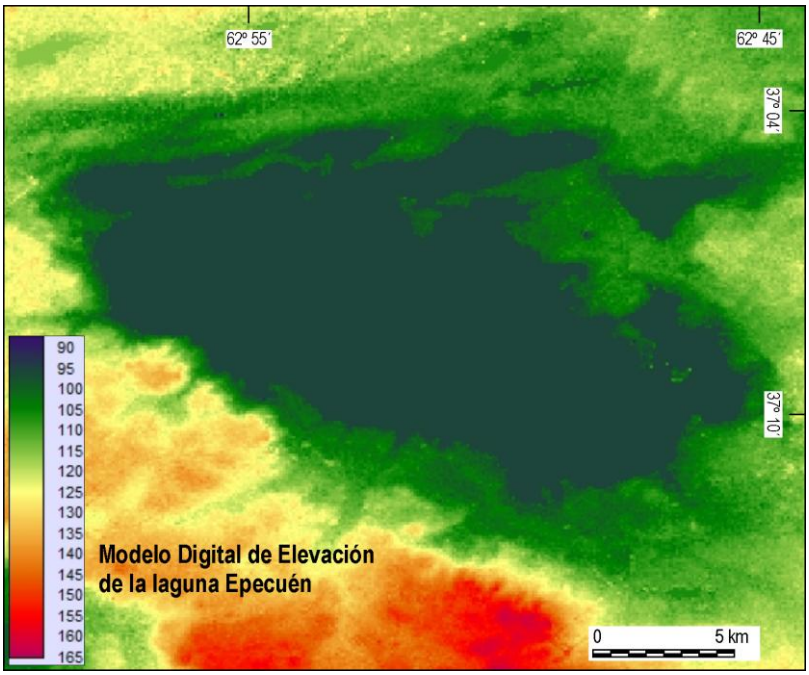


Figura 5.

Altimetría del área de la laguna Epecuén. Niveles visuales (NV) de tonalidades azuladas asociadas a las mínimas cotas, NV de tonalidades rojizas asociados a las máximas elevaciones del sector.

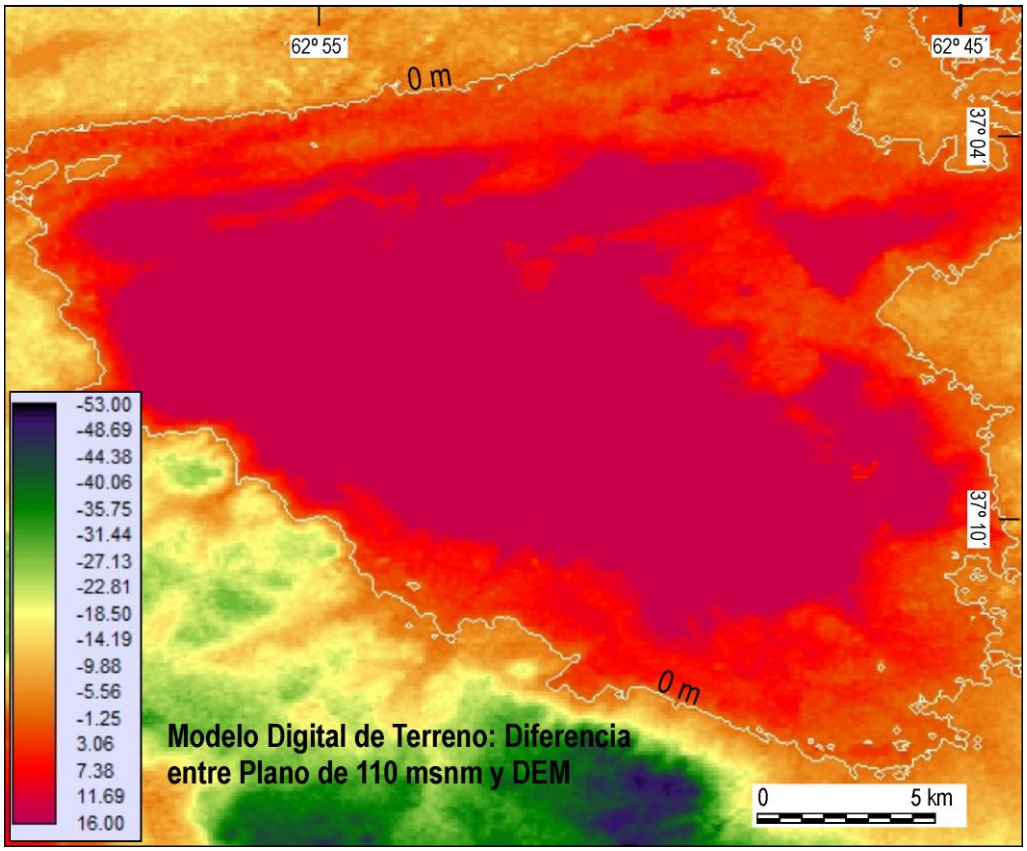


Operadores del SIG

IDRISI permitieron desarrollar la Figura 6 en la que se representa el MDT obtenido a partir de la diferencia entre el plano superior de la laguna considerado (110 msnm) y la base (96 msnm). Este MDT es una nueva imagen en la que los valores positivos representan la profundidad de la laguna, en tanto que los valores negativos se asocian a la topografía que se encuentra por encima de los 110 msnm. La isolínea de cero representa el borde de laguna.

Figura 6.

Modelo Digital de Terreno en el que se delimita los Niveles Digitales (ND) de la laguna y los topográficos de su entorno. ND > 0, profundidad de la laguna; ND < 0, entorno topográfico. La isolínea blanca (borde de valor 0) representa el límite de la laguna asociado a la cota de 110 msnm.



A partir de la imagen anterior, se obtiene un nuevo MDT (Fig. 7) en el que todos los valores negativos son reclasificados a cero, y en consecuencia todos los ND mayores que cero representan la profundidad de la laguna para un plano superior de 110 msnm. Del análisis de esta imagen surge que a cada uno de los pixeles, cuya superficie es de 8100 m^2 (90 x 90 m), se le asocia la profundidad correspondiente, dada por el ND. Luego, al multiplicar ese ND por la correspondiente profundidad, se obtiene un nuevo MDT en el que se representa el volumen diferencial de cada píxel (Fig. 8).

La integración de estos volúmenes diferenciales mediante una sumatoria, tal como lo muestra la Tabla I, condujo a la estimación de la capacidad de almacenamiento entre la cota de 110 msnm y el plano de fondo definido por el MDE en 96 msnm.

La Tabla II muestra los volúmenes totales calculados de igual forma cada 1 m, desde la cota 110 msnm hasta 97 msnm.

Cano, M. y Navarro, E. 2014. Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 30. pp. 384-396. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 7.

Modelo Digital de Terreno que representa estrictamente la profundidad de la laguna. En negro el entorno de la laguna (ND = 0), tonalidades restantes, representan los NV de los ND > 0. Se circunscribe el límite de la laguna (asociado a la cota de 110 msnm) y sus profundidades. Tonalidades rojizas más profunda; tonalidades azuladas más somera.

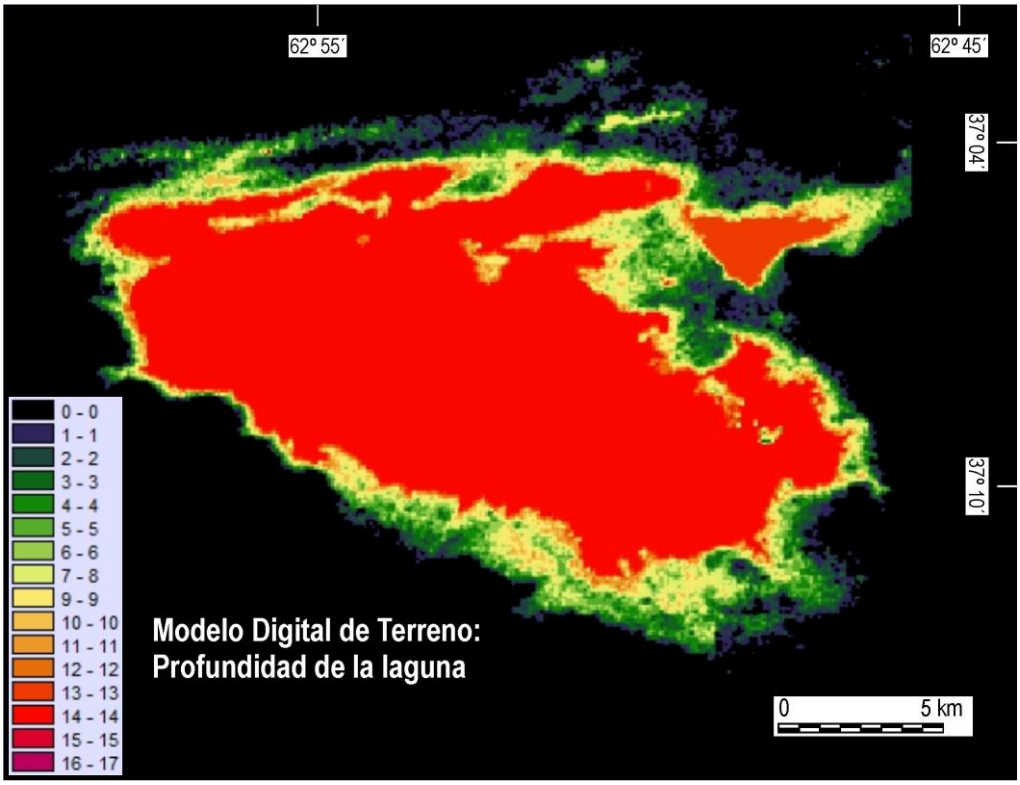


Figura 8.

Modelo Digital de Terreno en el que los NV representan ND de los valores de volumen diferencial de la laguna para cada una de las profundidades, respecto de la cota de 110 msnm.

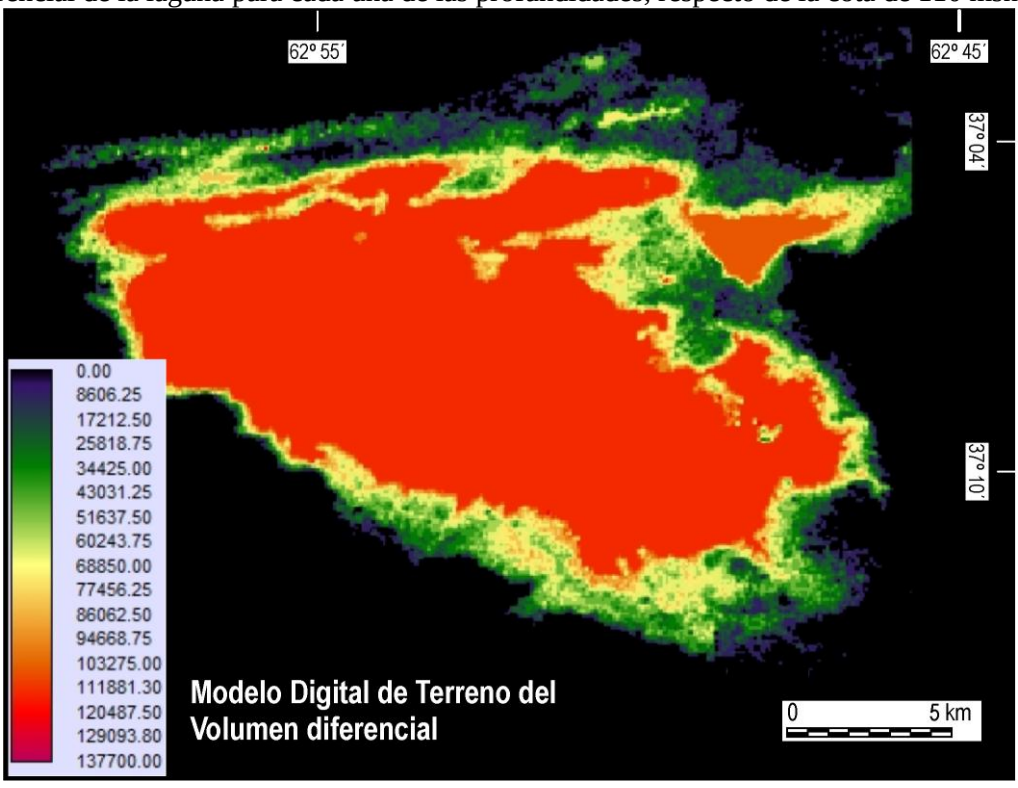


Tabla I.

Volumen Total de la laguna Epecuén para la cota 110 msnm.
VD: Volumen Diferencial; NP: Número de Pixeles; VP: Volumen Parcial.

VD (m^3)	NP	VP (VD x NP)
8100	2224	18014400
16200	2219	35947800
24300	2186	53119800
32400	1875	60750000
40500	1746	70713000
48600	1650	80190000
56700	1753	99395100
64800	1674	108475200
72900	1585	115546500
81000	1211	98091000
89100	839	74754900
97200	581	56473200
105300	1073	112986900
113400	21627	2452501800
121500	14	1701000
129600	6	777600
137700	2	275400
	Volumen Total	**3439713600 m^3**

Tabla II.

Volumen Total o capacidad de almacenamiento de agua correspondiente a cada cota de la laguna Epecuén. Cálculo realizado cada 1 m desde la cota 110 msnm, correspondiente al límite de endorreísmo de la cuenca, hasta 97 msnm.

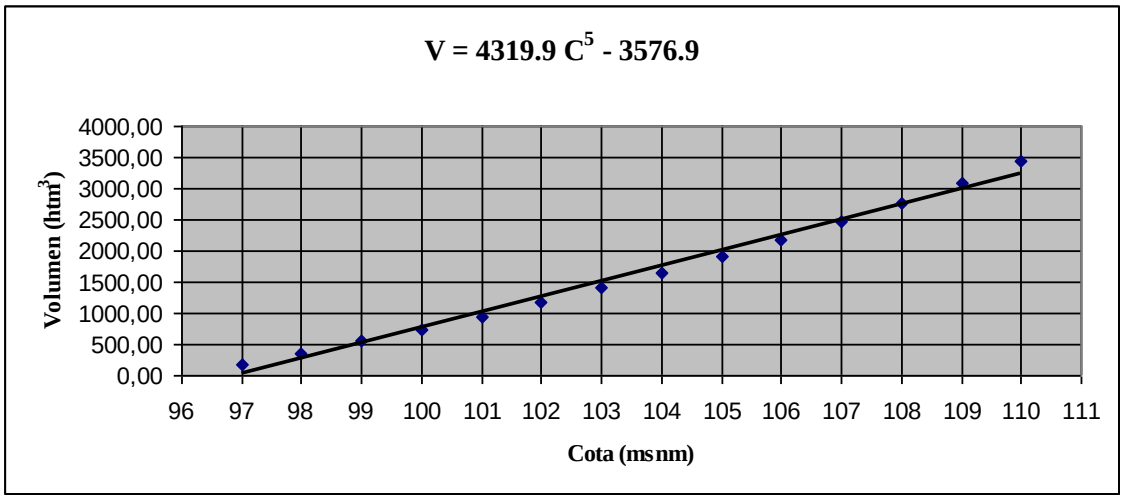
Cota (msnm)	Volumen Total (m^3)
110	3439713600
109	3097367100
108	2773035000
107	2466676800
106	2178025200
105	1904561100
104	1645239600
103	1399283100
102	1167525900
101	949328100
100	743968800
99	548418900
98	359664300
97	175616100

Cano, M. y Navarro, E. 2014. Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 30. pp. 384-396. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Modelo Matemático

Sobre la base de esta metodología, se calcularon los volúmenes de almacenamiento (V) cada metro creciente del nivel o cota (C) de la laguna Epecuén, desde los 96 msnm (altura del pelo de agua), hasta los 110 msnm. El ploteo de ambas variables (V vs. C) permitió observar que las mismas se vinculan de una forma creciente positiva. De esta manera, se procedió a desarrollar una función de regresión que mejor ajuste esa relación. La función exponencial vinculada a la formula $V = 4319.9C^5 - 3576.9$, resultó en primera instancia el mejor ajuste con un R^2 muy significativo de 0.9992 (Fig. 9). No obstante, y en virtud de que se trata de un análisis de regresión sin réplica, se efectuó un análisis la distribución de los errores. Estos resultan de relacionar la diferencia entre el valor de de Volumen Observado (VO) y Volumen Estimado (VE) respecto del valor de VO, para cada valor C de altura (Tabla III). Surge entonces que si bien todos estos valores tienen una media cercana a cero (0.019), cumpliendo con uno de los postulados de la distribución de errores, el valor asociado a la cota de 97 msnm supera ampliamente las tres desviaciones estándar (0,212). Por esta razón, el mismo puede ser considerado un valor anómalo "outlier" (Steel y Torrie, 1985) y ser descartado del análisis a los efectos de obtener una función de mejor ajuste. Una nueva fórmula fue obtenida, **$V = 4345.3C^5 - 3611.5$**, con una correlación muy importante, $R^2 = 0.9992$ (Fig. 10). Los errores determinados muestran una distribución cercana a cero, resultando el asociado a 98 msnm el más alto. Si bien supera las tres desviaciones estándar (0.120), la proximidad a ese valor no justifica su eliminación (Tabla IV).

Figura 9.
Función de regresión que relaciona el Volumen de almacenamiento de agua (V) vs. Cota (C) de la laguna Epecuén.



Cano, M. y Navarro, E. 2014. Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 30. pp. 384-396. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Tabla III.

Cálculo de Volumen Estimado y Error para la función: $V = 4319.9\ C^5 - 3576.9$. El Error resulta de la diferencia entre el valor de Volumen Observado (VO) y el Volumen Estimado (VE) respecto del valor de VO, para cada valor de Cota (C). Resaltado en color rojo se encuentra el Error correspondiente a la cota 97 msnm, considerado "outlier".

Cota (msnm) (C)	**Volumen Observado (hmt^3) (VO)**	**Volumen Estimado (hmt^3) (VE)**	**Error (VO – VE / VO)**
110	3434,7483	3380,34215	**0,015839924**
109	3097,3671	3069,80162	**0,008899648**
108	2773,035	2770,45036	**0,000932062**
107	2466,6768	2481,98322	**-0,006205281**
106	2178,0252	2204,10067	**-0,011972071**
105	1904,5611	1936,50872	**-0,01677427**
104	1645,2396	1678,91887	**-0,020470741**
103	1399,2831	1431,04807	**-0,022700891**
102	1167,5259	1192,61866	**-0,021492253**
101	949,3281	963,358315	**-0,014779101**
100	743,9688	743	**0,001302205**
99	548,4186	531,281917	**0,031247451**
98	359,6643	327,94745	**0,088184593**
97	175,6161	132,745118	**0,244117609**
		Media	***0,019723492***
		Desvío Estándar	***0,070879481***
		3 Desvío Estándar	***0,21263844***

Figura 10.

Función de regresión corregida que relaciona el Volumen de almacenamiento de agua (V) vs. Cota (C) de la laguna Epecuén. Se descarta el valor "outlier" correspondiente a la cota 97 msnm.

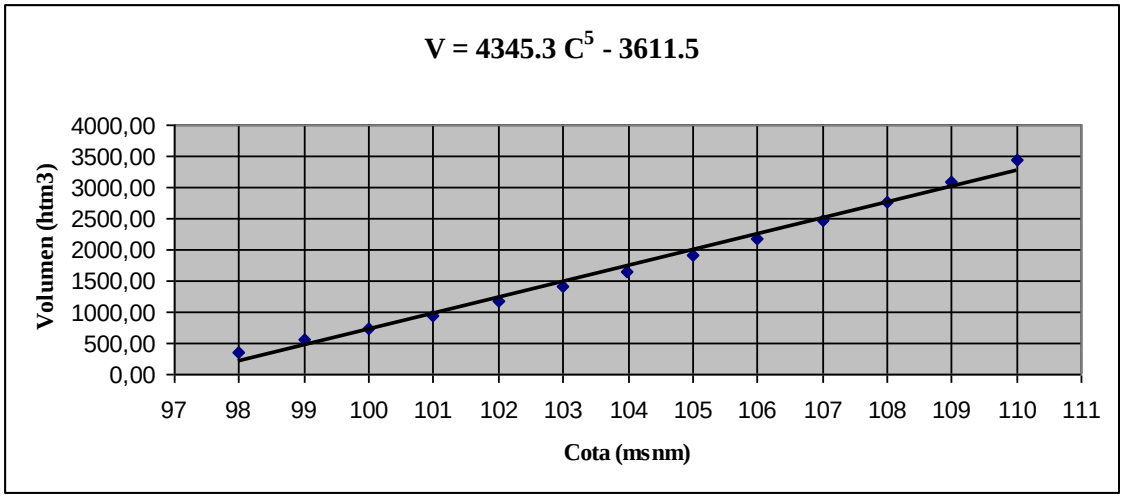


Tabla IV.

Cálculo de Volumen Estimado vs. Cota y Error según Volumen Observado, para la función corregida $V = 4345.3\ C^5 - 3611.5$.

Cota (msnm) (C)	**Volumen Observado (hmt^3) (VO)**	**Volumen Estimado (hmt^3) (VE)**	**Error (VO – VE / VO)**
110	3434,7483	3386,6491	**0,014003704**
109	3097,3671	3074,28267	**0,00745292**
108	2773,035	2773,17129	**-0,0000491491**
107	2466,6768	2483,00804	**-0,006620744**
106	2178,0252	2203,4916	**-0,011692428**
105	1904,5611	1934,32627	**-0,015628364**
104	1645,2396	1675,22186	**-0,018223642**
103	1399,2831	1425,89364	**-0,019017263**
102	1167,5259	1186,06231	**-0,015876662**
101	949,3281	955,453971	**-0,006452849**
100	743,9688	733,8	**0,013668315**
99	548,4186	520,837064	**0,050292853**
98	359,6643	316,307038	**0,12054925**
		Media	***0,00864661***
		Desvío Estándar	***0,03866555***
		3 Desvío Estándar	***0,115996644***

Discusión

El empleo de MDE combinado con el tratamiento digital de los mismos, constituyen elementos eficaces para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas, permitiendo luego llegar a relaciones funcionales que facilitan la obtención confiable de los mismos. En particular para el ejemplo de la laguna Epecuén, el valor de volumen calculado a partir del tratamiento digital del MDE del área, entre la máxima cota considerada (110 msnm) y plano inferior de 96 msnm, resulta semejante al obtenido por Navarro y González Uriarte (1997), a partir del análisis cartográfico de este mismo sector. El máximo volumen (aunque tomando como plano de fondo los 97,5 msnm) estimado por estos autores resultó de 2874 hm^3, en tanto que desde lo digital alcanzó los 3439,7 htm^3. Los cálculos realizados desde el tratamiento digital, muestran una disminución lógica, progresiva, desde los 110 msnm hasta alcanzar en la cota de 97 msnm un valor de 1756,1 hm^3, que resulta entre un 5% y un 10% respecto del máximo calculado. Del análisis de los errores derivados de la función de estimación, los mismos resultan tener un comportamiento dispar en las cotas extremas, respecto de las intermedias. Mientras que en los valores bajos y altos de los niveles de la laguna esta función subestima el volumen, en la parte central los sobreestima. De la misma forma, los módulos de estos valores resultan significativamente altos para los niveles más bajos, y relativamente bajos para las cotas intermedias y altas (Fig. 11). Cabe destacar igualmente el buen ajuste logrado por la función de regresión obtenida, reflejado por la proximidad de las curvas correspondientes a Volumen Observado y Volumen Estimado (Fig. 12).

Figura 11.
Distribución de los Errores calculados para la función V = 4345.3C^5 - 3611.5.

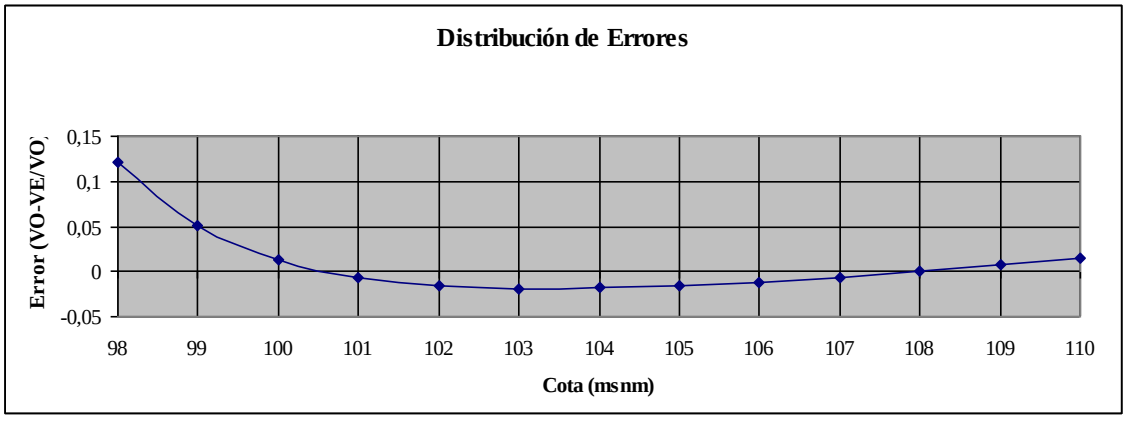
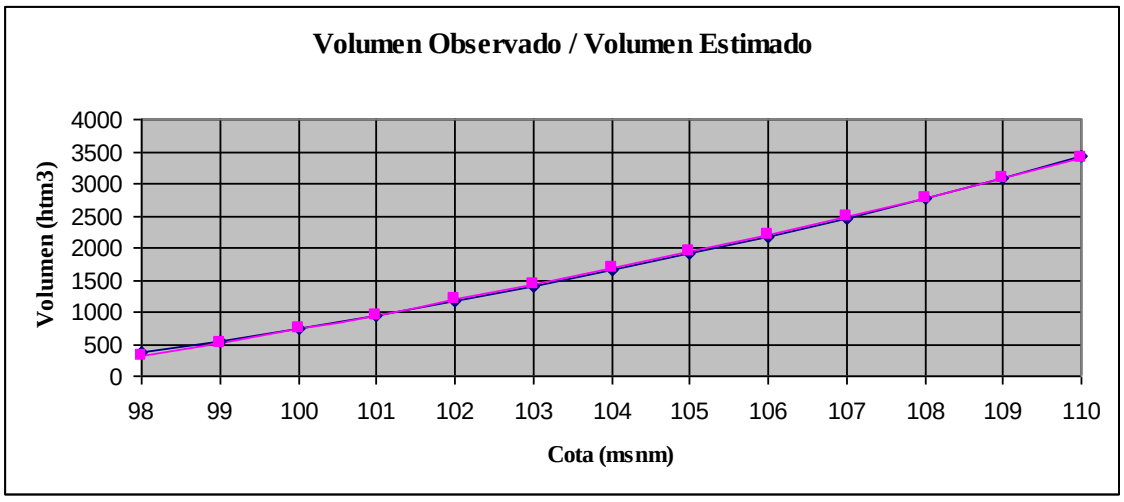


Figura 12.
Volúmenes Observados (línea azul) y Estimados (línea rosa) vs. Cota, para la laguna Epecuén.



Bibliografía

ARDISSONE, R.. *Las precipitaciones pluviales en la zona de Buenos Aires desde el siglo XVI hasta 1821*. Buenos Aires: Anales de la Sociedad Argentina de los Estudios Geográficos, 1937, tomo V, pp. 115-211.

BURGOS, J. y VIDAL, A.. *Los climas de la República Argentina según nueva clasificación de Thorntwaite.* Buenos Aires: Revista Meteoros, 1951, Año1, N° 1.

GONZALEZ URIARTE, M. y NAVARRO, E.. *Caracterización Geomorfológica de la Cuenca de las Lagunas Encadenadas del Oeste, Provincia de Buenos Aires*. Junín, IV Jorn. Geol. Bon., 1995, Actas: 205-213.

IATASA. *Estudio de Sistematización de la Cuenca del Río Salado 1° etapa: Plan Director para la Cuenca de las Lagunas Encadenadas de Oeste y Cuenca Superior del Arroyo Vallimanca.* Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires: 1994, Etapa 1ra, Informe final, Vol. II: Informe General, TI.

NAVARRO, E. y GONZALEZ URIARTE, M.. *Estimación de las superficies de inundación y*

Cano, M. y Navarro, E. 2014. Empleo de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para el cálculo de volúmenes de depresiones topográficas: Aplicación al caso Lagunas Encadenadas del Oeste. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 30. pp. 384-396. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

del espacio disponible para la acumulación de agua, Laguna Epecuén y La Paraguaya. (Hoja I.G.M 3763-22). Curitiba, Brasil: VI Congresso Brasileiro da ABEQUA e Reunião sobre o Quaternario da America do Sul, Res. Expandidos: Tema: Quat. y Med. Amb., 1997, Actas: 362-366.

NAVARRO, E. y GONZALEZ URIARTE, M.. *Geomorfometría aplicada a la gestión hídrica del ecosistema de las Lagunas Encadenadas del Oeste.* Jujuy: Revista del Instituto de Geología y Minería, 1998, Vol. 12, N°1, pp. 35.

STEEL, R. y TORRIE, J.. *Bioestadística, principios y procedimientos*. 2da Edición (1ra en Español), edit. McGraw-Hill, 1985, pp: 231-262.

VAN WAMBEKE, A. y SCOPPA, C.. *Las taxas climáticas de los suelos argentinos.* Buenos Aires: I.N.T.A., 1976, R.I.A., Serie 3, Vol. XIII, N°1, pp. 39.

Cifuentes, O. y Bonzini, M. 2014. TIG´s como Herramientas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 31. pp. 397-413. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

TIG´s como Herramientas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos

Olga Cifuentes[1]
Marcio Bonzini[2]

Resumen

A partir del reclamo de vecinos de Monte Hermoso (Provincia Buenos Aires, Argentina), que argumentaban la reducción de la laguna Sauce Grande (aguas abajo del río homónimo), surgen como objetivos: 1) Calcular el porcentaje de merma del espejo de agua de la laguna, desde el 2002 al 2014; 2) Identificar, para el mismo período, los usos del Río Sauce Grande aguas arriba de la laguna y el avance de emprendimientos clandestinos sobre este recurso. Para lograr el primer objetivo, se utilizó como herramienta el Sistema de Información Geográfica gvSIG y una vez confirmada la reducción de la superficie de agua, se recurrió a tecnologías complementarias de la información geográfica para demostrar el segundo objetivo.
Como resultado, se pudo demostrar que el espejo de agua de la laguna Sauce Grande se redujo un 16,74%, e identificar el avance de riegos por aspersión y endicamientos clandestinos sobre el río que contribuyeron a dicha merma.
El trabajo muestra como las TIG's, sobre todo los SIG, son herramientas prácticas de apoyo a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), los que varían espacial y temporalmente.

Palabras claves: TIG's, Gestión Integrada de Recursos Hídricos, Lagunas.

Abstract

The objectives of this paper arise from a complaint from inhabitants in Monte Hermoso (Buenos Aires province, Argentina) about the reduction in the size of Sauce Grande pond (downstream the homonymous river). They are: 1) to calculate the percentage of decrease in the water surface of the pond from 2002 to 2014; 2) to identify the uses of Sauce Grande River upstream of the pond and the advance of illegal developments on this resource for the same period.
To achieve the first objective, the GIS gvSIG was used as a tool and once the reduction in the surface of the water was confirmed, complementary technologies of geographic information were used to prove the second objective.
As a result, it was proved that the water surface of Sauce Grande pond was reduced in 16,74% and it was possible to show that the increase in sprinkler irrigation and illegal dams on the river have contributed to this decrease.
The paper shows how the TIG's, especially GIS, are practical tools to support Integrated Water Resources Management (IWRM), which vary spatially and temporally.

Key words: TIC's, Integrated Water Resources Management, ponds.

[1] Docente-Investigadora, UTN-FRBB. Bahía Blanca. ocifuentes@speedy.com.ar
[2] Becario BINID. UTN-FRBB. Bahía Blanca. marcio.bonzini@gmail.com

Cifuentes, O. y Bonzini, M. 2014. TIG´s como Herramientas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 31. pp. 397-413. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

En el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (República Argentina) se encuentra uno de los recursos hídricos más importantes a nivel regional, la cuenca del Río Sauce Grande, que abastece de agua potable a Bahía Blanca y Punta Alta (ambas localidades externas a su cuenca). Vecinos de Monte Hermoso, localidad próxima a la laguna Sauce Grande (aguas debajo del río homónimo), comenzaron a reclamar argumentando que el espejo de agua de la misma se estaba reduciendo. Esta teoría fue fortalecida con lo enunciado por el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), respecto a que no solo había decrecido, sino que algunas de las boyas y sensores de medición instalados por este organismo habían quedado enterrados en la arena (La Nueva Provincia, 2013).

Debido a esta situación y a la sospecha de extracciones clandestinos para riego, ya en el año 2012, el Municipio de Monte Hermoso había solicitado la intervención de la Autoridad del Agua (ADA) y del Comité de Cuenca del Sauce Grande. A más de un año de la apertura de un expediente, el ADA no se había pronunciado respecto a si la baja en la cota de la laguna se debía a causas naturales, o al uso clandestino del recurso para riego.

A partir de la problemática mencionada, surgieron como objetivos de investigación:

- Determinar el porcentaje de merma del espejo de agua de la laguna Sauce Grande, desde el año 2002 al 2014.
- Identificar para el mismo período, los usos que se hacen del Río Sauce Grande aguas arriba de la laguna y el avance de emprendimientos clandestinos sobre el mismo.

Para ello se utilizaron tecnologías de información geográfica (Imágenes Satelitales, Sistema de Información Geográfica, etc.), que permiten evaluar las condiciones ambientales de la cuenca que es utilizada para abastecimiento de agua a poblaciones e industrias, riego y uso recreativo en la laguna Sauce Grande, como herramienta de apoyo a una gestión integrada del recurso.

Área de Estudio

La cuenca del Río Sauce Grande tiene sus nacientes en el sistema de las Sierras Australes también conocidas como Sierras de la Ventana. Estas sierras forman la mayor divisoria de aguas del Suroeste de la Provincia de Buenos Aires. Las mismas dan origen a ríos y arroyos que forman cuencas exorreicas con desembocadura en el Océano Atlántico y endorreicas hacia el Oeste. La cuenca del Río Sauce Grande, nace en el cordón de Ventana y drena las laderas orientales recibiendo varios afluentes del cordón de las Tunas y Pillahuinco. El río ingresa en la llanura con dirección norte-sur y recibe pocos afluentes sobre la margen derecha, discurriendo por una amplia llanura para desembocar en el mar.

Esta cuenca posee tres partes o secciones diferenciadas, que fueron digitalizadas tomando en cuenta las divisorias de aguas, para luego obtener sus áreas mediante la herramienta para el cálculo de geometrías de gvSIG. De esta manera se obtuvo que, la cuenca alta que cierra a la altura del dique Paso de las Piedras, inmediatamente aguas abajo de recibir el afluente El Divisorio, abarca unos 1530 km^2; la cuenca media considerada desde el punto anterior hasta la altura del paralelo 38º 50' cuenta con unos 760 km^2, y la cuenca baja, desde la altura de dicho paralelo hasta su desembocadura en el Atlántico, posee un área de 450 km^2.

El caudal módulo (promedio plurianual) del Río Sauce Grande, obtenido a partir de análisis estadísticos, es de aproximadamente 4,54 m^3/seg (Schefer, 2004).

Cifuentes, O. y Bonzini, M. 2014. TIG´s como Herramientas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 31. pp. 397-413. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

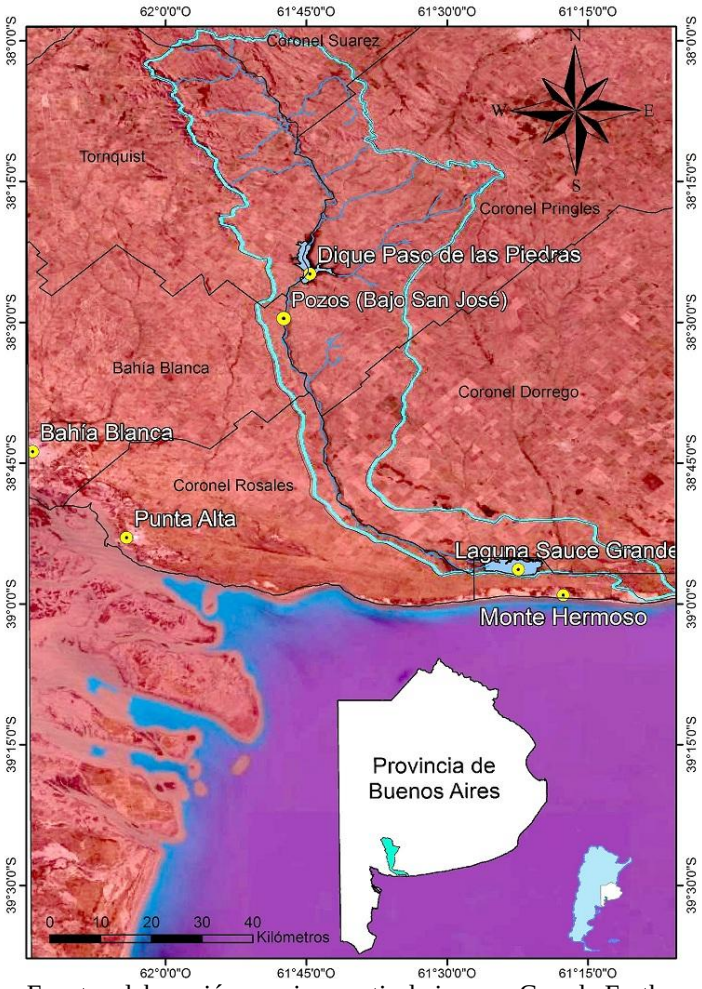
Por sus características climatológicas el suroeste de la Provincia de Buenos Aires queda comprendido en la faja zonal de los climas templados, con temperaturas comprendidas entre 14 ºC y 20 ºC, con estaciones térmicas bien diferenciadas. Las lluvias, otorgan un carácter subhúmedo a esta variedad de clima templado, denominado también de transición (Campo de Ferreras *et al.*, 2004).

En la cuenca del Río Sauce Grande, aplica la Ley Provincia Buenos Aires Nº12.257 denominada Código de Aguas, que crea la Autoridad del Agua (ADA), que según Artículo Nº4, inciso C, tiene como objetivo "reglamentar, supervisar y vigilar todas las actividades y obras relativas al estudio, captación, uso, conservación y evacuación del agua".

Además, en su Artículo N°121 incorpora la figura de los Comités de Cuencas Hídricas, encargados de articular y ejecutar las acciones esenciales para lograr un uso eficiente, racional y responsable del recurso hídrico. En particular, el Comité de la Cuenca Hídrica del Río Sauce Grande está conformado por los partidos de Tornquist, Coronel Suárez, Coronel Pringles, Coronel Dorrego, Monte Hermoso, Bahía Blanca y Coronel Rosales.

En Figura 1 se observa la localización de la cuenca del Río Sauce Grande, en la Provincia de Buenos Aires (República Argentina), los partidos que la conforman y las ciudades extracuenca de Bahía Blanca y Punta Alta que se abastecen de ella.

Figura 1.
Ubicación cuenca del Río Sauce Grande.



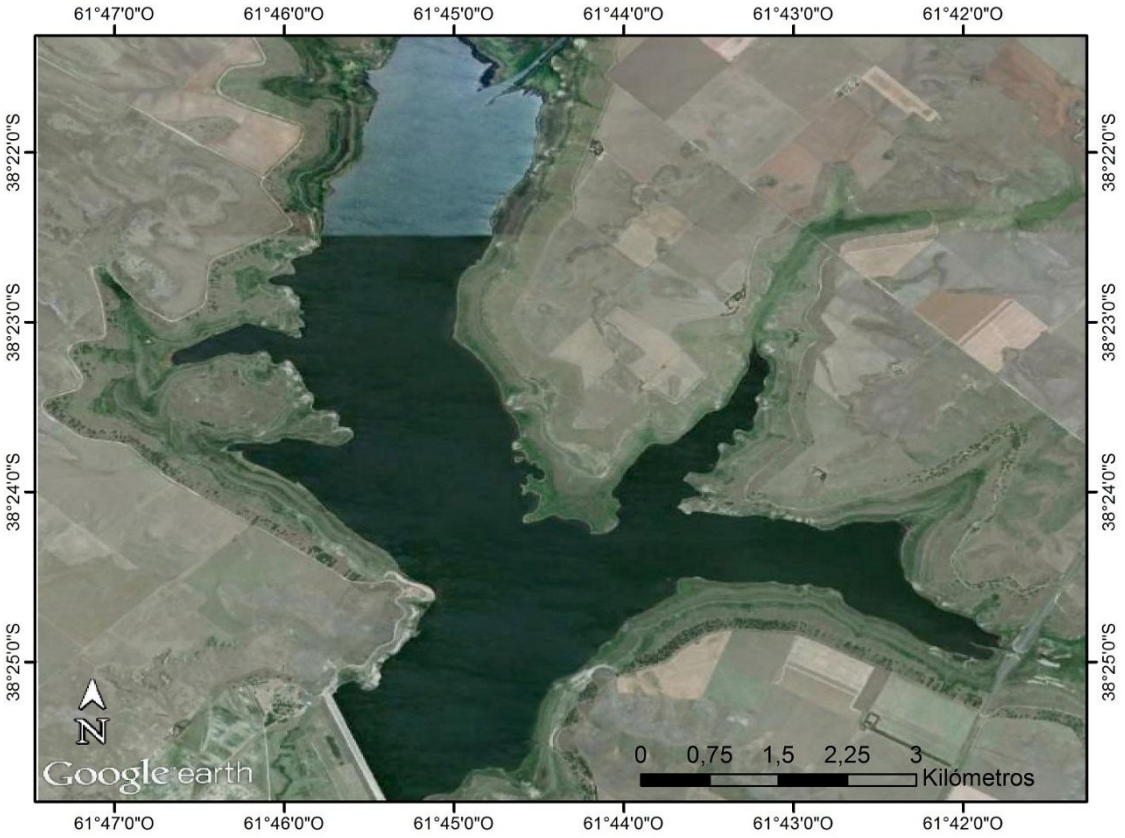
Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Cifuentes, O. y Bonzini, M. 2014. TIG´s como Herramientas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 31. pp. 397-413. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Usos del recurso hídrico en la cuenca del Río Sauce Grande

A comienzos de la década de 1970 se construyó en la cuenca alta del Río Sauce Grande, el Dique Paso de las Piedras (Figura 2), que constituye en la actualidad la principal fuente de abastecimiento de agua para las ciudades de Bahía Blanca (incluido General Cerri, Polo Petroquímico y Área Portuaria) y Punta Alta, ambas localizadas fuera de dicha cuenca. En la Tabla I se muestra la proyección de población para dichas ciudades y las demandas de agua requeridas a futuro, de acuerdo al Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA).

Figura 2.
Dique Paso de las Piedras.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Tabla I.
Proyección de las poblaciones y demandas para Bahía Blanca, General Cerri y Punta Alta.

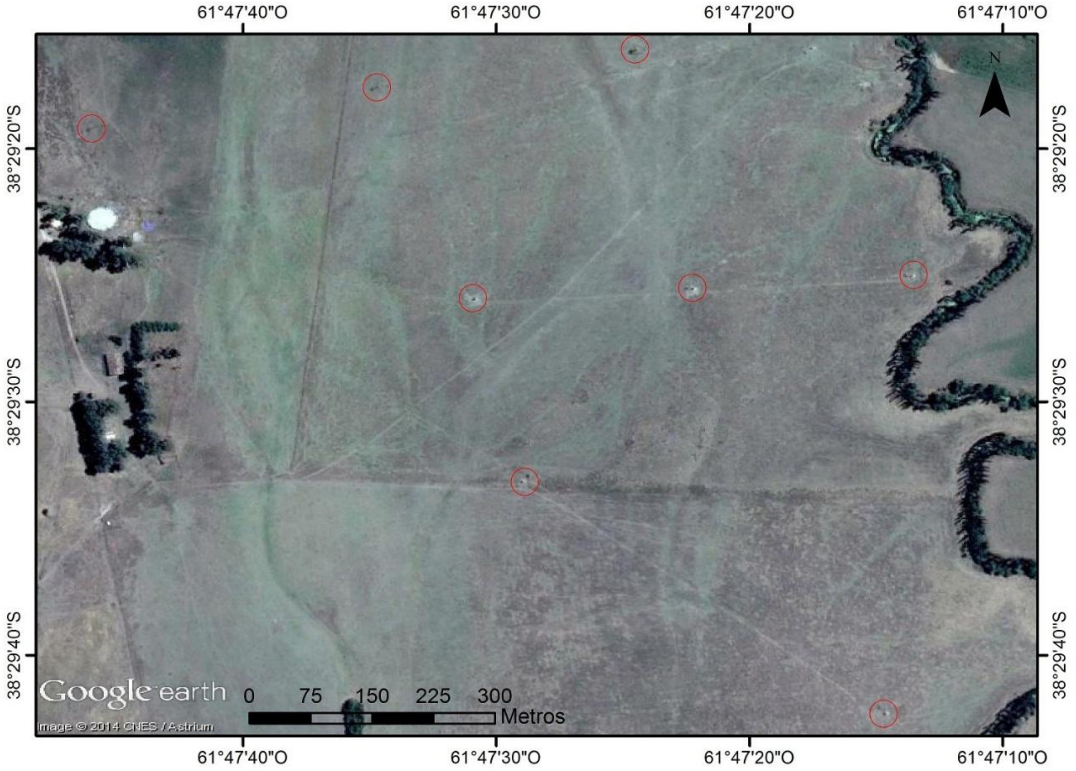
Localidades Abastecidas	Poblaciones Proyectadas				Caudales Determinados			
	Año (hab.)				Caudal 2010	Caudal 2020	Caudal 2030	Caudal 2040
	2010	2020	2030	2040	l/s	l/s	l/s	l/s
Bahía Blanca	283527	296695	310475	324895	1837,67	1923,02	2012,34	2105,8
Punta Alta	57975	58681	59325	59910	328,79	332,8	336,45	339,77
General Cerri	7063	7843	8709	9670	40,04	44,48	49,39	54,84
Demanda Industrial					477,01	650,12	886,05	1207,59
Total	348565	363219	378509	394475	2683,51	2950,42	3284,23	3708

Fuente: ENOHSA (2003).

El embalse, además del uso prioritario de abastecimiento, se utiliza para pesca deportiva, deportes náuticos, entre otros. Debido a las sequias y según muestran las imágenes, a partir del año 2009, se ha recurrido a la exploración y perforación de pozos en el Bajo San José sobre la vera del Río Sauce Grande, aguas abajo del Dique Paso de las Piedras (Figura 3) y en la zona de

Cabildo, así como a la evaluación de otras fuentes complementarias de abastecimiento fuera del área de la cuenca de estudio.

Figura 3.
Pozos en la zona del Bajo San José.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Además, a lo largo de toda la cuenca, las imágenes satelitales permiten identificar el avance en el tiempo de usos clandestinos del recurso para riego. Por último, aguas abajo de la cuenca, la laguna Sauce Grande es adoptada por la población para usos recreativos y de pesca deportiva.

Reducción de la laguna Sauce Grande

Para poder cuantificar la merma del espejo de agua de la Laguna Sauce Grande, fue necesario realizar la descarga desde el servidor del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS-United States Geological Survey), de las imágenes satelitales LandSat 7 y 8 del área de estudio. Posteriormente, se realizó una corrección radiométrica expandiendo el histograma de las imágenes que fueron cargadas en el SIG para poder digitalizar la laguna. A partir de la herramienta para el cálculo de geometrías se obtuvo la reducción del área, para un período de 11 años (Figuras 4a, 4b, 4c).

Dado que la concentración de lluvias en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, se da durante dos estaciones definidas, otoño y primavera; la estación seca a fines del invierno (agosto a mediados de septiembre) y la semiseca a mediados de verano (enero a febrero, con alta evapotranspiración) (Glave, 2006), dichos cálculos se realizaron para visualizar la diferencia entre las distintas estaciones. Se comparó el área del espejo de agua de: agosto 2002 con la de agosto 2013 (estación seca), la de febrero 2003 con la de febrero 2014 (estación semiseca) y la de octubre 2002 con la de noviembre 2013 (estación húmeda), en las fechas que se observan en Tabla II.

Figura 4a.
Reducción de laguna Sauce Grande entre agosto 2002 y agosto 2013 (estación seca).

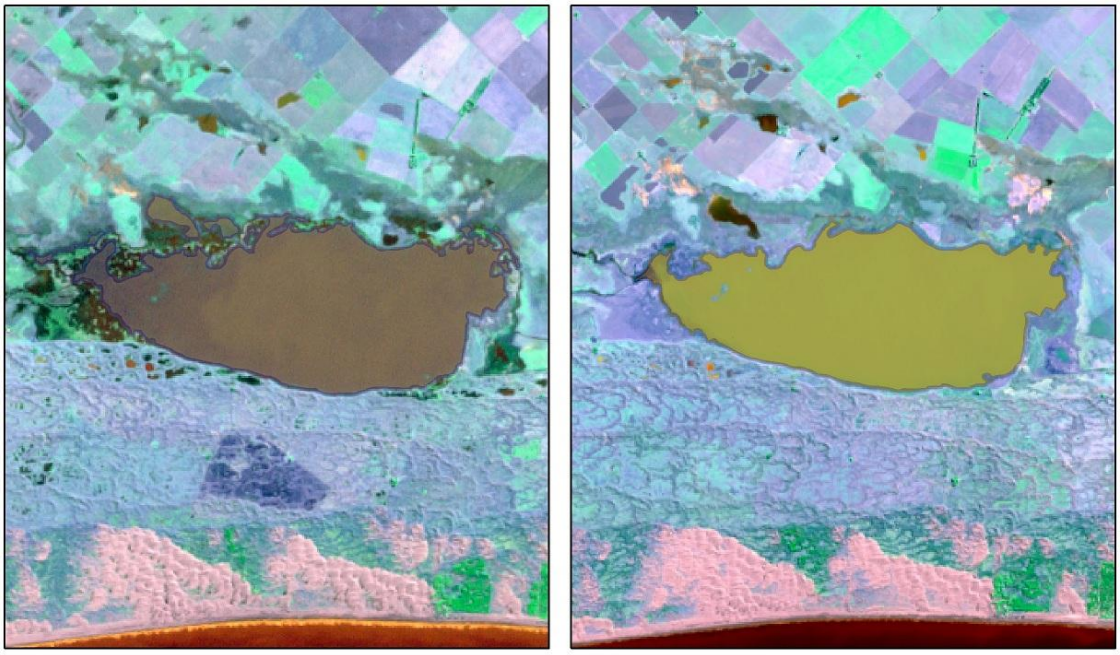


Imagen LandSat 7, RGB 345, del 11-08-2002. Superpuesta con digitalización de la laguna Sauce Grande. Área: 17,19 Km2	Imagen LandSat 8, RGB 456, del 17-08-2013. Superpuesta con digitalización de la laguna Sauce Grande. Área: 15,85 Km2

Figura 4b.
Reducción de laguna Sauce Grande entre febrero 2003 y febrero 2014 (estación semiseca).

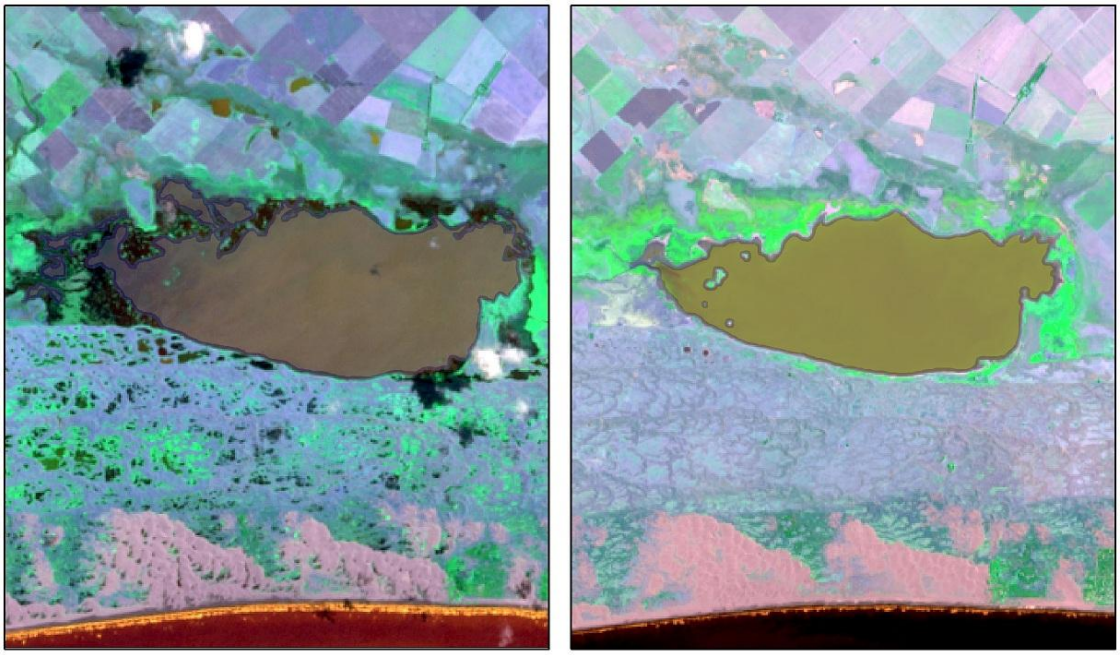


Imagen LandSat 7, RGB 345, del 19-02-2003. Superpuesta con digitalización de la laguna Sauce Grande. Área: 17,38 Km2	Imagen LandSat 8, RGB 456, del 09-02-2014. Superpuesta con digitalización de la laguna Sauce Grande. Área: 14,47 Km2

Figura 4c.
Reducción de la laguna Sauce Grande entre octubre 2002 y noviembre 2013 (estación húmeda).

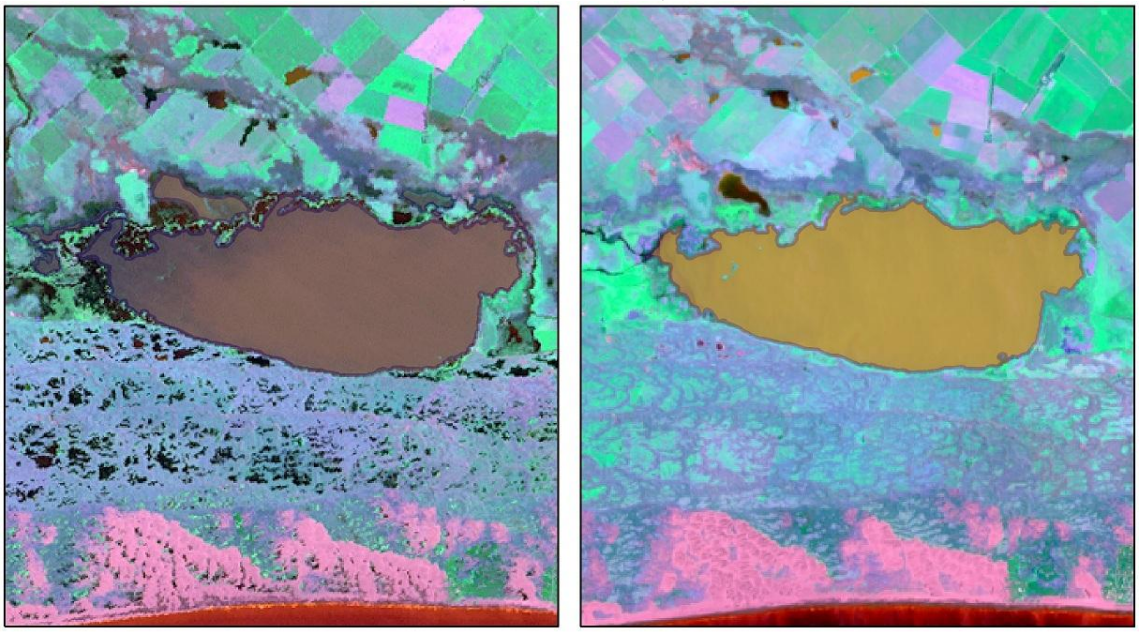


Imagen LandSat 7, RGB 345, del 30-10-2002. Superpuesta con digitalización de la laguna Sauce Grande.
Área: 17,70 Km2

Imagen LandSat 8, RGB 456, del 5-11-2013. Superpuesta con digitalización de la laguna Sauce Grande.
Área: 15,87 Km2

Fuente: elaboración propia a partir de imágenes satelitales LandSat 7 y 8.

Tabla II.
Reducción del espejo de agua de la laguna Sauce Grande para las distintas estaciones.

Fecha	Área (Km2)	Fecha	Área (Km2)	Reducción (Km2)	Porcentaje
11/08/2002	17,19	17/08/2013	15,85	Estación Seca	
				17,19 - 15,85 = 1,34	7,80%
19/02/2003	17,38	09/02/2014	14,47	Estación Semiseca	
				17,38 - 14,47 = 2,91	16,74%
30/10/2002	17,70	05/11/2013	15,87	Estación Húmeda	
				17,70 - 15,87 = 1,83	10,34%

Fuente: elaboración propia.

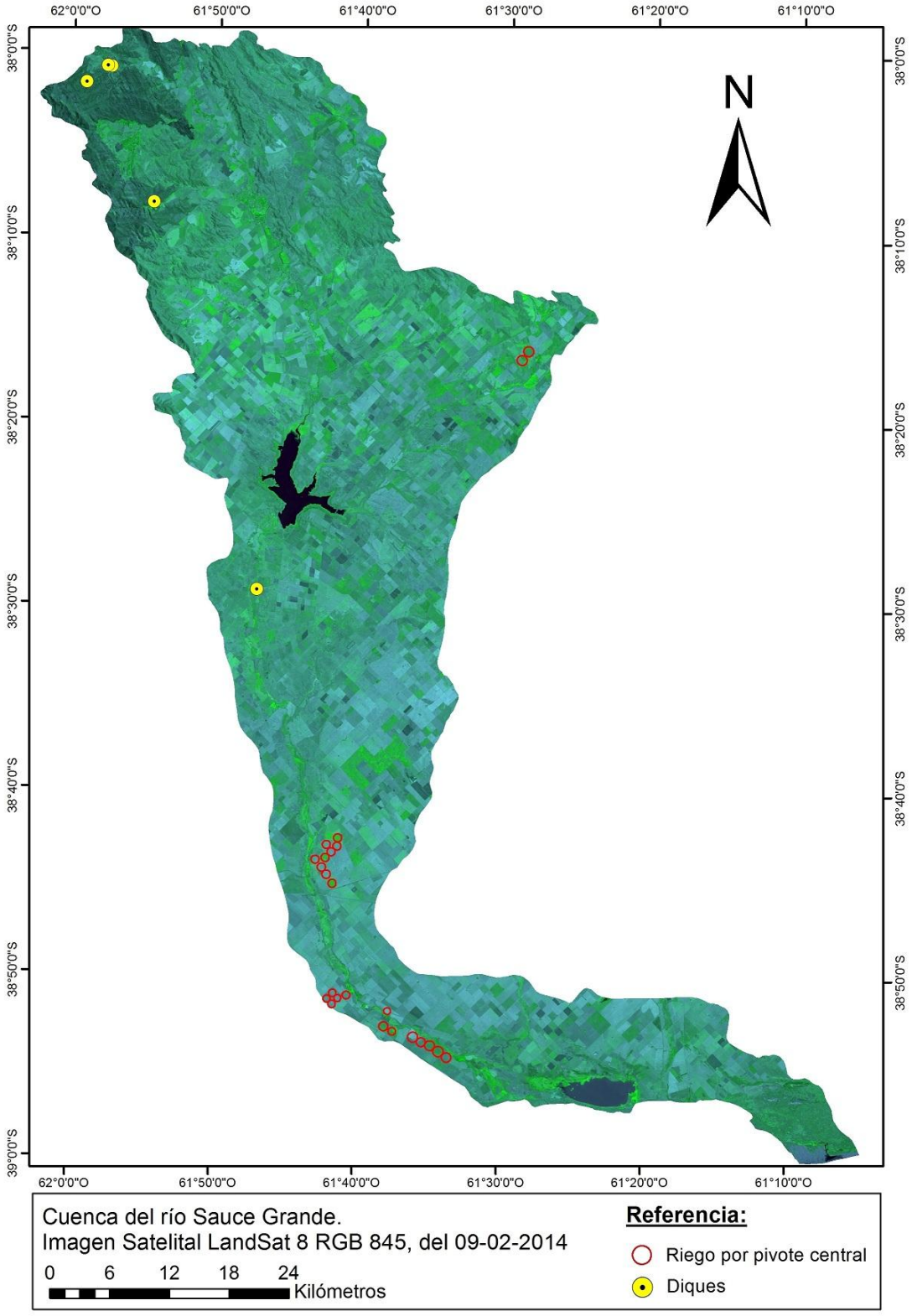
De la Tabla II, surge que para el período de 11 años, la mayor reducción se da para la comparación de las estaciones semisecas, con un 16,74% de merma.

Avances de usos clandestinos

A partir de la evaluación detallada del área de la cuenca del Río Sauce Grande, mediante el uso de imágenes satelitales Ikonos (Google Earth) de alta resolución espacial, se pudo determinar el avance de tomas de agua en la planicie de inundación para riego por aspersión, con agua superficial o subterránea, así como de diques sobre el curso superficial para usos particulares. La mayoría de estos avances, con consecuencias medibles aguas abajo en la reducción del espejo de agua de la laguna Sauce Grande. En la Figura 5, se muestra la extracción por mascara de la cuenca del Río Sauce Grande a partir de una imagen satelital LandSat 8 que abarca el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (Path 226, Row 087), en la cual se muestran los

círculos de las áreas de riego que fue posible localizar en febrero de 2014, así como los diques sobre su cauce.

Figura 5.
Zonas de riego por pivote central.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen satelital LandSat 8.

Comenzando aguas arriba del Dique Paso de las Piedras, en la zona serrana, si se compara para una misma coordenada la imagen del 2003 (Figura 6a) con la imagen del 2011 (Figura 6b), se observa que en la última aparece la construcción de un dique como interferencia del escurrimiento natural del río.

Figura 6a.
Ubicación: 38° 0' 52.69"S 61° 57'44.31"O. Imagen del 30-10-2003.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Figura 6b.
Ubicación: 38° 0' 52.69"S 61° 57' 44.31"O. Imagen del 08-03-2011.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Siguiendo el curso del río, siempre aguas arriba del Dique Paso de las Piedras, a menos de 400 metros hacia el este de la anterior localización, la situación se vuelve a repetir con otro dique, como se puede observar al comparar la imagen del 2003 (Figura 7a) con la del 2011 (Figura 7b).

Figura 7a.
Ubicación: 38° 0' 56.19"S 61° 57' 28.58"O. Imagen del 30-10-2003.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

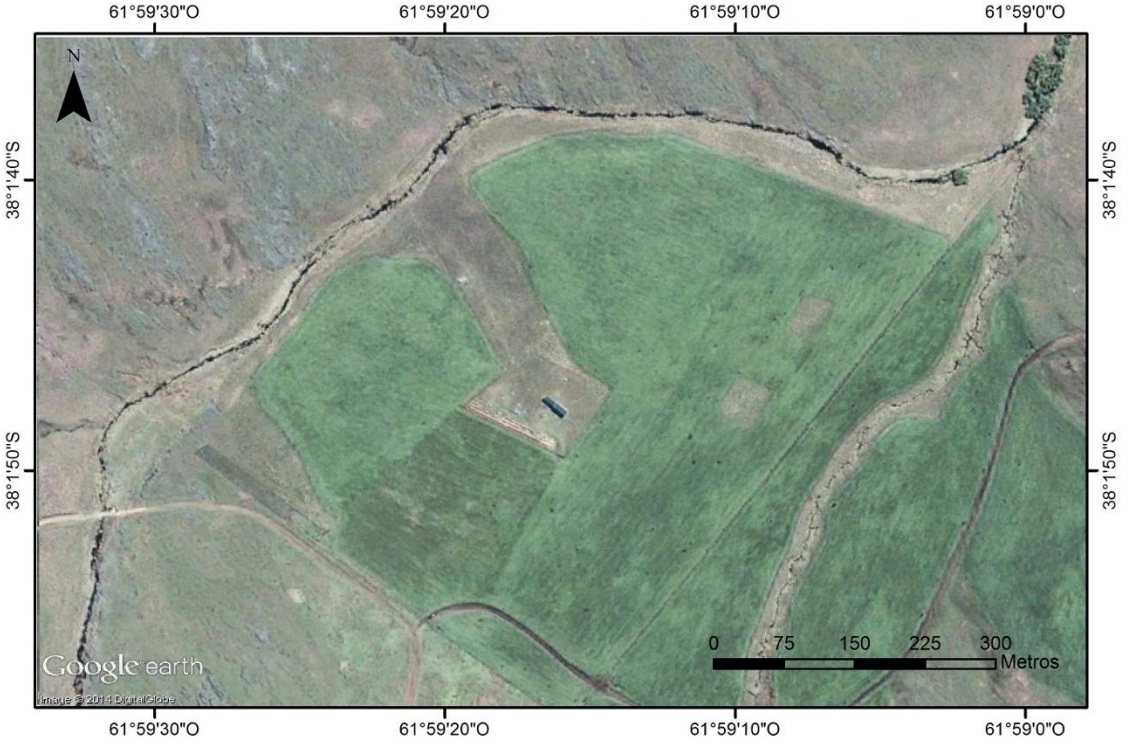
Figura 7b.
Ubicación: 38° 0' 56.19"S 61° 57' 28.58"O. Imagen del 08-03-2011.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

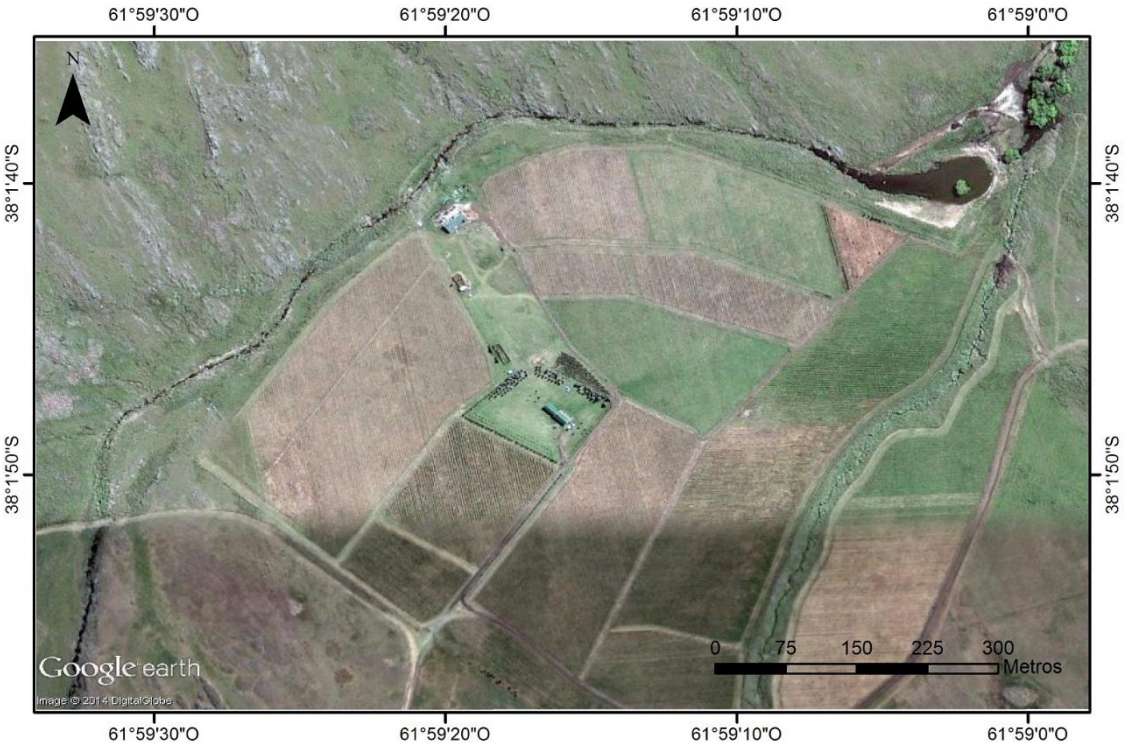
Posteriormente, a 2.5 Km aguas abajo de los diques mencionados y aguas arriba del Dique Paso de las Piedras, se observa la imagen del 2003 (Figura 8a), que en menos de 8 años presentó para el mismo área, una desviación del cauce natural con una acumulación de agua, desde donde se bombea con riego por goteo una plantación vitivinícola de unas 40 hectáreas según imagen del 2011 (Figura 8b). El Código de Aguas en su Artículo 64 establece que: *"Los concesionarios de agua para riego no podrán construir ni mantener represas de agua para bebida ni realizar obras ni plantaciones en los cauces ni en las riberas externas que pudieran causar perjuicios".*

Figura 8a.
Ubicación: 38° 1' 46.79"S 61° 59' 12.10"O. Imagen del 30-10-2003.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

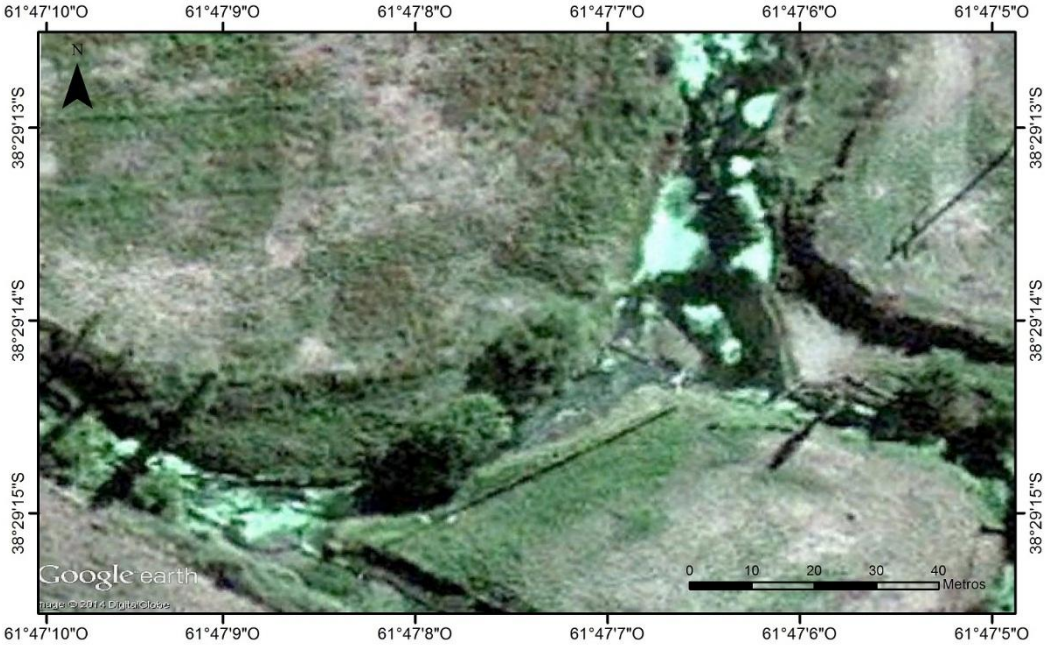
Figura 8b.
Ubicación: 38° 1' 46.79"S 61º 59' 12.10"O. Imagen del 08-03-2011.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Avanzando en el sentido de circulación de las aguas, la Figura 9a muestra para la coordenada 38°29'14.37"S 61°47'6.91"O, la imagen del 2009 en la que sobre el curso de agua no hay ningún obstáculo, mientras que para la misma localización en menos de dos años, en el 2010 (Figura 9b), se observa un dique que obstruye la vía de drenaje natural del río, para derivación de agua.

Figura 9a.
Ubicación: 38° 29' 14.37"S 61° 47' 6.91"O. Imagen del 30/03/2009.



Fuente: elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Figura 9b.
Ubicación: 38° 29' 14.37"S 61° 47' 6.91"O con dique de contención. Imagen del 21/12/2010.



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

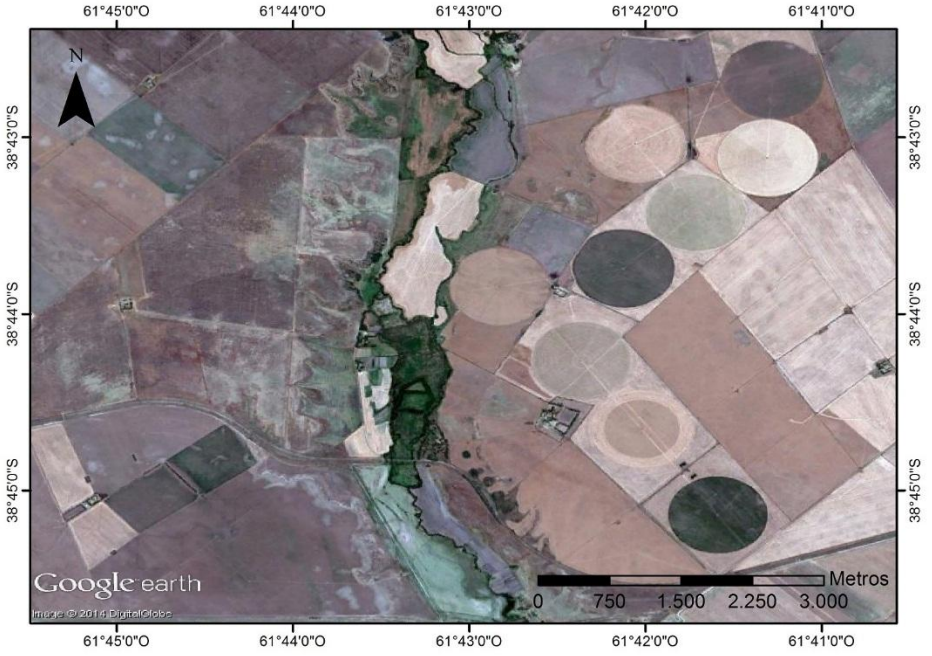
Las Figuras 10a y 10b muestran un claro ejemplo del avance del riego por aspersión en las márgenes del río, desde el 2002 al 2011 respectivamente, localizándose al menos 9 tomas de riego por pivote central para la última fecha, algunas sobre la planicie de inundación del Río Sauce Grande.

Figura 10a.
Ubicación: 38°43'50.60"S 61°42'49.73"O con dos tomas de riego por pivote central. Imagen del 23-11-2002.



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

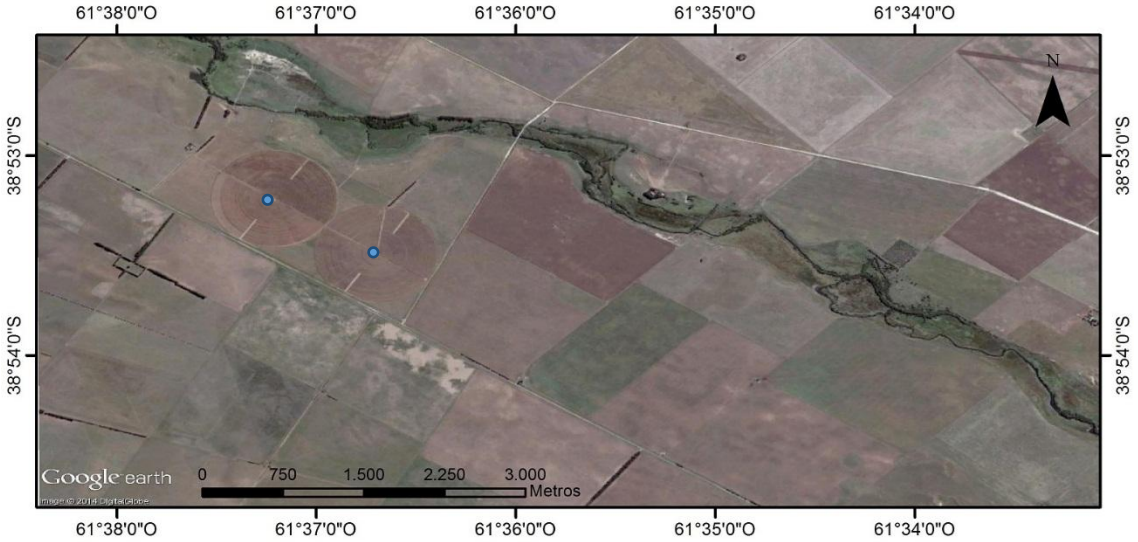
Figura 10b.
Ubicación: 38°43'50.60"S 61°42'49.73"O con al menos 9 tomas para riego por pivote central. Imagen del 01-01-2011.



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

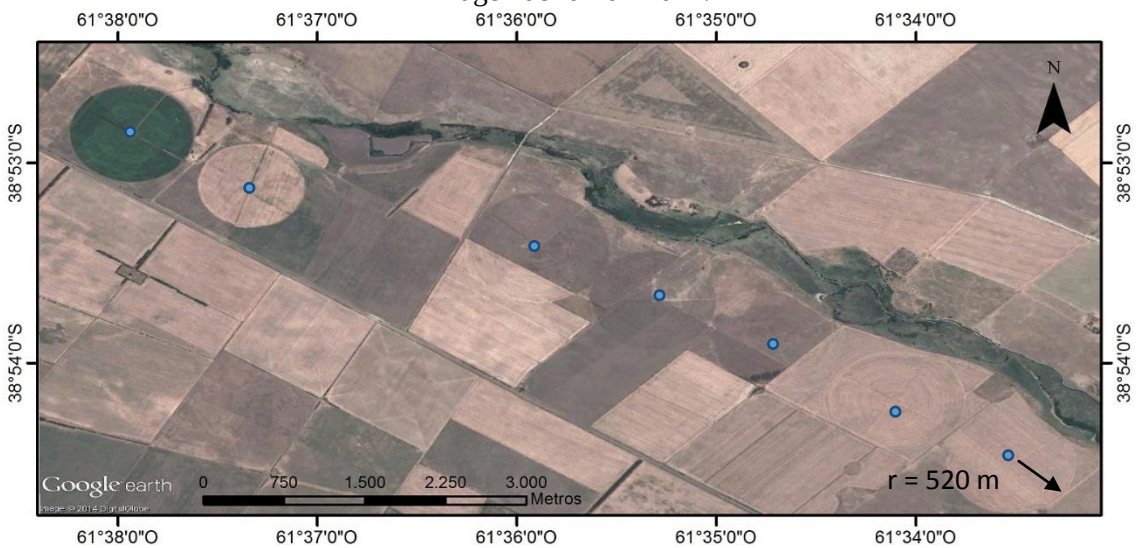
Similar situación se repite aguas abajo, donde en la imagen del 2004 (Figura 11a) se observan dos formas de riego, y siete años después en la imagen del 2011, para las mismas coordenadas geográficas, se distinguen al menos de 7 áreas circulares de riego mediante pivote central.

Figura 11a.
Ubicación: 38°53'54.29"S 61°34'43.43"O donde se visualizan dos áreas de riego.
Imagen del 23-03-2004.



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Figura 11b.
Ubicación: 38°53'54.29"S 61°34'43.43"O con avance de 7 áreas de riego con pivote central.
Imagen del 01-01-2011.



Fuente: Elaboración propia a partir de imagen Google Earth.

Las mencionadas son solo algunas de las irregularidades que permiten identificar las tecnologías de la información geográfica, que facilitan la detección de usos clandestinos o legales, pero sin considerar una gestión integrada del recurso hídrico.

Agua Virtual

Como "Agua Virtual" se define a la cantidad de agua empleada en los procesos industriales y agropecuarios de producción de bienes y servicios, incluyendo el agua contenida en esos productos. El cálculo del agua virtual pasa a ser un método de medición del uso real del recurso hídrico para cada producto, que nos permite valorar de qué forma el Estado gestiona los recursos hídricos.

En este apartado, se muestra otro de los usos de las TIG´s como herramienta de apoyo a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, aplicada a la cuenca del Río Sauce Grande. Debido a que en dicha cuenca, "la producción agrícola, está compuesta mayormente por trigo" (Aduriz et al., 2003), se calcularon volúmenes mínimos de agua natural para el cultivo de este cereal en función de las áreas medidas bajo riego. Para confirmar esta información, se debería realizar trabajo de campo, utilizando tecnología GPS para corroborar el tipo de cultivo, y luego mediante análisis de las imágenes satelitales calibrar los resultados[3].
En este estudio se han identificado como mínimo 24 pivote central de riego, para los que asumiendo el cultivo de trigo, se calcula el volumen de agua virtual:

- Áreas con riego por pivote central estimadas a partir de la herramienta para el cálculo de geometrías de gvSIG: **1.353 ha**
- Rinde promedio de trigo estimado para el área (Bolsa Cereales B. Blanca, 2013): **2.750 kg/ha**
- Toneladas de trigo en área con riego: 1.353 ha x 2750 kg/ha **= 3.720.750 kg** = **3.720,75 tn**
- Cotización trigo al 15/04/2014 (CACBB, 2014): **1870 $/tn**
- Ganancia bruta: 3.720,75 tn x 1870 $/tn = **$ 6.957.802,5.-**
- Agua virtual requerida para producir trigo (UNESCO, 2006): **1.350 l/kg**
- Agua virtual total para el área bajo riego por pivote central: 1.350 l/kg x 3.720.750 kg = **5.023.012.500 l** = **5.023.012,5 m^3**

Si se considera que el ciclo de cultivo del trigo es de aproximadamente 4 meses, se puede estimar el caudal de agua virtual extraído en dicho período como:

- Caudal Agua Virtual: 5.023.012,5 m^3 / (4 meses x 30 día/mes x 86.400 seg/día) = **0,48 m^3/seg**

Esto implica aproximadamente un 10% del módulo del Río Sauce Grande aguas arriba del embalse (4,54 m^3/seg), y prácticamente el caudal ecológico que queda en el cauce aguas abajo del dique (en temporada estival), una vez derivado el caudal para abastecimiento de Bahía Blanca y Punta Alta. La ganancia obtenida por los agricultores gracias al agua virtual consumida en beneficio del área de riego implica una externalidad ambiental negativa a cuantificar aguas abajo en la pérdida de un recurso recreativo.

Conclusiones

Se demuestra que la utilización de las Tecnologías de Información Geográfica (TIG´s) son herramientas de apoyo a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, en este caso particular, de aplicación para la cuenca del Río Sauce Grande. Las mismas permiten detectar usos del suelo sobre la cuenca y cuantificar sus avances en el tiempo, relacionar dichos avances aguas arriba con la reducción de espejos de agua, identificar disfunciones, pérdidas de áreas recreativas y de

[3] Este procedimiento excedió el alcance de esta presentación.

pesca, calcular consumos de agua virtual y costos asociados como externalidades ambientales, entre otras aplicaciones.
En el caso particular de este trabajo, las TIG's permitieron demostrar que:

- la mayor reducción del espejo de agua de la laguna Sauce Grande, se dio al comparar las imágenes para la estación semiseca (comparación entre febrero 2002 y febrero 2013) con una merma de 16,74%.
- el avance del riego por aspersión con pivote central desde el 2002 al 2011, como mínimo fue de unas 1.353 has.
- se construyeron como mínimo cinco diques de derivación de agua sobre el río, en el período evaluado.
- el volumen de agua virtual consumido, como mínimo por los 24 riegos por pivote central que se detectaron, distribuidos en el ciclo de 4 meses de cultivo de trigo, equivaldría a 0,48 m3/seg.

Bibliografía

ADURIZ, Miguel Angel; GARGANO, Alfredo Osvaldo; CHIMENO, Patricia; SALDUNGARAY, Maria Cecilia; CONTI, Viviana. Caracterización de los agrosistemas predominantes de la cuenca alta del río Sauce Grande. Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, 2003, vol. 32, n°3, pp 3-25. ISSN 0325 - 8718

CAMPO DE FERRERAS, Alicia; CAPELLI DE STEFFENS, Alicia; et al. El clima del Suroeste Bonaerense. Bahía Blanca: UNS, Departamento de Geografía y Turismo, 2004, pp. 57. ISBN: 987-1171-06-4

ENOHSA. Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento. Sistema de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Bahía Blanca. Memoria Descriptiva. Bahía Blanca: 2003, pp 2.

GLAVE, Adolfo. Influencia climática en el sudoeste bonaerense y sudeste de la pampa. Acaecer. 2006, pp 18-23.

SCHEFER, Juan Carlos. Los Recursos Hídricos y el Abastecimiento de Agua. Región Bahía Blanca. Publicación CEPADE. Bahía Blanca, Argentina, 2004.

SENADO Y CÁMARA DE DIPUTADOS PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Ley Nº 12.257. Código de Aguas. Argentina, 2000.

Documentos Electrónicos

Bolsa de Cereales y Productores de Bahía Blanca. "Agro-Tour de calidad y estimación de rindes". [En línea]. Bahía Blanca: 3 de enero de 2013. En: http://www.diariodepuan.com.ar/wp-content/uploads/2013/01/3.-Reporte-Agro-Tour-Puerto.pdf

Bolsa de Comercio de Rosario. "Boletín diario. Mercado de Productos". [En línea]. Rosario: 27 junio de 2013. En: http://www.bcr.com.ar/Publicaciones/Bolet%C3%ADn%20Diario%20de%20Granos/130627BG.pdf

CACBB - Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca. "Precios orientativos del mercado físico de granos". [En línea]. Bahía Blanca: 15 de abril de 2014. En:

Cifuentes, O. y Bonzini, M. 2014. TIG´s como Herramientas para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 31. pp. 397-413. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

http://www.cacbb.com.ar/precios/2014/15-04-2014.pdf

La Brújula 24. "Laguna Sauce Grande: productores toman agua en forma clandestina". [En línea]. Bahía Blanca: 24 de mayo de 2013. En:
http://labrujula24.com/noticias/lb24/1112_Laguna-Sauce-Grande-productores-toman-agua-en-forma-clandestina

La Nueva Provincia. "Preocupación y malestar por la laguna Sauce Grande". [En línea]. Bahía Blanca: 06 de marzo de 2013. En:
http://www.lanueva.com/edicion_impresa/nota/6/03/2013/d36003.html

Noticias Ventana. "Diques. Sobrevolamos la Cuenca del Sauce Grande". [En línea]. 03 de abril de 2012. En:
http://www.noticiasventana.com.ar/sociales/692-diques-sobrevolamos-la-cuenca-del-sauce-grande/692-diques-sobrevolamos-la-cuenca-del-sauce-grande

Producción Animal. "Influencia climática en el sudoeste bonaerense y sudeste de la pampa". [En línea]. En:
http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/29-clima_sudoeste_bonaerense.pdf

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. "Boletín semanal del portal del agua de la UNESCO nº 145: la huella hídrica". Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. [En línea]. 23 de junio de 2006. En:
http://www.unesco.org/water/news/newsletter/145_es.shtml

USGS - United States Geological Survey. "EarthExplorer". Imágenes LandSat, Path 226, Row 087, para los años 2002, 2003, 2013, 2014. [En línea]. En:
http://www.usgs.gov/

Fernández, M. Eugenia; Gentili, Jorge O. y Campo, Alicia M. 2014. Diseño e implementación de una base de datos geográficos para el análisis de registros de radiación global de Bahía Blanca y Punta Alta. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 32. pp. 414-422. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Diseño e implementación de una base de datos geográficos para el análisis de registros de radiación global de Bahía Blanca y Punta Alta[1]

María Eugenia Fernández[*]
Jorge O. Gentili[**]
Alicia M. Campo[***]

Resumen

Los registros de radiación global en las localidades de Bahía Blanca y Punta Alta presentan diferenciaciones atribuibles a la variabilidad de las condiciones atmosféricas (tipo y cobertura nubosa) y a las emisiones del sector petroquímico. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan una herramienta esencial a la hora de integrar y estructurar datos de diversa naturaleza permitiendo así el análisis espacial de los fenómenos. En particular, la meteorología y la climatología son disciplinas que se ven altamente beneficiadas por este tipo de herramientas debido a que facilitan el desarrollo de cartografía y permiten organizar datos meteorológicos para ser aplicados al análisis de problemáticas ambientales. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo diseñar e implementar una base de datos geográficos mediante la cual se puedan vincular datos meteorológicos (provenientes de estaciones meteorológicas y situaciones sinópticas) para el análisis de registros de radiación global correspondientes a las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta. El SIG permitió la representación de los valores de radiación global, la distribución de elementos del tiempo a escala regional y las relaciones entre la variación de los valores de radiación global y la presencia de cobertura nubosa.

Palabras clave: SIG, Situación sinóptica, Radiación global, Bahía Blanca, Punta Alta

Abstract

Global radiation´s records in Bahía Blanca and Punta Alta town's present differences attributable to the variation of atmospheric conditions (type and cloud cover) and the emissions from the petrochemical sector. The Geographic Information System (GIS) is an essential tool when it comes to integrate and structure data of various kinds, enabling the spatial analysis of the phenomena. Meteorology and Climatology are disciplines highly benefited by such tools, as they facilitate mapping development and allow meteorological data organization to be applied for the analysis of environmental problems. Consequently, this paper aims to design and implement a geographic database in which meteorological data (from meteorological stations and synoptic conditions) can be linked to analyze global radiation´s records from Bahía Blanca and Punta Alta cities. The GIS has allowed to represent global radiation´s values, the distribution of regional scale weather elements and the relation between global radiation´s values variation and cloud cover´s presence.

Key words: GIS, Synoptic situation, Global radiation, Bahía Blanca, Punta Alta.

[1] El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación *"Geografía Física Aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diversas escalas temporo-espaciales"* dirigido por la Dra. Alicia M. Campo y subsidiado por la SGCyT-UNS (24/G067).
[*] Becaria CIN, Depto. de Geografía y Turismo, UNS. 12 de octubre 1198, 4to piso.
[**] Docente-Investigador, Depto. de Geografía y Turismo, UNS. 12 de octubre 1198, 4to piso. jogentili@uns.edu.ar
[***] Docente-Investigadora, Depto. de Geografía y Turismo, UNS-CONICET, 12 de octubre 1198, 4to piso. amcampo@uns.edu.ar

Fernández, M. Eugenia; Gentili, Jorge O. y Campo, Alicia M. 2014. Diseño e implementación de una base de datos geográficos para el análisis de registros de radiación global de Bahía Blanca y Punta Alta. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 32. pp. 414-422. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) puede ser definido como "una integración sistemática de hardware y software para la captura, el almacenamiento, la visualización, la actualización y el análisis de datos espaciales" (Elmasri y Navathe, 2007: 878). En los últimos años, las aplicaciones basadas en SIG se han multiplicado: planificación y gestión urbana, transporte, análisis medioambiental, servicios de emergencia, etc.

La geografía, como disciplina intrínsecamente ligada al territorio, se ha valido de los SIG para efectuar el análisis espacial de los fenómenos. Desde la perspectiva de la Geografía Física en particular, el estudio de las interacciones entre los elementos del medio físico y las actividades humanas requiere de un abordaje sistémico. Si se analizan los procesos de origen atmosférico, los elementos que atañen directamente al hombre y sus actividades son los meteorológicos y los climáticos (Strahler y Strahler, 1981). En este sentido, los SIG constituyen una herramienta eficaz para el estudio y análisis de variables climatológicas facilitando la superposición, cuantificación y síntesis de datos (Nuré y Collini, 2010).

En el contexto internacional Yudisleyvis *et al.* (2013) diseñaron un SIG para efectuar el análisis espacial de los fenómenos en el Parque Nacional Jardines de la Reina (Cuba). Mediante el mencionado SIG interrelacionaron la información existente y aseguraron el acceso rápido a ella arribando a una herramienta básica para el uso, manejo y conservación de los recursos del área. En la Península Ibérica, Barnolas y Llasat (2005) estructuraron una base de datos referida a las inundaciones acontecidas en Cataluña para el período 1901-2000 y la implementaron en un SIG para analizar la distribución temporal y espacial de los eventos mencionados. Por su parte, Ninyerola *et al*. (2000) utilizaron un SIG para realizar cartografía temática referida a la temperatura del aire (promedios anuales y mensuales) y la precipitación total de la región de Cataluña. A nivel nacional, Nuré y Collini (2010) aplicaron tecnología SIG para la implementación de bases de datos de información meteorológica marina referida al período 1950-2007 logrando la visualización dinámica de la climatología del área a través de mapas, tablas y gráficos temporales y espaciales. Localmente, Gentili *et al.* (2010) perfilaron e implementaron un SIG destinado al estudio de problemáticas ambientales en el suroeste de la provincia de Buenos Aires, en el marco de la Geografía Física Aplicada, a fin de generar datos geográficos estandarizados factibles al intercambio. Gentili *et al.* (2013) diseñaron una base de datos para inventariar los eventos extremos acontecidos en el período 1995-2010 en el sur de la provincia de Buenos Aires lo que posibilitó la identificación de la frecuencia para los distintos tipos de eventos y la espacialización de los sectores afectados.

Desde este enfoque, el presente trabajo tiene como objetivo diseñar e implementar una base de datos geográficos que permita vincular datos meteorológicos (provenientes de estaciones meteorológicas y situaciones sinópticas) para el análisis de registros de radiación global correspondientes a las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta. Estructurar una base de datos de este tipo permite representar cartográficamente elementos del tiempo correspondientes a las situaciones sinópticas y los valores de radiación global y relacionar estos últimos con la cobertura nubosa.

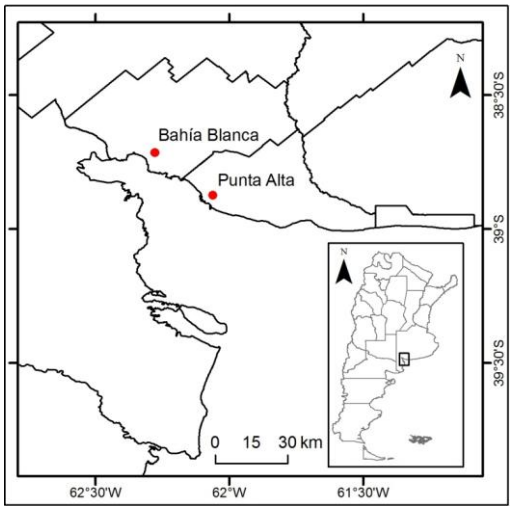
Área de estudio

Las localidades de Bahía Blanca y Punta Alta se ubican en el suroeste de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1). La ciudad de Punta Alta se encuentra a 27 km de Bahía Blanca en dirección noroeste-sureste.

Las localidades, geomorfológicamente se insertan en la llanura pampeana, con un relieve bajo hacia el sur y aterrazado hacia el norte-noroeste. En los sitios donde se emplazan las estaciones meteorológicas no existen variaciones topográficas significativas que puedan influir en la radiación global recibida. Por sus características climáticas, la zona se sitúa en la franja de climas templados, con veranos e inviernos térmicos bien diferenciados y primaveras y otoños moderados. La dinámica natural produce variaciones en las condiciones atmosféricas en cada momento del tiempo y en cada sitio. Dicha variabilidad guarda relación con el movimiento de las masas de aire de distinto origen y características (Campo *et al.*, 2004). Desde el punto de vista biogeográfico la región corresponde a la provincia pampeana, con predominio de gramíneas donde también se hallan remanentes de la provincia del monte y del espinal (Cabrera, 1976).

Las actividades humanas han impactado directamente en las condiciones del marco natural. La instalación de empresas agroindustriales y petroquímicas inciden en el comportamiento natural de las variables meteorológicas. El viento dominante en la región es de componente Nor-Noroeste (Campo *et al.*, 2004) y la ciudad de Punta Alta se encuentra en la dirección de la difusión de las emisiones del área industrial bahiense.

Figura 1.
Localización del área de estudio.



Fuente: elaborado por Fernández, Gentili y Campo, 2014.

Materiales y métodos

Se cuenta con registros de radiación global que corresponden a dos estaciones meteorológicas marca Davis pertenecientes al Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur emplazadas en las localidades de Bahía Blanca y Punta Alta. El intervalo de registro es de 30 minutos y la extensión temporal de la serie comprende el período 2001-2012.

Adicionalmente se cuenta con datos de la situación sinóptica de la estación Base Aeronaval Comandante Espora y a escala regional de las estaciones de Bolívar, Azul, Santa Rosa, Neuquén y Viedma del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para el período 2005-2012 con hasta 8 registros diarios (00Z, 03Z, 06Z, 09Z, 12Z, 15Z, 18Z y 21Z). En cada uno de ellos se registra temperatura, temperatura máxima y temperatura mínima, humedad relativa, presión, velocidad y dirección de viento, nubes bajas y cobertura de nubes bajas, nubes medias y cobertura de nubes medias y nubes altas junto a otros datos meteorológicos de interés.

Fernández, M. Eugenia; Gentili, Jorge O. y Campo, Alicia M. 2014. Diseño e implementación de una base de datos geográficos para el análisis de registros de radiación global de Bahía Blanca y Punta Alta. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 32. pp. 414-422. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Para la organización de los datos mencionados se implementa una base de datos geográficos en el modelo *Geodatabase*, con la definición de dominios y relaciones mediante el producto ArcGIS 10. La base de datos permite estructurar la información y representar los valores de radiación global y los datos de las situaciones sinópticas, vinculando así las variaciones de las coberturas nubosas y los valores de los registros de radiación global.

Resultados

El proceso de organización de los datos se da inicio con la tabulación de los mismos en el software Excel donde se generaron 2 modelos de tablas. Uno de los modelos fue destinado a la organización de los datos registrados por las estaciones meteorológicas propias para las localidades de Bahía Blanca y Punta Alta. Los datos tabulados correspondientes a las estaciones meteorológicas presentan un identificador de la estación, la fecha y la hora del registro (frecuencia de 30 minutos). A dichos datos se suman los registros de datos meteorológicos: temperatura del aire, temperatura máxima, temperatura mínima, radiación solar, energía solar, presión, velocidad del viento, velocidad máxima del viento, dirección del viento, sensación térmica, precipitaciones, intensidad máxima de las precipitaciones, humedad relativa y punto de rocío (Tabla I).

Tabla I.

Información generada a partir de datos de las estaciones meteorológicas.

ID_Estacion_Meteorologica	Fecha	Hora	Temp_Aire	Temp_Max	Temp_Min	Radiacion_Solar	Energia_solar	•••
BAHÍA BLANCA	04/04/2000	10:08:00 a.m.	17	17.4	16.4	240	10	
BAHÍA BLANCA	04/04/2000	10:30:00 a.m.	18.1	18.8	17.5	515	15.3	
BAHÍA BLANCA	04/04/2000	11:00:00 a.m.	19.9	20.4	18.8	593	26.5	
BAHÍA BLANCA	04/04/2000	11:30:00 a.m.	21	21.5	20.4	577	24.4	

•••	Presion	Vel_Viento	Vel_Viento_Max	Dir_Viento	Sensacion_Térmica	PP	Intensidad_Max	Hum_Rel	Punto_Rocio
	1013.5	0.4	2.2	NE	17	0	---	55	7.9
	1013.5	0.9	3.1	N	18.1	0	---	50	7.5
	1013.1	1.3	4.9	N	19.9	0	0	46	7.9
	1012.8	1.8	5.4	N	21	0	0	43	7.9

Fuente: elaborado por Fernández, Gentili y Campo, 2014.

El segundo modelo de tabla contiene los datos de situaciones sinópticas registradas en Bahía Blanca y ciudades de interés en relación con la dinámica de la circulación a escala regional. En este caso se incluyen elementos del tiempo no registrados por las estaciones anteriores como son el tipo de nubes (discriminadas en altas, medias y bajas), la cobertura nubosa y la situación actual. La misma está conformada por una serie de datos que indican la espacialidad y temporalidad del registro. Según lo mencionado, cada registro tiene un primer campo que corresponde a la localidad. Los campos 2 y 3 corresponden al día y la hora local que permite ubicar temporalmente a la situación sinóptica y la correspondiente hora UTC (Tiempo Universal Coordinado). Los restantes campos almacenan los valores para los distintos elementos del tiempo como se detalla en la tabla II.

Tabla II.

Información generada con datos de situaciones sinópticas.

ID_Estacion_Sinoptica	Fecha	Hora	Hora_UTC	Temp_Aire	Hum_Rel	Presion	Dir_Viento	Vel_Viento	•••
BAHÍA BLANCA	04/01/2005	03:00:00 a.m.	06Z	17.2	83	1007.9	calma		
BAHÍA BLANCA	06/01/2005	09:00:00 a.m.	12Z	20.1	52	1012.5	S	18.5	
BAHÍA BLANCA	06/01/2005	15:00:00 p.m.	18Z	24.7	43	1011.1	SE	24.1	
BAHÍA BLANCA	06/01/2005	21:00:00 p.m.	00Z	20.8	60	1009.7	E	25.9	

•••	Nub_Total	N_Bajas	N_Bajas_Tipo	N_Medias	N_Medias_Tipo	N_Altas	N_Altas_Tipo	Temp_Max	Temp_Min	PP período	Situación
	0/8										
	1/8	1/8	SC					22.3	16.3		
	1/8	1/8	SC								
	1/8			1/8	AC			25.4	20.1		

Fuente: elaborado por Fernández, Gentili y Campo, 2014.

Luego de la definición de las tablas y organización de los datos, como paso previo a la implementación de la base de datos, se definió el diccionario de datos. Allí se indica para todos los atributos de cada entidad de la base de datos su tipo, longitud y dominio (para el caso de atributos con dominio discreto). A modo de ejemplo, en la tabla III se presenta el diccionario de datos para las entidades Estación_Meteorológica y Estación_Sinóptica.

Tabla III.

Diccionario de datos para las entidades Estación_Meteorológica y Estación_Sinóptica.

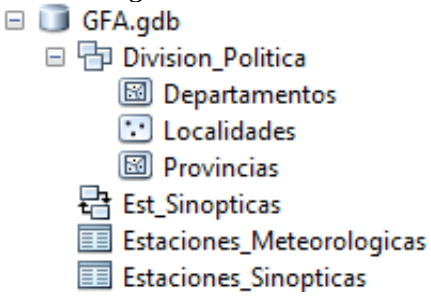
Entidad	Atributo	Tipo	Longitud	Dominio
Estacion_Meterorologica	ID_Estacion_Meteorologica	Texto	12	[BAHIA BLANCA, PUNTA ALTA]
	Fecha	Fecha		
	Hora	Fecha		
	Temp_Aire	Real	4,1	
	Temp_Max	Real	4,1	
	Temp_Min	Real	4,1	
	Radiacion_Solar	Entero		
	Energia_Solar	Real	4,1	
	Presion	Real	6,1	
	Vel_Viento	Real	5,1	
	Vel_Viento_Max	Real	5,1	
	Dir_Viento	Texto	5	[calma, N, S, E, W, NW, NE, SW, SE]
	Sensacion_Térmica	Real	4,1	
	PP	Real	5,1	
	Intensidad_Max	Real	4,1	
	Hum_Rel	Entero		[0..100]
	Punto_Rocio	Real	4,1	
Estacion_Sinoptica	ID_Estacion_Sinoptica	Texto	12	[AZUL, BAHIA BLANCA, BOLIVAR, NEUQUEN, RIO COLORADO, SANTA ROSA, TRES ARROYOS, VIEDMA]
	Fecha	Fecha		
	Hora	Fecha		
	Hora_UTC	Texto	3	[00Z, 03Z, 06Z, 09Z, 12Z, 15Z, 18Z, 21Z]
	Temp_Aire	Real	4,1	
	Hum_Rel	Entero		[0..100]
	Presion	Real	6,1	
	Dir_Viento	Texto	5	[calma, N, S, E, W, NW, NE, SW, SE]
	Vel_Viento	Real	5,1	
	Nub_Total	Texto	3	[0/8, 1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 5/8, 6/8, 7/8, 8/8]
	N_Bajas	Texto	3	[0/8, 1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 5/8, 6/8, 7/8, 8/8]
	N_Bajas_Tipo	Texto	2	[CB, CU, SC, ST]
	N_Medias	Texto	3	[0/8, 1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 5/8, 6/8, 7/8, 8/8]
	N_Medias_Tipo	Texto	2	[AC]
	N_Altas	Texto	3	[0/8, 1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 5/8, 6/8, 7/8, 8/8]
	N_Altas_Tipo	Texto	2	[CI, CS, CC]
	Temp_Max	Real	4,1	
	Temp_Min	Real	4,1	
	PP periodo	Texto	20	
	Situacion	Texto	20	

Fuente: elaborado por Fernández, Gentili y Campo, 2014.

La base de datos se implementa en el modelo *Geodatabase* de tipo *file* (Fig. 2). La aplicación del diccionario de datos en el entorno del software SIG se materializa en la definición de cada uno de los tipos de datos y en la definición de los dominios de esos tipos de datos. A partir del diccionario de datos se definieron dominios (mediante la herramienta *Domains*) para las variables discretas de forma tal de contribuir a la integridad de los datos en los procesos de ingreso y/o actualización de los mismos (Fig. 3).

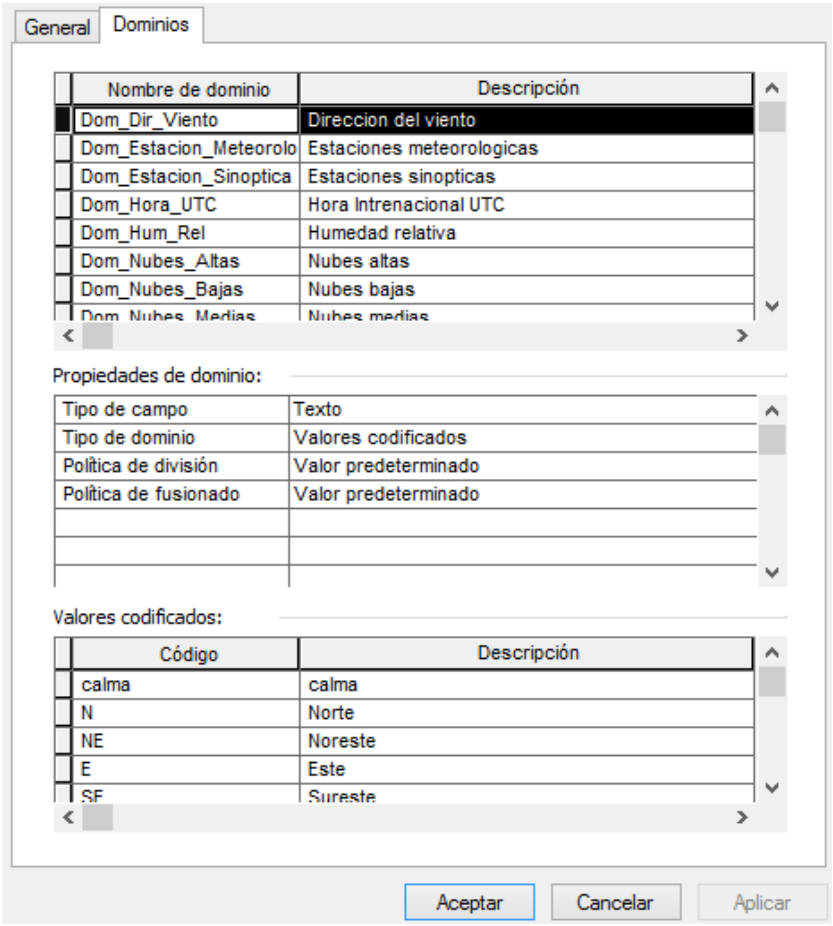
Figura 2.

Estructura de la base de datos generada en el modelo *Geodatabase* de ESRI.



Fuente: Recorte del software ArcCatalog.

Figura 3.
Dominios asociados a la base de datos definida.



Fuente: Recorte del software ArcCatalog.

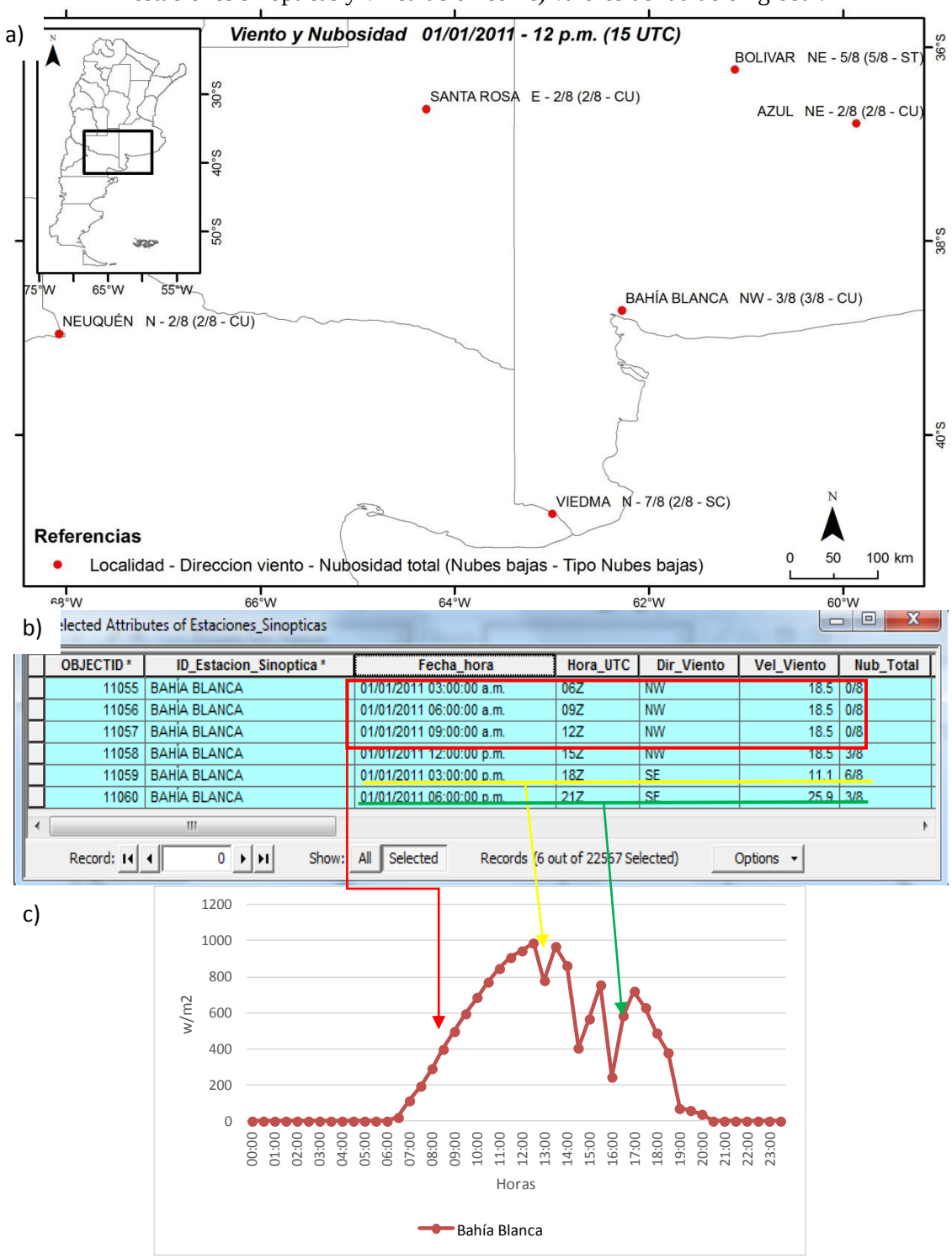
A modo de ejemplo, en la figura 4.a) se presenta una posible salida gráfica a partir de los datos de las situaciones sinópticas. Allí se observan elementos del tiempo de interés a escala regional: dirección del viento, cobertura nubosa total y cobertura y tipo de nubes bajas. El primero de ellos tiene incidencia en la dinámica de los últimos y estos en la cantidad de radiación global en superficie. Un mapa con estos elementos cartografiados contribuye al análisis de la radiación global recibida en Bahía Blanca y sus diferencias con la localidad de Punta Alta. En la figura 4.b) se presenta una selección realizada en la tabla Estaciones_Sinópticas en la que se observan 6 registros del día 1 de enero de 2011 y en la figura 4.c) se muestra la marcha diaria de la radiación para ese día en Bahía Blanca. Con flechas se evidencia la relación entre la cobertura nubosa y la variación de los registros de radiación global en superficie.

En el ejemplo se observa claramente la presencia de cobertura nubosa (en distinta proporción) en las localidades presentadas. Para el caso de Bahía Blanca se evidencia el comportamiento típico de la curva de radiación desde la salida del sol hasta el mediodía en coincidencia con los registros nulos de cobertura de nubes. Luego del mediodía los sucesivos descensos en el registro de radiación global en superficie coinciden con el aumento de la cobertura nubosa (Figs. 4.a, b y c).

Fernández, M. Eugenia; Gentili, Jorge O. y Campo, Alicia M. 2014. Diseño e implementación de una base de datos geográficos para el análisis de registros de radiación global de Bahía Blanca y Punta Alta. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 32. pp. 414-422. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 4.

Ejemplo de las funcionalidades en términos de: a) salidas gráficas, b) selección de atributos de estaciones sinópticas y vinculación con c) valores de radiación global.

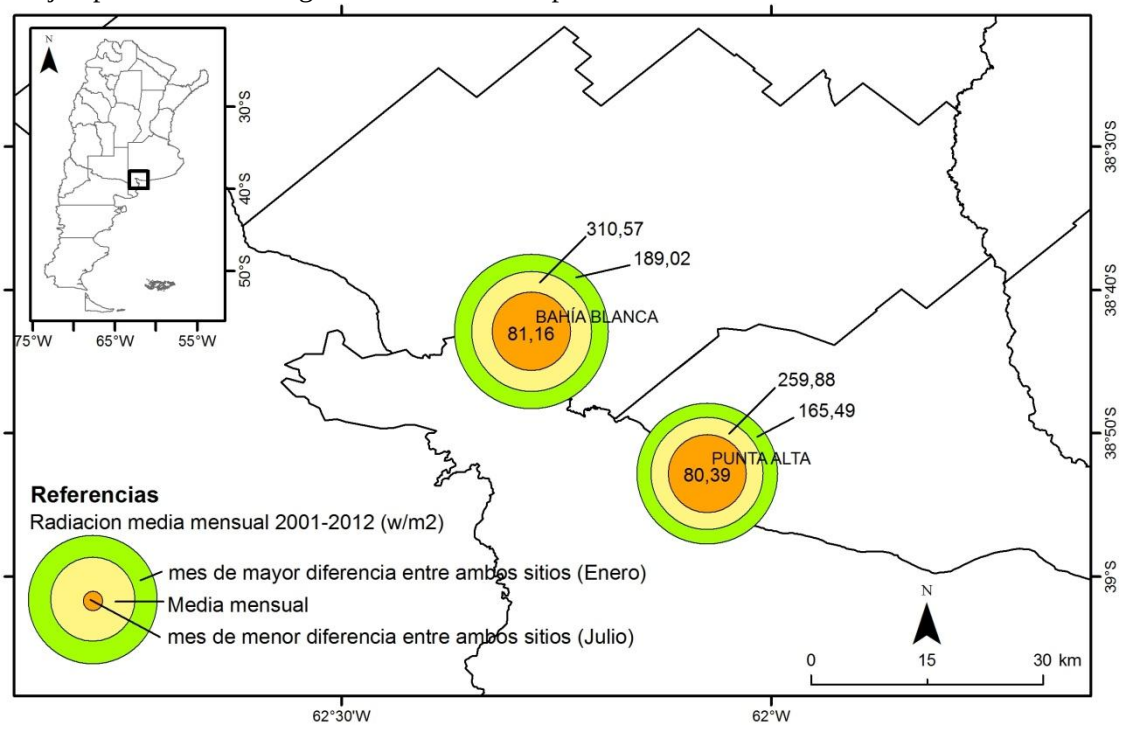


Fuente: elaborado por Fernández, Gentili y Campo, 2014.

En la figura 5 se presenta una salida gráfica que resulta del procesamiento de atributos dentro de la base de datos y su representación mediante simbología de círculos proporcionales. Se representan el valor medio mensual, el valor medio del mes de mayor diferencia y el valor medio del mes de menor diferencia de radiación global para cada sitio de interés (período 2001-

2012). El valor medio de radiación para el período de estudio es levemente superior para Bahía Blanca. Asimismo, enero y julio son los meses con mayor y menor diferencia respectivamente de radiación media entre ambos sitios. Para enero, los valores medios son de 310,57 w/m^2 en Bahía Blanca y de 259,88 w/m^2 en Punta Alta (diferencia del orden de 50 w/m^2) mientras que para el mes de julio los valores son de 189,02 w/m^2 en Bahía Blanca y 165,49 w/m^2 en Punta Alta (diferencia del orden de 25 w/m^2).

Figura 5.
Ejemplo de una salida gráfica resultante del procesamiento de valores de la base de datos.



Fuente: elaborado por Fernández, Gentili y Campo, 2014.

Conclusiones

La implementación de una base de datos geográficos en el modelo *Geodatabase* permitió estructurar y vincular valores meteorológicos de radiación global e información básica de situaciones sinópticas a escala local y regional. En este trabajo se demostró, asimismo, la importancia en cuanto a la organización y vinculación de los datos en una estructura de base de datos que admitiera su almacenamiento y manipulación de manera eficaz y posibilitara la elaboración de productos cartográficos. El SIG permitió la representación de los valores de radiación global, la distribución de elementos del tiempo a escala regional y las relaciones entre la variación de los valores de radiación global y la presencia de cobertura nubosa.

En términos de atributos, una vez generados e identificados los valores de interés para distintas escalas temporales, se realizaron salidas gráficas y se relacionaron con otras fuentes a los efectos de analizar su origen y las diferencias entre las estaciones. Por otra parte, se obtuvo cartografía temática específica mediante la cual se espacializaron elementos del tiempo a escala climática regional. Esta cartografía es posible de ser complementada con la incorporación de materiales como imágenes satelitales, cartas del tiempo, etc., y técnicas propias de la Geografía Física. En términos de la herramienta tecnológica, la definición de dominios en la *Geodatabase* facilitó el proceso de corrección de datos y contribuyó a la integridad de los datos dentro de la base.

Fernández, M. Eugenia; Gentili, Jorge O. y Campo, Alicia M. 2014. Diseño e implementación de una base de datos geográficos para el análisis de registros de radiación global de Bahía Blanca y Punta Alta. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 32. pp. 414-422. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Bibliografía

BARNOLAS, M. y LLASAT, M. 2005. "Aplicación de una herramienta SIG en el estudio de las inundaciones en Catalunya, 1901-2000" *Revista del Aficionado a la Meteorología.* [En línea]. Barcelona: Departamento de Astronomía y Meteorología. http://www.tiempo.com/ram/1844/aplicacin-de-una-herramienta-sig-en-el-estudio-de-las-inundaciones-en-catalunya-1901-2000/ [29 de mayo de 2014].

CABRERA, Á. 1976. *Territorios Fitogeográficos de la República Argentina.* Buenos Aires: Editorial Acme SACI. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II, Fascículo 1.

CAMPO DE FERRERAS, A., CAPELLI DE STEFFENS, A. y DIEZ, P. 2004. *El clima del Suroeste bonaerense.* Bahía Blanca: Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. 105 pp.

ELMASRI, R. y NAVATHE, S. 2007. *Sistemas de Bases de Datos. Conceptos Fundamentales*. Madrid: Addison-Wesley, 5ta. edición.

GENTILI, J., GIL, V., SILVA, A. y CAMPO, A. 2010. "Diseño e implementación de un SIG destinado a estudios de Geografía Física Aplicada al suroeste bonaerense". En: *Tecnologías de la Información Geográfica del sur argentino*, Capítulo nº 23, pp. 280-290.

GENTILI, J., ZAPPERI, P., GIL, V. y CAMPO, 2013. "Eventos extremos en el sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Diseño preliminar de una base de datos". En: *14º Encuentro de geógrafos de América Latina "Reencuentro de saberes territoriales latinoamericanos*", Lima, Perú.

NINYEROLA, M., PONS, X. y ROURE, J. M. 2000 "A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques" *International Journal of Climatology.* Estados Unidos: American Meteorological Society, vol. 20, pp. 1823-1841.

NURÉ, E. y COLLINI, E. 2010. "Aplicación de la tecnología SIG para la representación de información climática marina en el Atlántico Sur" *Meteorológica.* Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Centro Argentino de Meteorólogos, vol. 36, N° 1, pp. 49-56.

STRAHLER, A. y STRAHLER, A. 1981. *Geografía Física*. Barcelona: Omega.

YUDISLEYVIS, V., MOLINA BLANCAS, E., RODRÍGUEZ CUETO, Y. y ROMERO BARRUETA, S. 2013. "Diseño de un Sistema de Información Geográfica para el análisis espacial de fenómenos naturales en el área protegida Parque Nacional Jardines de la Reina, Cuba" *Geografía y Sistemas de Información Geográfica.* Luján: Universidad Nacional de Luján, Año 5, N° 5, Sección 1, pp. 129-141.

Genchi, S. A.; Vitale, A. J.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. 2014. Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 33. pp. 423-436. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro)

Sibila A. Genchi [1*a]
Alejandro J. Vitale [ab]
M. Elizabeth Carbone [ac]
Gerardo M. E. Perillo [ad]
M. Cintia Piccolo [ac]

Resumen

El objetivo general de este trabajo es evaluar la morfodinámica de la playa que bordea a la localidad de Playas Doradas. En este sitio, caracterizado por un tipo de costa acumulativa, se aplicó un método de trabajo que permite cuantificar el balance sedimentario de la zona intermareal mediante la construcción de modelos digitales de elevación. Se emplearon imágenes consecutivas de la zona intermareal a partir de las cuales se digitalizaron las líneas de marea para la generación de datos altimétricos. Para ello, el método se complementó con la utilización de un mareógrafo y una estación meteorológica. La cuantificación de la dinámica de la playa para el período analizado (24/01 al 19/02/ 2011) mostró un balance general deficitario. Durante ese período ocurrieron ocho eventos meteorológicos importantes con vientos fuertes del NE en el 62,5 % de los mismos. Se registró una erosión media de 0,16 m de espesor, con un máximo que alcanzó 0,74 m. En general, la erosión afectó fundamentalmente la zona de playa frontal, con modificaciones en la pendiente resultante, la cual se incrementó ligeramente. El método aplicado permitió cuantificar la dinámica de la playa con gran resolución espacial, mostrando ventajas económicas y operativas.

Palabras claves: Modelo Digital de Elevación, Morfodinámica costera, Playas doradas

Abstract

The main objective of this work is to evaluate the beach morphodynamic in Playas Doradas town. In this site, characterized by a cumulative coastal environment, a method to quantify the sediment budget of the intertidal zone through the generation of digital elevation models was applied. A set of consecutive images of the intertidal zone were used, from which the tide lines were digitized to generate altimetric data. For this, the method was supplemented by the use of a tide gauge and a weather station. The quantifying of the beach dynamics for the period analyzed (24/01 to 19/02/ 2011) showed a deficit balance. During that period, there were eight meteorological events with strong winds from the NE in 62.5% of them. An average erosion of 0.16 m was recorded, reaching a maximum 0.74 m. In general, erosion affected the beach front, with changes in the slope, which increased slightly. The applied method allowed quantifying the dynamics of the beach with high spatial resolution, showing economic and operational benefits.

Key words: Digital Elevation Model, Coastal morphodynamic, Playas doradas

[a] Instituto Argentino de Oceanografía, CONICET, CC 804, B8000FWB Bahía Blanca, Argentina.
(*) genchi.sibila@gmail.com
[b] Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, UNS, B8000FWB Bahía Blanca
[c] Departamento de Geografía y Turismo, UNS, B8000FWB Bahía Blanca
[d] Departamento de Geología, UNS, B8000FWB Bahía Blanca

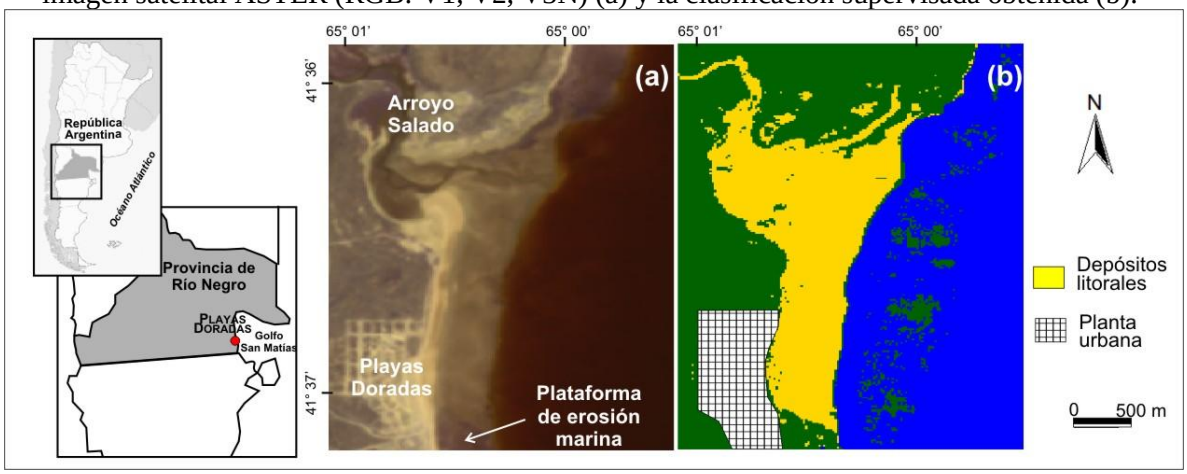
Genchi, S. A.; Vitale, A. J.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. 2014. Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 33. pp. 423-436. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

La costa es un sistema que envuelve complejos procesos y formas (Carter y Woodroffe, 1994) altamente variables en sus rangos dinámicos y en su respuesta a los controles de cambio (Davidson-Arnott, 2010). Así, el mapeo de las geoformas costeras, de naturaleza compleja, constituye uno de los fundamentos de la investigación y manejo costero (Nicholls *et al.*, 2007). Lo anterior es especialmente importante cuando la posibilidad de erosión pueda incrementarse en el futuro debido a una generalizada aceleración del ascenso del nivel del mar, como resultado del cambio climático (Bray y Hooke, 1997; Zhang *et al.*, 2004). De este modo, las estimaciones fiables de la dinámica costera resultan necesarias para evaluar la vulnerabilidad costera y las políticas de gestión.

La naturaleza compleja de los espacios costeros plantea habitualmente dificultades y elevados costos para su estudio. Uno de los problemas más importantes es la insuficiencia de datos altimétricos, los cuales se encuentran ausentes o bien no se dispone de la resolución espacial necesaria. En los últimos decenios se desarrollaron numerosas técnicas para el mapeo de las formas costeras que varían en su abordaje, precisión, requerimientos y costo (Moore, 2000). El modelo digital de elevación (MDE) constituye una herramienta frecuentemente empleada en el mapeo geomorfológico y representa una importante fuente de datos de entrada para el monitoreo y modelado (Smith *et al.*, 2009) de diversos procesos físicos. Este modelo proporciona la base para cuantificar tridimensionalmente la dinámica costera, por lo tanto, la resolución espacial, la precisión y la exactitud constituyen parámetros críticos del MDE (Delacourt *et al.*, 2009). Si bien se hallan estudios previos que generaron MDE en zonas intermareales empleando las líneas de marea o agua registradas por imágenes (p.ej., Plant y Holman, 1997; Ryu *et al.*, 2000; Vitale, 2010), no obstante, la estimación cuantitativa de los cambios en la morfología apenas fue realizado (p.ej., Kevin y Hesham, 1999; Lohani y Mason, 1999; Ryu *et al.*, 2000; Genchi, 2012). De este modo, el objetivo general de este trabajo es evaluar la morfodinámica costera de la playa que bordea a la localidad de Playas Doradas (Fig. 1) mediante la construcción de MDEs. Para ello se efectuó un procesamiento digital de imágenes en combinación datos oceanográficos y meteorológicos.

Figura 1.
Visualización de los depósitos litorales (playa y médano) en el balneario Playas Doradas sobre una imagen satelital ASTER (RGB: V1, V2, V3N) (a) y la clasificación supervisada obtenida (b).



Fuente: Adaptado de Genchi (2012).

Genchi, S. A.; Vitale, A. J.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. 2014. Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 33. pp. 423-436. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Área de Estudio

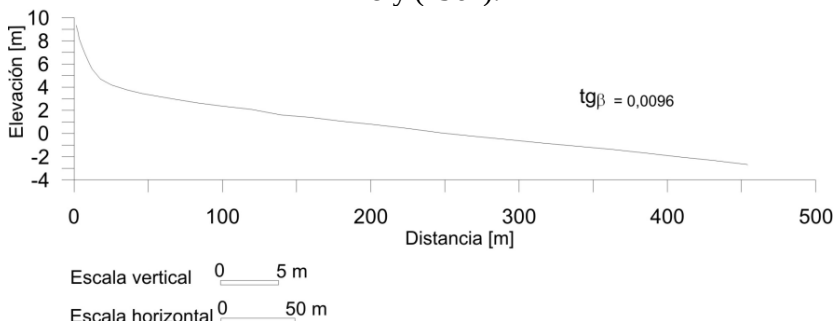
La playa que bordea a la localidad de Playas Doradas se caracteriza por una baja transformación natural. La misma posee 500 m de ancho máximo, con una orientación NNE-SSO; se encuentra limitada hacia el interior del continente por un campo de médanos móviles a semifijos (Fig. 1). Este ambiente costero está ligado a la dinámica fluvial del arroyo Salado (Fig. 1). La dirección predominante del viento (NO) desde el continente comporta un significativo aporte de sedimentos a la playa. Se presentan afloramientos rocosos aislados que suelen cubrirse de arena, mientras que al Sur del balneario se desarrolla una extensa plataforma de abrasión marina compuesta de sedimentitas marinas de la Formación Arroyo Salado (Fig. 1) (Genchi, 2012).

La playa está constituida predominantemente de arena (Gelós *et al.*, 1994). La arena muy fina concentra en promedio el 77 % de la distribución textural[2]. La composición granulométrica no varía significativamente a lo largo del perfil transversal de playa, con excepción de la base del médano donde se halla arena mediana y gruesa en un 14 y 13,4 %, respectivamente. La fracción fina (< 0,074 mm) se encuentra en porcentajes despreciables (< 0,9 %). Se presentan sedimentos cuya constitución mineralógica es cuarzo feldespático (Gelós *et al.*, 1994). Hacia el Sur de Playas Doradas Gelós *et al.* (1994) identificaron concentraciones significativas de cuarzo (> 33 %) que se asocian al Complejo Volcánico Marifil.

La playa es de tipo disipativa (Wright y Short, 1984), caracterizada por una pendiente muy suave (tg β~0,01) (Fig. 2). La zona de deslizamiento es de amplio desarrollo (Fig. 3), típico en playas de pendiente baja, normalmente compuestas de arena fina. La figura 3 muestra varias líneas de rompiente, donde las olas comienzan a romper alejado de la línea de costa, con lo cual experimentan una pérdida de energía significativa antes de alcanzar la playa. En general, se acepta que en los perfiles suaves la rompiente será del tipo derrame con una disipación progresiva de la energía de la ola a lo largo del perfil (Del Valle y Donini, 2010).

El contorno de la costa es en general rectilíneo, sin evidencia de formaciones rítmicas marcadas. La plataforma de abrasión o afloramiento actúa como un saliente en el nivel medio-alto de la zona intermareal que origina procesos de refracción de las olas (Fig. 3). Estos procesos se observan también en la desembocadura del arroyo Salado (Fig. 3).

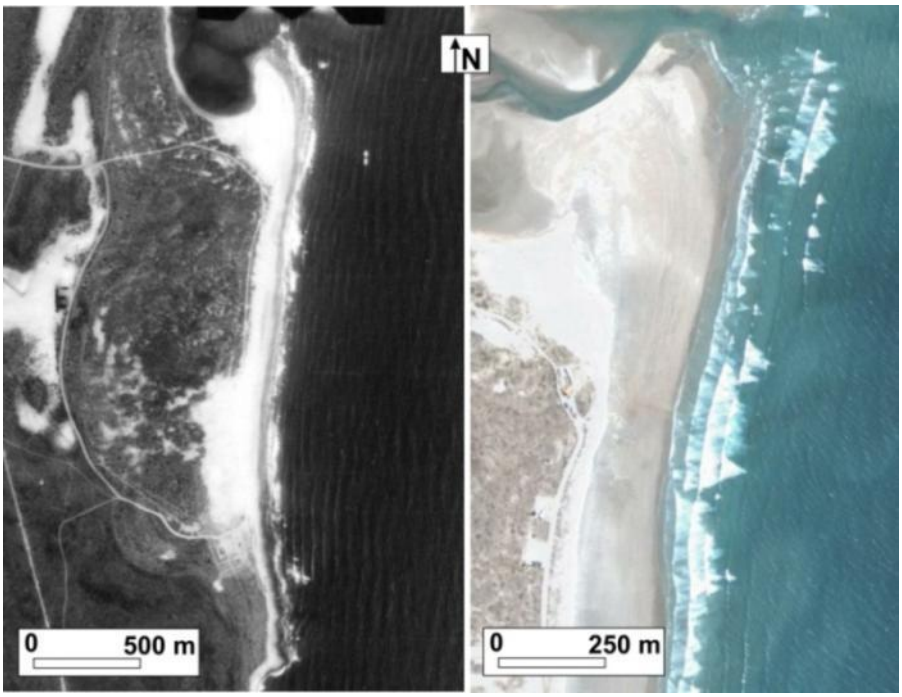
Figura 2.
Perfil topográfico de la playa y médano en Playas Doradas realizado de acuerdo con el método de Emery (1961).



Fuente: Genchi (2012), elaborado sobre la base de datos proporcionados por personal del IADO.

[2] El análisis granulométrico (inédito) fue realizado por el grupo de investigación del IADO conformado por los Dres. E. Gelós, J. Spagnuolo y R. Schillizzi en 1986.

Figura 3.
Vista en planta, a diferentes escalas espaciales, de las zonas de rompiente, deslizamiento y lavado en Playas Doradas.



Fuente: Fotografía aérea del IGN (Izq.); Imagen *Google Earth, Image Digital Globe* (Der.).

Método de Trabajo

Se efectuó un MDE empleando un método basado en un geoprocesamiento de imágenes obtenidas en secuencia sobre la zona intermareal de la playa (Figs. 4 y 5). Se asume que la línea de marea conforma una línea de igual elevación, por lo que resulta posible generar un MDE con las líneas de marea en diferentes estadios (Genchi, 2012). Se instaló una cámara de video IP CCD Sony en un edificio emplazado próximo a la línea de costa, localizado en el sector periférico del balneario (Fig. 4). La cámara se conectó a una computadora que almacena los registros. La cámara posee un lente de ángulo cerrado de 25 mm que permite una adecuada visualización a distancia. Se obtuvieron tres imágenes consecutivas cada 1 segundo con un intervalo de 10 minutos. Para adquirir una visualización óptima del contorno de la marea se realizó un promedio de las tres imágenes consecutivas.

La línea de la marea (curva de nivel) se digitalizó en el SIG *Arc View* v. 3.3. Las curvas se encuentran en un espacio dimensional correspondiente a una imagen, por lo que se aplicó una transformación proyectiva que les confiere la información geoespacial correspondiente. Dichos valores se georreferenciaron en coordenadas planas UTM empleando el elipsoide de referencia WGS 84 (Genchi, 2012). Para ello se emplea una matriz de transformación proyectiva basado en Hartley y Zisserman (2003). Se realizó la lectura de la altura del agua simultánea a la captura de imágenes a través de un mareógrafo georreferenciado, que permitió generar el valor de la curva de nivel en el terreno. El mareógrafo se instaló en forma temporaria en los días seleccionados para el estudio, sobre un afloramiento rocoso localizado en el sector de playa frontal.

Para la generación de un MDE se efectuó un procesamiento digital de las variables x, y, z que consistió en interpolación empleando el método de triangulación con interpolación lineal en el programa *Surfer* v. 8. A partir del MDE se derivaron mapas de pendiente y se efectuaron cálculos entre matrices a través del empleo de la extensión *Spatial Analysis* en el SIG *Arc View* v. 3.3. A fin de analizar la dinámica sedimentaria de la playa se seleccionaron los días 24 de enero y 19 de febrero del año 2011, los cuales circundan una serie de eventos meteorológicos de relevancia. Además, se calcularon las diferencias volumétricas entre perfiles de diferentes fechas a partir de la utilización del programa *Grapher* 6.1.

La estación meteorológica utilizada se ubica en la zona periférica de la localidad de Playas Doradas (41°37'11,41"S; 65°1'28,56"W) (Fig.1) a 15 m.s.n.m y 8 m sobre el suelo (anemómetro). El instrumental (SINOMETER Ws1081) registra los parámetros (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y precipitación) con un intervalo de muestreo de 30 minutos.

Figura 4.

Localización de la cámara de video en el balneario Playas Doradas (a) -*Google Earth, Image Digital Globe*-. Vista del montaje de la cámara (b) y perspectiva de visión sobre la playa (b y c).

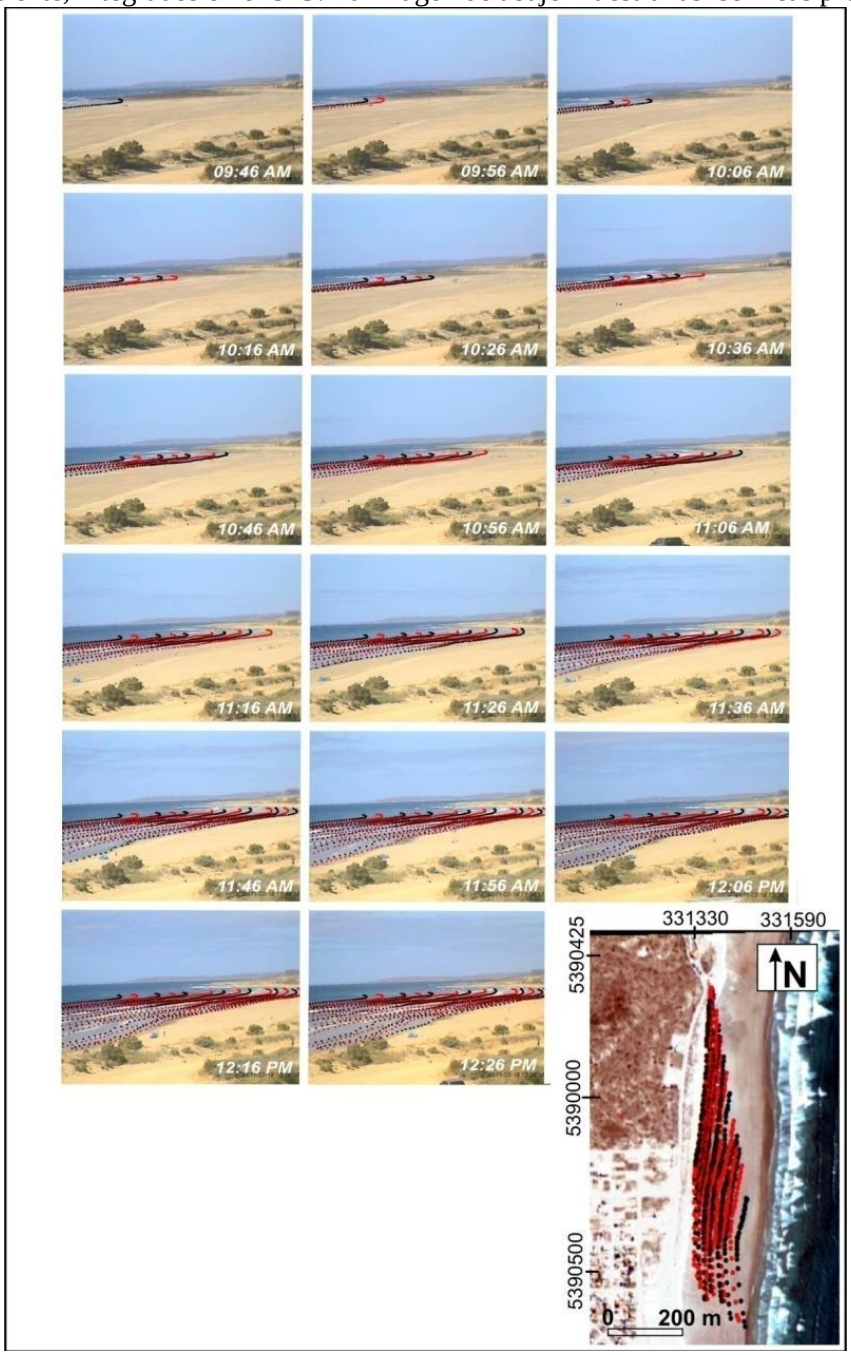


Fuente: Genchi (2012).

Genchi, S. A.; Vitale, A. J.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. 2014. Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 33. pp. 423-436. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 5.

Secuencia de las imágenes capturadas en Playas Doradas y las líneas de marea digitalizadas durante marea creciente, integrados en el SIG. La imagen de abajo muestra las isolíneas proyectadas.



Fuente: Genchi (2012).

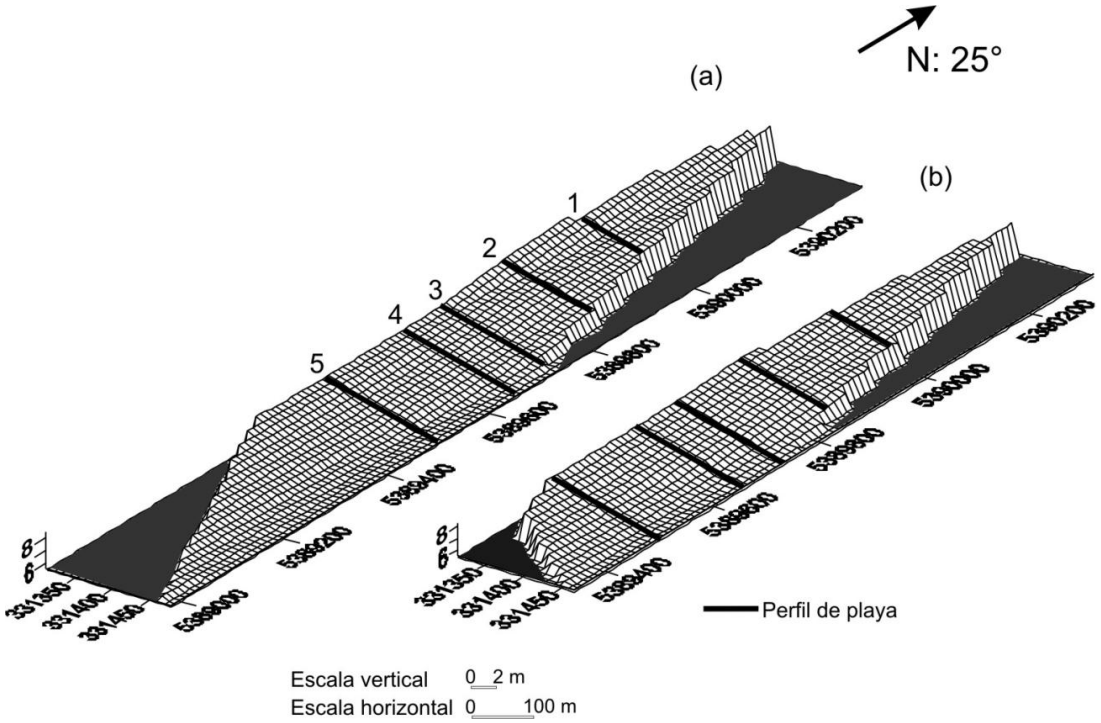
Genchi, S. A.; Vitale, A. J.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. 2014. Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 33. pp. 423-436. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Resultados y Discusión

La figura 6 muestra el MDE de un sector de la playa obtenido para dos días seleccionados de estudio (24/01/2011 y 19/02/2011). Este sector alcanza la zona intermareal media-alta (Fig. 4). En dichos días la condición de la marea fue de sicigia, con lo cual alcanzó alturas considerables que permitieron obtener una mayor cobertura topográfica de la playa.

Durante el período seleccionado se observaron ocho eventos meteorológicos de importancia (Tabla I; Fig. 7). La efectividad de un evento extremo está determinada principalmente por la intensidad (velocidad y duración del viento), la dirección de la tormenta en relación a la orientación de la línea de costa y el nivel del mar (condición de la marea) durante la ocurrencia del evento. La dirección predominante del viento fue del NE en el 62,5 % de los casos, por lo que de acuerdo a la alineación de la costa, el viento provino en su mayoría desde el mar, aunque no perpendicular a la costa (Genchi, 2012). Cabe destacar el evento ocurrido el día 10/02 en cuyo caso se produjo el efecto combinado de la condición de marea creciente durante sicigia, con dirección dominante del NE (Tabla I), por lo que la altura de la onda de marea pudo haber alcanzado la máxima altura sobre la playa. Además, las características de los eventos, en particular la dirección e intensidad del viento así como el lapso de tiempo entre los mismos, fueron variables (Fig. 7; Tabla I). Esto pudo significar procesos alternativos de erosión y acreción de la playa.

Figura 6.
MDE de la playa del balneario Playas Doradas para los días 24 de enero de 2011 (a) y 19 de febrero de 2011 (b). La altura del terreno está referida al plano de reducción del cargadero Punta Colorada del SHN.



Fuente: Genchi, 2012.

Genchi, S. A.; Vitale, A. J.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. 2014. Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 33. pp. 423-436. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Tabla I.

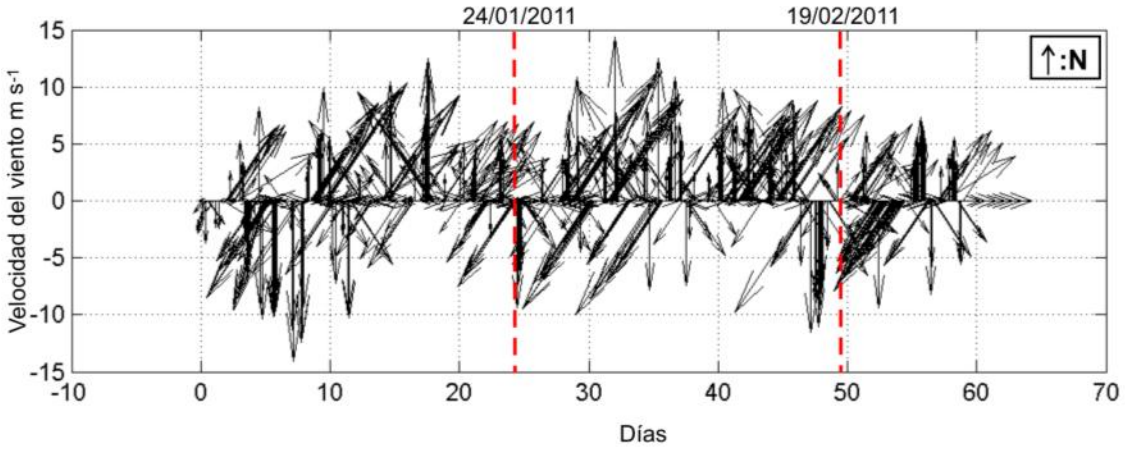
Descripción de los eventos más significativos (> 6 hs de duración; > 11 m s^{-1} de velocidad del viento) ocurridos entre el 24/01/2011 y el 19/02/2011. [C_c: creciente cuadratura; C_s: creciente sicigia; B_c: bajante cuadratura; B_s: bajante sicigia].

Fecha de ocurrencia del evento	Duración (hs)	Velocidad Media (m s^{-1})	Velocidad Máxima Media (m s^{-1})	Velocidad Máxima Absoluta (m s^{-1})	Dirección Dominante	Condición de la marea
29/01	12	14,3	16,6	21,4	NE	C_c y B_c
31/01	6	11,9	16,7	20,4	W	B_c
01-02/02	16	12,2	14,3	18,4	NE	B_c, C_c y B_c
04-05/02	15	13,1	16,6	21,1	W	C_s, B_s, C_s
06/02	6	11,2	12,9	13,9	NE	B_s
10/02	6	11	13,2	14,6	NE	C_s
14/02	6	11,4	13,4	16,7	NE	C_c
17/02	6	13,1	16,2	22,1	SW	B_c

Fuente: Genchi (2012).

Figura 7.

Vectores de velocidad media del viento con un intervalo de dos horas en Playas Doradas entre los meses de enero y febrero del año 2011. [Día 0=01/01/2011].



Fuente: Genchi (2012).

Del análisis de los perfiles topográficos de playa en distintas secciones transversales para los días considerados (Tabla II; Figs. 6 y 8) se desprende que aquellos pertenecientes al día 19/02 señalaron erosión respecto del día 24/01 en todos los casos, con volúmenes que oscilaron entre 8,7 y 36,6 m^3. La mayor erosión se produjo en los perfiles 3 y 4 (Tabla II; Figs. 6 y 8). En general, la erosión afectó fundamentalmente la zona de playa frontal, con modificaciones en la pendiente resultante, la cual se incrementa ligeramente (Tabla II; Fig. 8).

Tabla II.

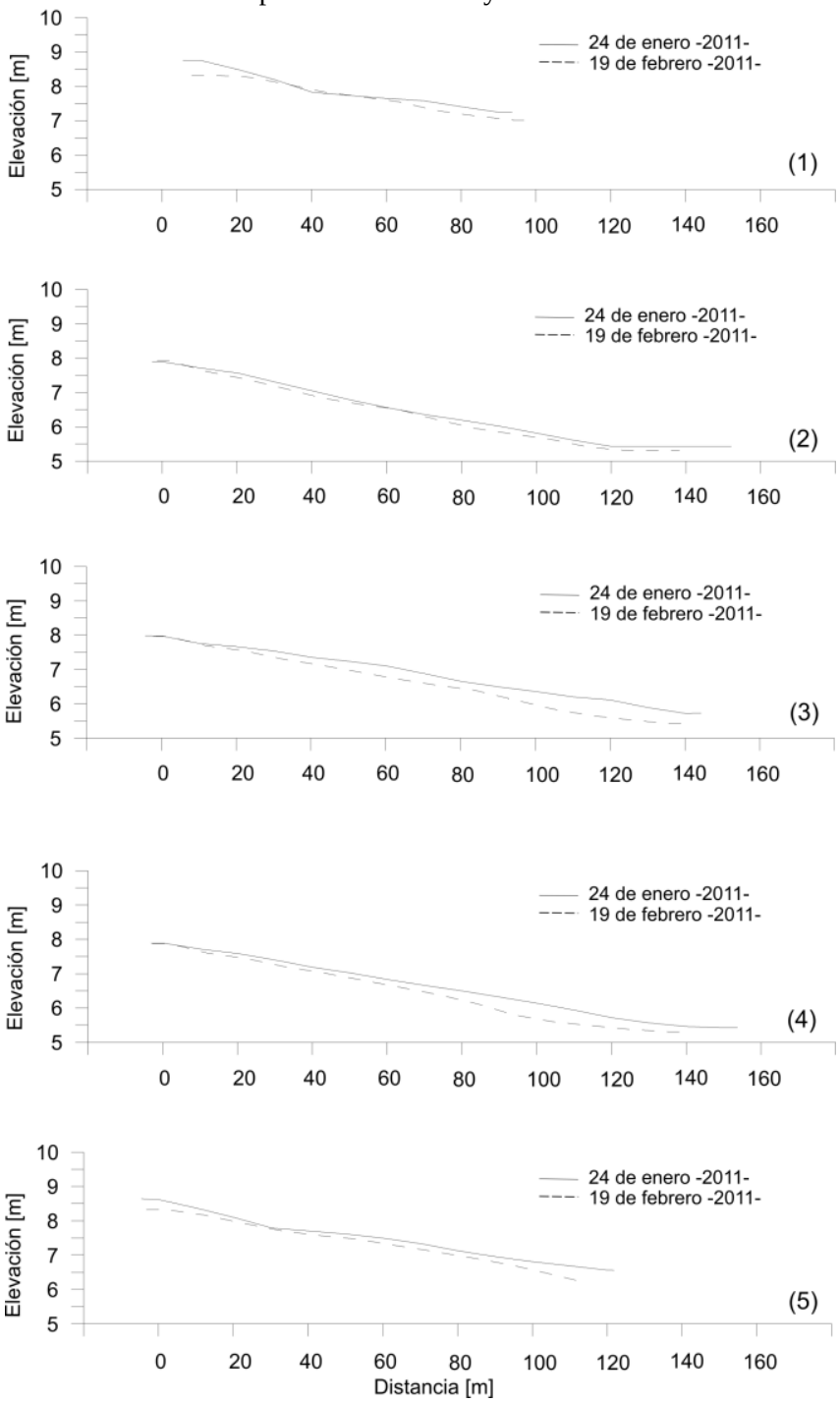
Pendiente y volumen erosionado en cada perfil de playa (Figs. 5-24 y 5-26). (*): La longitud indicada se refiere a la menor distancia entre ambos perfiles.

Perfil	*Longitud del perfil (m)	Pendiente (tg β) -24/01/11-	Pendiente (tg β) -19/02/11-	Volumen de erosión total (m^3)	Erosión relativa (%)
1	88	0,0089	0,0075	11,51	10,9
2	119	0,0082	0,0090	18,83	17,8
3	147	0,0077	0,0091	36,56	34,6
4	141	0,0080	0,0095	30,04	28,4
5	140	0,0101	0,0103	8,69	8,2

Fuente: Genchi (2012).

Figura 8.

Perfiles de playa en cinco sectores de la playa distribuidos a lo largo de la costa en Playas Doradas, para los días 24/01 y 19/02.

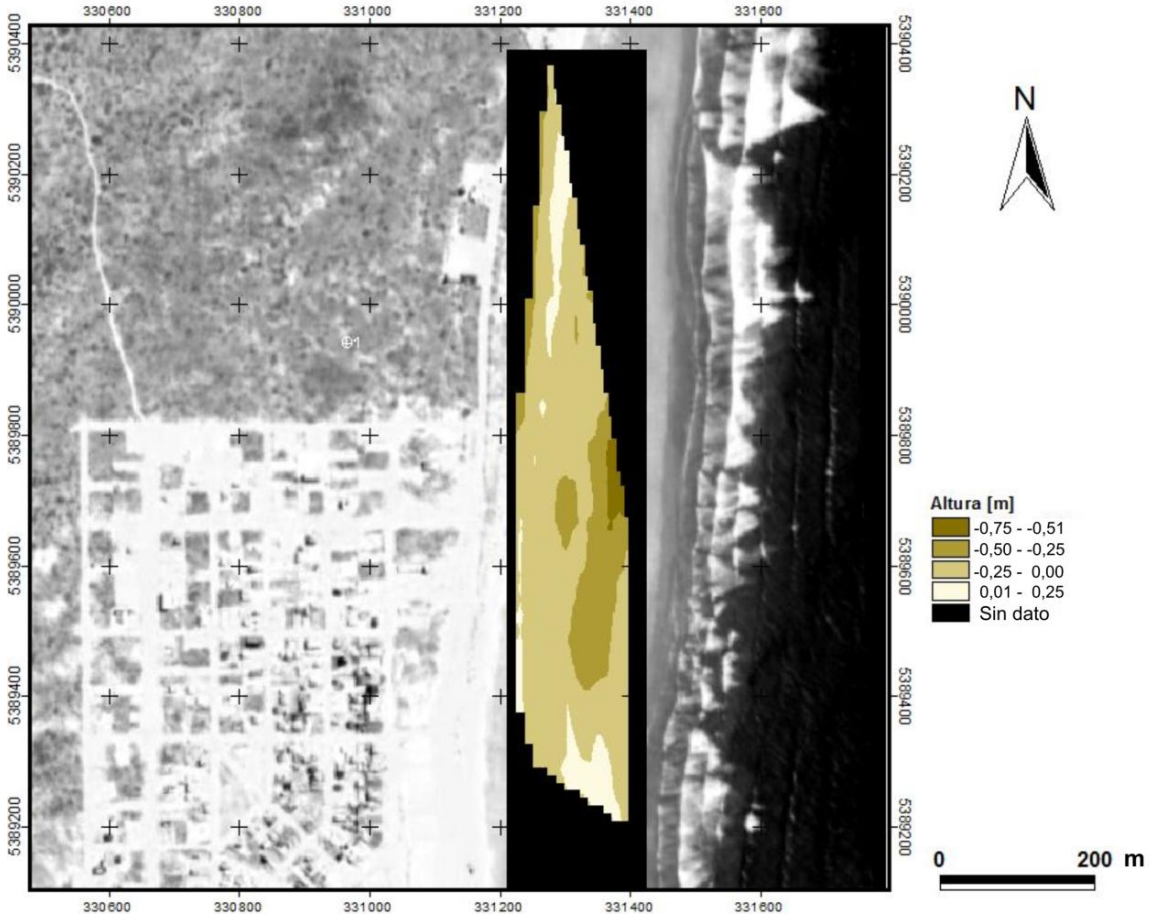


Fuente: Genchi (2012).

De acuerdo a las superficies topográficas obtenidas para cada día considerado, se observó en promedio una pérdida de arena de 0,16 m de espesor (Fig. 9). La desviación estándar fue de ±0,14 m, que indica una notable variabilidad en el volumen de sedimentos existente entre ambas superficies topográficas. La mayor erosión alcanzó 0,74 m. No obstante, se registraron sectores de la playa en que se produjo acreción, la cual alcanzó un máximo de 0,19 m de espesor (Fig. 9). Dicha acreción se produjo principalmente en el sector S.

Figura 9.

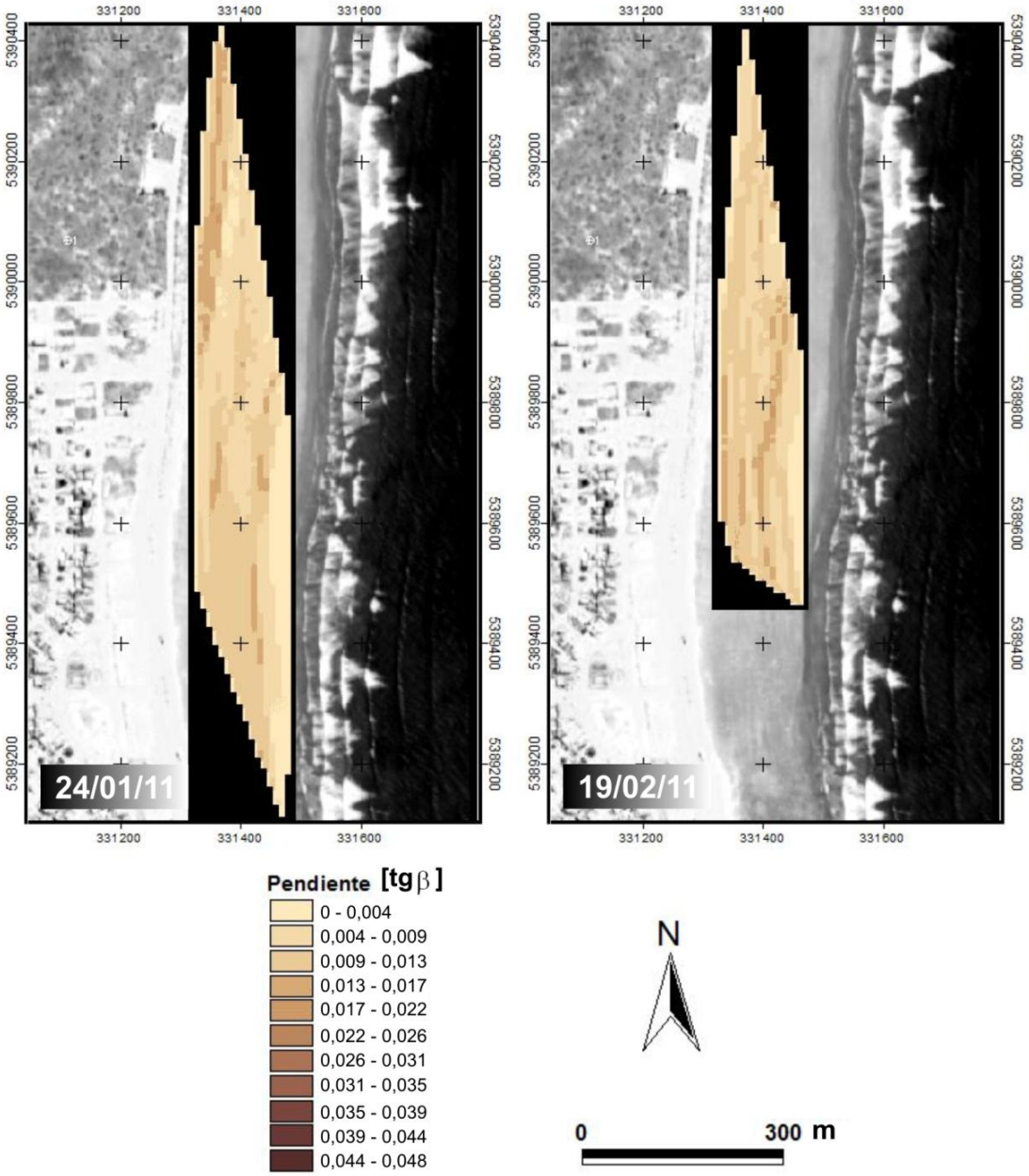
Mapa del balance sedimentario calculado para el período comprendido entre el 24/01 y el 19/02, a partir de los MDE generados en el sector intermareal de la playa de la localidad de Playas Doradas. La gráfica obtenida presenta un degradado de colores cuyo extremo más oscuro indica erosión y el restante más claro, acreción.



Fuente: Genchi (2012).

En los mapas de pendientes resultantes de derivar el MDE para ambos días se observan diferencias entre los mismos (Fig. 10). La pendiente media para el MDE correspondiente al día 24/01 fue muy suave (tg β=0,0078), mientras que para el restante día fue también muy suave, aunque ligeramente mayor (tg β=0,0084) (Fig. 10). Durante el período considerado se produjo un desplazamiento de la zona de mayor pendiente, en dirección hacia el mar (Fig. 10).

Figura 10.
Mapas de pendiente de la playa obtenidos para los días 24/01 y 19/02 en Playas Doradas.



Fuente: Genchi (2012).

Genchi, S. A.; Vitale, A. J.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. 2014. Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 33. pp. 423-436. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Conclusiones

En Playas Doradas, caracterizada por un tipo de costa acumulativa, se aplicó un método de trabajo que permite cuantificar el balance sedimentario de una porción de la playa mediante la construcción de MDEs. Este método se basa en la captura de imágenes consecutivas sobre la zona intermareal, a partir de las cuales se digitalizaron las líneas de marea que se emplearon para generar datos altimétricos. Además, el método se complementó con la utilización de un mareógrafo y una estación meteorológica. Se seleccionó un período que se extiende del 24/01 al 19/02 del 2011. Los resultados arrojaron un balance general deficitario. Durante ese período ocurrieron ocho eventos meteorológicos importantes con vientos fuertes del NE en el 62,5 % de los mismos. Se registró una erosión media de 0,16 m de espesor, con un máximo que alcanzó 0,74 m. En general, la erosión afectó fundamentalmente la zona de playa frontal, con modificaciones en la pendiente resultante, la cual se incrementó ligeramente.

El método aplicado permitió cuantificar la dinámica de la playa con gran resolución espacial, mostrando ventajas económicas y operativas. La regularidad de las mediciones resulta fundamental en la determinación de los ritmos de erosión o acreción a largo plazo y deben complementarse con mediciones de parámetros meteorológicos y oceanográficos.

Referencias bibliográficas

BRAY, M.J., HOOKE, J.M. "Prediction of Soft-Cliff Retreat with Accelerating Sea-Level Rise". *Journal of Coastal Research.* 1997, vol. 13, pp. 453-467.

CARTER, R.W.G, WOODROFFE, C.D. "Coastal evolution: an introduction". En: CARTER, R.W.G. y WOODROFFE, C.D. (Eds.). Coastal Evolution, Late Quaternary Shoreline Morphodynamics. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1994, pp. 1-31.

DAVIDSON-ARNOTT, R. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

DELACOURT, CH., ALLEMAND, P., JAUD, M., GRANDJEAN, P., DESCHAMPS, A., AMMANN, J., CU, V. "DRELIO: an unmanned helicopter for imaging coastal areas". *Journal of Coastal Research*. 2009, vol. 56, pp. 1489-1493.

DEL VALLE, R., DONINI, H. Caracterización morfodinámica y predicción de los cambios de perfil de Playa Unión - Puerto Rawson. En: VI Congreso Argentino de Ingenieria Portuaria, 2010, Buenos Aires.

GELÓS, E.M., SPAGNUOLO, J.O., SCHILLIZZI, R.A., GÓMEZ, E. "Textura y mineralogía de los sedimentos de playa entre San Antonio (Río Negro) y Puerto Lobos (Chubut)". *Revista de la Asociación Geológica Argentina.* 1994, vol. 49, pp. 85-92.

GENCHI, S.A. Geomorfología regional y dinámica costera del sector Occidental del golfo San Matías. Tesis Doctoral en Geografía. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur, 2012.

KEVIN, W., HESHAM, M. "Monitoring changing position of coastlines using Thematic Mapper imagery, an example from the Nile Delta". *Geomorphology*. 1999, vol. 29, pp. 93-105.

Genchi, S. A.; Vitale, A. J.; Carbone, M. E.; Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. 2014. Evaluación de la Morfodinámica Costera en Playas Doradas (Río Negro). En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 33. pp. 423-436. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

LOHANI, B., MASON, D.C. Extraction of tidal channel networks from LiDAR data. En: Fourth International Airborne Remote Sensing Conference & Exhibition, 1999, Ottawa, Canada.

MOORE, L.J. "Shorline mapping techniques". *Journal of Coastal Research*. 2000, vol. 16, pp. 111-124.

NICHOLLS, R.J., WONG, P.P., BURKETT, V.R., CODIGNOTTO, J.O., HAY, J.E., MCLEA,N R.F., RAGOONADEN, S., WOODROFFE, C.D. Coastal systems and low-lying areas. En: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Massachusetts: Cambridge University Press, 2007, pp. 315-356.

PLANT, N.G., HOLMAN, R.A. "Intertidal beach profile estimation using video images". *Mar. Geol.*. 1997, vol. 140, pp. 1-24.

RYU, J.H. *et al.* "Intertidal DEM generation using waterline extracted from remotely sensed data; Korean". *J. Remote Sensing*. 2000, vol. 16, pp. 221-223.

SMITH, M.J., CHANDLER, J., ROSE, J. "High spatial resolution data acquisition for the geosciences: kite aerial photography". *Earth Surface Processes and Landforms*. 2009, vol. 34, pp. 155-161.

VITALE, A.J. Modelado y simulación del balance energético en marismas. Tesis Doctoral. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur, 2010.

WRIGHT, L.D., SHORT, A.D. "Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis". *Mar. Geol*. 1984, vol. 56, pp. 93-118.

ZHANG, K., DOUGLAS, B.C., LEATHERMAN, S.P. "Global Warming and Coastal Erosion". *Climatic Change*. 2004, vol. 64, pp. 41-58.

Geraldi, A.; Michalijos, M. Paula y Visciarelli, Stella M. 2014. Análisis de la vulnerabilidad asociada a eventos de avenidas. Caso: Villa Serrana La Gruta, provincia de Buenos Aires. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 34. pp. 437-449. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Análisis de la vulnerabilidad asociada a eventos de avenidas. Caso: Villa Serrana La Gruta, provincia de Buenos Aires[§]

Alejandra, Geraldi [*]
María Paula Michalijos [**]
Stella Maris Visciarelli [***]

Resumen

El área serrana que conforma la Comarca Turística de Sierra de la Ventana, en el Sudoeste Bonaerense, cuenta con una amplia variedad de atractivos naturales y culturales que le permiten posicionarse como destino turístico en la provincia de Buenos Aires. Esto provoca que pequeños pueblos, como Villa Serrana La Gruta, tengan un crecimiento acelerado en corto tiempo y sin planificación, dando lugar a conflictos ambientales propios de las áreas serranas. El objetivo del presente trabajo es evaluar la vulnerabilidad de la población frente a los periodos de excesiva precipitación y ante la falta de planificación. Se analizan los procesos de ocupación durante el periodo 1981-2014. Para determinar las zonas de mayor crecimiento se utilizan fotografías aéreas de la década del 80 e imágenes satelitales de alta resolución espacial. En el software ArcGis se correlacionan las variables geográficas (hidrografía, precipitación, curvas de nivel, rutas, viviendas, entre otros) para determinar los niveles de vulnerabilidad de la población. Resultados preliminares muestran que las áreas más antiguas de mayor crecimiento presentan una vulnerabilidad baja, sin embargo los nuevos loteos, en la costa del arroyo Ventana presentan riesgo y una vulnerabilidad mayor.

Palabras claves: vulnerabilidad, avenidas, hidrografía, proceso de ocupación.

Abstract

The mountainous area that made up the Tourist Region of Sierra de la Ventana, in the Southwest of Buenos Aires has much to offer in the way of natural and culture making it a favourite weekend or holiday destination for many. This causes small towns, like Villa La Gruta, have accelerated and unplanned growth in a short period of time leading to own environmental conflicts of the mountain areas. The aim of this study is to assess the population vulnerability in periods of heavy rains and the lack of planning. Occupation processes are analyzed for the period 1981-2014. To determine the fastest growing areas aerial photography of the 80's and high-resolution satellite imagery are used. In the ArcGis software geographical variables (hydrography, precipitatio, contours, roads, housing, etc.) are correlated to identify the level of the population's vulnerability. Preliminary results show that the oldest and fastest growing areas have low vulnerability, however the new subdivisions, the Ventana coast stream is where the greatest risks and vulnerability lie and who are the most threatened.

Keywords: vulnerability, avenues, hydrography, occupation process

*Docente-Investigadora, Departamento de Geografía y Turismo, UNS-CONICET. ageraldi@uns.edu.ar
** Docente-Investigadora, Departamento de Geografía y Turismo, UNS. mpmichalijos@uns.edu.ar
*** Docente-Investigadora, Departamento de Geografía y Turismo, UNS. smvisciarelli@uns.edu.ar

[§] La presente investigación se desarrolla en el marco del proyecto de investigación "Procesos espaciales y dinámicas territorializadoras en el sudoeste bonaerense. Nuevas tendencias, nuevos escenarios. Segunda Parte" (24/G065).

Geraldi, A.; Michalijos, M. Paula y Visciarelli, Stella M. 2014. Análisis de la vulnerabilidad asociada a eventos de avenidas. Caso: Villa Serrana La Gruta, provincia de Buenos Aires. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 34. pp. 437-449. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Uno de los problemas ambientales en la Argentina son los eventos de inundación, en el Sudoeste bonaerense estos fenómenos son de gran magnitud y frecuencia dado que está sometido a la alternancia de períodos secos y húmedos (Geraldi, 2009). Dicha región tiene profundas perturbaciones climáticas atribuibles al avance del calentamiento del planeta y al ritmo estadístico de la presentación de estos fenómenos (Glave, 2006).

Las inundaciones son procesos socio-naturales, que provocan daños materiales y pérdidas importantes en cuencas hidrográficas debido a los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos. Estos últimos generan aumentos importantes de caudal y durante períodos de lluvias torrenciales, en muchos casos, sobrepasan las capacidades de los cauces de ríos y arroyos, provocando el desborde de las aguas y generando el fenómeno de inundación. Estos eventos extraordinarios se intensifican y causan daños mayores cuando se producen en zonas de montañas o sierras. En los últimos años se ha constatado un incremento de la población en riesgo como resultado del aumento de la presión sobre las áreas de influencia de la dinámica fluvial. Es así que los daños causados por avenidas son cada vez más frecuentes y de mayor magnitud. Existen numerosos estudios de situaciones extraordinarias de lluvia (Donnari y Scian, 1993; Piccolo *et al*., 2002; Ravelo *et al*., 2005; Scian y Pierini, 2008; Skansi *et al.*, 2009), sin embargo son escasos los estudios que relacionan los eventos extremos con los procesos de ocupación del espacio.

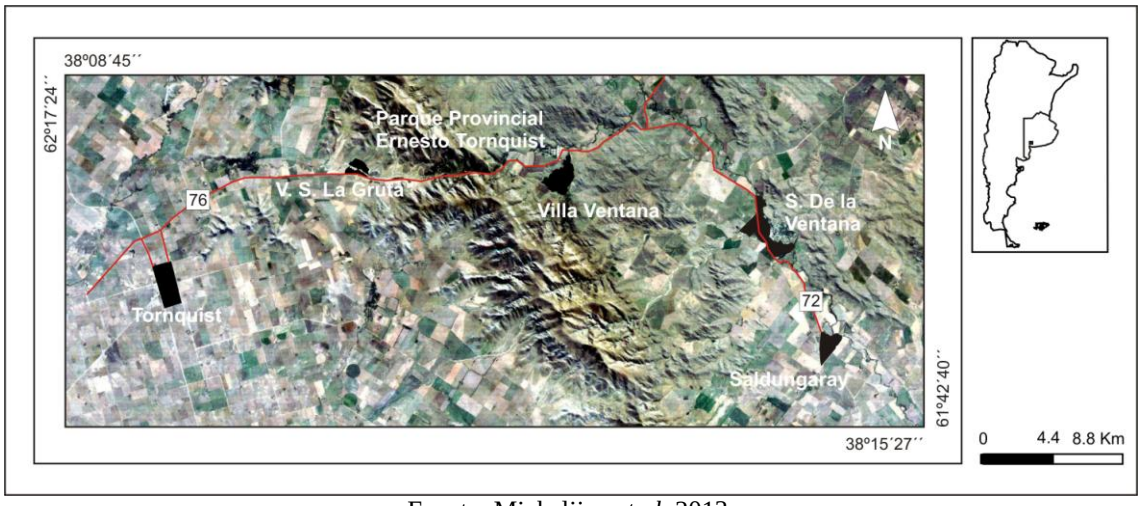
En este contexto Villa Serrana La Gruta, forma parte de la oferta turística de la región del sudoeste bonaerense basado en el atractivo de sus recursos naturales. En la actualidad se evidencia un aumento de los residentes producto de migraciones recientes. La falta de planificación y el auge turístico han provocado un aumento de la vulnerabilidad a las crecidas y del riesgo. Por vulnerabilidad se entiende a "… la incapacidad de una comunidad para "absorber", mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, su "inflexibilidad" o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad" (Wilches-Chaux, 1993:50). El objetivo del trabajo es evaluar la vulnerabilidad de la población frente a los periodos de excesiva precipitación y ante la falta de planificación.

Área de estudio

El área de estudio corresponde a Villa Serrana La Gruta (Fig. 1), en la "Comarca Turística de la Sierra de la Ventana", se localiza sobre la ruta provincial Nº 76, a 15 km de la localidad de Tornquist y a 3 km del Parque Provincial Ernesto Tornquist. La zona, que constituye uno de los ambientes de mayor calidad ambiental y paisajístico de la provincia de Buenos Aires, se encuentra dentro del sistema de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires.

Geraldi, A.; Michalijos, M. Paula y Visciarelli, Stella M. 2014. Análisis de la vulnerabilidad asociada a eventos de avenidas. Caso: Villa Serrana La Gruta, provincia de Buenos Aires. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 34. pp. 437-449. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 1.
Localización del área de estudio.



Fuente: Michalijos *et al*, 2013.

El área serrana cuenta con una amplia variedad de recursos naturales y culturales donde se desarrolla una intensa y creciente actividad turística acompañada de un importante crecimiento de la infraestructura y el equipamiento que le permiten posicionarse dentro de la provincia como un destino turístico. Las localidades más importantes de la Comarca con vocación turística son: Tornquist, Villa Serrana La Gruta, Villa Ventana, Sierra de la Ventana y Saldungaray. Todas ellas han manifestado procesos de crecimiento poblacional en los últimos años, observados a través de los censos nacionales; y de crecimiento turístico según lo registra la Secretaria de Turismo de la Municipalidad de Tornquist. En este contexto, Villa Serrana La Gruta es la de menor desarrollo con escasa población residente y una demanda turística incipiente.

El relieve está determinado por el sistema de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires, conjunto de elevaciones bien definidas, en sentido noroeste-sudeste, de 175 Km de longitud y una anchura máxima de 50 km. Representan las máximas alturas de la provincia (Harrington, 1947).

El clima de la región, según la clasificación de Thornthwaite, es subhúmedo seco (C1). La temperatura media en el verano es de 20º C, con máximas absolutas de 35º C a 40º C. En invierno la temperatura media es de 8º C y la mínima absoluta puede descender hasta los -10º C, produciéndose heladas y nevadas ocasionales (Gil y Campo, 2000).

Las sierras determinan variaciones locales (mesoclimas) del clima regional (macroclimas), en función de la altitud, la exposición y la pendiente. Las Sierras presentan un gradiente altitudinal que promedia 6.9°C/100 m (Kristensen y Frangi, 1995).

La precipitación media anual es de 610 mm, con una gran variabilidad de los valores medios, con una máxima de 1056 mm y mínima de 396 mm. Las lluvias se concentran en los meses de octubre a marzo, con el 63,7 % del total anual. Sin embargo en marzo y en abril se registran los valores mensuales más altos, con 283 mm y 204 mm, respectivamente. El período de bajas precipitaciones corresponde a los meses de junio, julio y agosto con un valor acumulado de 14 % del total (Gil y Campo, 2000).

Proceso de ocupación

Villa Serrana La Gruta debe su nombre a las condiciones particulares del sitio, la existencia de una gruta natural sobre el faldeo de las Sierras de la Ventana. En este lugar se colocó la imagen de la Virgen de Fátima, cuyo Santuario se convierte en motivo de peregrinación religiosa, y que más tarde pasa a formar parte de los circuitos de turismo religioso en la región influyendo en el crecimiento de la demanda turística de la villa.

El origen de la localidad se produce el 2 de diciembre de 1970 cuando se firma el acta constitutiva de la sociedad de fomento, denominada "Sociedad de Fomento y Turismo de Villa Serrana La Gruta".. Desde sus orígenes se encuentra vinculada al turismo como lo demuestra el nombre de la Sociedad de Fomento y que uno de los primeros lotes se destina al establecimiento de un área recreativa, un country club privado hoy ocupado por las instalaciones de un camping. El desarrollo de la infraestructura y el crecimiento de la villa fue muy lento, en treinta años se completó el tendido eléctrico, el alumbrado público y el puente peatonal que permite cruzar el arroyo De la Ventana. La población suma 52 habitantes permanentes. Al mismo tiempo, el afianzamiento institucional de la Villa se refleja en su constitución como Delegación Municipal del Partido Tornquist con un delegado que representa los intereses públicos locales.

En los últimos años Villa Serrana La Gruta ha registrado un incremento en la población residente, producto de la búsqueda, por parte de la población, de una mayor calidad de vida. Esta tendencia social, que se repite a escala mundial, puede describirse como una migración de personas desde grandes metrópolis a ciudades pequeñas o pueblos en el interior, cuya calidad ambiental y cultural es percibida como superior a la de sus antiguos lugares de residencia (Otero, 2011).

Este nuevo tipo de migración denominada "de amenidad" está asociado al fenómeno turístico. La principal diferencia conceptual entre ambos procesos radica en que los migrantes fueron antes turistas, que vivenciaron el ambiente y luego decidieron instalarse allí. Los migrantes de amenidad en ocasiones cumplen un nuevo doble rol en la comunidad que los recibe, por un lado de nuevo poblador y al mismo tiempo emprendedor turístico. La decisión de migrar es usualmente acompañada de la decisión de inversión en la construcción o adquisición de viviendas permanentes o segundas residencias donde iniciar una nueva vida o de invertir en el desarrollo de microemprendimientos turísticos. Este proceso implica una transformación en las estructuras económicas, sociales y territoriales e incluso en los valores simbólicos y paisajísticos.

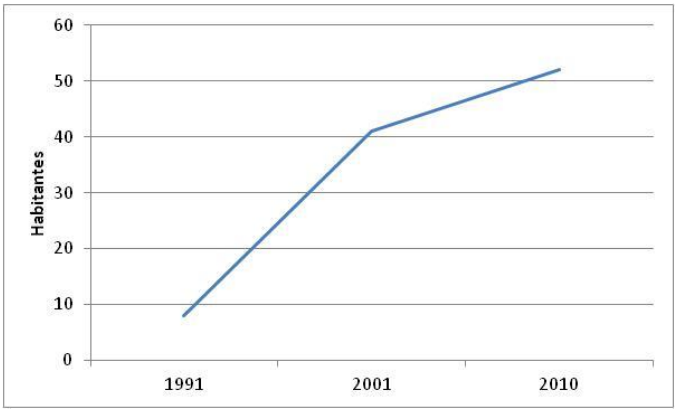
La existencia de este tipo de población en Villa Serrana La Gruta y algunas características de este proceso migratorio, se comprobaron en el estudio realizado por Michalijos y otros en 2013, quienes analizaron a través de encuestas el lugar de procedencia de la población, el motivo de elección del lugar de residencia y estructura de población en el rango etario.

Las autoras distinguieron principalmente tres grupos etarios. El primero, es el grupo más numeroso (50%), formado por individuos jóvenes, en edad económicamente activa (entre 35 y 55 años), que se dedican a actividades relacionadas con el comercio, la administración pública y privada en localidades cercanas y a los servicios turísticos en la localidad. El segundo son personas próximas a jubilarse, entre 55 y 60 años (el 40%), propietarios de segundas residencias, que prevén su instalación como un proyecto a concretarse en pocos años. Por último los adultos mayores, más de 60 años, que corresponde al 10% de los encuestados, quienes se sostienen económicamente con fondos que reciben de su lugar de origen (Michalijos *et al*, 2013).

En cuanto al motivo que los impulsó a residir en el área, el 50 % de los encuestados priorizó la belleza del paisaje, la cercanía a las sierras, además atribuyó un valor considerable a la tranquilidad (30%), y la posibilidad de establecer un emprendimiento turístico o gastronómico (20%).

El proceso migratorio que viene consolidando este espacio se observa, también al analizar el aumento de la población. Entre los censos realizados en 1991, 2001 y 2010 por INDEC (Fig. 2), se observa que en el año 1991, La Gruta contaba con sólo 8 habitantes, cifra que se multiplica por cinco en 2001 significando un crecimiento intercensal del 412 %. En el año 2010 el incremento fue del 27% en relación al último censo (Michalijos *et al*, 2013).

Figura 2.
Evolución de la población entre los años 1991 y 2010 en Villa Serrana La Gruta.



Fuente: Michalijos *et al.* (2013).

Actualmente se observa un alto grado de transformación, que incluye la fragmentación de espacios rurales para nuevos loteos. Todo ello se asocia a nuevas formas de ocupación del espacio mediante el surgimiento de nuevas actividades en áreas rurales; pautas culturales; de percepción y apropiación del espacio, por una sociedad que tiene formas socializadoras y de consumo diferentes. Dichas formas y pautas culturales dan un valor diferente a este territorio e imprimen una nueva dinámica a la localidad.

Metodología

La presente investigación se realiza a través del estudio de caso. Se utilizaron datos de fuentes primarias y secundarias a través de consultas bibliográficas, cartográficas y trabajo de campo.
Los datos de las fuentes primarias fueron recabados a través de observaciones directas en campo, donde se localizaron los diferentes componentes de un arroyo:

- Cuenca adyacente: formada por el suelo más alto que captura y drena el agua por escorrentía al arroyo.
- Valle aluvial: área baja de tierra que rodea al arroyo y sostiene el agua que se desborda durante las precipitaciones
- Vegetación emergente: incluye cualquier vegetación que sobresale en las orillas.

Se tomaron puntos de posicionamiento global (GPS) para el control de la altitud y la identificación de los componentes del arroyo. Se individualizaron indicadores visuales del cauce del arroyo y sus márgenes, se delimitó el cauce natural del arroyo y se detectaron modificaciones del curso.

El trabajo de gabinete consistió en la digitalización de las curvas de nivel y la hidrografía de la carta topográfica Tornquist escala 1:50.000 elaborada por el Instituto Geográfica Nacional y digitalización de la trama urbana de Villa Serrana La Gruta a partir de imágenes Spot. Se realizó un análisis multitemporal teniendo como base fotografías aéreas de 1981e imágenes Spot de 2010 para determinar las áreas de mayor crecimiento.

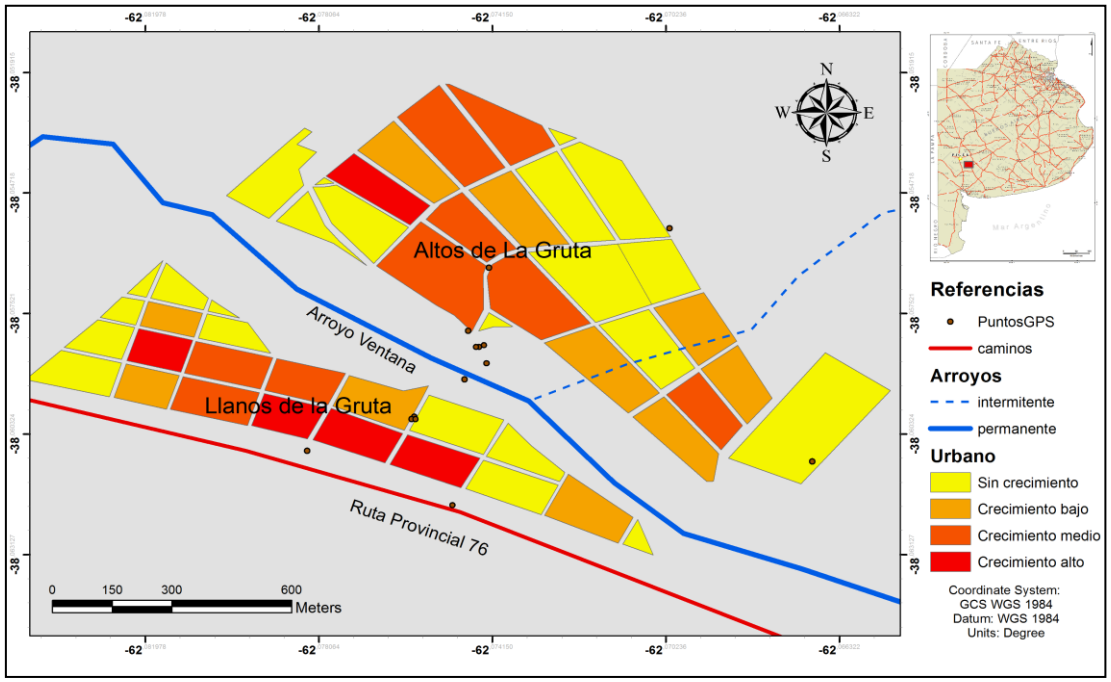
La información se integró en el software ArcGis, se aplicó un buffer de 500 mts. que permitió establecer la distancia al arroyo y se utilizó el álgebra de mapas para determinar el grado de vulnerabilidad.

Resultados

Análisis del crecimiento de Villa Serrana La Gruta

A los efectos del presente trabajo se divide la localidad en dos sectores teniendo como eje el arroyo De la Ventana: el primero localizado al Norte de Villa Serrana La Gruta y que denominaremos **Altos de La Gruta** y el segundo al Sur del arroyo **Llanos de La Gruta** (Fig. 3). Con respecto a la expansión física se analiza la variable superficie urbanizada entre los años 1981 y 2014. Se contabilizan 31 construcciones en los años 80 y 107 en el 2014, sumándose además nuevos loteos de tierras. El crecimiento de la villa no es homogéneo, y por lo tanto se lo clasifica en 4 categorías: sin crecimiento, crecimiento bajo, medio y alto (Fig. 3).

Figura 3.
Crecimiento urbano de Villa Serrana La Gruta.



Fuente: elaboración propia, 2014 en base a el análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

Las áreas sin crecimiento se localizan en:

- Altos de La Gruta: a) Al norte de este sector que a pesar de ser uno de los loteos más antiguos, según se visualiza en las fotos aéreas de 1981, no registra construcciones debido a la presencia de dos limitantes. Una natural, que corresponde por un lado a la zona de sierras, con alturas de 420 msnm y correspondiente a la formación geológica

Napostá integrada por unos 400 mts. de areniscas cuarcíticas muy homogéneas. Estas rocas son de grano fino a muy fino, compactas, macizas y densas. Sus colores predominantes son el blanco lechoso, blanco grisáceo y blanco débilmente rosado o celeste y muestran brillo vítreo y fractura subconcoidal (Harrington, 1947). Por otro a la presencia del arroyo que dificulta el acceso en periodos de abundantes precipitaciones.
Otra limitante pero de carácter antrópica está detrminada por la distancia a la ruta y a los accesos de la localidad.
b) En el extremo Oeste tres loteos que se encuentran a menor altura (380 mts.) y en el límite de ancho de ribera que en épocas de intensas precipitaciones activan los procesos de erosión hídrica.

- Llanos de La Gruta: existen tres sectores sin crecimiento, uno comprendido por tres manzanas que coinciden con la descripción anterior y se localizan en la ribera opuesta, otro sector localizado hacia el Oeste, alejado del área céntrica que coincide con el límite de la villa y por último loteos que si bien se encuentran sobre la cota de los 400 mts. presentan un desnivel importante determinando áreas inundables por estar situadas sobre la margen izquierda del arroyo.

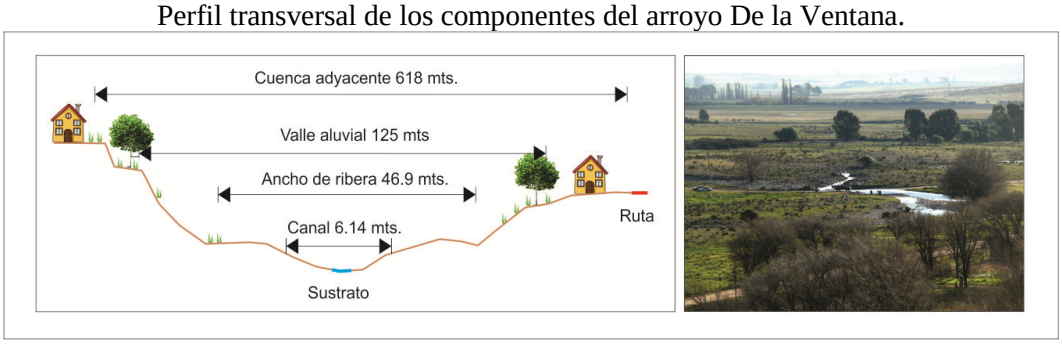
En cuanto al área de mayor crecimiento se localiza entre los dos accesos a la villa y sobre la ruta provincial 76. Dicha área concentra la mayor densidad de construcción destacándose dos manzanas con 8 y 10 edificaciones (crecimiento alto) y tres con 4 y 8 (crecimiento medio).
El resto de la villa tiene crecimiento bajo y medio (1 a 4 construcciones por manzana).

Análisis de la dinámica fluvial

Las inundaciones están íntimamente relacionadas con dos variables: la cantidad e intensidad de las precipitaciones y la escorrentía (Keller, 1996). Como la escorrentía causa los mayores problemas en el manejo de cuencas, es en esta parte del ciclo hidrológico en la cual se debe intervenir activamente para evitar que el agua ocasione graves daños dentro del territorio (Gaspari *et al*., 2007). Es necesario entonces conocer las características de los arroyos y de sus zonas contiguas. En el caso de Villa Serrana La Gruta el conocimiento de dichas características es aun más importante debido a que la villa, como se explicó anteriormente, es atravesada por un arroyo de sierras.

En la Figura 4 se observan los distintos elementos del arroyo De la Ventana y el área circundante. Se tomaron puntos de posicionamiento global en el paso vehicular que une Altos de La Gruta y Llanos de La Gruta, el canal tiene 6.14 mts. de ancho (Fig. 3). Se detectan por fluvirapción materiales de tamaño grande y muchos de ellos incrustado hasta en un 90% (Fig. 6). Este indicador relaciona directamente el grado de apropiación del sustrato como hábitat para macro invertebrados, procreación e incubación de huevos. Revela además el importante caudal que tuvo el arroyo en la última avenida del mes de abril de 2014.

Figura 4 .
Perfil transversal de los componentes del arroyo De la Ventana.



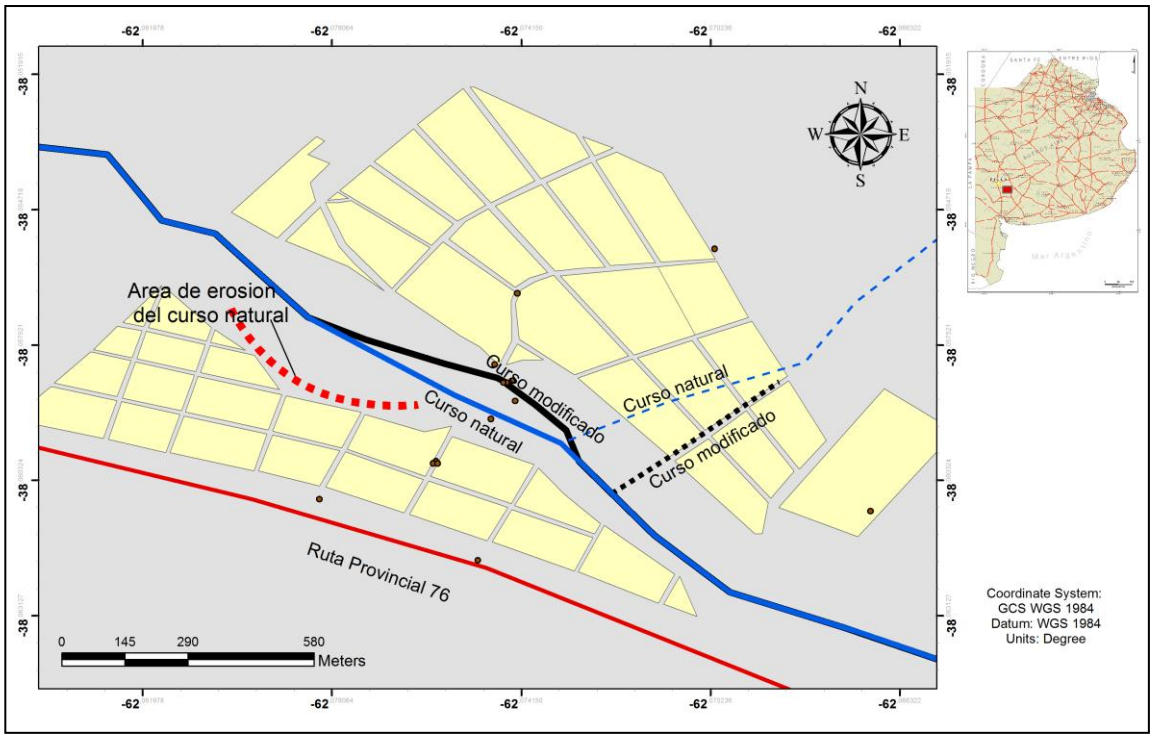
Fuente: Elaboración propia en base al trabajo de campo

La ribera, línea que marca el nivel máximo normal del agua, tiene un ancho de 46.9 mts. Esta zona se caracteriza por tener la mayor parte con suelo al descubierto. La margen izquierda, corriente abajo, presenta signos de erosión y está cubierta entre un 30 y 40 % de vegetación, compuesta mayormente por pastos degradados. La margen derecha presenta una pendiente más suave con mayor porcentaje de vegetación alrededor del 60%.

El valle aluvial tiene un ancho de 125 mts., los extremos 1270 y 1300 mts. respectivamente. Se observa vegetación natural muy degradada e introducida destacándose aromos y cipres entre otros.

El crecimiento urbano sostenido y con evidencias de falta de planificación condujo a problemáticas que afectan a la localidad. En campo se constató una importante modificación como es el desvío del cauce del arroyo principal y su tributario, representado en la figura 5. En el caso del arroyo De la Ventana la alteración se realizó a la altura del paso vehicular trasladando el curso a 60 mts. hacia la derecha del curso original y por una longitud de 300 mts. El objetivo de dicha modificación fue evitar la erosión que el cauce original producía en las orillas de las últimas manzanas de Llanos de La Gruta. En el caso del afluente intermitente la modificación implicó la desviación del curso para hacerlo coincidir con la dirección de las calles. Estas intervenciones suelen activar procesos erosivos y de remoción en masa, deslizamientos, socavamientos laterales y de fondo. En este caso se han observado materiales muy grandes transportados durante la última avenida en la zona de ribera y algunos socavamientos aguas abajo (Fig. 6).

Figura 5.
Intervención antropogénica de los cursos de agua en Villa Serrana La Gruta.



Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo y análisis de imágenes

Figura 6.
Material transportado por el arroyo en la avenida de abril de 2014.

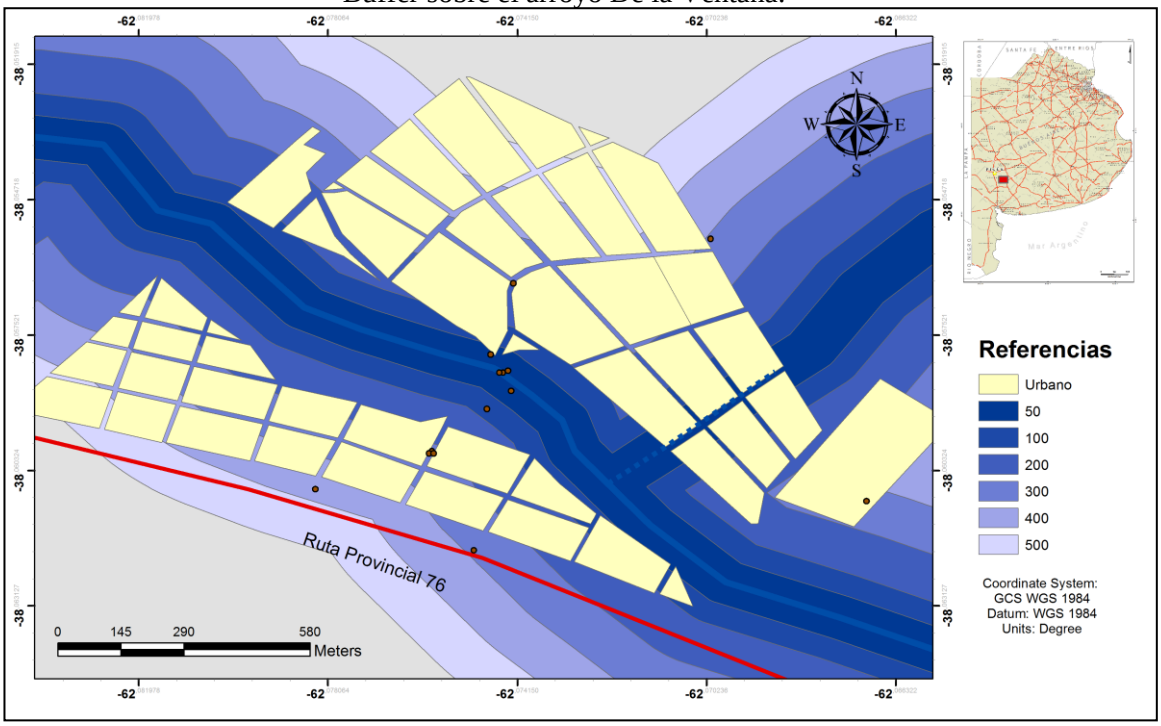


Fuente: Imágenes tomadas en campo, 2014.

Análisis de la vulnerabilidad

Para el análisis de la vulnerabilidad se realizó un buffer de 500 mts. desde el arroyo principal y su afluente (Fig. 7). A partir de esta técnica se pudo determinar la distancia a la que se encuentra cada manzana del arroyo estableciéndose que el 70% de la trama urbana se ubica a menos de 300 mts.

Figura 7.
Buffer sobre el arroyo De la Ventana.



Fuente: Elaboración propia a partir de la digitalización de las curvas de nivel de la carta topográfica Tornquist 1:50.000, 2014.

El asentamiento en zonas próximas al arroyo constituye el tipo de vulnerabilidad denominada **localizacional** entendida esta como la localización de asentamientos humanos en zonas

expuestas a amenazas (avenidas). Implica también deficiencias en las estructuras físicas para absorber los efectos de la amenaza. En La Gruta esto se evidencia en la destrucción del puente peatonal y luminarias en la avenida del 7 de abril de 2014, cuando las precipitaciones alcanzaron los 150 mm. El puente permitía el paso peatonal de un sector a otro de la villa (Fig. 8). Cabe destacar que la estructura fue construida en 1987 y ampliada en 2002 con aportes de los vecinos, en febrero de 2011 tras la inundación del 5 de enero del mismo año fue reconstruida.

Figura 8.
Destrucción del puente peatonal que une los dos sectores de Villa Serrana La Gruta.



Fuente. Noticias Tornquist, www.noticastornquist.com.ar

Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad localizacional se utilizaron las variables crecimiento urbano y proximidad al arroyo (Tabla I). Se reclasificó el mapa de crecimiento urbano con el objetivo de reagrupar en categorías aquellas zonas que presentaban crecimiento y las que no, se tomó como umbral para la reclasificación 3 construcciones por manzana. En cuanto a la proximidad se tomó como umbral los 300 mts, distancia a la que se registró la máxima inundación.

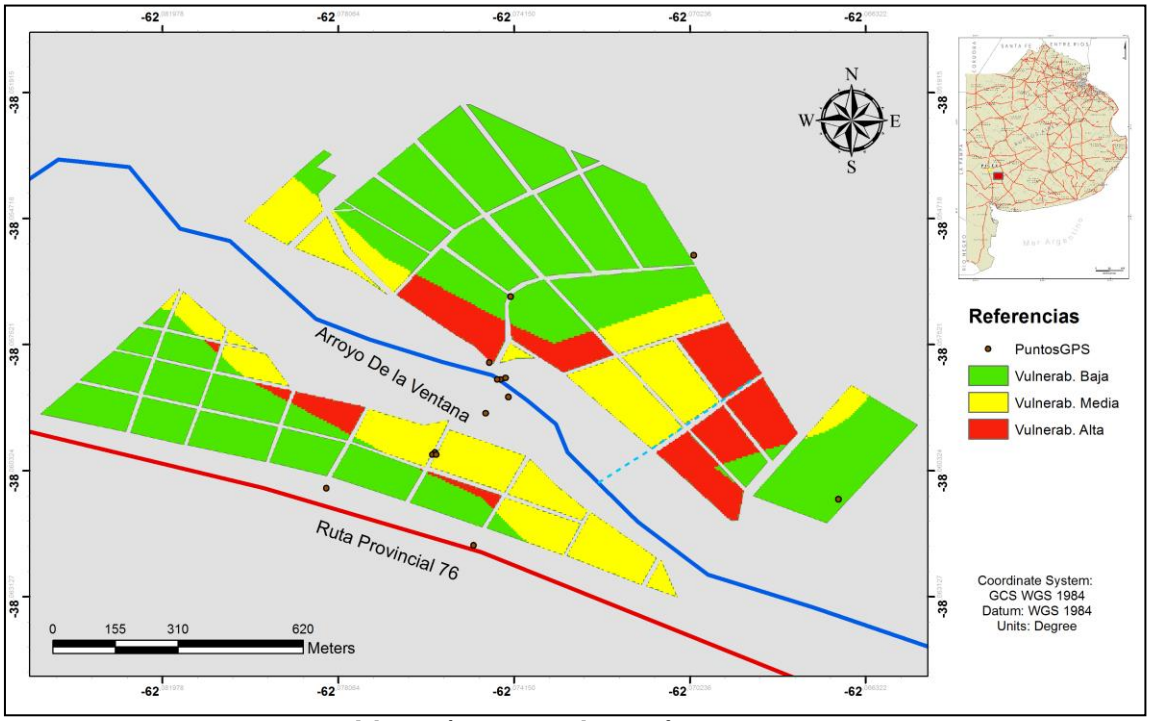
Tabla I.
Grados de vulnerabilidad a partir de las variables Crecimiento urbano y proximidad.

		Buffer Arroyo De la Ventana	
		Bajo	Alto
Crecimiento urbano	Bajo		
	Alto		

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de las figuras 3 y 7, 2014.

El álgebra de mapas permitió especificar los grados de vulnerabilidad de cada sector de la villa En la Figura 9 se observan los sectores con vulnerabilidad baja, media y alta. Las manzanas con más de 3 construcciones y a menos de 300 mts. del arroyo son las más expuestas a las inundaciones, las que poseen menos de tres construcciones pero se localizan a menos de 300 mts. poseen vulnerabilidad media, mientras que las manzanas a más de 300 mts. sin considerar la cantidad de construcciones presentan vulnerabilidad baja.

Figura 9.
Vulnerabilidad localizacional de Villa Serrana La Gruta.



Fuente: Elaboración propia en base a figuras 3 y 7, 2014.

Conclusiones

La determinación de los grados de vulnerabilidad es una herramienta de gestión necesaria para lograr una planificación sustentable y reducir los impactos que producen los procesos de avenidas. Las geotecnologías representan técnicas adecuadas para la evaluación de las causas y consecuencias que los procesos ambientales producen.

Al analizar el mapa de vulnerabilidad se constató la existencia de zonas con alto grado de vulnerabilidad por la incapacidad de la población de absorber las amenazas. Los eventos de avenidas en la localidad traen como consecuencia la destrucción de las vías de comunicación y la inundación de las zonas aledañas al arroyo, provocando el aislamiento de la población ubicada en Altos de La Gruta.

La mitigación de los efectos de inundación requiere medidas estructurales como la reconstrucción del puente peatonal teniendo en cuenta los componentes del arroyo (ancho de ribera, valle aluvial), y no estructurales mediante una reglamentación adecuada que considere la dinámica fluvial y la gestión adecuada del recurso hídrico.

Geraldi, A.; Michalijos, M. Paula y Visciarelli, Stella M. 2014. Análisis de la vulnerabilidad asociada a eventos de avenidas. Caso: Villa Serrana La Gruta, provincia de Buenos Aires. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 34. pp. 437-449. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Bibliografía

DONNARI, M. y SCIAN, B., 1993. "Sequías Edáficas en Bordenave, Método de Palmer". *Revista Geofísica*. Vol. 39, pp. 84-99.

GASPARI, F.J., SENISTERRA, G.E. y MARLATS, R.M. 2007. "Relación precipitación-escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo". *Rev. FCA UNCuyo*. Mendoza: UNCuyo, Tomo XXXIX, pp. 21-28.

GIL, V. y CAMPO, A. 2000. *Cuenca del Arroyo del Oro: Características hidrográficas y los efectos sobre la población*. En: Actas III Jornadas de Geografía Física, Universidad del Litoral. Santa Fe, pp. 153-159.

GLAVE A., 2006. "Influencia climática en el Sudoeste Bonaerense y Sudeste de la Pampa". *Acaecer*. [En línea] 31(360):18-23. http://www.produccion-animal.com.ar/ [10 de abril de 2014]

GONZÁLEZ, R., OTERO, A., NAKAYAMA, L. y MARIONI, S. 2009. "Las movilidades del turismo y las migraciones de amenidad: problemáticas y contradicciones en el desarrollo de centros turísticos de montaña".*Revista de Geografía Norte Grande*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política, Instituto de Geografía UC., vol. 44, pp. 75 – 92.

HARRINGTON, H. 1947. "Explicación de las hojas geológicas 33m y 34m, Sierras de Curamalal y de la Ventana, provincia de Buenos Aires". Buenos Aires: Servicio Nacional Minero Geológico, Boletín 61, pp. 43.

INDEC, 2010, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas.

KELLER, E. 1996. Environmental Geology. Prenticehall, inc. Newjersey, New York.

KRISTENSEN, J. y FRANGI, L. 1995a. "Mesoclimas de pastizales de la Sierra de la Ventana". *Ecología Austral*. [En línea]. Buenos Aires: Asociación Argentina de Ecología, vol. 5, nº 1, http://www.ecologiaaustral.com.ar/index2.php [22 de abril de 2014]

NOTICAS TORNQUIST. http://www.noticiastornquist.com.ar [1 de julio de 2014]

MICHALIJOS, P., GERALDI, A., GUERRRERO, A y VISCIARELLI, ST. 2013. *Multidimensionalidad de los procesos dinamizadores del territorio. Estudio de caso: Villa Serrana La Gruta, Partido de Tornquist, Pcia. de Buenos Aires*. Mendoza: UNCUYO, IV Congreso Nacional de Geografía de universidades Públicas y XI Jornadas Cuyanas de Geografía

OTERO, A. 2011 Conclusiones del simposio internacional "Gobernanza y cambios territoriales. Experiencias compartidas de migración de amenidad en las Américas." Pucon, Chile.

RAVELO, A.; IRASTORZA, R., y ZANVETOR, R., 2005. Zonificación de la región pampeana argentina según tendencias de series pluviométricas (1931-2000). RADA.

SCIAN, B. y PIERINI, J., 2008. Análisis de cambio climático en extremos de precipitación estival sobre un sector de Argentina. XII Reunión de Agrometeorología. Asociación argentina de agrometereología, Actas en CD.

SKANSI, M., NÚÑEZ, S., PODESTÁ G., VEIGA, H. y GARAY, N., 2009. La sequia del año 2008 en la región húmeda argentina descripta a través del índice de precipitación estandarizado.

Geraldi, A.; Michalijos, M. Paula y Visciarelli, Stella M. 2014. Análisis de la vulnerabilidad asociada a eventos de avenidas. Caso: Villa Serrana La Gruta, provincia de Buenos Aires. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capítulo 34. pp. 437-449. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

XIII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología y X Congreso Argentino de Meteorología. Publicación en CD.

WILCHES-CHAUX, G. 1993. *La vulnerabilidad global*. En: MASKREY, A. Los desastres no son naturales. La Red Perú. pp. 9-50.

Laucirica, J.; Ángeles, G.; Geraldi, A. y Stoessel, R. 2014. Huella Hídrica y calidad de agua para consumo en la localidad de Chasicó y sectores rurales adyacentes. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 35. pp. 450-462. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Huella Hídrica y calidad de agua para consumo en la localidad de Chasicó y sectores rurales adyacentes

Julieta Laucirica *
Guillermo Ángeles **
Alejandra Geraldi ***
Ricardo Stoessel ****

Resumen

La localidad de Chasicó (localizada en el Partido de Tornquist) al igual que el medio rural circundante, se caracteriza por sus condiciones climáticas semiáridas y por la explotación del recurso hídrico a partir de fuentes subterráneas. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivos analizar los parámetros relativos a la calidad del agua (Arsénico y Flúor) y estimar la Huella Hídrica como indicador de hábitos de consumo y uso sustentable del recurso hídrico localidad de Chasicó y sectores adyacentes. Además, se realizó una cartografía temática con el objetivo de espacializar la distribución de tales parámetros en relación con los valores aceptables en cuanto a calidad de agua. Los datos para elaborar la cartografía y analizar la calidad del agua fueron colectados entre los años 2007 y 2011. En tanto, los datos para estimar la Huella Hídrica fueron colectados durante el año 2012 a partir de encuestas anónimas. En la localidad de Chasicó se realizaron 26 encuestas y en el sector rural 17. Entre los resultados obtenidos se destacan los altos niveles de Arsénico y Flúor. El 56% de las muestras del primero superan el valor límite aceptable de 0.05 mg/l. En cuanto al segundo, los límites aceptables, 1.5 mg/l, son ampliamente superados con una máxima de 7.4 mg/l. En relación con la Huella Hídrica se estimó para el sector urbano tiene 1642 m^3/año por habitante, en tanto que el sector rural obtuvo 1251 m^3/año por habitante. Estos resultados de acuerdo con los valores aceptables establecidos por los marcos regulatorios nacional e internacional, limitan la calidad del agua y comprometen la aptitud de esta tanto para el consumo como para la producción.

Palabras clave: Calidad del agua, Arsénico, Agua Subterránea, Huella Hídrica

Abstract

Chasicó (located on the Tornquist county), as well as the rural surrounding areas, are characterized by a semiarid environment and the exploitation of water resources from underground sources. In this context, this research paper has as goals to analyze twenty-five (25) water samples from Chasicó and its surroundings focalized on a Water Footprint perspective. Moreover, based on the Arsenic and Fluoride values a thematic cartography was made in order to observe their distribution among geographic space. For the analysis it considered the acceptable values to make it suitable for human consumption and animal production. High levels of both chemical components were found. According to the Arsenic the 56% of the samples exceeded the limit value. It was concluded that both values, Arsenic and Fluoride were highly over the permitted amounts according to national and international laws of water quality.

Key words: water quality, Arsenic, Underground water, Water Footprint

* Alumna, Departamento de Geografía y Turismo, UNS. julieta.laucirica@gmail.com
** Profesor Adjunto, Departamento de Geografía y Turismo, UNS. guillermo.angeles@uns.edu.ar
*** Asistente de Docencia, Departamento de Geografía y Turismo, UNS. ageraldi@criba.edu.ar
**** Profesor Adjunto, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca. ricardostoessel@gmail.com

Laucirica, J.; Ángeles, G.; Geraldi, A. y Stoessel, R. 2014. Huella Hídrica y calidad de agua para consumo en la localidad de Chasicó y sectores rurales adyacentes. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 35. pp. 450-462. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

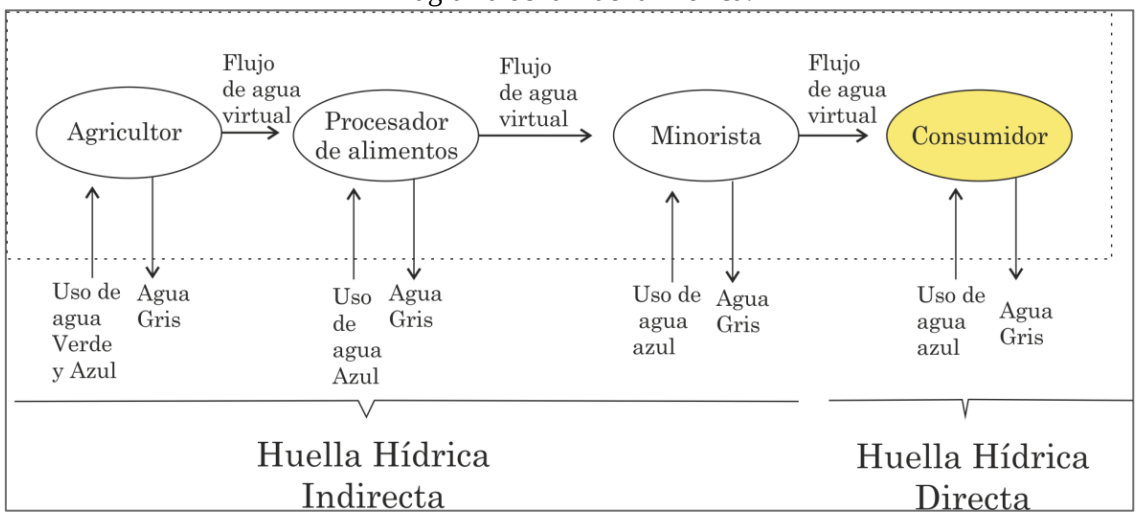
El desarrollo económico, político y social de las últimas décadas ha dificultado el manejo adecuado del recurso agua, dado que el mismo produjo un incremento importante de la demanda por el crecimiento industrial, agrario, poblacional, generando conflictos a nivel mundial y convirtiéndose en un recurso estratégico de poder. En este contexto la demanda de agua se incrementará por el aumento de la población y el sistema hídrico será cada vez más vulnerable debido a la escasez y contaminación del recurso (Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública: Agudelo, 2005).

Se considera que mundialmente se dispone de 9000 m^3 por persona por año, pero para el 2025 la disponibilidad global de agua dulce podría descender a 5100 m^3 por persona por año (Agudelo, 2005). Conocer el consumo de agua de las sociedades, como también el estado ambiental del recurso es entonces de vital importancia.

La **Huella Hídrica es una forma de medir el consumo de agua que ofrece una perspectiva de como un consumidor o un producto se relaciona con el uso de agua dulce**, este concepto fue introducido y creado por Arjen Hoekstra en el 2002. Hoekstra (*et al*., 2009) la define como **un indicador de utilización de agua dulce que no tiene en cuenta solo el uso directo, sino que también contempla el uso indirecto**.

Como se expreso, la Huella Hídrica es un indicador que tiene en cuenta el consumo directo e indirecto de agua de parte de un individuo (Fig. 1) –durante un tiempo estipulado- , un producto –durante toda su cadena de producción- o una comunidad o nación. En el caso del **consumo directo, es el volumen de agua utilizado y contaminado por un consumidor en particular**. **El consumo indirecto es el volumen de agua consumida y contaminada durante todo el proceso de producción de un producto que llegó al consumidor.**

Figura 1.
Diagrama de la Huella Hídrica.



Fuente: Elaborado por Julieta Laucirica adaptado de Walter Pengue, *Los desafíos de la economía verde* (2012).

A su vez, la Huella Hídrica considera diferentes conceptos como son el **agua azul, el agua verde y el agua gris.** El primero considera que es el volumen de agua consumido desde aguas superficiales o subterráneas para la generación de un producto o el abastecimiento de individuos o grupos humanos (Hoekstra *et al.*, 2009). El agua verde se refiere al agua consumida por evapotranspiración desde su almacenaje en suelos y plantas (Hoekstra *et al.*, 2009). Por último, el agua gris hace referencia a la contaminación; siendo el volumen de agua que es necesaria para

amortiguar los contaminantes recibidos, según los estándares de calidad del agua (Hoekstra et al., 2009).

El estudio de la huella hídrica aporta nuevos datos y perspectivas que permiten obtener una visión integrada del consumo y la necesidad de agua. El objetivo del presente trabajo es establecer las condiciones de calidad de agua y la Huella Hídrica en la localidad de Chasicó.

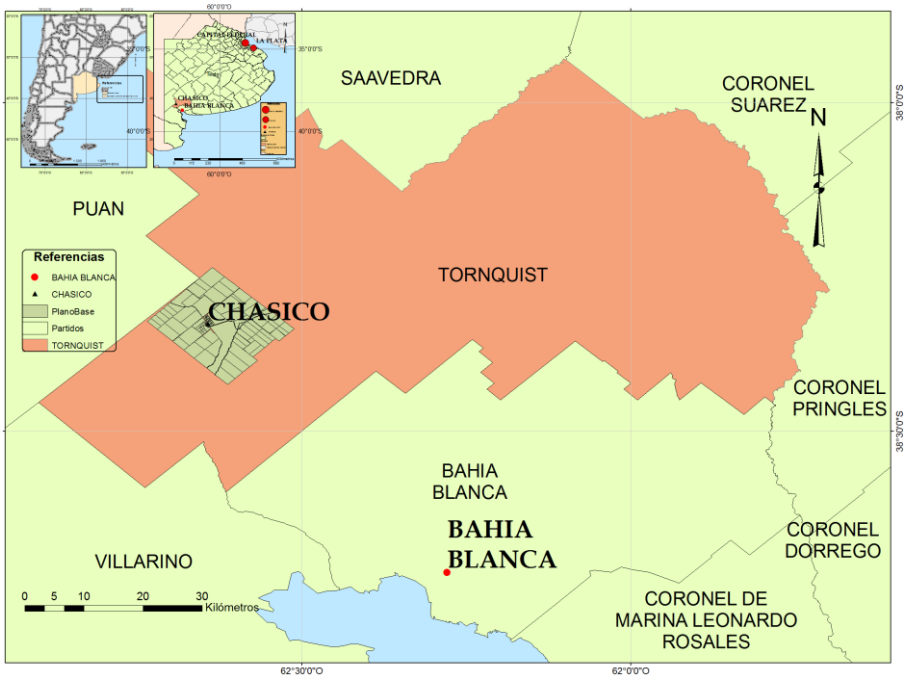
Área de Estudio

La localidad de Chasicó se encuentra en un sector del Suroeste Bonaerense dentro de la llanura pampeana argentina, en el partido de Tornquist (Fig.2). La región pertenece a los climas templados con temperaturas entre 14 y 20°C con estaciones térmicas diferenciadas.

El sector está afectado por los centros de presión del Pacifico Sur (Campo de Ferreras, *et al*., 2004) que determinan la presencia de vientos secos provenientes del Oeste generando condiciones de escasa humedad y activando los procesos de erosión. Según los datos provistos por la Estación Agrometeorológica EEA-INTA Bordenave (2013), la precipitación media es de 673 mm anuales para el período 2005-2013. Estas precipitaciones sumado a periodos de intensas sequias hacen que los estudios sobre consumo y calidad del agua sean de trascendental relevancia.

Otros factores de gran incidencia, tanto en la calidad como en la disponibilidad de agua, son la geología y la geomorfología (sobre todo la morfogénesis) del área de estudio. Estas fueron heredadas a partir de la formación de los Andes, siendo esta línea cordillerana el mayor aporte de sedimentos para la formación del Loess Pampeano. Esta carga sedimentológica, transportada por medios hídricos y eólicos, contenía minerales volcánicos con una alta carga de Arsénico. Este largo, y reciente, proceso geológico da origen a las problemáticas actuales de la presencia de Arsénico en fuentes de agua subterráneas. (Miguel Auge, 2009). La misma está condicionada por la escasa pendiente y la geomorfología del lugar que hacen que el escurrimiento de las aguas, producto de las precipitaciones, sea relativamente.

Figura 2.
Área de estudio: Ubicación de Chasicó.



Fuente: Elaborado por Julieta Laucirica sobre la base de datos provistos por el Instituto Geográfico Nacional.

La localidad y el sector rural contiguo se abastecen de las aguas subterráneas. Como se dijo anteriormente, el ambiente geológico condiciona las cantidades de Arsénico, que son especialmente altas lo que lleva a que las regulaciones de la legislación tengan ciertas contemplaciones y flexibilidades para los parámetros pautados.

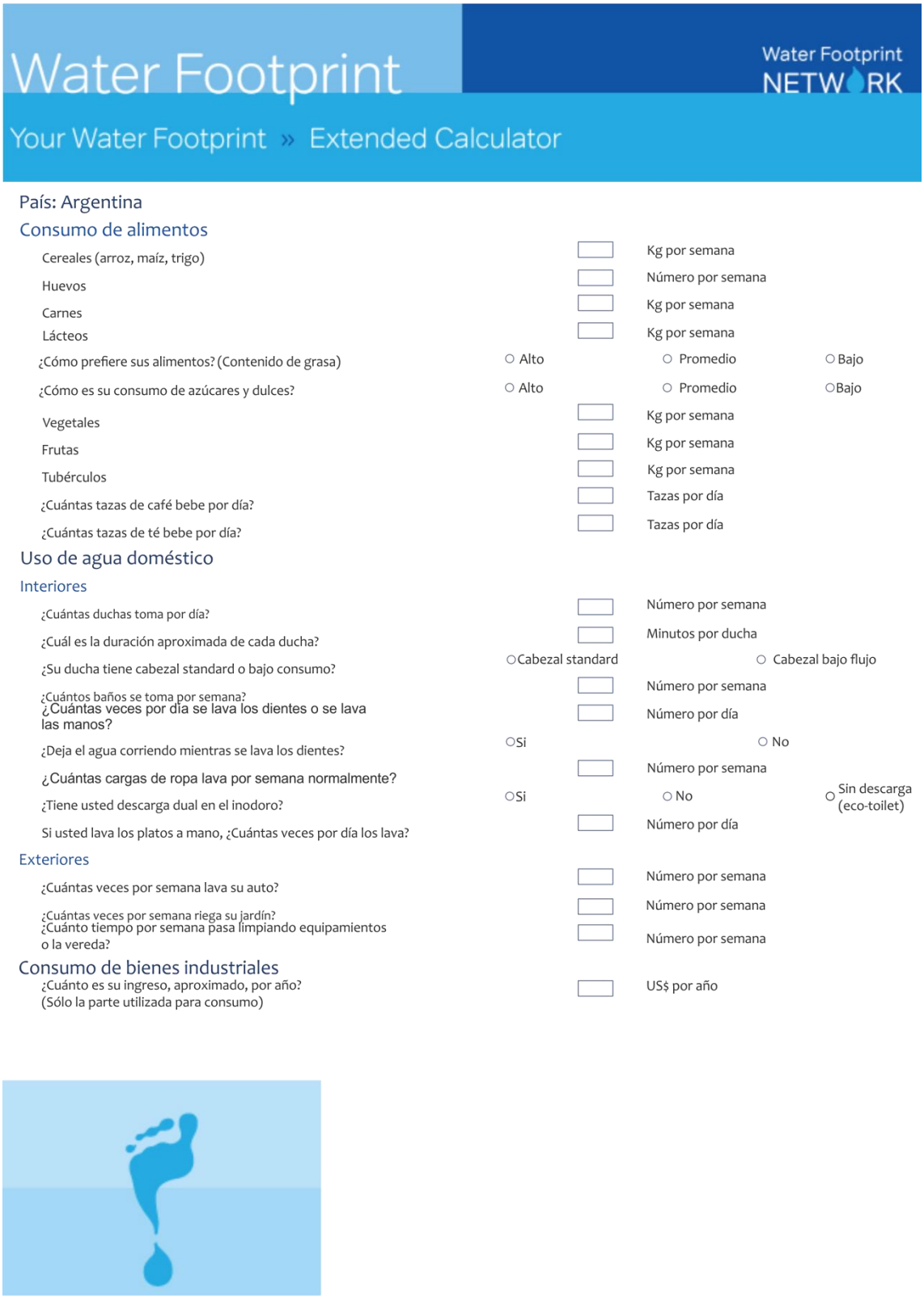
Metodología y materiales

Los datos recabados en este trabajo proceden de dos fuentes: en el caso de la Huella Hídrica los datos fueron obtenidos a partir de encuestas estructuradas a habitantes del sector urbano y rural de la localidad de Chasicó. El modelo de encuesta (Fig.3) comprende información sobre el consumo diario de los individuos, provisto por la Red de Huella Hídrica (Waterfootprint Network). Estos fueron recabados en el año 2012 en el marco del proyecto "Gestión municipal integradora de los recursos naturales y antrópicos en un marco turístico mar y sierras" (MINCyT 2386/08). Para este indicador, los datos se tomaron tanto en la planta urbana como el sector rural aledaño de la localidad de Chasicó. En este caso se imposibilita su ubicación absoluta, ya que las encuestas que se utilizaron para relevar eran de carácter anónimo y no podían detallar una localización geográfica.

Los datos de calidad de agua fueron cedidos por la Delegación Municipal de la localidad de Chasicó. Estos mismos son analizados desde el punto de vista físico-químico y bacteriológico, valores que luego serán comparados con los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud a nivel internacional y por la ley 11.820 a nivel provincial. De los parámetros tenidos en cuenta para la determinación de la calidad del agua solamente se tendrán en cuenta los de Arsénico y Flúor. Una vez identificados estos valores, se localizaron los puntos de toma de muestra mediante la utilización de Google Earth®. Una vez obtenidas las coordenadas de los puntos de muestra, se exportaron a ArcGIS 9.

Una vez que las muestras fueron georreferenciadas, se comenzó a hacer el análisis de su distribución. Para esto, desde el ArcGIS 9 se utilizó una herramienta de Interpolación llamada Ponderación de Distancia Inversa, o del Vecino más Próximo. Esta herramienta estadística genera una imagen ráster a partir de datos puntuales, en el que se presupone que la variable representada cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra. Es por esto que utiliza los valores de los lugares muestrales que haya alrededor del lugar que va a predecir. Estos tendrán más influencia y por lo tanto más peso que los que están más lejos (Zapperi *et al.*, 2010).

Figura 3.
Modelo de encuesta de Huella Hídrica.



Fuente: Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain and Mesfin M. Mekonnen.

Laucirica, J.; Ángeles, G.; Geraldi, A. y Stoessel, R. 2014. Huella Hídrica y calidad de agua para consumo en la localidad de Chasicó y sectores rurales adyacentes. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 35. pp. 450-462. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

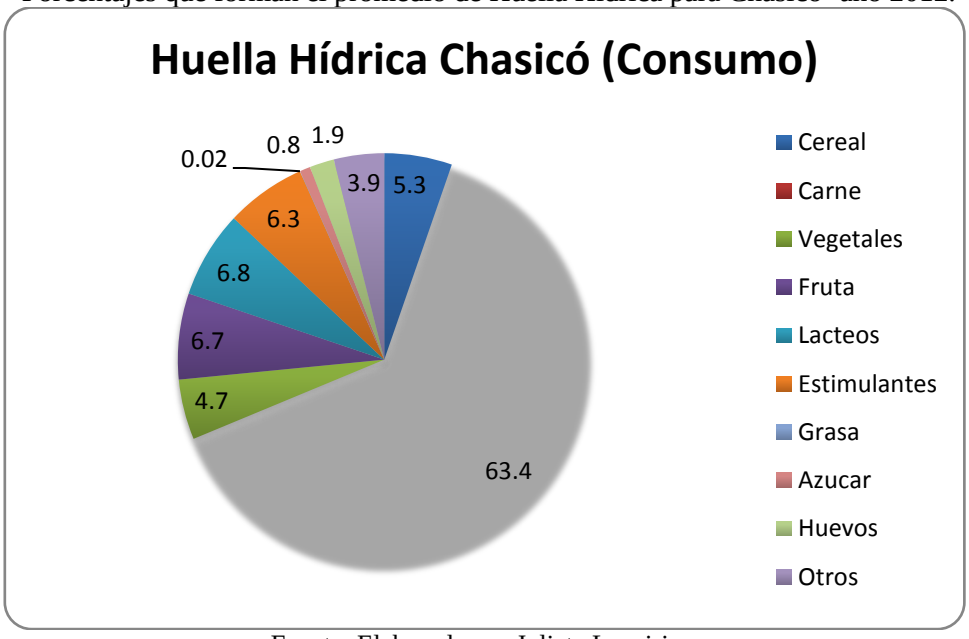
Resultados y discusión

El marco regional donde se encuentra inserta la localidad de Chasicó, se caracteriza por la agricultura extensiva, de cultivos como el trigo y la presencia de la industria frigorífica. Todas estas actividades, demandan agua en sí mismas, además de la demanda de parte de la población de esta comunidad.

El valor de Huella Hídrica mundial es de 1385 m^3/año/per cápita, mientras que el valor para Argentina es de 1607 m^3/año/per cápita (Mekonnen, M.M y Hoesktra, A.Y., 2011). Según Herrero, Ana Carolina (2012), Argentina se encuentra como el cuarto país exportador de agua en el mundo. Esta cifra tiene íntima relación con la tradición agroexportadora de materia prima que ocurre en Argentina sumado a los patrones culturales de consumo de la población, especialmente en materia de alimentación.

Retomando la escala a la cual fueron aplicadas las encuestas, en este caso, se trata de los individuos. El promedio de este indicador para la localidad de Chasicó tiene un promedio de 1642,30 m^3/año/per cápita, siendo aún mayor que el promedio nacional. Los porcentajes de Huella Hídrica, están fuertemente determinados por los patrones culturales locales. Como se podrá observar en el gráfico (Fig. 4), el mayor porcentaje de producción de Huella Hídrica, corresponde al consumo de carne (63,4%). Tomando como ejemplo la cadena productiva de la carne, el cálculo comienza con el riego para los cultivos que va a alimentar al ganado bovino, continuando con el agua que demandan los frigoríficos y la comercialización hasta llegar a los sitios de distribución comercial. Es así como la producción de carne tiene una alto consumo de agua verde (94% del total de agua utilizada), contenida en las pasturas para alimentación animal, muy inferior es el uso de agua azul (4%), identificada como el agua que consume directamente el ganado. Por último el consumo de agua gris, que podría ser el agua contaminada por un frigorífico, lleva el 3% de la Huella Hídrica (Mekonnen, M.M y Hoesktra, A.Y., 2012). En cuanto a los otros productos incluidos en el análisis, en segundo lugar se puede agrupar el consumo de lácteos, frutas y estimulantes. Por estimulantes se entiende el café, té y mate. Todos los productos son considerados con el mismo criterio para construir su Huella Hídrica.

Figura 4.
Porcentajes que forman el promedio de Huella Hídrica para Chasicó- año 2012.



Fuente: Elaborado por Julieta Laucirica.

Sobre la calidad del agua

En el mundo existen diversos reglamentos sobre la calidad del agua con el fin de asegurar su inocuidad para el consumo, ya sea animal o humano. A escala global, se encuentra el reglamento de la Organización Mundial de la Salud en donde se estipulan parámetros tanto microbiológicos, como físico-químicos para la calidad del agua. Este trabajo sólo se focaliza sobre los parámetros físicos químicos, más puntualmente sobre la presencia de Flúor y Arsénico. El límite prefijado para el Arsénico es de 0.01 mg/l y para el Flúor 1,5 mg/l. En ambos casos la presencia de ambos químicos se da en forma natural, especialmente si la fuente de abastecimiento es subterránea (OMS, 2006).

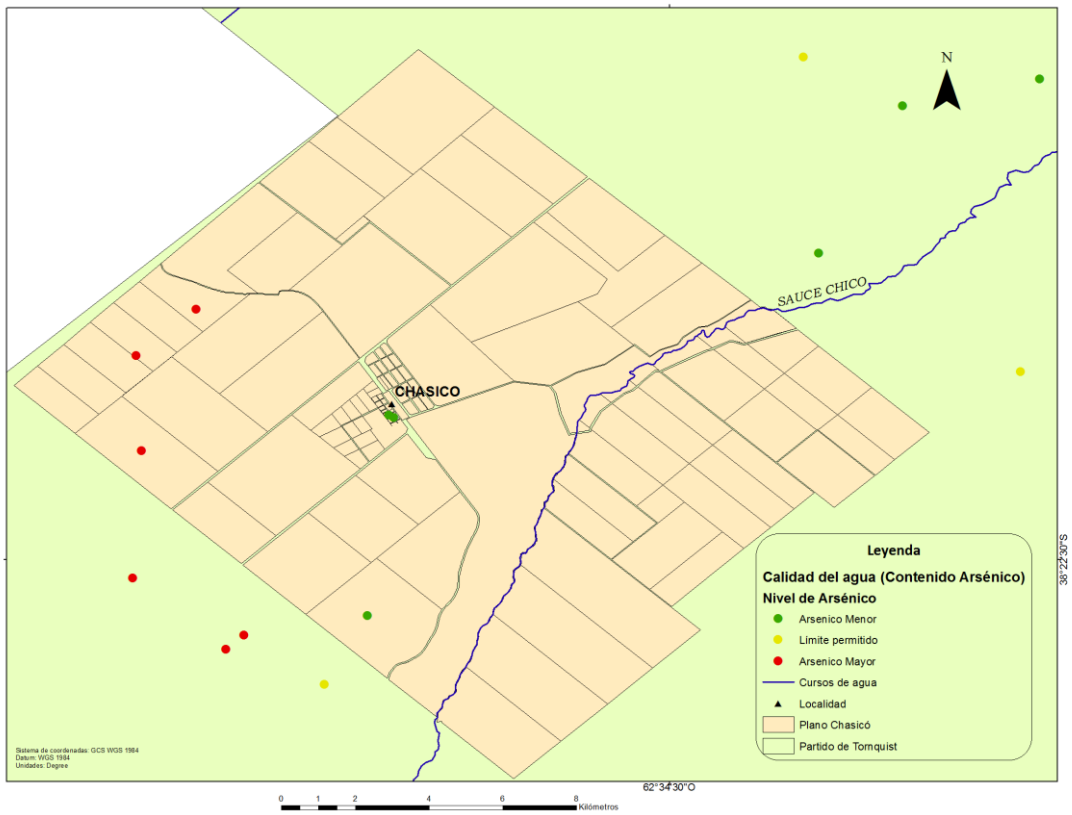
En la Provincia de Buenos Aires, la ley 11.820 Anexo A, establece que el límite para las cantidades de Arsénico es de 0.05 mg/l y en el caso del Flúor se utiliza la misma cifra que la propuesta por la Organización Mundial de la Salud. Las diferencias con la concepción de la Organización Mundial de la Salud provienen de la generalidad del documento elaborado por esta institución, ya que su carácter global dificulta la adaptación a todo el espacio dejando por fuera las características específicas de cada lugar. Sin embargo, para el consumo animal se utilizan otras cifras. Según distintas investigaciones, el límite del contenido de arsénico en fuentes de agua es de 0.15 mg/L (Campaña *et al*., 2013).

Como se mencionó anteriormente en este trabajo, la Provincia de Buenos Aires y la llanura Pampeana en general, contienen niveles más altos de Arsénico debido a su historia geológica.
De modo que el Arsénico presente en los acuíferos tiene un origen natural y antiguo.

Tomando como referencia la ley Provincial de 0,05 mg/l y obteniendo un total de 17 muestras de agua subterránea 7 mostraron un alto nivel de arsénico, 3 con los valores límite y 7 con niveles bajos. (Fig. 5). Sin embargo en el caso del Flúor (Fig. 6), teniendo en cuenta el valor límite de 1,5 mg/l, de las 17 muestras sólo 1 está dentro del nivel aceptable.

Figura 5.

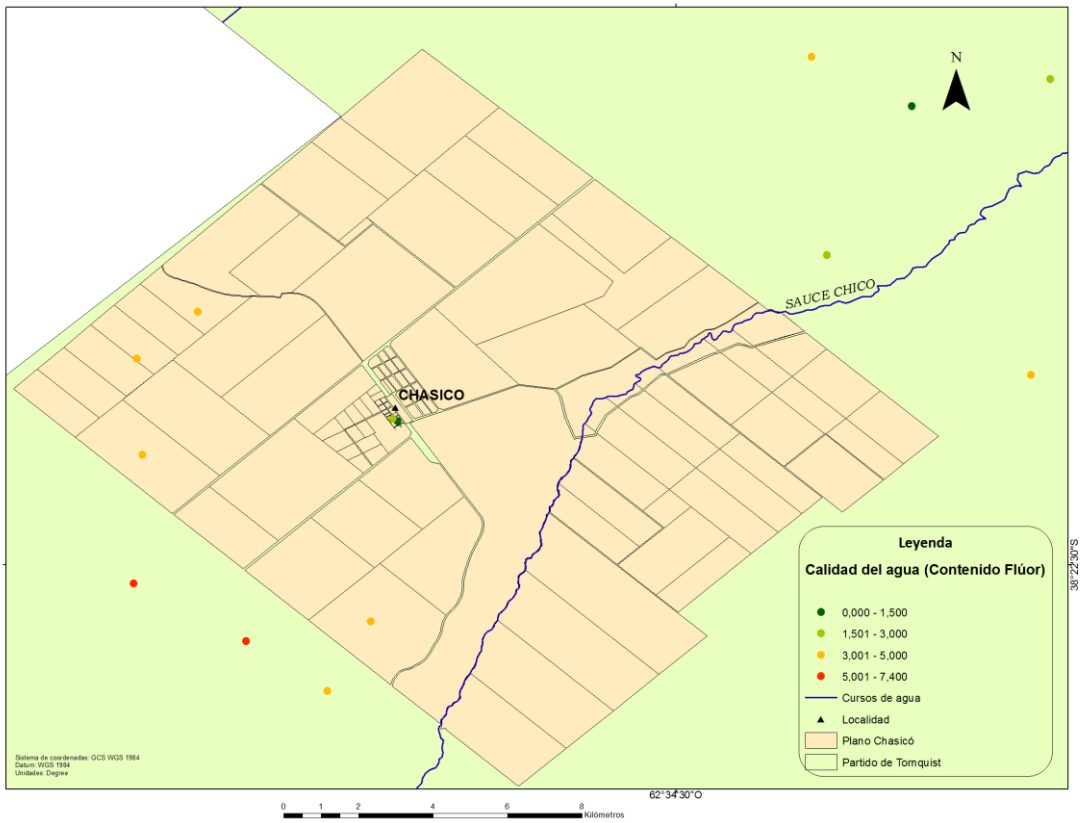
Chasicó. Muestras de agua y sus cantidades de Arsénico. Período 2007-2011.



Fuente: elaborado por Julieta Laucirica.

Figura 6.

Chasicó. Muestras de agua y sus cantidades de Flúor. Período 2007-2011.

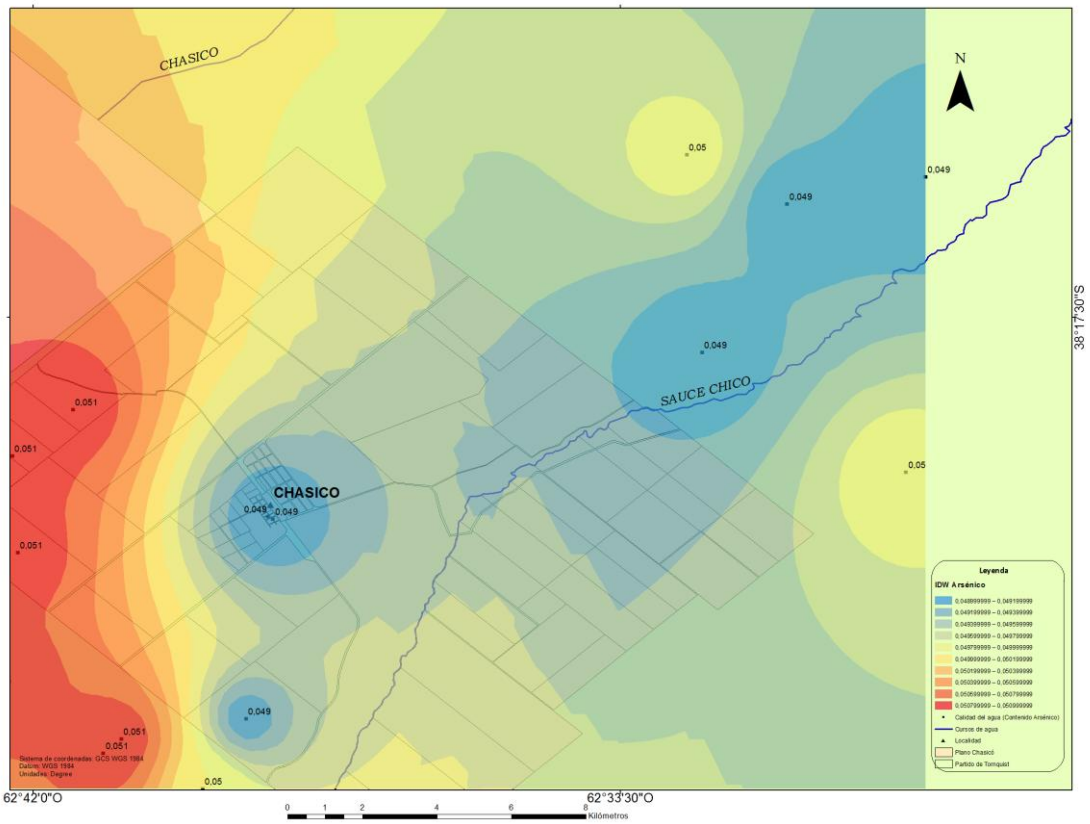


Fuente: elaborado por Julieta Laucirica.

Para determinar las posibles zonas de influencia de la presencia de Arsénico y Flúor en las fuentes de agua, se utilizó la herramienta de Interpolación y más específicamente de Ponderación de Distancia Inversa (Inverse Distance Weighted). Este proceso da resultado como el mapa de cantidades estimadas de Arsénico y Flúor en el sector urbano y rural del Chasicó (Fig. 7 y 8), donde se permite estimar en qué áreas es probable encontrar mayores o menores cantidades de estos compuestos en el agua.

Laucirica, J.; Ángeles, G.; Geraldi, A. y Stoessel, R. 2014. Huella Hídrica y calidad de agua para consumo en la localidad de Chasicó y sectores rurales adyacentes. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 35. pp. 450-462. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 7.
Áreas de influencia de las cantidades de Arsénico.

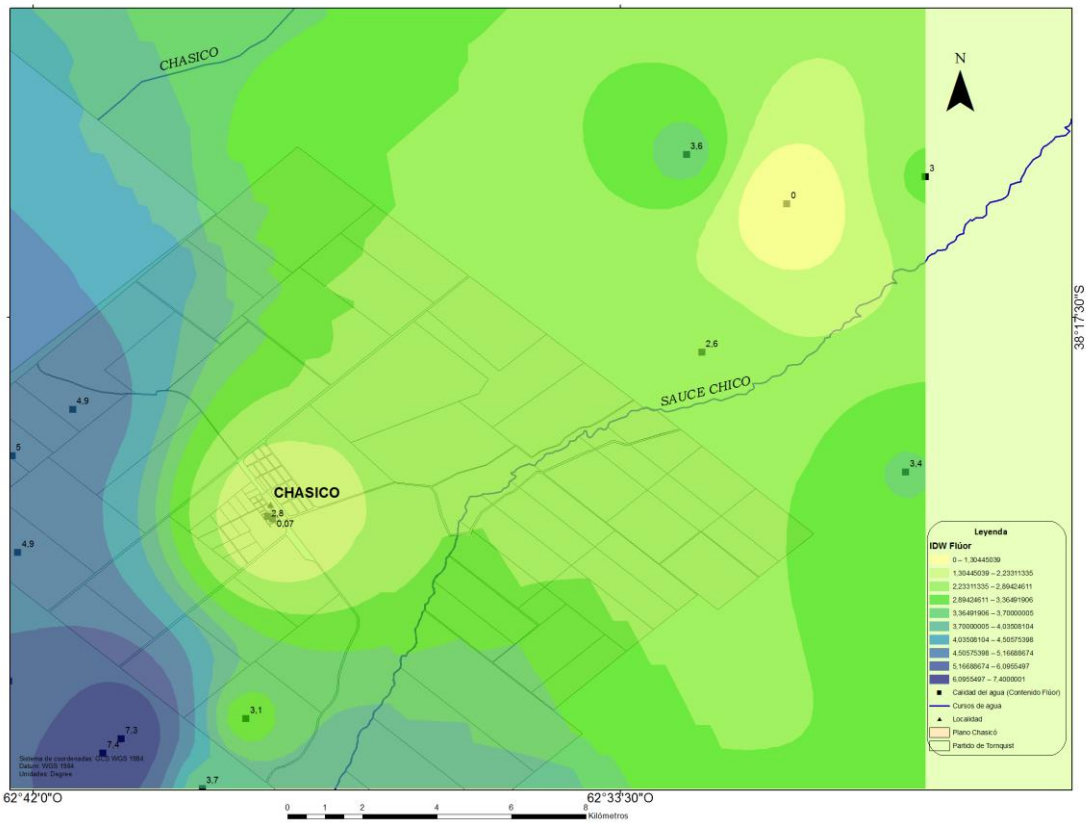


Fuente: elaborado por Julieta Laucirica

En este caso, se observan tres centros con baja cantidad de Arsénico indicados en color celeste. Los que se ubican sobre la localidad de Chasicó, están claramente influenciados por la Planta Potabilizadora y la Cooperativa Eléctrica, sitios en donde el agua es tratada para eliminar componentes que impidan la potabilidad del agua. Los mayores valores se registran al Sur-Oeste de la planta urbana y pueden encontrar su explicación en procesos geomorfológicos.

Laucirica, J.; Ángeles, G.; Geraldi, A. y Stoessel, R. 2014. Huella Hídrica y calidad de agua para consumo en la localidad de Chasicó y sectores rurales adyacentes. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 35. pp. 450-462. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

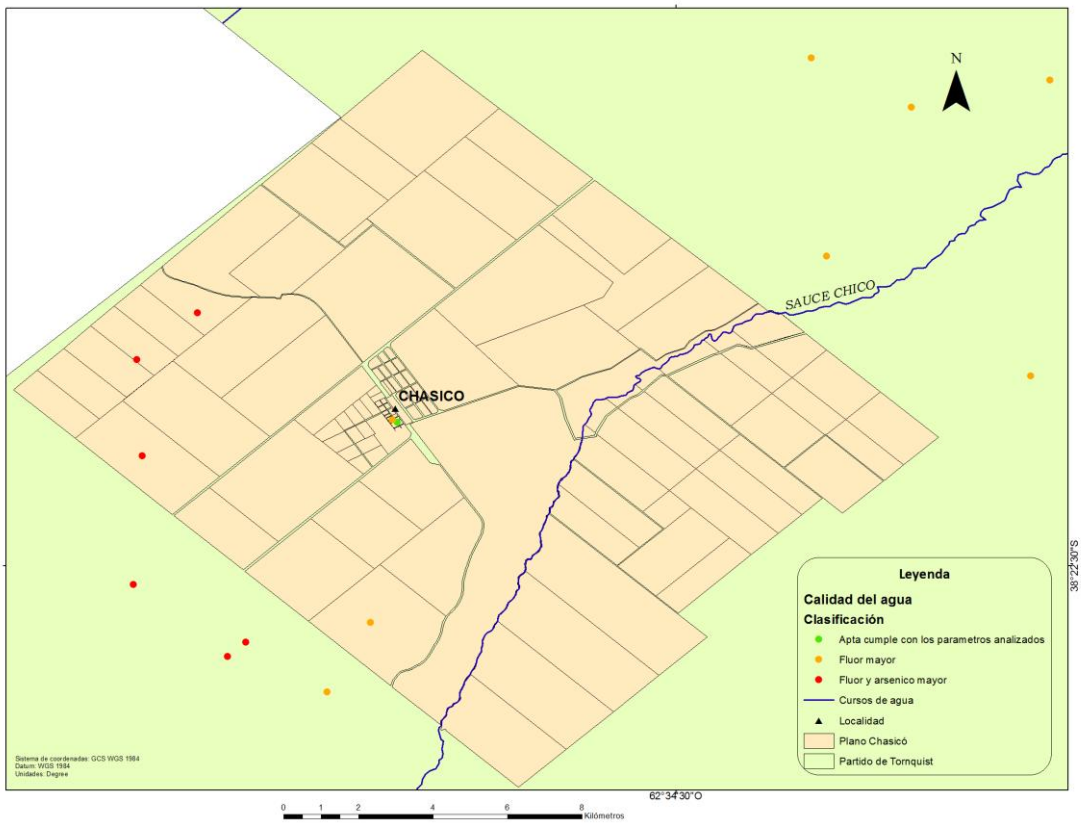
Figura 8.
Área de Influencia de las cantidades de Flúor.



Fuente: elaborado por Julieta Laucirica

En el caso del Flúor, la tendencia espacial de la ubicación de los mayores valores es la misma que la del Arsénico, sobre el sector Sur-Oeste. Sin embargo sólo en la Planta Potabilizadora la cantidad de Flúor por litro de agua está dentro de los parámetros aceptados.
Esto influye directamente sobre el resultado final de la calidad del agua, aunque dentro de ella se consideren más parámetros a medir (Fig. 9). De la totalidad de las muestras y bajo las condiciones de la Ley Provincial 11.820, sólo una presenta condiciones aceptables para el consumo humano, habiéndose extraído de la planta potabilizadora de la localidad de Chasicó.

Figura 9.
Resultado final de la calidad del agua (según Ley Prov. 11820).



Fuente: elaborado por Julieta Laucirica

Conclusiones

Como respuesta al objetivo general es posible concluir en que se arribó a datos descriptivos, que dan una noción general. En cuanto a la Huella Hídrica, se observa que el promedio obtenido para la localidad de Chasicó, supera ampliamente al promedio para Argentina y en mayor medida para el mundo. Se concluye entonces, en el fuerte impacto de los patrones culturales y la actividad económica sobre el consumo del agua, más aún si se tiene en cuenta la escasa disponibilidad hídrica de la zona. Sobre la calidad del agua, al observarse la cartografía resultante de los métodos de Interpolación de los datos muestrales se evidencian ciertas tendencias espaciales de la calidad del agua. Se podría concluir, en que las muestras de menor calidad están ubicadas al Sur-Oeste de la localidad de Chasicó. Ahora bien, esto lleva a nuevos interrogantes que exceden los objetivos de este trabajo. Por ello, las conclusiones también incluyen nuevos interrogantes sobre la influencia sobre la calidad del agua, de factores no tenidos en cuenta en esta ocasión y que serán objeto de estudio en próximas investigaciones. Entre estos nuevos interrogantes se incluye la formación y componentes de los suelos y la capacidad de drenaje, ambos de relevancia para llegar a un estudio completo e integral sobre la Calidad del Agua.

Bibliografía

AGUDELO, Ruth Marina. *El agua recurso estratégico del siglo XXI.* En Revista Facultad Nacional de Salud Pública. Universidad de Antioquia. Pp 91-102. 2005.

Laucirica, J.; Ángeles, G.; Geraldi, A. y Stoessel, R. 2014. Huella Hídrica y calidad de agua para consumo en la localidad de Chasicó y sectores rurales adyacentes. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 35. pp. 450-462. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

AUGE, Miguel. *Arsénico en el agua subterránea*. La Plata. Pp 15. 2009.

CAMPAÑA, D. Horacio. AIRASCA, Ariel. ÁNGELES, Guillermo. *Arsenic in groundwater of the southwestern Buenos Aires province, Argentina*. Bahía Blanca. Pp 2. 2014.

CAMPO DE FERRERAS, Alicia M. CAPELLI DE STEFFENS Alicia M. DIEZ Paula Gabriela. *El clima del suroeste bonaerense.* Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur. Pp 99. 2004

HERRERO, Ana Carolina. *Huella Hídrica y Agua Virtual*. Buenos Aires: Fundación Naturaleza Para el Futuro. Pp 8. 2012

HOESKTRA, Arjen Y. CHAPAGAIN, Ashok K. ALDAYA, Maite M. MEKONNEN, Mefin M. *The Water Footprint, State of Art 2009*. Enschede: The Water Footprint Network. Pp 127. 2009.

HOESKTRA, Arjen Y. CHAPAGAIN, Ashok K. ALDAYA, Maite M. MEKONNEN, Mefin M. *The Water Footprint Assessment Manual. Setting the global the Global Standard*. Londres: Editorial Earthscan. Pp 197. 2011

MEKONNEN, Mesfin M. HOEKSTRA, Arjen Y. *A global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products*. Enschede: Department of Water Engineering and Management, University of Twente. Pp 20. 2012

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Guías para la calidad del agua potable.* Généve: Organización Mundial de la Salud. Pp 398. 2006.

PENGUE, Walter. *Los desafíos de la economía verde*. Buenos Aires: Editorial Kaicron. Pp 160. 2012.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES, Ley 11820.

ZAPPERI, Paula. RAMOS, Ma. Belén. CAMPO, Alicia María. RAMBORGER, Ma. Alejandra. IURNO, Ma. Verónica. *Comparación de métodos de interpolación aplicados a la obtención de mapas de isohietas e isotermas.* En: CARBONE (Comp) *et al.,* Tecnologías de la Información Geográfica del Sur Argentino. Capítulo Nº5. Bahía Blanca. pp 52-64. 2010.

Piovan, Maria J.; Pratolongo, Paula; Zapperi, Georgina y Perillo, Gerardo M.E. 2014. Aplicación de herramientas de teledetección satelital y SIG para caracterizar a los humedales costeros de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 36. pp. 463-477. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Aplicación de herramientas de teledetección satelital y SIG para caracterizar a los humedales costeros de Bahía Blanca

María Julia Piovan[*,**]
Paula Pratolongo[*,**]
Georgina Zapperi[*,**]
Gerardo M.E. Perillo[*,***]

Resumen

Los humedales costeros abarcan gran variedad de ambientes, desde marismas influenciadas por la marea, hasta humedales perimarinos, más allá de la influencia directa de las mareas, pero cuya hidrología está influenciada por el nivel del mar. El estuario de Bahía Blanca presenta un paisaje costero particular, modelado por la ingresión marina del Holoceno. El clima es semiárido con escasos aportes de agua dulce y elevadas tasas de evapotranspiración, que determinan salinidades elevadas en el suelo y agua subterránea, limitando la distribución de la vegetación. Se generaron tres mapas utilizando imágenes Landsat y curvas de nivel digitalizadas: uno geomorfológico, uno de condición hidrológica y uno de vegetación. A partir de su integración en un SIG se obtuvo información sobre la dinámica del agua en los humedales de la región. En el extremo más seco del gradiente crecen arbustales de *Geoffroea decorticans*, seguidos de arbustales de *Cyclolepis genistoides*; en un gradiente de humedad creciente se observaron arbustales de *Allenrolfea patagónica*, salitrales y estepa halófila; en zonas sujetas a inundaciones frecuentes aparecieron marismas de *Spartina densiflora*y el sector intermareal presentóplanicies de marea y marismas de *Spartina alterniflora* y de *Sarcocornia perennis*.

Palabras claves: humedales costeros, geomorfología, hidrología, vegetación.

Resumen

Coastal wetlands comprise a wide variety of environments, from tidal salt marshes to perimarine wetlands, whose hydrology is influenced by sea level. Coastal landscape in the Bahia Blanca Estuary was modeled by the Holocene marine transgression. The semi-arid climate, the low freshwater inputs and the high evaporation rates determine elevated groundwater and soil salinities, what limits vegetation growth. Using Landsat images and digitalized contour lines we created the geomorphology, inundability, vegetation maps. Through their integration in a GIS environment we obtained information about water dynamics of wetlands in the area. Through the dry edge of the gradient, we found *Geoffroea decorticans*brushwoods, followed by *Cyclolepis genistoides* bushes. Under more humid conditions, *Allenrolfea patagonica* bushes appeared, followed by salt flats and halophytic steppes. Under frequent inundation, *Spartina densiflora* marshes develop, and finally, in the intertidal zone, tidal flats, *Spartina alterniflora* and *Sarcocornia perennis* marshes appeared.

Key words: Coastal wetlands, geomorphology, hidrology, vegetation.

[*] Instituto Argentino de Oceanografía, CONICET CCT-BB, Cno. La Carrindanga km 7.5, Bahía Blanca 8000, Argentina.
[**] Dpto. Biología, Bioquímica y Farmacia, UNS, San Juan 670, Bahía Blanca 8000, Argentina.
[***] Dpto. Geología, UNS, San Juan 670, Bahía Blanca 8000, Argentina.

Piovan, Maria J.; Pratolongo, Paula; Zapperi, Georgina y Perillo, Gerardo M.E. 2014. Aplicación de herramientas de teledetección satelital y SIG para caracterizar a los humedales costeros de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 36. pp. 463-477. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

Los humedales costeros se desarrollan entre el límite inferior de la vegetación, en la franja intermareal, hacia el continente, hasta el límite de influencia hidrológica del nivel del mar (Kunz, 2009). Estos humedales comprenden una gran variedad de ambientes, que abarca tanto a las marismas, que sufren la inundación frecuente por las mareas, hasta los denominados humedales perimarinos, que se encuentran más allá de la influencia directa de las mareas, pero cuya hidrología depende de la profundidad de una capa de agua subterránea que está controlada por el nivel del mar (Gardner *et al.*, 2002, Plater y Kirby, 2006). En zonas de clima húmedo, es común encontrar humedales perimarinos de agua dulce, tanto boscosos como dominados por herbáceas, que crecen sujetos a condiciones de anegamiento determinadas por la capa de agua subterránea (Rodwell, 1995). En las zonas de clima árido, en cambio, la combinación de aportes escasos de agua dulce y elevadas tasas de evaporación determinan salinidades extremadamente altas en la superficie del suelo y en el agua subterránea de los ambientes perimarinos. Esto limita fuertemente el crecimiento de la vegetación, favoreciendo la presencia de comunidades de plantas halófilas y la formación de salitrales.

La característica fundamental en la génesis del paisaje costero del sur de Sudamérica ha sido la acción de las ingresiones marinas ocurridas durante el Holoceno (Isla, 1989). En la planicie costera del Río de la Plata, varios autores describen una ingresión que alcanzó, hace unos 6000 años, un pico de aproximadamente seis metros sobre el nivel actual (Cavallotto et al., 2004). A lo largo de la costa patagónica aparecen evidencias de antiguas líneas de costa con elevaciones crecientes hacia el sur, lo que sugiere además un levantamiento tectónico (Rostami et al., 2000). Esta tendencia holocena modeló un paisaje costero particular, marcado por extensas zonas bajas correspondientes a ambientes estuariales antiguos y por una profusión de geoformas típicamente regresivas, como playas de regresión y depósitos característicos de antiguas lagunas litorales.

Para el área costera de Bahía Blanca, se describe una ingresión marina que alcanzó un nivel máximo de 7 m sobre el nivel actual, hace aproximadamente 6000 años (Gomez y Perillo, 1995). La evidencia de esta ingresión aparece en forma de extensas planicies de origen marino que actualmente ocupan la zona costera. La dinámica litoral representada fundamentalmente por la acción de los cursos de marea (Perillo *et al.*, 2009), ha determinado sobre estos niveles la existencia de dos ambientes: uno continental, vinculado a cotas más elevadas y sin interrupciones debidas a canales o los brazos del mar y el restante insular caracterizado por la alta densidad de cursos de marea funcionales que representa un gran número de islotes, relictos de los que componen el ambiente anterior (Krüger y Peinemann, 1991). La vegetación de estas antiguas marismas (Lamberto, 1981), puede clasificarse en dos tipos de fisonomía. La primera es un arbustal compuesto de especies espinosas, de 1 a 3 m de altura que cubren entre el 60 y 90 % del suelo y caracterizado por un estrato interior de vegetación halófila. La segunda formación está compuesta por una estepa halófila arbustiva, dominada por individuos de no más de un metro de altura y una cobertura del suelo de entre el 30 y el 70 % (Krüger y Peinemann, 1996). En la franja intermareal, en cambio, las formaciones vegetales son muchos más simples y las marismas se limitan a la porción cercana al límite superior de las pleamares.

En este trabajo se utilizan imágenes satelitales de la serie Landsat y curvas de nivel digitalizadas a partir de cartas topográficas (IGM), integradas en un entorno SIG, para elaborar el mapa geomorfológico, el mapa de condición hidrológica y el mapa de vegetación del área de estudio. A partir de la superposición espacial de los mapas elaborados se propone realizar una caracterización

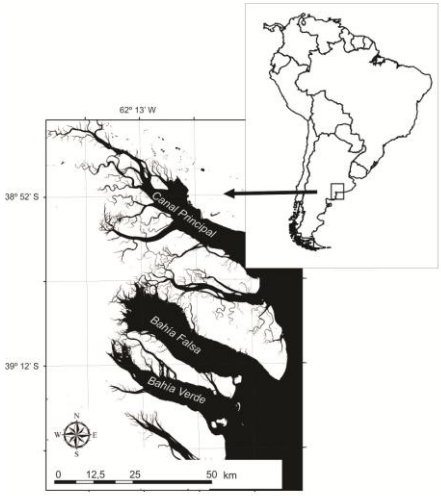
hidrogeomórfica de los ambientes costeros de Bahía Blanca. Se espera que los resultados obtenidos contribuyan a una mejor comprensión de la dinámica de estos humedales y ayuden a predecir la respuesta de estos ambientes frente a cambios en el nivel del mar.

Metodología

Área de Estudio

El estuario de Bahía Blanca (Figura 1) se encuentra localizado al sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Es un estuario mesomareal, con un régimen de marea semidiurno (Perillo et al., 2001), conformado por una serie de canales con dirección predominante NO-SE, planicies de marea e islas, que abarcan una superficie aproximada de 2300 km^2 (Melo, 2004). Los principales aportes de agua dulce provienen de dos tribuarios, el río Sauce Chico y el arroyo Naposta Grande, que poseen una descarga de 1.8 y 0.8 m^3/s (Melo, 2004). El clima es templado y las precipitaciones muestras una gran variabilidad interanual, con un valor medio anual de 632 mm para el periodo 1959-2013 pero se registraron valores extremos de 479 mm en 1995 y 1020 mm en 2012 (NOAA – NCDC).

Figura 1.
Área de estudio.



Fuente: Elaborado por Pratolongo.

Procesamiento de las imágenes satelitales

Se utilizaron un total de 11 imágenes Landsat TM y ETM+ con diferentes fechas de adquisición (Tabla I). Como primer paso en la cadena de procesamiento, cada imagen fue corregida geométricamente y georreferenciada en el sistema Posgar 94, utilizando 30 puntos de control. Las bandas térmicas no fueron utilizadas en este estudio y se removieron al comienzo del procesamiento. A fin de obtener los valores de reflectancia de la superficie correspondientes a cada pixel en cada una de las bandas ópticas se realizaron una serie de correcciones radiométricas y atmosféricas.

Para corregir radiométricamente las imágenes Landsat ETM+, en primer lugar se calcularon los valores de radiancia para cada banda a partir de la siguiente fórmula:

$$Lsen = ND * gain + offset, \quad (1)$$

donde
Lsen = radiancia recibida en el sensor (W/m-2 sr-1 um-1)
ND = valor de contaje registrado por el sensor
gain y offset = valores de calibración del sensor para la banda correspondiente.

En forma general, la relación entre las radiancias recibidas en el sensor, para una banda determinada y las reflectancias de la superficie se expresan con la siguiente ecuación:

$$\rho sup = \frac{\pi * TSdist^2 * (Lsen - Ldisp)}{TAUv * (E0 * \cos(TZ) * TAUz + Edown)} \quad (2)$$

donde
$\boldsymbol{\rho sup}$ = reflectancia de la superficie
Ldisp = radiancia debida a la dispersión en aerosoles y moléculas (W m-2 sr-1 um-1)
E0 = irradiancia solar exoatmosférica (W m-2 um-1)
TZ = ángulo zenital solar
Edown = irradiancia difusa que llega a la superficie debido a la dispersión del flujo solar en la atmósfera (W m-2 um-1)
TSdist = corrección para la distancia Tierra Sol calculada según:

$$TSdist = 1 - 0.0167 * \cos\ (\ 2 * \pi\ * (día\ juliano - 3\ )/365) \quad (3)$$

TAUv = transmitancia atmosférica para los rayos que viajan desde la superficie hacia el sensor calculada como:

$$\mathbf{TAUv} = e^{(-\tau\ /\ (\cos\ (Tv))} \quad (4)$$

TAUz = transmitancia atmosférica para los rayos que viajan desde el sol hasta la superficie calculada como:

$$\mathbf{TAUz} = e^{(-\tau\ /\ (\cos\ (Tz))} \quad (5)$$

donde
τ = espesor óptico de la atmósfera para una longitud de onda
Tv = ángulo de observación. Para sistemas de observación nadiral, como Landsat, Tv = 0 y por lo tanto se puede considerar TAUv = 1.

El modelo de corrección atmosférica utilizado en este trabajo utiliza información proveniente de la imagen y pertenece al grupo de metodologías de sustracción de objeto negro (DOS, por sus siglas en inglés) (Chávez y Mackinnon, 1994). Estos modelos consideran el supuesto básico de que existen píxeles oscuros en la escena. Sin embargo, debido a que existen muy pocos objetos absolutamente negros en la superficie terrestre se asume que los píxeles oscuros de una imagen corresponden a una reflectancia de la superficie de 0.01 (Chávez, 1988). Por lo tanto si tenemos en cuenta la ecuación (2) se puede calcular la radiancia recibida en el sensor correspondiente a una reflectancia en superficie del 1% como:

$$L1\% = \frac{(0.01 * E0 * \cos(TZ) * TAUz + Edown) * TAUv}{\pi * {TS_{dist}}^2} \quad (6)$$

La radiancia que se recibe en el sensor, proveniente de los píxeles oscuros es L1% más la radiancia que proviene de la dispersión atmosférica, se puede estimar esta última como:

$$L_{disp} = ND_{osc} * gain + offset - L1\% \quad (7)$$

donde NDosc es el valor digital de los píxeles oscuros de la escena.

El modelo de corrección atmosférica utilizado en este trabajo es el propuesto por Song et al (2001) que, además de considerar la sustracción de objeto negro, estima TAUz asumiendo una atmósfera Rayleigh, es decir, un espesor óptico debido a aerosoles igual a 0 en 550 nm. Bajo esta aproximación, se calcula el espesor óptico según Kaufman (1993):

$$\tau = 0.008569 * \lambda^{-4} * (1 + 0.0113 * \lambda^{-2} + 0.00013 * \lambda^{-4}) \quad (8)$$

donde λ es la longitud de onda en μm. Aplicando estas aproximaciones a la ecuación 2 y considerando Edown = 0 se obtiene:

$$\rho sup = \frac{\pi * TSdist^2 * (Lsen - Ldisp)}{E0 * \cos(TZ) * TAU_{z-ray}} \quad (9)$$

donde TAUz-ray se calcula según la ecuación 5, reemplazando el valor de τ por el estimado según la ecuación 8. Finalmente, para el cálculo de Ldisp (ec 7) se modifica la ecuación 6 de la siguiente forma:

$$L1\% = \frac{0.01 * E0 * \cos(TZ) * TAU_{z-ray}}{\pi * {TS_{dist}}^2} \quad (10)$$

Cross-calibración radiométrica entre Landsat TM y ETM+

Para compatibilizar los valores de radiancia recibida en el sensor en ambas plataformas, se aplicó el método de calibración cruzada propuesto por Teillet (2001). Durante la etapa post lanzamiento de Landsat ETM+ se realizaron adquisiciones "en tándem", en las que ambos sensores observaban la misma escena en forma simultánea, permitiendo su cross-calibración radiométrica. El enfoque de Teillet (2001) asume que Landsat-5 TM tiene que ajustar su calibración respecto al sensor ETM+ que sería la referencia bien calibrada. Durante el período de configuración en tándem se asume que tanto las características espectrales de la superficie como las condiciones de la atmósfera no cambiaron significativamente entre las dos imágenes adquiridas y este supuesto permitió generar los valores de gain y bias que pueden ser utilizados para la transformación de ND en una imagen Landsat TM a valores de radiancia equivalentes a ETM+.

La ecuación que se utilizó en este caso para transformar los valores de los ND a radiancia fue:

Lsen= (ND - offset)/Gain

Utilizando los valores de Gain y offset calculados por Teillet (2001) para hacer la cross-calibración. Una vez obtenidos los valores de radiancia se prosiguió con las correcciones atmosféricas descriptas en el punto anterior.

Mapa geomorfológico

El mapa geomorfológico se realizó utilizando ArcGis 9.2 para generar polígonos que correspondan a las diferentes unidades geomorfológicas y en un paso posterior convertirlas a formato Raster. Las diferentes geoformas se determinaron a partir de la bibliografía (Gonzalez Uriarte, 1984; Gonzalez, 1989) y a cambios de nivel que se observan en el campo. Se buscaron los límites de cada área a través de interpretación visual sobre las imágenes, estos podían observarse con claridad en algunos

Tabla I.
Listado de imágenes utilizadas.

Sensor	Path-row	Fecha	Provista por
Landsat 5- TM	227/ 087	19/11/1998	CONAE
Landsat 7- ETM+	226/ 087	15/11/2002	CONAE
Landsat 7- ETM+	227/ 087	22/11/2002	CONAE
Landsat 5- TM	226/ 087	18/04/2004	CONAE
Landsat 5- TM	226/ 087	15/11/2005	CONAE
Landsat 5- TM	226/ 087	07/03/2006	CONAE
Landsat 5- TM	227/ 087	15/04/2006	USGS/EROS
Landsat 5- TM	226/ 087	14/08/2006	CONAE
Landsat 5- TM	226/ 087	02/11/2006	CONAE
Landsat 5- TM	227/ 087	18/02/2009	USGS/EROS
Landsat 5- TM	226/ 087	18/05/2009	CONAE

Fuente: Elaboración propia.

sectores. En los lugares donde no podía identificarse visualmente el límite se utilizó como criterio las curvas de nivel de 10m y 5m que habían sido previamente digitalizadas a partir de cartas topográficas del IGM. Este mapa fue utilizado como base para determinar el área y la extensión de los otros mapas.

Mapa de condición hidrológica

Entre las imágenes disponibles se seleccionaron aquellas que corresponden a la marea más alta y a la más baja registrada. Sobre estas imágenes, por medio de una clasificación no supervisada que constaba de 100 clases, a las que se asigno valor de agua o de no-agua, se determinó el área correspondiente a la franja intermareal y al sector submareal (canales permanentes). Una vez separadas las clases determinadas por el alcance de las mareas, para el resto de la región se utilizaron imágenes correspondientes a periodos climáticos contrastantes con respecto al régimen de precipitaciones, para determinar qué sectores se inundaban. Se enmascaró el área correspondiente a intermareal y canales permanentes y se realizaron clasificaciones no supervisadas, determinando que clases correspondían a agua o a no-agua, siguiendo el siguiente esquema:

1-seco en período húmedo: Corresponde a la clase identificada como no-agua para período húmedo (imagen correspondiente al 18 de abril de 2004).

2- saturado en período húmedo: Corresponde a la clase identificada como suelo saturado para período húmedo (imagen correspondiente al 18 de abril de 2004).

3-inundado en período húmedo: Corresponde a la clase identificada como agua para período húmedo (imagen correspondiente al 18 de abril de 2004).

4- inundado en período moderadamente húmedo: Corresponde a la clase identificada como agua para período moderadamente húmedo (imagen correspondiente al 15 de noviembre de 2002).

5- inundado en período moderadamente seco: Corresponde a la clase identificada como agua para período moderadamente seco (imagen correspondiente al 14 de agosto de 2006).

6- inundado en período seco: Corresponde a la clase identificada como agua para período seco (imagen correspondiente al 18 de mayo de 2009).

Como se explica más arriba, el mapa también consta de las siguientes clases:

7- intermareal: sector entre el límite inferior de la marea y el límite superior de la marea.

8- submareal (canales): sector por debajo del límite inferior de la marea.

Mapa de vegetación

Se realizó una clasificación jerárquica de las asociaciones de plantas que pueden observarse en el campo. Como punto de partida se tomaron en consideración trabajos previos realizados en el área en los que a través de análisis multivariado se separaban diversas asociaciones de plantas (Verettoni, 1974, Nebbia, 2005) y en función de observaciones en el campo, se refinó esta clasificación, obteniéndose 13 clases. En la tabla II se presentan las clases que componen el mapa de vegetación. Hubo una clase (arbustales dominados por *Schinus*) que no pudo ser discriminada a partir de la información espectral y por lo tanto no fue incluida en el mapa.

Tabla II.
Clases identificadas en el mapa de vegetación.

Canales			
intermareal	vegetado	Marismas de *Spartina alterniflora* Marismas de *Sarcocornia perennis*	
	no-vegetado	Planícies de marea	
supramareal	vegetado	arbustales	dominados por *Geoffroea decorticans*
			dominados por *Cyclolepis genistoides*
			dominados por *Allenrolfea patagonica*
		estepa halófila	
		marismas de *Spartina densiflora*	
		asociaciones psammofilas	
		antrópico	
	no - vegetado	salitrales	

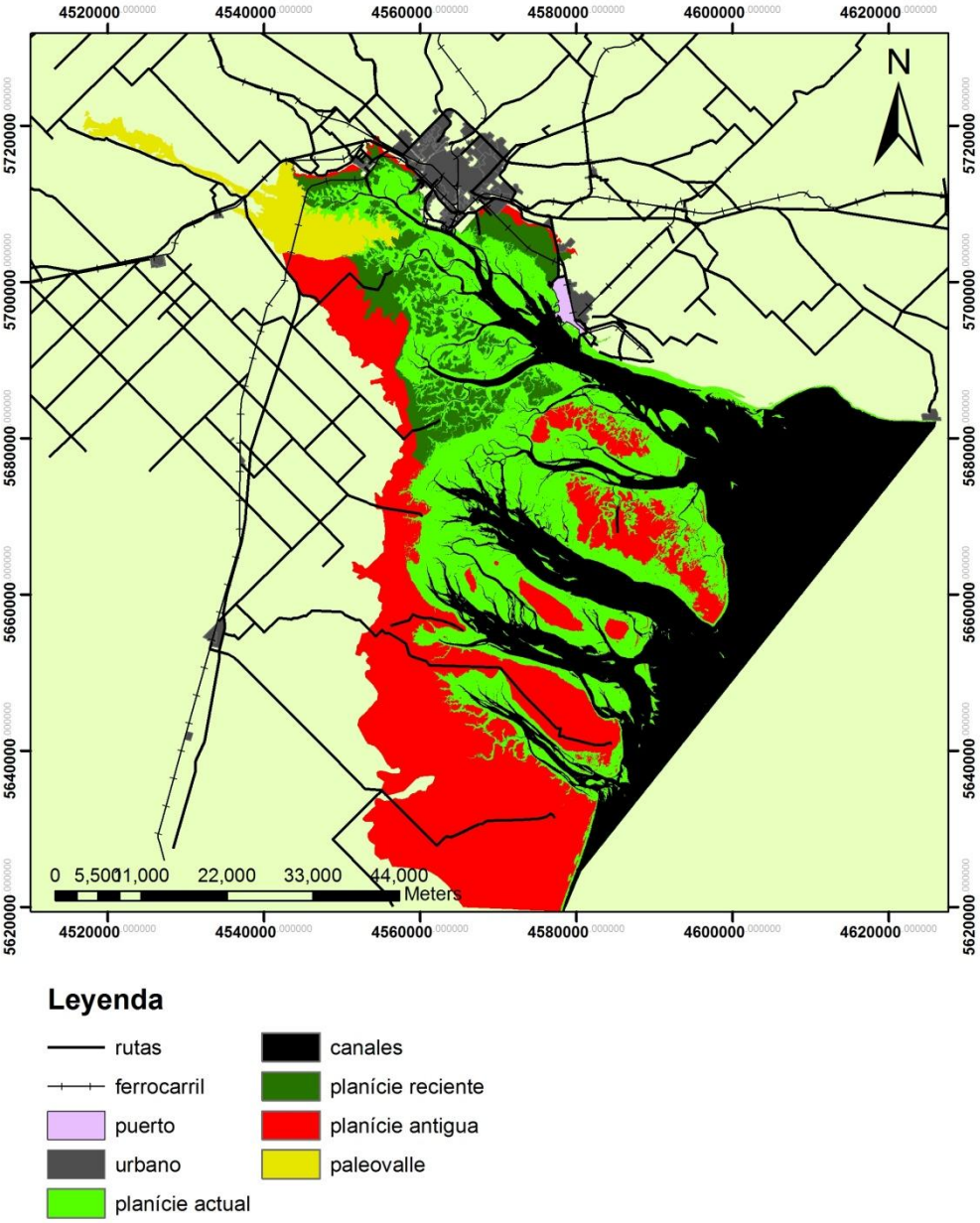
Fuente: Elaboración propia.

Piovan, Maria J.; Pratolongo, Paula; Zapperi, Georgina y Perillo, Gerardo M.E. 2014. Aplicación de herramientas de teledetección satelital y SIG para caracterizar a los humedales costeros de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 36. pp. 463-477. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Resultados y discusión

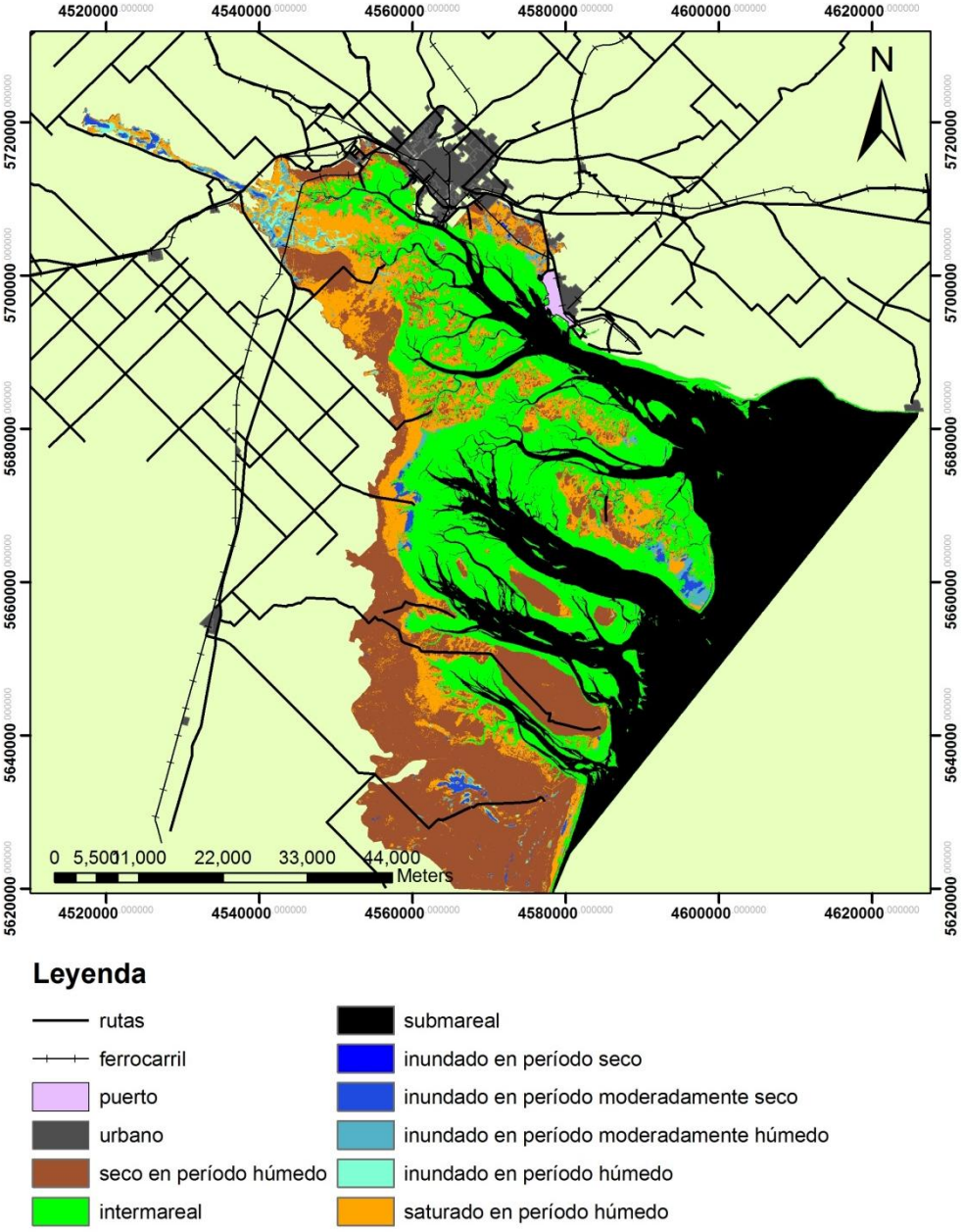
Se presentan el mapa geomorfológico, el mapa de condición hidrológica y el mapa de vegetación en las figuras 2, 3 y 5 respectivamente. El área de estudio abarcó 4045.1 km^2, de los cuales 1331.4 km^2 representan los canales permanentes, 1109.4 km^2 corresponden a la planicie de marea actual y el

Figura 2.
Mapa Geomorfológico.



Fuente: Elaborado por Piovan y Pratolongo, sobre la base de imágenes Landsat y curvas de nivel de cartas topográficas del IGN.

Figura 3.
Mapa de condición hidrológica.



Fuente: Elaborado por Piovan y Pratolongo sobre la base de imágenes Landsat.

resto corresponde a otras geoformas, no vinculadas en superficie a la dinámica marina actual. Dentro de estas geoformas se incluye:

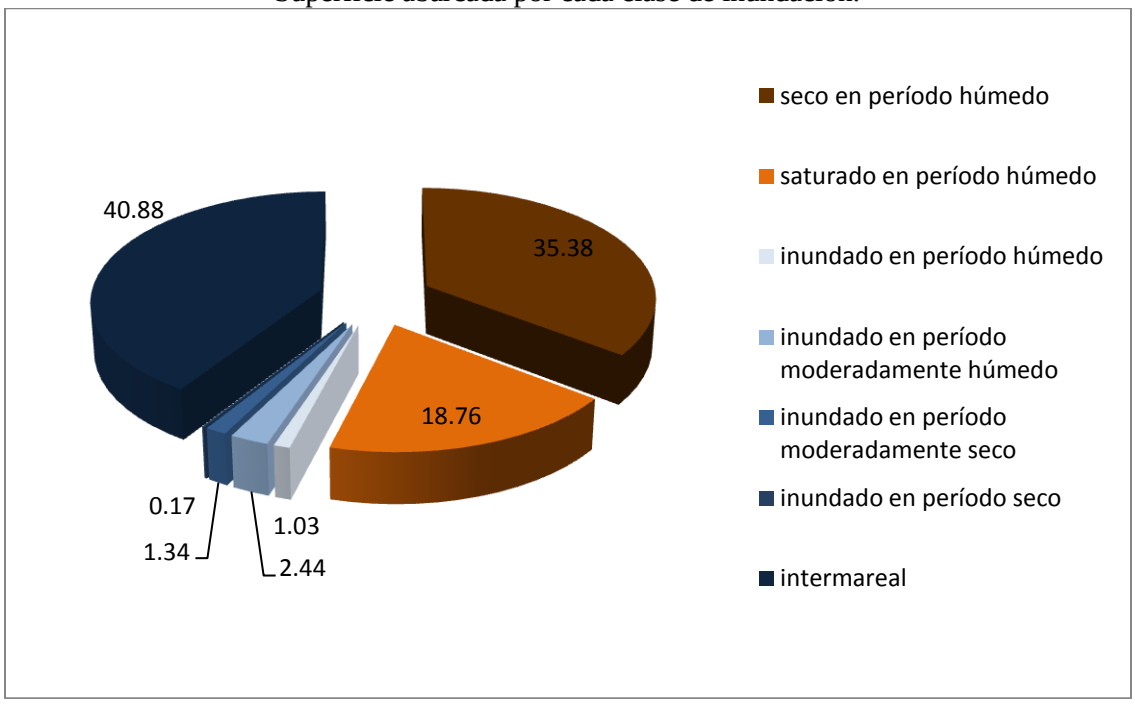
-a la planicie marina antigua, que se corresponde con el segundo paleonivel marino (Gonzalez Uriarte, 1984), con cotas entre los 10 y los 4 m.s.n.m.

- la planicie marina reciente, acotada aproximadamente entre los 3 y 1.5 m.s.n.m. (Krüger, 1980).

- un paleovalle de evolución compleja, que contiene al salitral de la vidriera (Gonzalez Uriarte, 1984).

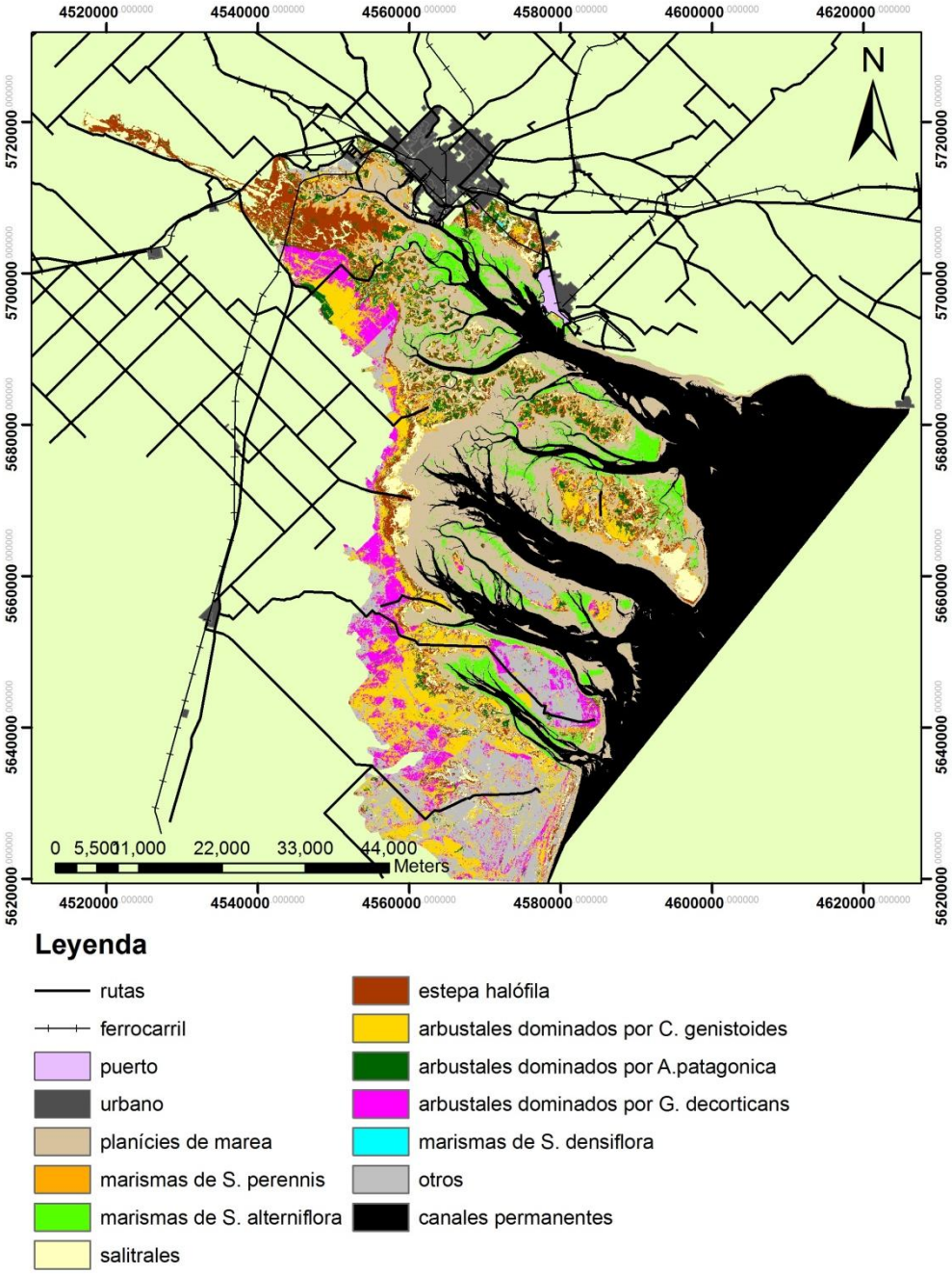
El mapa de condición hidrológica se presenta en la figura 3. El sector submareal y el intermareal coinciden tanto en extensión como en posición con los canales permanentes y la planicie actual. En la porción supramareal, la mayor parte de la superficie (960.1 km^2) corresponde a ambientes que permanecen secos aún durante períodos húmedos. En el otro extremo del gradiente de humedad, sólo 4.5 km^2 corresponden a sectores que permanecen inundados aún durante períodos secos. El resto de la superficie (644.2 km^2) presenta condiciones de saturación o inundación que dependen de las lluvias acumuladas durante el período (Figura 4). En el sector supramareal, excepto por la escasa superficie ocupada por ambientes con inundación permanente (inundado aún en periodo seco), las condiciones hidrológicas observadas sólo permiten el desarrollo de humedales temporarios o intermitentes. Este tipo de humedales resulta particularmente difícil de identificar y delimitar, en especial cuando las observaciones de campo no coinciden con periodos húmedos desde el punto de vista climático. A partir de este mapa, se genera una herramienta que permite localizar geográficamente a aquellas zonas que presentan potencial, desde el punto de vista hidrológico, para el desarrollo de ambientes de humedal.

Figura 4.
Superficie abarcada por cada clase de inundación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5.
Mapa de vegetación.



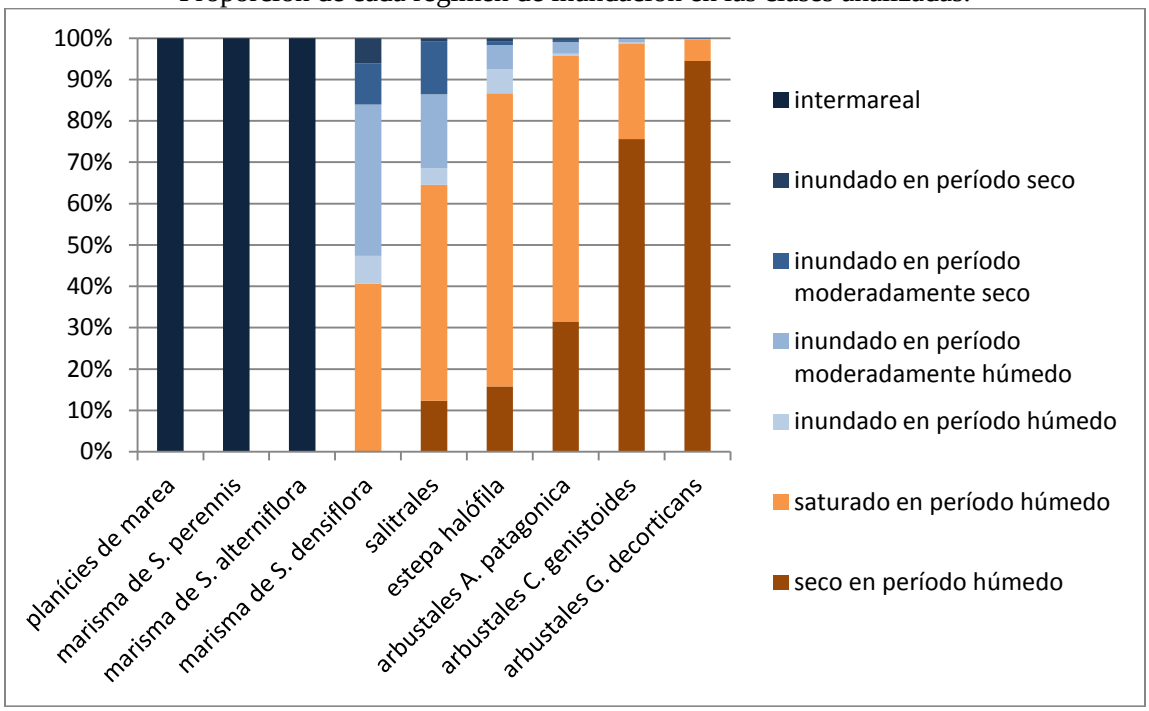
Fuente: Elaborado por Piovan y Pratolongo sobre la base de imágenes Landsat.

El mapa de vegetación se presenta en la figura 5. El sector intermareal está dominado por planicies de marea no vegetadas (840.67 km^2), en menor medida podemos encontrar marismas de *S. alterniflora* (196.13 km^2) y marismas de *S. perennis* (72.5 km^2). Entre las comunidades naturales del sector supramareal se pueden observar diversas asociaciones de arbustales y estepa halófila, además de ambientes no vegetados, que suelen presentar una costra salina en la superficie del suelo

(salitrales). A partir de la superposición de los mapas se observa que la clase arbustales dominados por *G. decorticans* está claramente asociada a los ambientes menos afectados por inundaciones (seco aún en periodo húmedo) y los arbustales dominados por *C. genistoides* también se ubican mayoritariamente en estos sectores. En un gradiente de humedad creciente, los arbustales dominados por *A. patagonica* pueden aparecer en zonas que se saturan con agua o se inundan, dependiendo de las precipitaciones acumuladas. Aunque estos arbustales están asociados a condiciones de mayor humedad, una fracción importante de su superficie se corresponde con ambientes secos en periodo húmedo. Los salitrales y la estepa halófila, en cambio, se desarrollan en lugares inundados o saturados durante períodos húmedos y una fracción muy pequeña soporta condiciones de suelo seco aún en periodos húmedos. En el extremo más húmedo del gradiente se ubican las marismas de *S. densiflora*. Este tipo de vegetación es dominante en los sitios que presentan inundación permanente y no se desarrolla en ambientes que presentan suelo seco en forma permanente.

En zonas de clima húmedo, los ambientes costeros que aparecen más allá del límite de influencia de las mareas se caracterizan por humedales de agua dulce, sostenidos por la acumulación de agua de lluvia y drenaje deficiente. Ejemplos de este tipo de humedales son los pajonales de agua dulce, turberas o humedales boscosos que se observan en el Reino Unido y Estados Unidos (Waller et al., 1999, Plater y Kirby, 2006, Kunz, 2009, Gardner et al., 2002). En el caso particular de Bahía Blanca, en cambio, la topografía y las condiciones edáficas heredadas del pasado transgresivo, en combinación con el régimen de precipitaciones y las altas tasas de evaporación, determinan la presencia de aguas subsuperficiales de muy alta salinidad, ascenso capilar y acumulación de sales en la superficie del suelo. Estas características condicionan el desarrollo mayoritario de humedales

Figura 6.
Proporción de cada régimen de inundación en las clases analizadas.



Fuente: Elaboración propia

temporarios e intermitentes, caracterizados por especies halófilas que forman distintos tipos de arbustales, estepas y salitrales. Una excepción son las marismas de *S. densiflora*, asociadas a condiciones de saturación o inundación más frecuentes.

Conclusiones

El enfoque hidrogeomórfico adoptado en este trabajo resultó de gran utilidad para caracterizar los ambientes costeros de Bahía Blanca con un criterio funcional. A partir de la utilización de técnicas cualitativas y cuantitativas de análisis de imágenes satelitales y gracias a la integración de datos en un SIG, se logró expresar la variabilidad ambiental del área de estudio y sintetizarla en los tres mapas elaborados. Esta integración ha permitido obtener información valiosa sobre la dinámica del agua en los humedales costeros de la región, a una escala de análisis que ayuda a comprender su funcionamiento ecológico.

Agradecimientos

Las imágenes satelitales fueron provistas por CONAE y USGS/EROS. Queremos agradecer especialmente al Dr. Walter D. Melo que nos facilitó los shapefiles para puerto, urbano, ferrocarril y rutas.

Bibliografía

CAVALLOTTO, J.L., VIOLANTE, R.A. y PARKER, G. 2004. “Sea-level fluctuations during the last 8600 years in the de la Plata river (Argentina)”. *Quaternary Internationa.*vol.114(1), pp. 155-165.

CHÁVEZ, P.S. Jr. 1988. “An improved dark-object substraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data”. *Remote Sensing of Environment.* vol.24, pp.459-479.

CHÁVEZ P.S.Jr y MACKINNON, D.J. 1994. “Automatic detection of vegetation changes in the southwestern United States using remotely sensing images”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.* vol. 60(5), pp.571-583.

GARDNER, L.R., REEVES, H.W. y THIBODEAU, P.M. 2002. “Groundwater dynamics along forest-marsh transects in a southeastern salt marsh, USA: description, interpretation and challenges for numerical modeling”. *Wetlands Ecology and Management.* vol.10, pp. 145–159.

GOMEZ, E. A. y PERILLO G.M.E. 1995. “Submarine outcrops underneath Shoreface- Connected Sand Ridges, outer Bahía Blanca Estuary, Argentina”. *Quaternary of South America & Antartic Peninsula*. vol. 9, pp. 23-27.

GONZALEZ, M.A. 1989. “Holocene Levels in the Bahía Blanca Estuary, Argentine Republic”. *Journal of Coastal Research*. vol.5(1), pp.65-77.

GONZALEZ URIARTE, M. 1984. “Características geomorfológicas de la porción continental que rodea la Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires”. IX Congreso Geológico. Actas III, pp. 556-576.

Piovan, Maria J.; Pratolongo, Paula; Zapperi, Georgina y Perillo, Gerardo M.E. 2014. Aplicación de herramientas de teledetección satelital y SIG para caracterizar a los humedales costeros de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 36. pp. 463-477. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

ISLA F.I. 1989. "Holocene sea-level fluctuation in the southern hemisphere". *Quaternary Science. Review*. vol.8, pp. 359-368.

KAUFMAN, Y.J. 1993. "Aerosol optical thickness and atmospheric path radiance". *Journal of Geophysical Research*. vol.98, pp.2677-2692.

KRÜGER, H.R. 1989. Suelos halomórficos de la Bahía Blanca. Dinámica de sales y relación con la vegetación. Tesis de Magister. Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, 125pp.

KRÜGER, H.R. y PEINEMANN, N. 1991. "Distribución de sales en una secuencia de suelos costeros de la Bahía Blanca (Argentina)". *Suelo y Planta*. vol. 1, pp.363-376.

KRÜGER, H.R. y PEINEMANN, N. 1996 . "Coastal plain halophytes and their relation to soil ionic composition" *Vegetatio*. vol.122, pp. 143-150.

KUNZ, D.M. 2009. Ecological effects of rising sea level on shorezone. Tesis magister. East Carolina, Estados Unidos. East Carolina University, Faculty of the Department of Biology. 165pp.

LAMBERTO, S.A. "Vegetación de la hoja I.G.M. 3963-17 Bahía Blanca" Bahía Blanca, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Manuscrito inédito.

MELO, W.D. 2004. Génesis del estuario de Bahía Blanca: Relación morfodinámica y temporal con su cuenca hidrográfica. Tesis doctoral. Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía. 215 pp.

NEBBIA, A.J. 2005. Evaluación del potencial de distintos sectores del Partido de Bahía Blanca para el estblecimietno de áreas naturales protegidas. Tesis doctoral. Bahía Blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia. 104 pp.

PERILLO, GME, PICCOLO, C., PARODI, E. y FREIJE R.H. 2001. *The Bahía Blanca Estuary, Argentina*. En: Seeliger U. y Kjerfve (eds.). 2001. Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Berlin Heidelberg: Springer. pp.205-217.

PERILLO, G.M.E., WOLANSKI, E., CAHOON, D.R. y BRINSON, M.M. (Eds). 2009. Coastal wetlands: an integrated approach. Amsterdam: Elsevier. 941 pp.

PLATER, A. y KIRBY, J. 2006. "The potential for perimarine wetlands as an ecohydrological and phytotechnological management tool in the Guadiana estuary, Portugal". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. vol.70, pp.98-108.

RODWELL, J.S. 1995. Aquatic communities, swamps and tallherb fens. British Plant Communities. Cambridge, Cambridge University Press. vol4. 283 pp.

SONG, C., WOODCOCK, C.E., SETO, K:C., LENNEY, M.P. y MACOMBER, S.A. 2001. "Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects?". *Remote Sensing of Environment*. vol.75, pp. 230-244.

Piovan, Maria J.; Pratolongo, Paula; Zapperi, Georgina y Perillo, Gerardo M.E. 2014. Aplicación de herramientas de teledetección satelital y SIG para caracterizar a los humedales costeros de Bahía Blanca. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 36. pp. 463-477. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

TEILLET, P.M, BARKER, J.L., MARKHAM, B.L., IRISH, R.R., FEDOSEJEVS, G. y STOREY, J.C. 2001. "Radiometric cross-calibration of the Landsat-7 ETM+ and Landsat-5 TM sensors based on tandem data sets". *Remote Sensing of Environment*. vol.78, pp. 39-54.

VERETTONI, H.N. 1974. Las Comunidades Vegetales de la Región de Bahía Blanca. Bahía Blanca. 168 pp.

WALLER, M.P., LONG, A.J., LONG, D., INNES, J.B. 1999. "Patterns and processes in the development of coastal mire vegetation: Multi-site investigations from Walland Marsh, Southeast England" *Quaternary Science Reviews*. vol.18, pp. 1419-1444.

Scavone, Andrea S.; Gentili, Jorge O. y Gil, Veronica. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 37. pp. 478-486. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Índices morfométricos aplicados al análisis de crecidas. Arroyo de la Ventana, Argentina[1]

Andrea S. Scavone [*]
Jorge O. Gentili [**]
Verónica Gil [***]

Resumen

La cuenca del arroyo de la Ventana se ubica en el suroeste del Sistema de Ventania, provincia de Buenos Aires, Argentina. La misma presenta episodios de crecidas que afectan a la localidad de Villa Serrrana La Gruta emplazada en las márgenes del arroyo homónimo. El objetivo de este trabajo es caracterizar la cuenca del arroyo de la Ventana mediante parámetros e índices morfométricos que permitan reflejar la dinámica de las crecidas. Se utilizaron cartas topográficas 1:50.000 y fotos aéreas a escala 1:20.000. Para el tratamiento de datos utilizó el software ArcGIS 10. Los resultados preliminares establecieron que el área de la cuenca es de 159,55 km². Se determinaron 64 cursos de primer orden, 17 cursos de segundo orden, 5 cursos de tercer orden y uno de cuarto orden. El cauce principal se estableció según el criterio topográfico y posee una longitud de 27,33 km. Para los índices morfométricos más relevantes al análisis de crecidas se obtuvieron los siguientes valores: relación de bifurcación media 4,05; razón de elongación 0,52; densidad de drenaje 0,92 km/km^2 y el coeficiente de torrencialidad es de 0,369. Los valores medios de los índices analizados dan indicio de la peligrosidad de la cuenca a generar crecidas.

Palabras clave: SIG, morfometría fluvial, crecidas, arroyo de la Ventana, Sauce Chico

Abstract

De la Ventana basin is located in southwest of Ventania System, Buenos Aires province, Argentina. Flash flood events affect to Villa Serrana La Gruta that is located in the stream bank. The aim of this work is characterize the basin using morphometric parameters and indices to define flash flood dynamics. Topographic maps (1:50.000) and aerial photographs (1:20.000) were used. The ArcGIS 10 software was used to data analysis. The preliminary results established a basin area of 159,55 km². Using Strahler´s hierarchical method were determined 64 first order stream, 17 second order stream, 5 third order stream and 1 stream of fourth order. The main channel was established according to the topographic criterion and it has a length of 27,33 km. The more important morphometric indices to study flash flood events were calculated and the results are: average bifurcation ratio 4,05; elongation ratio 0,52; drainage density 0,92 km/km^2 and torrenciality coefficient 0,369. The mean values of the analyzed indexes give an indication of the hazard of basin to generate flash floods.

Key words: GIS, fluvial morphometry, flash flood, de la Ventana stream, Sauce Chico

[1] El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación *"Geografía Física Aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diversas escalas temporo-espaciales"* dirigido por la Dra. Alicia M. Campo y subsidiado por la SGCyT-UNS (24/G067).
[*] Alumna, Depto. de Geografía y Turismo, UNS. 12 de octubre 1198, 4to piso.
[**] Docente-Investigador, Depto. de Geografía y Turismo, UNS. 12 de octubre 1198, 4to piso. jogentili@uns.edu.ar
[***] Docente-Investigadora, Depto. de Geografía y Turismo, UNS-CONICET, 12 de octubre 1198, 4to piso. verogil@uns.edu.ar

Scavone, Andrea S.; Gentili, Jorge O. y Gil, Veronica. 2014. Aplicación de TIG para el estudio de la dinámica espacial de la laguna La Picasa y el dique Paso de las Piedras. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 37. pp. 478-486. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

La cuenca hidrográfica constituye un sistema complejo cuyas propiedades son el resultado de la interacción de factores geológicos, geomorfológicos, edafológicos, climáticos, biogeográficos y el uso del suelo (Gentili, 2011). Está delimitada en una porción del espacio a través de las líneas divisorias de agua.
El estudio de una cuenca a través de índices morfométricos permite conocer a la misma en todos sus aspectos, proporcionando información de relevancia en cuanto a su dinámica y para la comparación con otras cuencas estudiadas. Los autores pioneros en estos temas fueron Horton (1945), Strahler, (1952, 1964), Schumm (1956), Morisawa (1962). Posteriormente, trabajos aplicando los índices fueron realizados por Gregory y Walling (1973), Gardiner (1975), Leopold *et al*. (1992); Moussa (2003), González de Matauco (2004), Busnelli-Horta (2013). En la región se realizaron estudios morfométricos de diferentes cuencas que drenan el Sistema de Ventania (Rabassa, 1982; Arbanesi *et al.*, 1988; Gil y Campo, 2000, 2002; Gil *et al.*, 2009; Torrero, 2009; Gil, 2010; Gentili, 2012).

En la cuenca de estudio se producen crecidas causadas por lluvias torrenciales que afectan a Villa Serrana La Gruta y a la población residente en la misma, provocando daños económicos y sociales difíciles de afrontar. La problemática descripta se ha dado de forma sucesiva a lo largo del tiempo y aún continua vigente. Se registró la última crecida y consecuente inundación en abril del año 2014, causando daños diversos, entre los que se pueden mencionar el derrumbe del puente que une a la villa con el resto de las localidades serranas, como así también el daño del alumbrado público ribereño. Por lo expuesto, el objetivo de este trabajo es caracterizar la cuenca del arroyo Ventana mediante parámetros e índices morfométricos que reflejan la dinámica de las crecidas mediante la utilización de un software SIG como herramienta fundamental para el tratamiento de los datos.

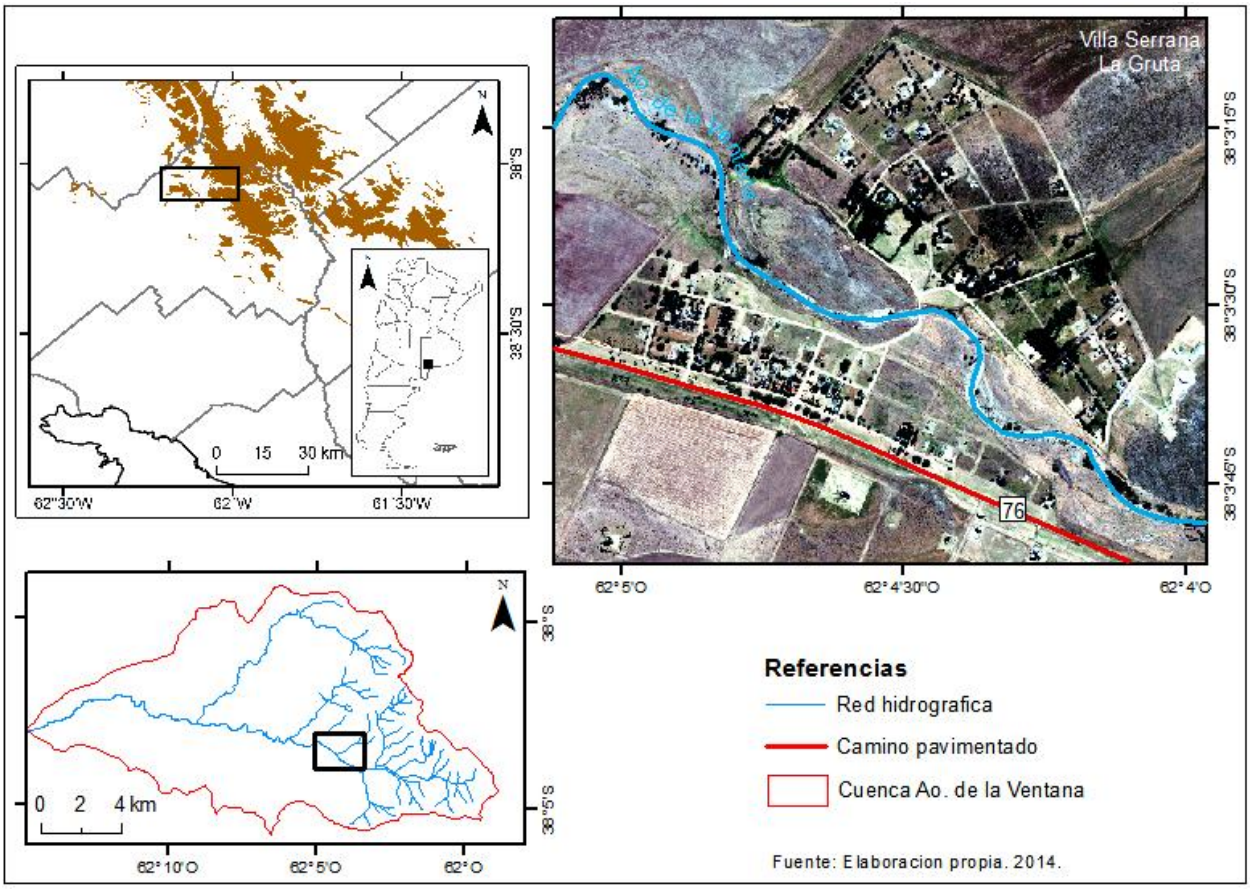
Área de estudio

La cuenca del arroyo de la Ventana se ubica en el suroeste del Sistema de Ventania, provincia de Buenos Aires, Argentina. Este sistema orográfico es uno de los más importantes del sur de la llanura pampeana. Está compuesto por varios cordones orográficos (Puán, Curamalal, Bravard, Ventana, Tunas y Pillahuincó) cuyas alturas máximas varían entre los 700 y 1.250 metros, abarcando una longitud de 175 kilómetros en sentido noroeste- sureste. La litología característica son las cuarcitas y esquistos dispuestos en forma de pliegues (Sellés-Martínez, 2001). Los sectores de menor pendiente están constituidos por materiales coluviales de piedemonte, sedimentos de tamaño limo, arcilla y arena y finalmente del tipo loess.

El arroyo de la Ventana constituye uno de los principales afluentes del río Sauce Chico, junto a los arroyos Chaco y Barril. El mismo recibe aportes por su margen derecha de los arroyos San Juan y San Pedro. Tiene sus nacientes en el cerro homónimo a una altura de 1.134 msnm y se prolonga a través de un valle transversal a la estructura plegada conocido localmente como “abra”.

La cuenca se encuentra comprendida en la faja de climas templados, donde las cuatro estaciones están bien diferenciadas, con variaciones de precipitación y temperatura. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 14 °C y 20 °C, alcanzándose en la estación cálida valores que exceden los 40 °C. A escala regional, la distribución mensual de las precipitaciones presenta máximos en los meses de marzo y octubre (Campo de Ferreras *et al*., 2004). Localmente, en el ámbito de las sierras, las precipitaciones presentan una elevada variabilidad tanto a escala temporal como espacial (Gil, 2011; Gentili *et al.*, 2011; Gentili y Gil, 2013). En el piedemonte serrano se localiza Villa Serrana la Gruta, emplazada en ambas márgenes del arroyo de la Ventana. Está situada a 35 kilómetros de Sierra de la Ventana y a un poco más de 15 km de la localidad de Tornquist sobre la ruta provincial N° 76. En los últimos años se produjo un crecimiento marcado y continuo debido a la actividad turística.

Figura 1.
Área de estudio.



Fuente: Elaboración de los autores.

Materiales y Métodos

La delimitación de la cuenca del arroyo de la Ventana se realizó trazando la línea divisora de aguas. Para ello se utilizaron las cartas topográficas de Tornquist y Sierra de la Ventana escala 1:50.000 (I.G.M). Las mismas fueron escaneadas y luego georreferenciadas para proseguir con la digitalización de la red de drenaje según su orden jerárquico (Strahler, 1952). Se incorporaron los datos generados al software SIG ArcGIS 10. Los índices morfométricos utilizados fueron los propuestos por Gil (2010) y Gentili (2012), por ser los más apropiados para inferir peligrosidad de generación de crecidas en cuencas serranas (Tabla I).

Tabla I.
Índices morfométricos utilizados y su correspondiente formula.

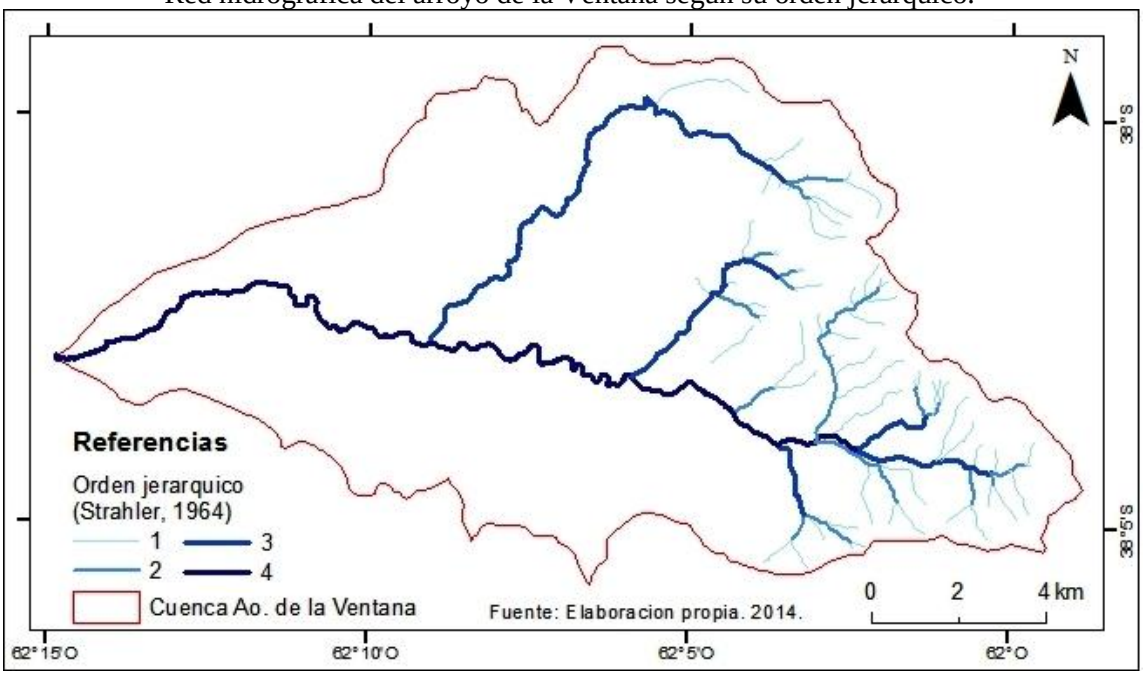
ÍNDICES	FÓRMULA	DEFINICIÓN
Relación de longitud	$R_l = L_u / L_u - 1$	L_u= Longitud de cauces de orden u
Relación de bifurcación	$R_b = N_u / N_u + 1$	N_u= Número de cauces de orden u
Relación de elongación	Re= (1,129 *A½)/ L	A= Área de la cuenca L= Longitud máxima de la cuenca
Densidad de drenaje	$Dd = \Sigma L_k / A_k$	ΣLk= Suma de lo longitud total (km) de los cauces de todos los órdenes Ak= Área total de la cuenca (km2)
Coeficiente de torrencialidad	Dd*(N1/A)	Dd= Densidad de drenaje N1= Cantidad de cursos de primer orden A= Área de la cuenca

Fuente: Elaboración de los autores.

Resultados

El área de la cuenca es el parámetro más utilizado para el cálculo de otros índices y se determina de forma directa. La cuenca en estudio tiene un área de 159,55 km^2 y se clasifica como pequeña según Chow *et al.* (1994). Como resultado de la jerarquización de la red de drenaje se determinaron 64 cursos de primer orden, 17 cursos de segundo orden, 5 cursos de tercer orden y uno de cuarto orden (Fig. 2 y Tabla II).

Figura 2.
Red hidrográfica del arroyo de la Ventana según su orden jerárquico.



Fuente: Elaboración de los autores.

Tabla II.

Número de segmentos de cauces del arroyo de la Ventana según el orden jerárquico.

Orden jerárquico	**1**	**2**	**3**	**4**	**Total**
Número de cauces	64	17	5	1	87

Fuente: Elaboración de los autores.

Índices asociados a la topología

La Relación de bifurcación (*Rb*) es la proporción existente entre el número de cauces de un orden dado y los de orden inmediatamente superior (Strahler, 1964, basado en Horton 1945). Éste índice tiene relación con la forma y el comportamiento hidrológico de una cuenca. Los valores bajos suelen corresponder a cuencas redondeadas, de menor pendiente, con lo cual, en teoría, podrían darse las crecidas más bruscas (Senciales González, 1999). Por el contrario, altas relaciones de bifurcación indican áreas de fuertes pendientes con rápida concentración de la escorrentía, pero con picos de crecida poco importantes. Según lo expuesto por Strahler (1964) los valores cercanos a 2 revelan áreas de escaso relieve, valores entre 3 y 5 corresponden a áreas de montaña sin demasiado control estructural y valores superiores a 5 indican fuerte dependencia de la estructura.

La *Rb* media para el caso del arroyo de la Ventana dio como resultado 4,05 (Tabla 3), valor que indica una red de drenaje que se desarrolla en áreas con pendientes y control estructural. Para la cuenca alta del arroyo Sauce Chico, cuya área es mayor respecto de la cuenca en estudio, Arbanesi *et. al*. (1988) obtuvieron resultados similares. Asimismo, otras subcuencas que nacen en el Sistema de Ventania poseen valores de *Rb* entre 3 y 5. Por ejemplo, algunas de las subcuencas del río Sauce Grande como Rivera, San Teófilo, San Bernardo, Esmeralda (Gil, 2010) y las subcuencas del arroyo Sauce Corto como El Tanque, Lolén Chico, Cerro 832, Nacimiento Oeste (Gentili, 2012).

Tabla III.

Relación de bifurcación para el arroyo de la Ventana.

Subcuenca	Relación de Bifurcación				
	Número de cauces por orden				
	Orden				Total
	1	2	3	4	
de la Ventana	64	17	5	1	87
	3,76	3,4	5	//	4,05

Fuente: Elaboración de los autores.

La Relación de longitud (*Rl*) está definida como la proporción existente entre la longitud media de los segmentos de un orden dado y la de los segmentos del orden inmediato inferior (Horton, 1945). Los cauces con mayor longitud suelen estar ubicados en áreas de fuertes pendientes. No obstante, un cauce de gran longitud, revela una elevada jerarquización, sea del orden que sea. A él llega un elevado número de cauces de orden menor y éste evacúa un gran volumen de agua hacia otro colector de orden superior (Senciales González, 1999). Los resultados de este índice para la cuenca del arroyo de la Ventana son: 0,91 para el caso del orden 4 (orden superior), 1,39 para el orden 3 y finalmente 0,38 para los de orden 2 (Tabla IV).

Según Sala y Gay (1981), la existencia de distintos valores de *Rl* entre segmentos de diferentes órdenes se interpreta como indicio de diferentes etapas erosivas en una misma cuenca. A su vez, altas *Rl* revelan una

concentración paulatina de caudales a lo largo del colector principal mientras que bajas relaciones muestran mayor energía concentrada bruscamente (Senciales González, 1999). Los resultados de Rl entre órdenes sucesivos son bajos. Esto se traduce en una mayor energía concentrada bruscamente en el cauce principal.

Valores bajos de este parámetro obtuvo Gil (2010) para cuencas contiguas (cuenca Sauce Grande) de similares características. Para pequeñas cuencas serranas de la vertiente norte de Ventania (cuenca Sauce Corto) Gentili (2012) obtuvo valores dispares de relación de longitud.

Tabla IV.

Longitud de los cauces del arroyo de la Ventana.

Subcuenca	Relación de Longitud				
	Longitud de cauces (km)				
	Orden				Total
	1	2	3	4	
de la Ventana	47,75	18,42	25,63	23,4	115,2
	//	0,38	1,39	0,91	0,89

Fuente: Elaboración de los autores.

Índice asociado a la forma

La Relación de elongación (*Re*) está asociada a la forma de la cuenca y queda definida como la razón entre el diámetro de un círculo que posee la misma área que la cuenca y la longitud del cauce principal que la drena (Schumm, 1956). Valores que se alejan de 1, indican cuencas más elongadas y valores próximos a 1 se asocian a cuencas que tienden a la circularidad. Las cuencas elongadas presentan un retardo en la concentración de la escorrentía a causa de la gran longitud del cauce principal y con ello mayor brusquedad de la crecida, una vez concentradas las aguas (Jardí, 1985; Senciales González, 1999) mientras que las cuencas circulares presentan mayor peligro de crecidas. La diferencia mayor entre ambas se observa principalmente en el tiempo y magnitud del pico de crecida.

Para calcular éste índice se necesita la longitud del cauce principal. Para su identificación se optó por el criterio topográfico, el cual considera que éste es aquél cuya cabecera alcanza la cota más elevada (Senciales González, 1999). El valor de *Re* obtenido para la cuenca del arroyo de la Ventana es de 0,52, lo cual determina una cuenca elongada (Tabla V). Los valores son similares a los hallados por Gil (2010) para algunas sub-cuencas del río Sauce Grande y por Gentili (2012) para las subcuencas del arroyo Sauce Corto donde se destaca la cuenca de Nacimiento Oeste que se acerca a la compacidad de la misma. Los estudios realizados por Arbanesi *et al.* (1988) para la cuenca superior del río Sauce Chico no evalúan éste parámetro.

Tabla V.

Relación de elongación.

Subcuenca	Relación de Elongación
de la Ventana	0,52
alta de la Ventana (hasta Villa Serrana La Gruta)	0,8

Fuente: Elaboración de los autores.

Debido a que la villa serrana La Gruta está ubicada varios kilómetros aguas arriba del punto de cierre de la cuenca del arroyo de la Ventana, se calculó también este índice para la cuenca alta del arroyo de la Ventana, cuyo cierre está 2 kilómetros aguas abajo de la villa serrana. El cálculo de la *Re* en este punto es de interés dado que en este tramo del canal se emplaza un vado y un puente peatonal. Ambos son la única vinculación de la villa con la ruta y han sido afectados en sucesivos eventos de crecidas. El valor obtenido

es de 0,8 (Tabla 5) que indica claramente la circularidad de la cuenca en este punto y por lo tanto el mayor peligro de crecidas que pueden afectar a la localidad.

Índices asociados a la intensidad del drenaje concentrado

La densidad de drenaje controla la eficiencia de drenaje y señala el estado erosivo de la cuenca (Senciales González, 1999; González de Matuco, 2004). Es un índice controlado por la litología presente, por la facilidad con la que se infiltra el agua de lluvia bajo la superficie del terreno hasta alcanzar el nivel freático y por la ausencia o presencia de cobertura vegetal, factores de control de la producción de agua y sedimentos de la cuenca. Los valores bajos están asociados a zonas de gran masividad litológica, así como a materiales muy permeables y con alta infiltración (Strahler, 1974; López Bermúdez *et. al*, 1988; Senciales González, 1999). La densidad de drenaje obtenida es de 0,92 km/km^2. Esto se corresponde con una baja densidad de drenaje y textura gruesa según Gregory y Wallings (1973), Morisawa (1985), Senciales González (1999) y Marchetti (2000) (Tabla VI).

Tabla VI.
Densidad de drenaje

Subcuenca	Densidad de drenaje (km/km^2)	Coeficiente de Torrencialidad
de la Ventana	0,92	0,369
alta de la Ventana (hasta Villa Serrana La Gruta)	1,43	1,13

Fuente: Elaboración de los autores.

El coeficiente de torrencialidad (*Ct*), permite obtener una aproximación al estudio de máximas crecidas ya que está relacionado con la capacidad de descarga de una cuenca (Senciales González, 1999). A mayor densidad de drenaje, mayor será la torrencialidad de la cuenca. Asimismo, a mayor cantidad de cursos de primer orden y menor superficie de la cuenca, mayor será éste valor. El coeficiente de torrencialidad, presenta valores bajos (0,369), debido a que la cantidad de cursos de primer orden no es tan elevada con respecto a el área total de la cuenca. Sin embargo, si se considera el cierre de la cuenca en la localidad serrana se obtienen valores más elevados (Tabla VI) para ambos índices que posibilitan inferir una mayor peligrosidad en ese punto.

Conclusiones

Los índices de *Rb* y *Re* asociados a la topología y forma respectivamente revelan una cuenca con potencialidad a generar crecidas torrenciales ante la ocurrencia de precipitaciones intensas. Los valores obtenidos para los índices de intensidad de la escorrentía concentrada (*Dd* y *Ct*) para toda la cuenca no son representativos para el análisis de la peligrosidad de crecida en Villa serrana La Gruta. Por el contrario, los resultados de estos índices para la cuenca alta del arroyo de la Ventana, al igual que los obtenidos para los índices de topología y forma indican una cuenca con potencialidad para la generación de crecidas. Por lo expuesto, el presente trabajo evidenció la pertinencia de considerar para el análisis del peligro de crecida en una determinada localidad la subcuenca con punto de cierre en el tramo de aguas arriba de la misma**.**

Referencias Bibliográficas

ARBANESI, G.; VERCESI, V.; GONZALEZ URIARTE, M. 1988. Análisis geomorfológico cuantitativo de la cuenca superior del río Sauce Chico (Sierras Australes - Prov. de Buenos Aires). Actas, II Jornadas Geológicas Bonaerenses. Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. p 187-199.

BUSNELLI, J.; HORTA, L. 2013. "Morfometría de cuencas montañas y metamorfosis fluvial, Tucumán". Revista de la Asociación Geológica Argentina. Universidad Nacional de Tucumán, Universidad Nacional de La Rioja. Argentina.

GARDINER, V. 1975. Drainage basin morphometry. British Geomorphological Group, Technical Bulletin 14. 48 pp.

GENTILI, J. 2012. *Hidrografía del arroyo Sauce Corto aplicada al estudio de inundaciones y anegamientos*. Tesis Doctoral. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Inédita. 150 pp.

GENTILI, J. y GIL, V. 2013. "Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina". Revista Universitaria de Geografía. Bahía Blanca: Departamento de Geografía y Turismo, UNS, vol. XXII, n° 1, 2. p 147- 166. ISSN 0326-8373.

GENTILI, J.; CAMPO, A.; GIL, V. 2011. "Distribución espacial y temporal de las precipitaciones en la cuenca alta del arroyo Sauce Corto, Sistema de Ventania". Actas Congreso Nacional de Geografía. Mar del Plata.

GIL, V., 2010. Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de Crecidas. Tesis Doctoral Inédita. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional de Sur, Bahía Blanca. 262 pp.

GIL, V. 2011. "Variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones. Cuenca alta del Río Sauce Grande, Sistema de Ventania". Actas Congreso Nacional de Geografía. Mar del Plata.

GIL, V; GENTILI, J. O.; CAMPO, A. M. 2009. "Influencia de la litología en la variación de los parámetros morfométricos, Sistema de Ventania, Argentina". Papeles de Geografía, Núm. 49-50. Universidad de Murcia, España. p 55-68.

GONZÁLEZ DE MATAUCO, I. 2004. "Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas". Boletín de la A.G.E. N° 38. Departamento de Geología, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. 1973. Drainage basin. From and process: a geomorphological approach. Ed. Edwards Arnold, Londres. 458 pp.

HARRINGTON, H. 1947. Sierras de Curamalal y de la Ventana. Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. 1992. Fluvial Processes in Geomorphology. Ed. Dover Publication, Mineola. 522 pp.

MORISAWA, M. E. 1962. Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau. Geological Society of America Bulletin, 73 (9). p 1025-1046.

MOUSSA, R. 2003. Morphometric properties of basins, scale effects and hydrological response. Hydrological Processes 17. p 33-58.

SCHUMM, S. A. 1956. The evolution of drainage system and slopes in badlands at Pearth Amboy, New Jersey. Bulletin the Geological Society of America, 67. p 597-646.

SELLÉS- MARTÍNEZ, J. 2001. "Geología de la Ventania (provincia de Buenos Aires (Argentina)". Journal of Iberian Geology. Buenos Aires: Dto. De Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA. p 43-69.

SENCIALES GONZALEZ, J. 1999. Redes fluviales. Metodología de análisis. Universidad de Málaga. 337 pp.

STRAHLER, A. N. 1952. Dynamic basis of geomorphology. Bolletin of the Geological Society of America, 63 p 923-938.

TORRERO, M. 2009. "Río Sauce Chico: estudio hidrográfico para un desarrollo sustentable". Tesis de doctorado en Geografía. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

Scordo, Facundo; Piccolo, M. Cintia y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Modificación del curso de los ríos en la cuenca del Senguer: período 1994-2013. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 38. pp. 487-494. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Modificación del curso de los ríos en la cuenca del Senguer: período 1994-2013

Facundo Scordo[1,2]
M. Cintia Piccolo[1,2]
Gerardo M. E. Perillo[1,3]

Resumen

La cuenca del Río Senguer tiene un régimen complejo nivo-pluvial. Disminución en las precipitaciones y aumento de las temperaturas resulta en la disminución de la disponibilidad de agua y por ende la permanencia de los cauces. En el presente trabajo se analizan los cambios en los regímenes de los ríos y arroyos de la Cuenca del Río Senguer desde el año 1994 al 2013. Se realizó un mosaico de la cuenca con imágenes Spot y Google Earth georreferenciadas del año 2013 y sobre las mismas se superpuso el *shape* cursos de aguas permanentes del Instituto Geográfico Nacional (IGN) basado en imágenes satelitales de 1994. Además se relacionó la extensión actual de los cauces con los datos de precipitación y temperatura de tres estaciones de la cuenca proporcionada por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Se observa una tendencia de disminución de las precipitaciones en todas las estaciones y en dos de ellas ascenso de temperaturas. Estas condiciones meteorológicas generan una pérdida de disponibilidad de recurso durante el otoño y el invierno. El análisis demostró que un 33% de los ríos considerados como permanentes por el IGN en el año 1994 hoy en día no lo son.

Palabras clave: Régimen hídrico, imágenes satelitales, *shapes*

Abstract

The Senguer river basin has a complex nivo-pluvial regime. A decrease in precipitation rate and an increase in temperature results in a decrease in water availability and therefore a disminution of permanent channels. The Senguer river basin stream changes from 1994 to 2013 are analyzed. The Instituto Geográfico Nacional (IGN) shape of permanent stream based on satellite images of 1994 was used. Basin mosaic was performed using 2013 Spot and Google Earth georreferenced images and overlapped IGN shape. The current extent of the streams was related with precipitation and temperature data from three meteorological stations in the basin (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación). A decreasing trend in precipitation was observed in all stations and in two of them a temperature rise was observed. These weather conditions cause a loss of water resource availability during autumn and winter. The analysis showed that 33 % of rivers considered permanent by IGN in 1994 they are not present today.

Key words: Stream, satellite images, *shapes*

[1]Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo.
[2]Instituto Argentino de Oceanografía. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (IADO-CONICET).
[3]Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geología.
Bahía Blanca, Buenos Aires. Argentina.

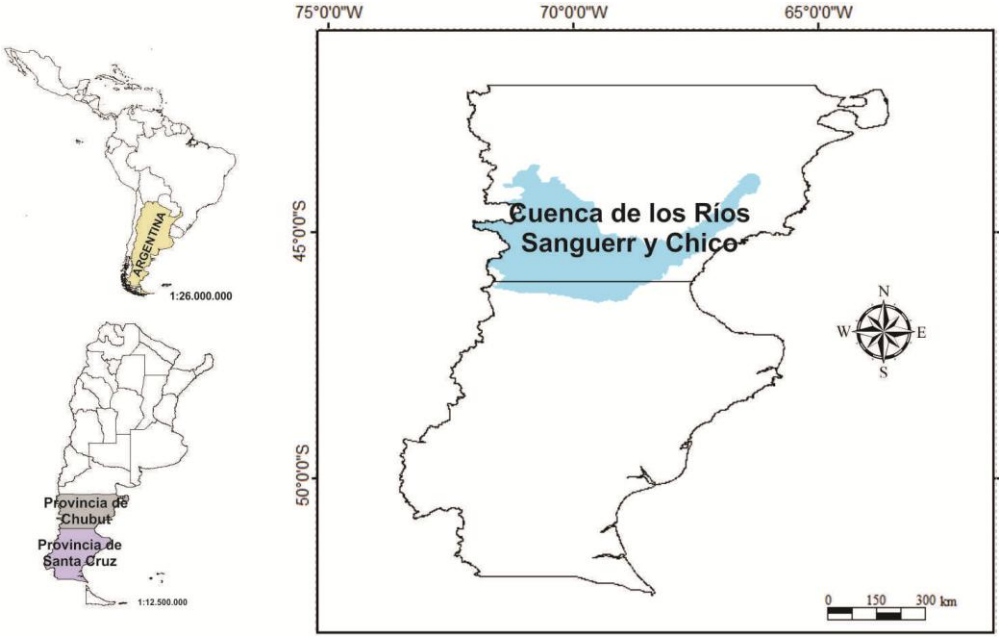
Scordo, Facundo; Piccolo, M. Cintia y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Modificación del curso de los ríos en la cuenca del Senguer: período 1994-2013. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 38. pp. 487-494. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Introducción

El régimen hídrico de los cursos de aguas de una cuenca es una de las variables más importantes para conocer la disponibilidad del recurso en una región. Este parámetro depende de la latitud, la topografía, el régimen de alimentación, etc. (Strahler, 1986). La cuenca del río Senguer tiene un régimen complejo nivo-pluvial (Bruniard, 1992). Disminución en las precipitaciones y aumento de las temperaturas resulta en la disminución de la disponibilidad de agua y, por ende, la no permanencia de los cauces (Copagnucci y Areno, 2007). Diversos trabajos realizados en la región patagónica Argentina muestran que las precipitaciones han disminuido y las temperaturas han aumentado provocando cambios en la hidroclimatología regional (Masiokas *et al.*, 2008; Pasquini *et al*., 2008). Giraut *et al.* (2000) y Tejedo (2003) analizaron los valores de las precipitaciones correspondientes al período 1979-1998 para una estación en la cuenca del Senguer, destacando la existencia de un período de déficit hídrico que impactaba directamente en los ríos y lagos.

Los ríos estudiados en este trabajo se encuentran dentro de la Cuenca del Río Senguer. La misma está localizada al SW de la provincia de Chubut y N de Santa Cruz entre los 43º36’ y 46º27’ de Latitud Sur y los 66º10’ y 72º05’ de Longitud Oeste. Los mismos pertenecen a la región de la Patagonia Argentina. Esta cuenca se caracteriza por emplazarse en sentido W-E y por ser de tipo endorreica (Figura 1). Sus nacientes se localizan en la cordillera de los Andes a 2000 m de altura aproximadamente en el Lago Fontana y desemboca en los lagos Muster y Colhúe Huapi al centro de la provincia de Chubut, el Dique Florentino Ameghino se encuentra al Este de la cuenca (Figura 2). La importancia estratégica de estos ríos recae en que son utilizados por diversos centros urbanos, proyectos mineros, petroleros, energéticos y agrícola-ganaderos. El objetivo del presente trabajo es analizar los cambios en los regímenes de los ríos y arroyos de la Cuenca del Río Senguer desde el año 1994 al 2013 y relacionarlos con la precipitación y temperatura de tres estaciones de la cuenca proporcionada por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

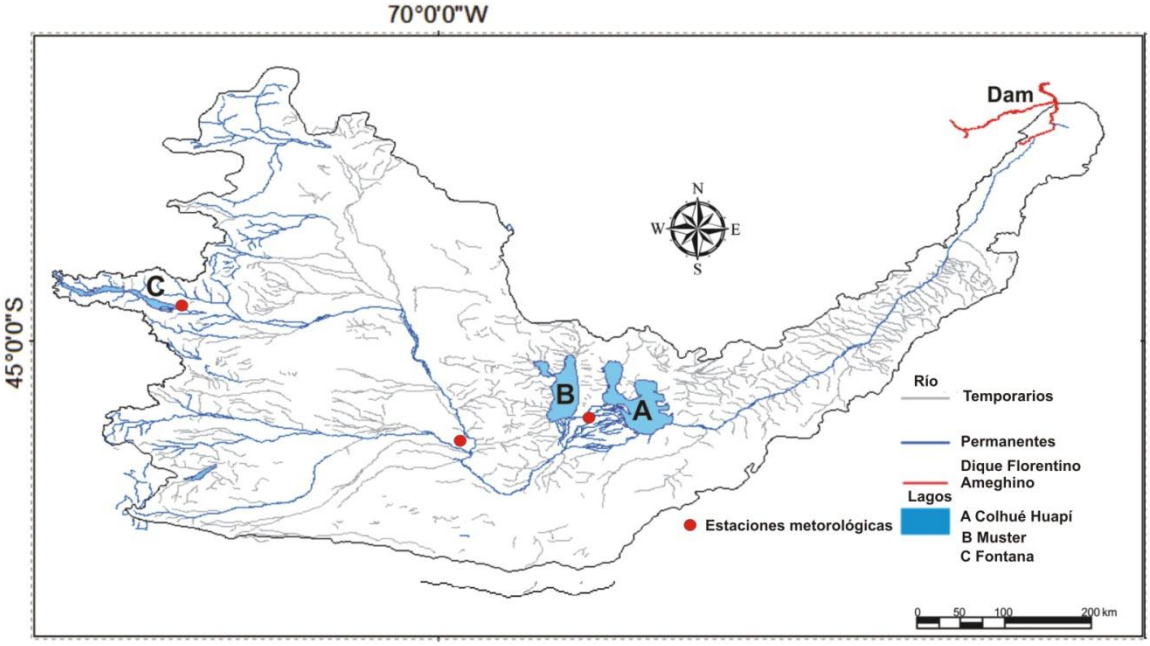
Figura 1.
Localización de la cuenca del Cuenca del Río Senguer.



Fuente: Elaborado por Scordo sobre la base de archivos shapes del IGN.

Scordo, Facundo; Piccolo, M. Cintia y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Modificación del curso de los ríos en la cuenca del Senguer: período 1994-2013. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 38. pp. 487-494. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 2.
Localización de los Lagos Fontana - Muster - Colhué Huapí- Dique Florentino Ameghino.



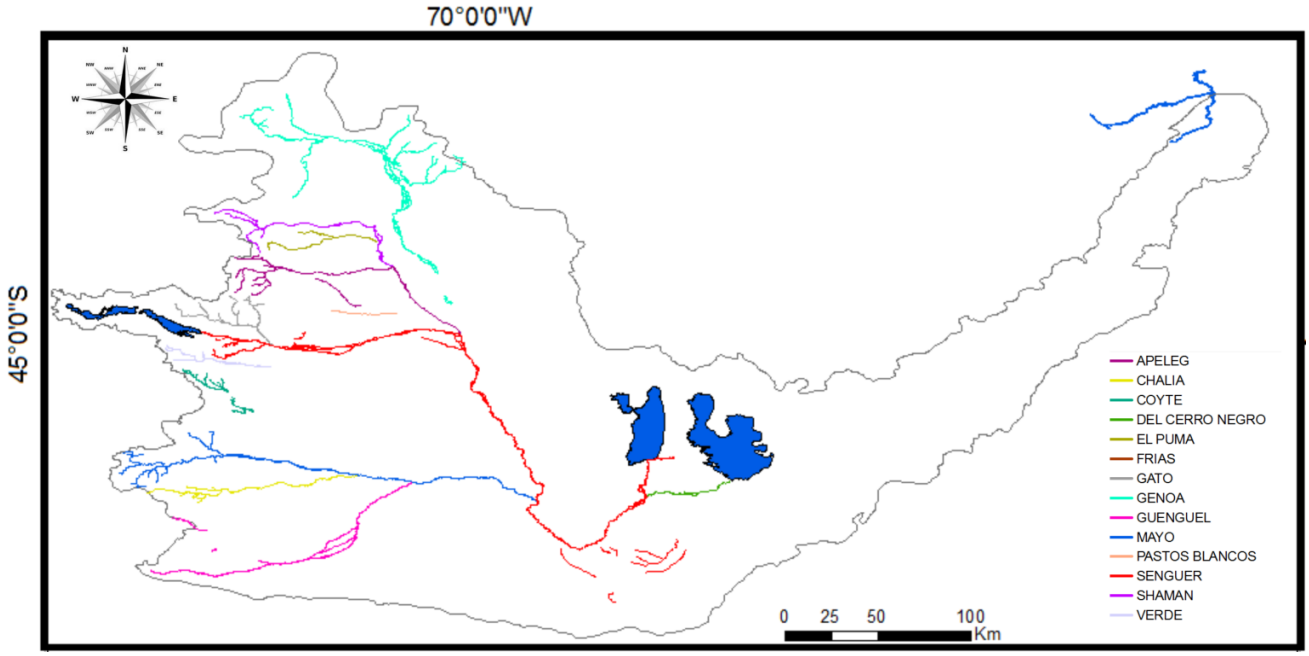
Fuente: Elaborado por Scordo sobre la base de archivos shapes del IGN.

Metodología

Para el análisis de los cambios en los regímenes de los ríos y arroyos de la cuenca del río Senguer desde el año 1994 al 2013 se utilizó el SIG ArcGIS 9.3. Se trabajó con el *shape* de cursos de aguas permanentes del Instituto Geográfico Nacional (IGN) con base en imágenes satelitales de 1994 (Giraut, 2004) (Figura 3). Para estudiar la extensión actual de los cauces se realizó un mosaico de la cuenca con imágenes Spot y Google Earth georreferenciadas del año 2013 y sobre las mismas se superpuso el *shape* del IGN (Figura 4). Aquellos ríos descriptos como permanentes en el año 1994 y que, en la actualidad presentaban cauces secos, fueron eliminados y se creó así un nuevo *shape*. Este último producto muestra la extensión actual de los ríos permanentes de la cuenca (Figura 5). Para el análisis de precipitación y temperatura, se analizaron datos de tres estaciones de la cuenca proporcionados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH, 2013): estación Aserradero (44º 47’ S – 71º 21’ W), estación Río Mayo (45º S – 70º 15’ W) y estación Sarmiento (45º 34’ S – 69º 05’ W) (Figura 2). Se obtuvieron las líneas de tendencia y su ecuación para cada estación y se calcularon las diferencias entre el año cero y el último estudiado. Para la estación Sarmiento se realizó el gráfico del avance la precipitación mensual (PPT) y temperatura media mensual (TºC) desde enero de 1986 a diciembre del 2012 (Figura 6).

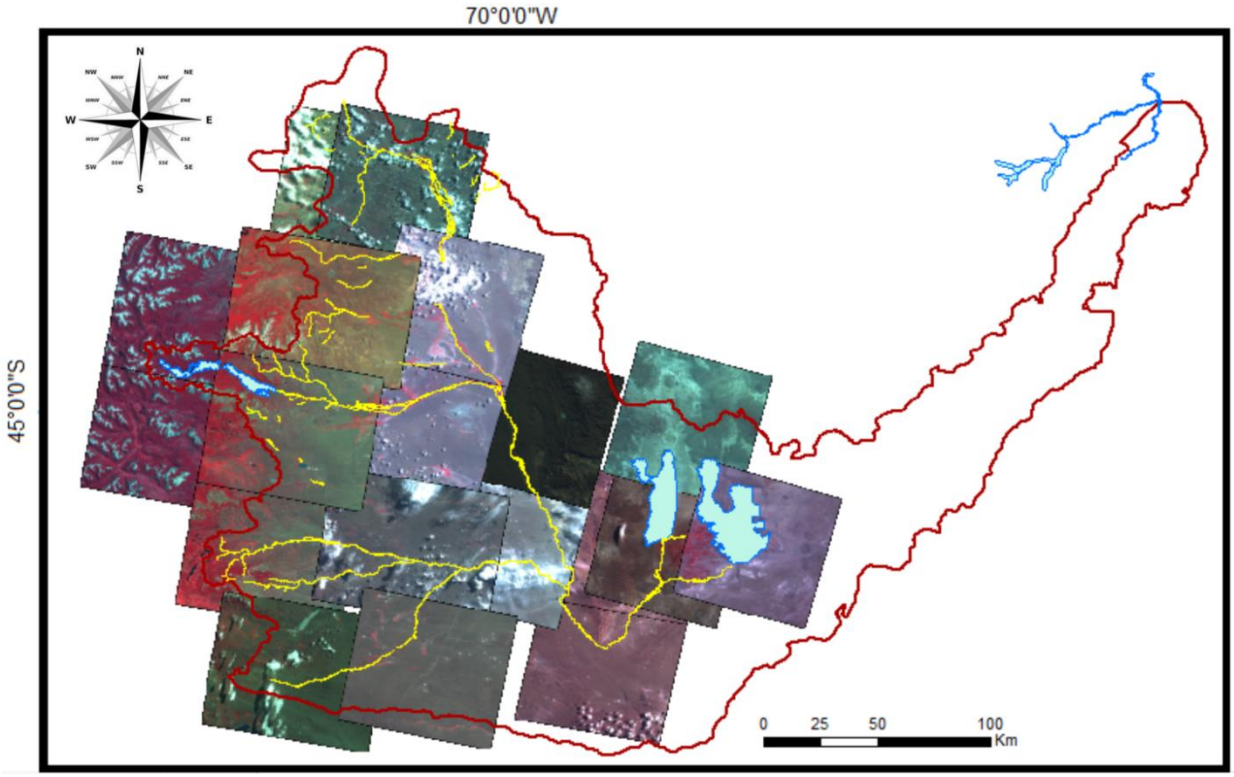
Scordo, Facundo; Piccolo, M. Cintia y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Modificación del curso de los ríos en la cuenca del Senguer: período 1994-2013. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 38. pp. 487-494. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Figura 3.
Ríos Permanentes en 1994.



Fuente: Elaborado por Scordo sobre la base de imágenes archivos shapes del IGN.

Figura 4.
Mosaico de imágenes Spot y Google Earth en la zona de estudio.

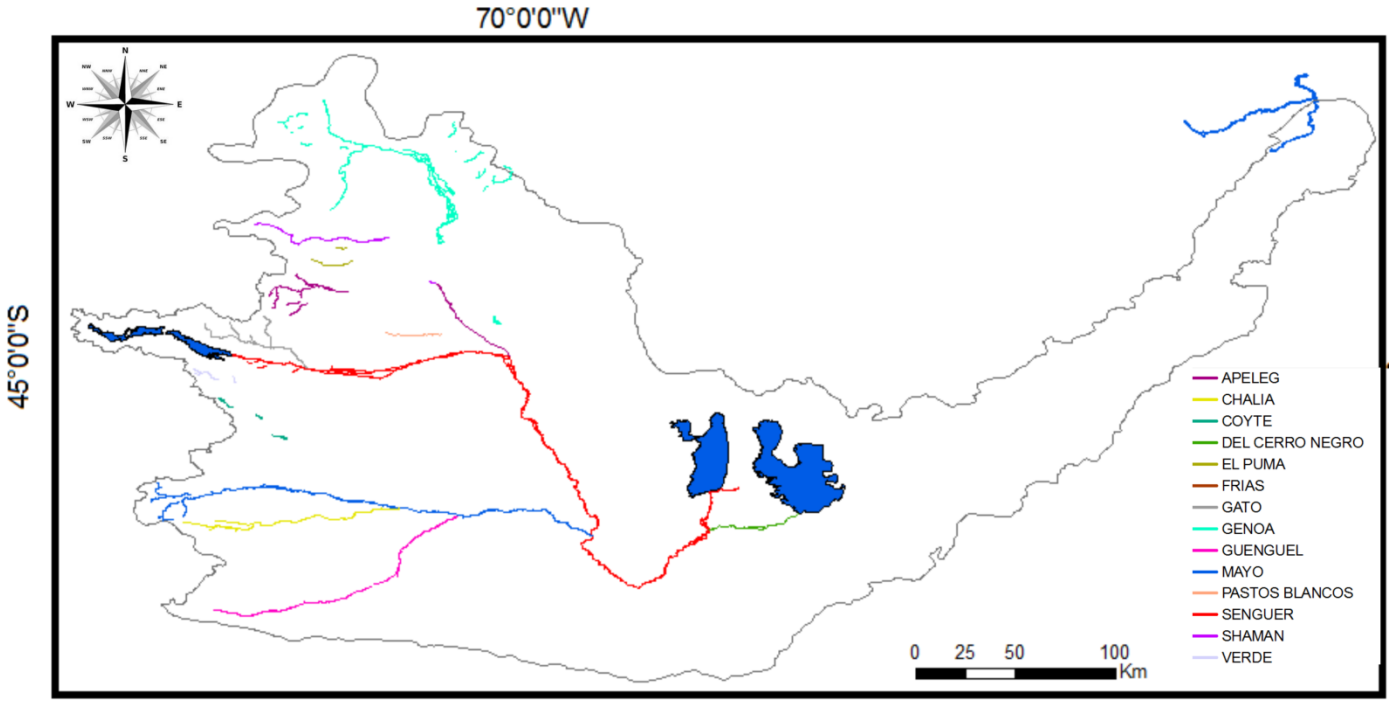


Scordo, Facundo; Piccolo, M. Cintia y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Modificación del curso de los ríos en la cuenca del Senguer: período 1994-2013. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 38. pp. 487-494. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Fuente: Elaborado por Scordo sobre la base de imágenes Spot, GoogleEarth y archivos shapes del IGN.

Figura 5.

Ríos Permanentes en el año 2013.



Fuente: Elaborado por Scordo sobre la base de imágenes Spot, GoogleEarth y archivos shapes del IGN.

Resultados

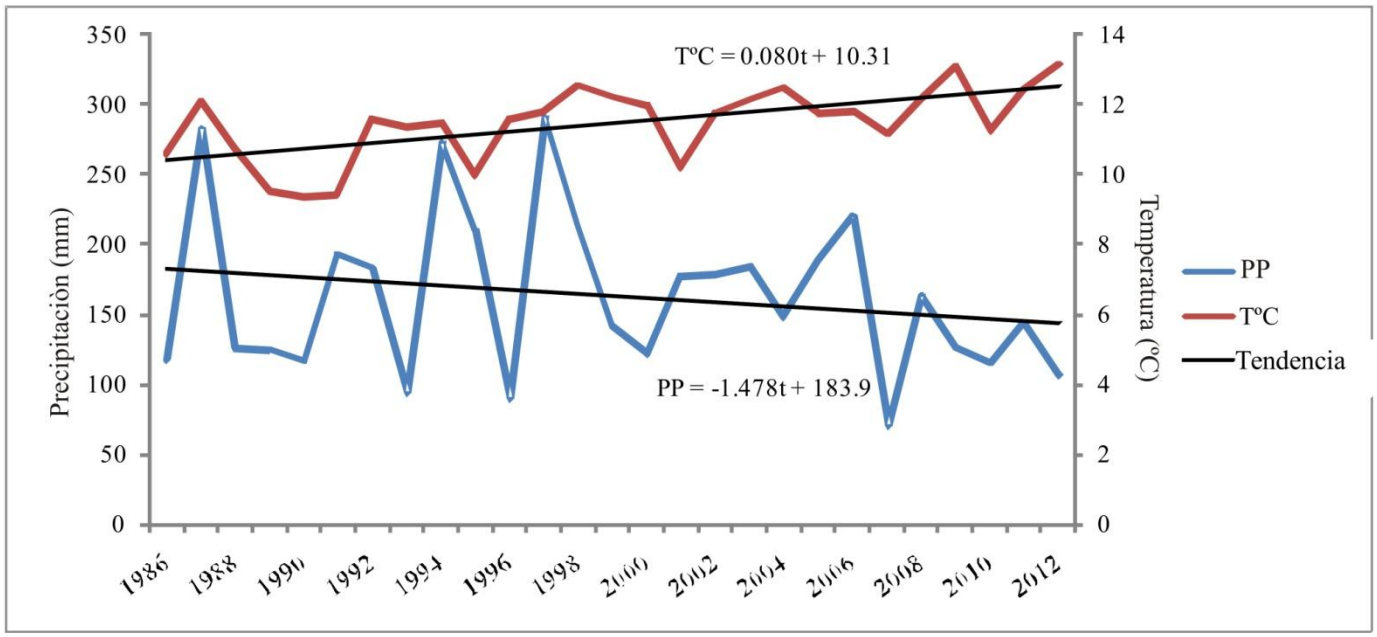
Temperatura y precipitación

Se analizan los datos de tres estaciones climáticas localizadas en la cuenca. La estación Aserradero, ubicada al inicio del Río Senguer sobre la cordillera de los Andes, es la que registra mayores precipitaciones y menores temperaturas de la cuenca. Río Mayo, ubicada cercana a la confluencia de los Ríos Mayo y Senguer, registra temperaturas y precipitaciones intermedias respecto de las otras dos estaciones. Estación Sarmiento, ubicada entre los Lagos Muster y Colhué Huapi, registra las menores precipitaciones y las mayores temperaturas.

La temperatura en la estación Aserradero es la única en la cual se observa un descenso de 0,5 º C en la media anual entre los años 1986 y 2012. En la estación Río Mayo la temperatura media anual ha ascendido 1,3 º C en el mismo período de tiempo. En la estación Sarmiento la temperatura media anual ha ascendido 2,1 ºC entre 1986 y 2012 (Figura 6).

Los datos analizados de tres estaciones permiten observar en todos los casos un descenso de las precipitaciones anuales para el período 1986 – 2012. En la Estación Aserradero el descenso de las precipitaciones anuales ha sido de 9,3 mm. En la estación Río Mayo el descenso de la precipitación anual en dicho período es de 33,7 mm. Y en la estación Sarmiento dicho descenso es de 38,4 mm (Figura 6).

Figura 6.
Temperatura media anual (T) y precipitación anual (PP) en las estación Sarmiento entre los años 1986 y 2012. (t = año).



Fuente: Elaborado por Scordo sobre la base de datos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH).

Modificación de los cauces permanentes

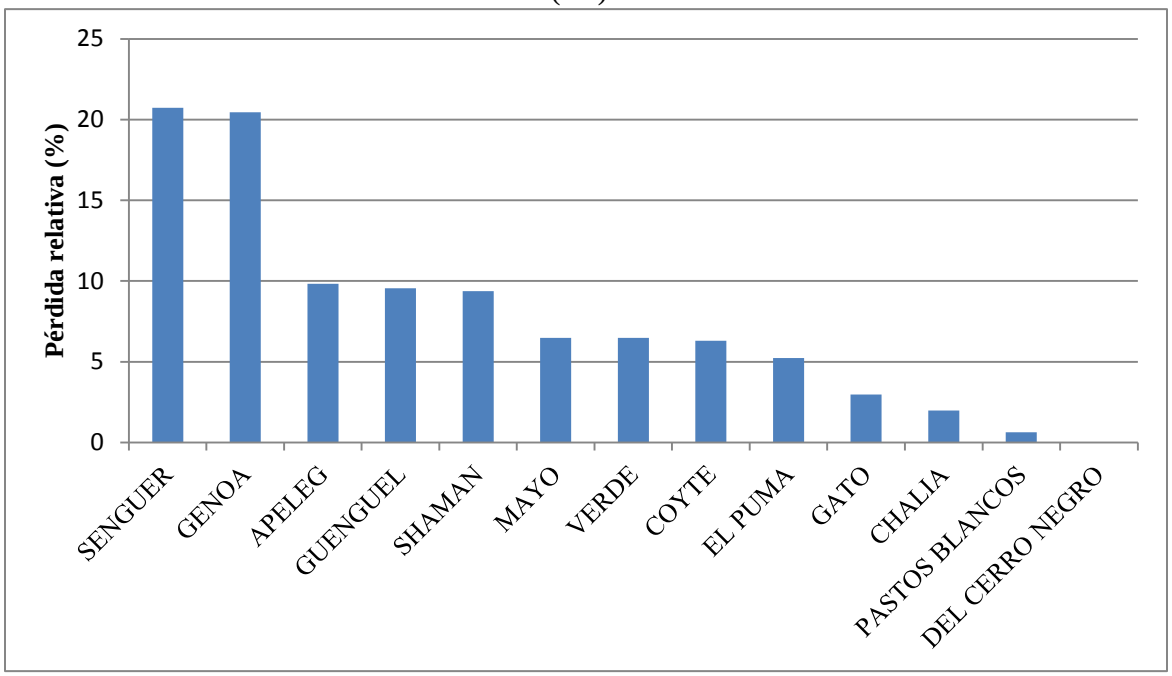
En el año 1994 la cuenca presentaba 14 ríos con régimen permanente con una longitud total de 3348 km (Figura 3; Tabla 1). Estos ríos son: Senguer, Genoa, Apeleg, Guenguel, Shaman, Mayo, Verde, Coyote, El Puma, Gato, Chalila, Pastos Blancos y Zanjón del Cerro Negro. Al año 2013 la longitud de los cauces de ríos permanentes en la cuenca se redujeron a 2238 km (Figura 7; Tabla 1). Esto implica que un 33% de los cauces de ríos permanentes en 1994, en la actualidad son temporarios o secos (Tabla 1). El río Senguer, el más extenso de la zona y que le da nombre a la cuenca es el que mayor cantidad de cauces de régimen permanente ha perdido (230 km), lo que representa un 24,5 % de su longitud original y un 20,7 % en términos relativos a la cantidad total de cauces de ríos permanentes perdidos en la cuenca (Figura 5, Figura 6, Tabla I). El Arroyo Genoa, el segundo más extenso de la cuenca, es también el segundo que ha perdido mayor cantidad de cauces permanentes (227 km), lo cual representa un 20,4 % del total de cauces permanentes de la cuenca.

Tabla I.
Longitud del Río Senguer y Genoa en 1994 y 2013, pérdida en la extensión como cauce permanente.

Nombre	1994 (km)	2013 (km)	Pérdida (km)	Pérdida (%)	Pérdida relativa (%)
SENGUER	937	707	230	24.55	20.72
GENOA	649	422	227	34.98	20.45
Total de la cuenca	3348	2238	1110	33.15	100

Fuente: Elaborado por Scordo sobre la base de imágenes Spot, GoogleEarth y archivos shapes del IGN.

Figura 7.
Pérdida relativa de cada cauce respecto del total de pérdidas de cauces permanentes en la cuenca (km).



Fuente: Elaborado por Scordo sobre la base de imágenes Spot, GoogleEarth y archivos shapes del IGN.

Conclusiones

El análisis de las precipitaciones y temperaturas en el período 1986-2012 de tres estaciones de la zona de estudio, permite observar que las precipitaciones han descendido entre 9 y 38 mm, y en dos de las estaciones la temperatura descendió 1,3 y 2,1 ºC. Disminución en las precipitaciones y aumento de las temperaturas resulta en la disminución de la disponibilidad de agua y por ende la permanencia de los cauces durante el otoño y el invierno. Esto podría explicar que durante el período de 1994 y 2012, en la cuenca del río Senguer, un 33% de kilómetros de cauces permanentes han pasado a ser temporarios o a secarse. Los ríos que mayor cantidad de kilómetros de cauce permanente han perdido tanto en longitud como en términos relativos, son el Río Senguer y el Arroyo Genoa. Estos son los dos de mayor longitud he importancia de la Cuenca del Senguer ya que sus aguas se usan para consumo humano, riego, consumo animal y explotación petrolera. En futuros trabajos se analizará el impacto de la actividad antrópica sobre estos causes para el mismo período de tiempo.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado con fondos del PGI24/G059. Financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur. (UNS) (Pcia. de Buenos Aires).

This work was carried out with the aid of a grant from the Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN3038 which is supported by the US National Science Foundation (Grant GEO-1128040).

Scordo, Facundo; Piccolo, M. Cintia y Perillo, Gerardo M. E. 2014. Modificación del curso de los ríos en la cuenca del Senguer: período 1994-2013. En: *Geotecnologías del sur argentino. Casos de estudio*. Capitulo 38. pp. 487-494. ISBN 978-987-1648-38-2. ISSN 2362-5406.

Referencias

Bruniard, Enrique D. "Hidrografía: Procesos y tipos de escurrimiento superficial". Buenos Aires: Editorial Ceyne, 1992.

COMPAGNUCCI, Hilda R. y ARENO, Christian D. "Alcances de El Niño como predictor del caudal de los ríos andinos argentinos". Ingeniería Hidráulica en México. Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2007, n° 23, pp. 23-35.

GIRAUT, Miguel, A y LUDUEÑA Sebastián G. "Monitoreo y seguimiento del proceso de desecamiento y desertización en lagos patagónicos". Buenos Aires: Comisión Nacional de Actividades Espaciales, 2000. http://www.conae.gov.ar [5 de Mayo 2014].

GIRAUT, Miguel A., VALLADARES, Andrea I., LUPANO, Carla F. y REY, Carmen A. "Cartografía Hídrica Superficial de la provincia de Chubut". Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Buenos Aires: Sistema Nacional de Información Hídrica. 2004. http://www.hidricosargentina.gov.ar/documentos/cartografia_chubut.pdf [5 de Mayo 2014].
Instituto Geográfico Nacional. "SIG 250". Buenos Aires, 2014. http://www.ign.gob.ar [5 de Mayo].

MASIOKAS, Mariano H., VILLALBA Ricardo, LUCKMAN Brian H., LASCANO Marcelo E., DELGADO Silvia, STEPANEK Petr. "20th-century glacier recession and regional hydroclimatic changes in northwestern Patagonia". Global and Planetary Change, 2008, n° 60, pp. 85–100.

PASQUINI, Andrea I., LECOMTE Karina L., DEPETRIS Pedro J. "Climate change and recent water level variability in Patagonian proglacial lakes, Argentina". Global and Planetary Change, 2008, n° 63, pp. 290 – 298.

STRAHLER, Arthur N. "Geografía Física". Barcelona: Editorial Omega, 1986.

SUBSECRETARÍA DE RECURSOS HÍDRICOS DE LA NACIÓN ARGENTINA. "Atlas Digital de los Recursos Hídricos Superficiales de la República Argentina". Buenos Aires: Base de Datos Hidrológica Integrada. 2013. http://www.hidricosargentina.gov.ar/acceso_bd.php [5 de Mayo de 2014].

TEJEDO, Alejandra G."Degradación de suelos en los alrededores del lago Colhué Huapí, Escalante, Provincia de Chubut". Buenos Aires: Primer Congreso de la Ciencia Cartográfica y XIII Semana Nacional de Cartografía, 2003.

El presente libro se terminó de editar
en el mes de agosto de 2014
en el Departamento de Geografía y Turismo
de la Universidad Nacional del Sur.

ISBN 978-987-1648-38-2



