



Análisis del crecimiento edilicio mediante imágenes Landsat en la localidad de Monte Hermoso, Argentina.

Goñi, L⁽¹⁾ ; Gregorini, G⁽²⁾ ; Aldalur, B⁽³⁾

(1) Ingeniero Agrónomo. Ex alumno Universidad Nacional del Sur.

(2) Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Agrimensora, Av. Alem 1253, 1er piso, Bahía Blanca, Tel 0291-4595101 interno 3217, gregori@criba.edu.ar

(3) Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Doctora Agrimensora, Av. Alem 1253, 1er piso, Bahía Blanca, Tel 0291-4595101 interno 3210, baldalur@uns.edu.ar

RESUMEN

La localidad de Monte Hermoso ha mostrado un gran crecimiento edilicio en los últimos años. El análisis de su desarrollo urbanístico en la última década, ha sido el disparador del presente trabajo. El período elegido fue 2004 – 2015. Para ello se trabajó con imágenes factibles de ser comparadas, Landsat 5 – TM y Landsat 8 – OLI y se evaluaron resultados de aplicación de diversos índices. Las dos imágenes se corrigieron radiométricamente, por lo que los valores de nivel de gris de la imagen original, se transformaron en valores de reflectancia aplicando el modelo DOS1 (del inglés Dark Object Substraction) o método de substracción de píxeles oscuros. Los índices empleados fueron NDVI o índice de vegetación normalizado, NDBI o índice normalizado de área edificado y BU o índice de área construida. Si bien los tres índices logran diferenciar las áreas de mayor crecimiento, los mejores resultados se obtienen aplicando el índice verde o NDVI.

PALABRAS CLAVE: Crecimiento edilicio; teledetección; imágenes Landsat.

INTRODUCCIÓN

La gran expansión urbana y el crecimiento demográfico que ha mostrado la localidad de Monte Hermoso en los últimos años ha sido motivo de estudio de numerosos investigadores (Isla y Lasta, 2006; Nola *et al.*, 2014). Este crecimiento sobrevino como la resultante de numerosas inversiones tanto desde el sector público como del sector privado. Estos cambios son los responsables de la modificación de una fisonomía que ha ido mostrando diferentes facetas.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es analizar el crecimiento de las edificaciones en la localidad de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires, Argentina, durante el período 2004 – 2015, empleando herramientas de Teledetección.

MÉTODOS

El límite urbano fue lo que definió el área de estudio, para ello se empleó un archivo vectorial en formato *shape* obtenido de la página web del Instituto Geográfico Nacional (IGN) (<http://www.ign.gob.ar>). Las imágenes satelitales empleadas fueron: Landsat 8, sensor OLI del 2015 e imágenes del satélite Landsat 5, sensor TM del 2004 con una cobertura de nubes inferior al 50%. Las imágenes correspondían a una época del año de similares condiciones atmosféricas (Picone y Linares, 2014), ya que se eligieron meses de octubre y setiembre y fueron extraídas de la página del Servicio Geológico de los Estados Unidos (del inglés USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>). El programa utilizado fue el QGis, de libre circulación en la web. Las imágenes fueron re-proyectadas al marco de referencia Posgar 94 que emplea el elipsoide WGS84, en el sistema de proyección Gauss Krüger faja 4. Las dos



imágenes se corrigieron radiométricamente, por lo que los valores de nivel de gris de la imagen original, se transformaron en valores de reflectancia aplicando el modelo DOS1 (del inglés Dark Object Substraction) o método de substracción de píxeles oscuros, también conocido como el método de Chávez (Chávez, 1988).

A partir de los valores de reflectancia, se pudieron calcular los índices: NDVI (del inglés Normalized Difference Vegetation Index) o índice de vegetación normalizado (índice verde) que permite visualizar las áreas con mayor cobertura vegetal, NDBI (del inglés Normalized Difference Built-up Index) o índice normalizado de área edificada que muestra la proporción de construcción de cada pixel y BU (del inglés Build-up Index) o índice de área construída que surge de la diferencia de los dos anteriores y representan la distinta correlación de área edificada y de área verde en cada píxel. Si el píxel tiene un valor alto representa mayor edificación y un valor menor corresponde a área verde.

RESULTADOS

Las imágenes resultantes de la aplicación del índice verde (NDVI) muestran mayor cobertura verde en áreas alejadas del centro, una de ellas corresponde a un barrio parque ubicado al Este y denominado Monte Hermoso del Este. Este barrio posee un loteo estilo parque con amplios espacios verdes y plantaciones de árboles realizadas por los propietarios. El resultado de la obtención del índice NDBI muestra que la imagen del año 2015 posee valores más altos en la zona céntrica de la ciudad y en el área costera. El índice BU muestra al igual que el índice NDBI, valores más altos en la zona céntrica de la ciudad y en la costanera y resaltan las áreas en tonos claros (valores bajos) representando menor edificación en el Este de la localidad, donde se encuentra el barrio parque ya mencionado.

CONCLUSIONES

La metodología empleada permite obtener un primer balance del estado edilicio de una localidad, si bien para este trabajo, los mejores resultados se obtienen en el empleo del índice verde.

El empleo de los índices NDVI, NDBI y BU en el estudio del crecimiento edilicio muestra resultados altamente satisfactorios, aunque sería importante trabajar a escalas más grandes, utilizando imágenes de satélites de mayor resolución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chavez, P. (1988). "An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data". *Remote Sensing of Environment*. Nº 24. pp. 459-479.

Isla, F. y Lasta, C. (2006). "Manual de manejo costero para la Provincia de Buenos Aires". Editorial Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina.

Nola, G.; Rosell, M. y Angeles, G. (2014). "Cambios espaciales en la dinámica del ecosistema dunario: barrio Las Dunas y área contigua, municipio urbano de Monte Hermoso". *Revista Universitaria de Geografía*, Vol. 23, Nº 1, pp. 41-56.

Picone, N. y Linares, S. (2014). "Propuesta metodológica para la extracción y análisis de densidades urbanas mediante teledetección y SIG. Caso de estudio: ciudad de Tandil, Argentina". *Revista Universitaria de Geografía*, Vol. 23, Nº 2, pp. 77-96.



Análisis del crecimiento edilicio mediante imágenes Landsat en la localidad de Monte Hermoso, Argentina.

Goñi, L⁽¹⁾; Gregorini, G⁽²⁾; Aldalur, B⁽³⁾

(1) Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Ingeniero Agrónomo.

(2) Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Agrimensora, Av. Alem 1253, 1er piso, Bahía Blanca, Tel 0291-4595101 interno 3217, gregori@criba.edu.ar

(3) Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Doctora Agrimensora, Av. Alem 1253, 1er piso, Bahía Blanca, Tel 0291-4595101 interno 3210, baldalur@uns.edu.ar

RESUMEN

La localidad de Monte Hermoso ha mostrado un gran crecimiento edilicio en los últimos años. El análisis de su desarrollo urbanístico en la última década, ha sido el disparador del presente trabajo. El período elegido fue 2004 – 2015. Para ello se trabajó con imágenes factibles de ser comparadas, Landsat 5 – TM y Landsat 8 – OLI y se evaluaron resultados de aplicación de diversos índices. Las dos imágenes se corrigieron radiométricamente, por lo que los valores de nivel de gris de la imagen original, se transformaron en valores de reflectancia aplicando el modelo DOS1 (del inglés Dark Object Substraction) o método de substracción de píxeles oscuros. Los índices empleados fueron NDVI o índice de vegetación normalizado, NDBI o índice normalizado de área edificado y BU o índice de área construida. Si bien los tres índices logran diferenciar las áreas de mayor crecimiento, los mejores resultados se obtienen aplicando el índice verde o NDVI.

PALABRAS CLAVE: Crecimiento edilicio; teledetección; imágenes Landsat.

INTRODUCCIÓN

La gran expansión urbana y el crecimiento demográfico que ha mostrado la localidad de Monte Hermoso en los últimos años ha sido motivo de estudio de numerosos investigadores (Isla y Lasta, 2006; Nola *et al*, 2014). Este crecimiento sobrevino como la resultante de numerosas inversiones tanto desde el sector público como del sector privado. El análisis del desarrollo urbanístico en la última década de la localidad de Monte Hermoso ha sido el disparador del presente trabajo. Estos cambios son los responsables de la modificación de una fisonomía que ha ido mostrando diferentes facetas.

Según describe su historia, el nombre de esta localidad hace alusión a un médano de marcada elevación, unos 36 m de altura, el cual podía verse desde muy lejos, emplazado en lo que se denominaba como “Punta Tejada”, punto únicamente descrito en las cartas utilizadas por Juan Manuel de Rosas en su expedición al Rio Negro en 1833. Estas tierras fueron cedidas a sus familiares a fines del siglo XIX y más tarde, compradas por Esteban Dufaur, quien encomendó a su hijo la organización de la estancia “El Recreo” (Welcome Argentina, 2003). Desde el punto de vista demográfico, la población, según el último censo es de 6.494 habitantes lo que implicó un incremento del 86.26 % en los últimos 10 años de 5602 habitantes según el censo del año 2001 (INDEC, 2010). Esta expansión, debió adecuar las gestiones de organización urbanística a fin de dar respuesta adecuada a la situación. El perfil preferencialmente turístico que poseía originariamente, fue transformándose, en la última década en una ciudad con una población de mayor permanencia y radicación. Grandes edificios modernos vidriados con frente al mar, describen hoy un marco distinto para una ciudad que sigue en vertiginoso crecimiento.

Monte Hermoso se encuentra ubicada en el partido denominado Municipio Urbano de Monte Hermoso, integrando junto con el balneario Sauce Grande, las dos localidades que lo

componen. Geográficamente, está emplazada en los 38° 59' 33" de latitud Sur y 61° 17' 14" de longitud Oeste, sobre la costa atlántica del Mar Argentino (Figura 1). Su extensión superficial es de 209 km². Sobre la costa se desarrolla una extensa playa de finas arenas con un declive muy suave y con una longitud aproximada de 32 Km.

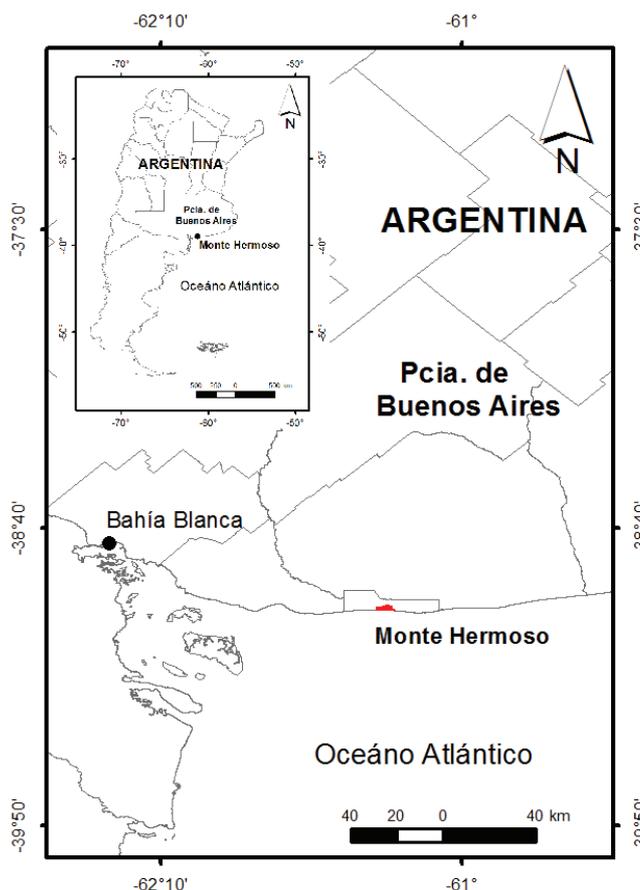


Figura 1.- Ubicación del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de archivos vectoriales del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue analizar el crecimiento de las edificaciones en la localidad de Monte Hermoso, provincia de Buenos Aires, Argentina, durante el período 2004 – 2015, empleando herramientas de Teledetección, siendo el límite urbano lo que definió el área de estudio

MÉTODOS

Para realizar el análisis del crecimiento edilicio de la localidad de Monte Hermoso sobre el límite urbano, se definió con anterioridad el área de estudio mediante un archivo vectorial. Este archivo se obtuvo copiando parte del archivo vectorial en formato *shape* (*shp*) obtenido de la página web del Instituto Geográfico Nacional (IGN) (<http://www.ign.gob.ar>).



Para este trabajo se utilizaron imágenes del satélite Landsat 8, sensor OLI de fecha 10 de octubre de 2015 e imágenes del satélite Landsat 5, sensor TM de fecha 9 de setiembre de 2004 con una cobertura de nubes inferior al 50%. Las imágenes correspondían a una época del año de similares condiciones atmosféricas (Picone y Linares, 2014), ya que se eligieron meses de octubre y setiembre, según la disponibilidad encontrada y fueron extraídas de la página del USGS (U. S. Geological Survey – Servicio Geológico de los Estados Unidos) (<http://earthexplorer.usgs.gov>). La serie Landsat posee información histórica que llega hasta el año 1984 para el caso del Landsat 5, de ahí la importancia de su empleo en estudios urbanos. La ubicación de estas imágenes en el sistema de referencia es: path 226 y row 087. En el caso de las imágenes Landsat 5 se emplearon las bandas 3, 4 y 5 que corresponden a las zonas del espectro electromagnético del rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio y para el Landsat 8 se trabajó con las bandas 4, 5 y 6 también pertenecientes a la misma franja del espectro.

El programa con que se realizó el tratamiento de las imágenes fue el QGIS, de libre circulación en la web. Las imágenes fueron re-proyectadas al marco de referencia Posgar 94 que emplea el elipsoide WGS84, en el sistema de proyección Gauss Krüger faja 4.

En la primera etapa del procesamiento, las dos imágenes se corrigieron radiométricamente, por lo que los valores de nivel de gris de la imagen original, se transformaron en valores de reflectancia aplicando el modelo DOS1 (Dark Object Substraction) o método de substracción de píxeles oscuros, también conocido como el método de Chávez (Chávez, 1988). Esta técnica asume que el valor más bajo de la reflectancia en cada banda en áreas de agua limpia, profunda y calma, debe presentar valores próximos a cero. Esta corrección se realiza para cada banda para todos los píxeles de la escena, realizando la diferencia entre el valor teórico y el almacenado por el sensor (Picone y Linares, 2014).

A partir de los valores de reflectancia, se pudieron calcular los índices:

- NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) también denominado índice de vegetación normalizado o índice verde que permite visualizar las áreas con mayor cobertura vegetal (Rouse *et al*, 1974 y Chuvieco, 2007),
- NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) o índice de área construida estandarizado que muestra la proporción de construcción de cada pixel (Zha *et al*, 2003) y
- BU (*Build-up Index*) o índice de área construida que surge de la diferencia de los dos anteriores y muestra que a mayor índice de construcción menor índice de área verde (He *et al*, 2010).

El índice de vegetación normalizado o NDVI, se calcula y define de la siguiente manera:

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

El segundo índice mencionado se realiza mediante el siguiente cálculo:

$$NDBI = \frac{(Banda\ IRC - Banda\ IR)}{(Banda\ IRC + Banda\ IR)}$$

Finalmente, se aplica la diferencia entre los dos índices anteriores para calcular el *build-up index* (BU):

$$BU = NDBI - NDVI$$

El archivo vectorial georreferenciado delimitando la localidad de Monte Hermoso, fue empleado para cortar el área de estudio, obteniendo dos imágenes de dos fechas distintas para cada índice. Estas imágenes son las que se emplearon en la confección de la cartografía.

RESULTADOS

Las imágenes resultantes de la aplicación del índice verde (NDVI) muestran mayor cobertura verde en áreas alejadas del centro, una de ellas corresponde a un barrio parque ubicado al Este y denominado Monte Hermoso del Este. Este barrio posee un loteo estilo parque con amplios espacios verdes y plantaciones de árboles realizadas por los propietarios. Las áreas costeras no muestran diferencia en cuando a la observación de este índice. La zona Oeste de la ciudad también muestra un crecimiento en vegetación (Figuras 2 y 3).



Figura 2.- Imagen año 2004 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice NDVI.
Fuente: Elaboración propia.

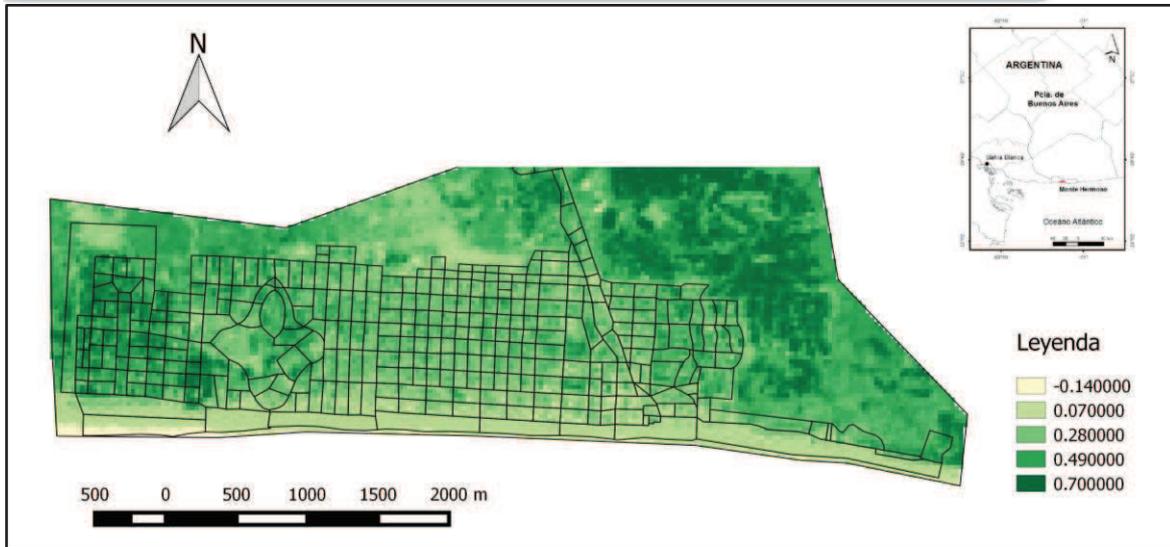


Figura 3.- Imagen año 2015 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice NDVI.
Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la obtención del índice NDBI muestra que la imagen del año 2015 posee valores más altos en la zona céntrica de la ciudad y en el área costera (Figuras 4 y 5). El sector Norte presenta confusión en los resultados, ya que se trata de áreas de médanos que se muestran con valor edilicio en las dos fechas estudiadas.

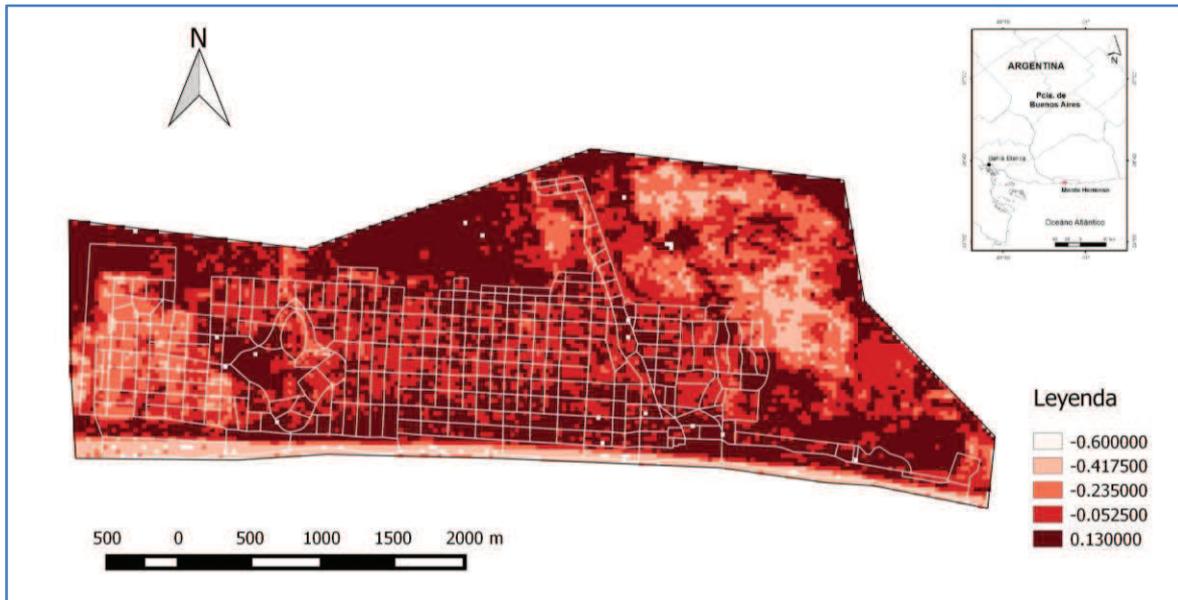


Figura 4.- Imagen del año 2004 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice NDBI.
Fuente: Elaboración propia.

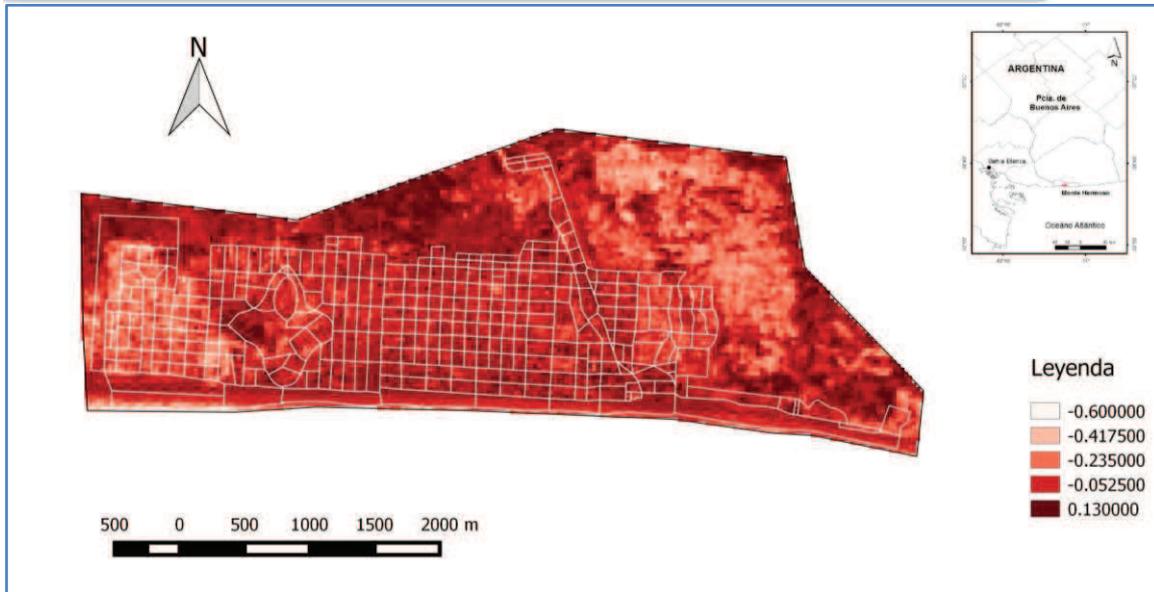


Figura 5.- Imagen del año 2015 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice NDBI.
Fuente: Elaboración propia

El índice BU (*build-up index*) para el año 2015 muestra, al igual que el índice NDBI, valores más altos en la zona céntrica de la ciudad y en la costanera y resaltan las áreas con bajos valores, representando menor edificación en el Este de la localidad, donde se encuentra el barrio parque ya mencionado (Figuras 6 y 7).

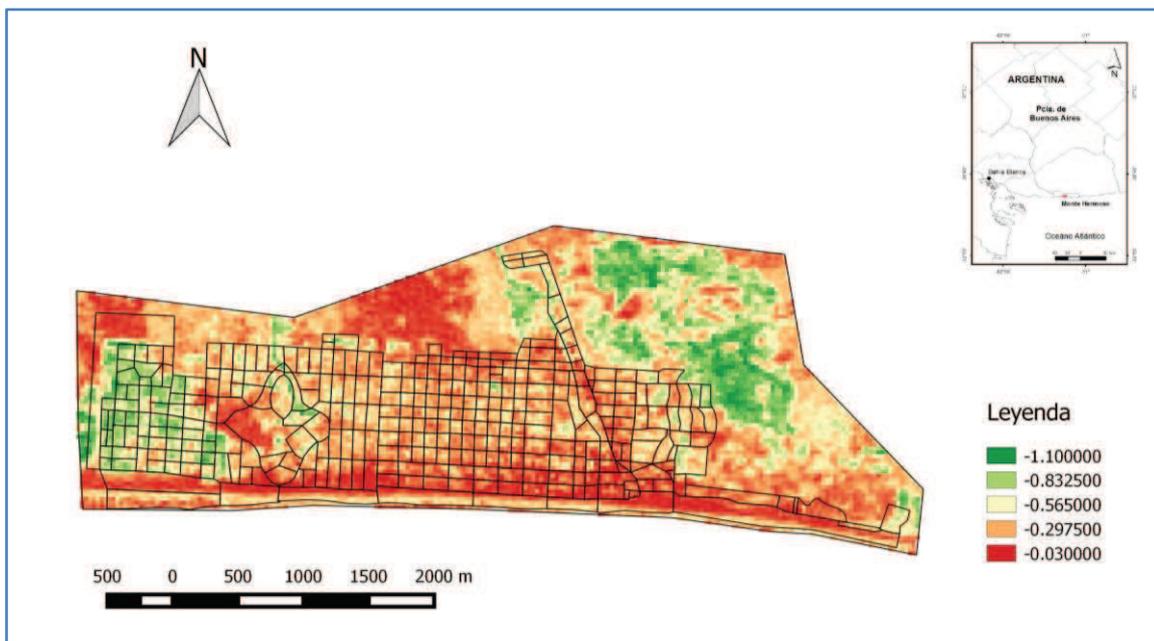


Figura 6.- Imagen del año 2004 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice BU.
Fuente: Elaboración propia.

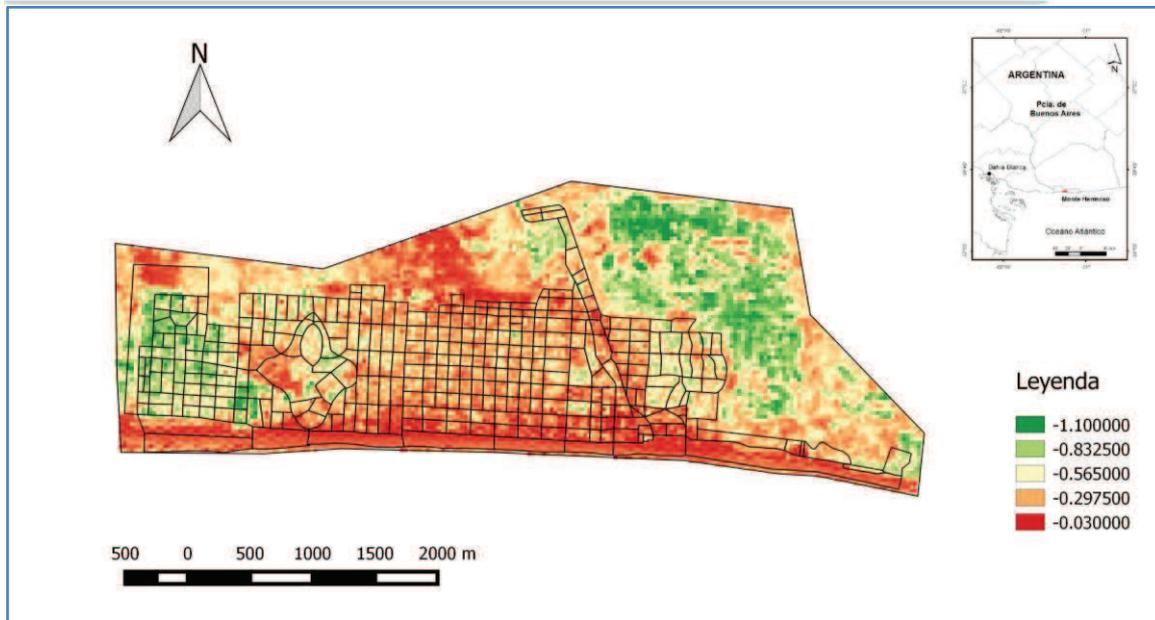


Figura 7.- Imagen del año 2015 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice BU.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Si bien para este trabajo, la comparación entre imágenes en índices NDBI y BU muestran escasa diferencia, se observa con mayor detalle que el sector Oeste y Sureste de la ciudad ha tenido un crecimiento en la cantidad de las construcciones. El índice NDVI permite obtener los mejores resultados ya que ubica el emplazamiento de las crecientes extensiones de verdes en las áreas del Este, Noreste y Oeste de la ciudad.

El empleo de los índices NDVI, NDBI y BU en el estudio del crecimiento edilicio muestra resultados altamente satisfactorios, aunque sería importante trabajar a escalas más grandes, utilizando imágenes de satélites de mayor resolución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chavez, P. (1988). "An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data". *Remote Sensing of Environment*. N° 24. pp. 459-479.

Chuvieco, E. (2007). "Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio". Editorial Ariel Ciencia, España.

He, C.; Shi, P.; Xie, D. y Zhao, Y. (2010). "Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach". *Remote Sensing Letters*, v.1, Issue 4, pp. 213-221.

<http://www.ign.gob.ar>



2º ENCUESTO NACIONAL DE INVESTIGADORES DE AGRIMENSURA

2 y 3 de junio de 2016. Santa Fe, Argentina



<http://earthexplorer.usgs.gov>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). (2010). [<http://www.indec.gov.ar>].

Isla, F. y Lasta, C. (2006). "Manual de manejo costero para la Provincia de Buenos Aires". Editorial Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina.

Nola, G.; Rosell, M. y Angeles, G. (2014). "Cambios espaciales en la dinámica del ecosistema dunario: barrio Las Dunas y área contigua, municipio urbano de Monte Hermoso". *Revista Universitaria de Geografía*, Vol. 23, Nº 1, pp. 41-56.

Picone, N. y Linares, S. (2014). "Propuesta metodológica para la extracción y análisis de densidades urbanas mediante teledetección y SIG. Caso de estudio: ciudad de Tandil, Argentina". *Revista Universitaria de Geografía*, Vol. 23, Nº 2, pp. 77-96.

Welcome Argentina (2003). "Historia de Monte Hermoso. Monte Hermoso pasado de médano". [<http://www.welcomeargentina.com/montehermoso/historia.html>].

Zha, Y.; Gao, Y. y Ni, S., (2003). "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery". *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp. 583-594.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del área de estudio.

Figura 2: Imagen del año 2004 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice NDVI.

Figura 3: Imagen del año 2015 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice NDVI.

Figura 4: Imagen del año 2004 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice NDBI.

Figura 4: Imagen del año 2015 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice NDBI.

Figura 4: Imagen del año 2004 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice BU.

Figura 4: Imagen del año 2015 de la ciudad de Monte Hermoso aplicando índice BU.

AUTORES

Leandro Goñi, Bahía Blanca, Argentina, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Sur (UNS), Becario.

Graciela Gregorini, Bahía Blanca, Argentina, Agrimensora, Universidad Nacional del Sur (UNS), Profesora Adjunta.

Beatriz Aldalur, Bahía Blanca, Argentina, Doctora Agrimensora, Universidad Nacional del Sur (UNS), Profesora Asociada.