

## CARTOGRAFÍA DE LA COBERTURA FORESTAL MEDIANTE GEOPROCESAMIENTO.

Lissy Mateo Rego<sup>1</sup>, Antonio Mantilla Ávila<sup>2</sup>, Yolanda Guerra Sosa<sup>3</sup>, Ana Cristina Batte Hernández<sup>4</sup>, Ramón Herrero Pérez<sup>5</sup>, Reynaldo Estrada Estrada<sup>6</sup>, Silvio V. Rodríguez Hernández<sup>7</sup>.

1 Geocuba Investigación y Consultoría, Cuba, Lissy @uct.geocuba.cu, Calle Loma y 39. Nuevo Vedado.

2 Geocuba Investigación y Consultoría, Cuba, mantilla@uct.geocuba.cu.

3. Geocuba Investigación y Consultoría, Cuba, yolanda@uct.geocuba.cu.

4 Geocuba Investigación y Consultoría, Cuba, ana@uct.geocuba.cu

5 Geocuba Investigación y Consultoría, Cuba, ramón@uct.geocuba.cu.

6 Asociación La Naturaleza y el hombre, Cuba, rey2005a@gmail.com

7 Geocuba Investigación y Consultoría, Cuba, [silvio@uct.geocuba.cu](mailto:silvio@uct.geocuba.cu).

### RESUMEN

El trabajo expone los procedimientos metodológicos para la interpretación, clasificación y cartografía de los elementos de la cobertura forestal a escala

1/ 10 000 mediante el empleo de técnicas de geoprocesamiento. Se toman como caso de estudio los municipios Centro Habana y Habana vieja. Esta metodología es utilizada por el Servicio Estatal Forestal en la actualización del patrimonio forestal y las formaciones boscosas de los diferentes municipios de Provincia Habana.

**Palabras Claves:** Cobertura forestal, geoprocesamiento, imágenes de satélites de alta resolución, interpretación, clasificación multiespectral, cartografía.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo expone la metodología que establece los procedimientos técnicos para la interpretación y cartografía de la cobertura forestal con la aplicación de técnicas teledetección y sistema de Información geográfica. Tomando como área de estudio los municipios Centro Habana y Habana Vieja y la escala de los mapas 1/ 10 000.

## 2. OBJETIVOS

Establecer el procedimiento metodológico para la interpretación y cartografía de los elementos de la cobertura forestal a escala 1: 10 000 para los municipios de provincia Habana, a partir de técnicas de geoprocésamiento.

## 3. MATERIALES

Se emplearon imágenes del satélite Quickbird en modo pan-sharpened obtenidas a partir de la combinación de las bandas multispectrales con la información espacial de la banda pancromática con la composición de color natural: azul, verde y rojo, el procesamiento y la interpretación de las mismas se realizó en el software ENVI, versión 4.7. La confección del mapa y la base de datos se realizaron en el SIG MAPINFO 10.5. Entre los materiales cartográficos utilizados están la base cartográfica digital topográfica, el mapa de cobertura forestal de la provincia de la habana a escala 1:100 000, la ordenación forestal, el mapa geológico y el mapa de suelo.

## 4. MÉTODOS

En el procesamiento de las imágenes se aplicaron las técnicas de restauración, mejoramiento y clasificación multispectral.

Las técnicas de restauración se conocen también como corrección y son aquellas que compensan los errores de los datos, ruidos y distorsiones geométricas aparecidas durante los procesos de barrido, transmisión y registro de la información proveniente de los objetos de la superficie (Seco, 2002). Se clasifican en geométricas y radiométricas.

Las imágenes del satélite Quickbird adquiridas de tipo estándar están corregidas radiométricamente por la empresa comercializadora. Por tanto, como el mapa de cobertura forestal es un mapa temático, basta con realizar la georreferenciación digital. Este proceso se realiza con 20 puntos de control extraídos de la hoja cartográfica, perfectamente identificables en la imagen y en el mapa, distribuidos de forma homogénea (**Tabla 1**). Quedando así la imagen georreferenciada en la proyección cartográfica Cónica Conforme de Lambert y el sistema de coordenadas Cuba Norte.

El resultado de la georreferenciación se comprobó comparando los valores de los puntos de la imagen con los del mapa y se calculó el error medio cuadrático (EMC), mediante las diferencias de coordenadas entre los puntos de comprobación y la imagen (**Tabla 2**):

$$Emc = \sqrt{\frac{\sum(\Delta X^2) + \sum(\Delta Y^2)}{N}}$$

Donde,

$\Delta X$ : desviación estándar de las coordenadas en el eje X

$\Delta Y$ : desviación estándar de las coordenadas en el eje Y

N: número de puntos

A la imagen georreferenciada se le aplicó un filtró lineal al 2 % con el objetivo de mejorar la calidad visual de la misma y facilitar la identificación de los elementos de la cobertura forestal. La interpretación de los objetos se efectuó mediante el reconocimiento directo de los mismos y a partir del uso de criterios visuales de interpretación, siendo de gran utilidad el conocimiento profesional y la experiencia de trabajo.

Posteriormente se realizó la clasificación digital supervisada con el método de máxima probabilidad. La asignación de las clases informacionales se realizó teniendo en cuenta fundamentalmente la clasificación de Bisse, adaptada para las formaciones forestales y no forestales que existen en la provincia de La Habana, por lo que las clases a interpretar en la imagen fueron:

- Pinar Plantación
- Manigua costera
- Latifolia Plantación
- Manglar
- Xerófilo típico
- Cuabal
- Semicaducifolio sobre suelo ácido
- Semicaducifolio sobre suelo calizo
- Semicaducifolio sobre suelo con mal drenaje
- Árboles y grupos de árboles aislados
- Otras áreas arboladas (frutales)
- Sistemas agroforestales
- Áreas deforestadas
- Ciénaga
- Vegetación arbustiva

En el proceso de post-clasificación se comprobó la veracidad de la clasificación visualizando los porcentajes de los píxeles clasificados para cada clase informacional asignada (Ver tabla 4.). Para lograr mayor definición en la clasificación obtenida se aplicaron los filtros Majority y Sieve hasta lograr que los píxeles no clasificados desaparecieran. (**Figura 1**)

El resultado de la clasificación (raster) se convirtió a vector (**Figura.2**) que fueron exportados al SIG Mapinfo donde se efectuó la reclasificación manual de la capa a partir de un análisis visual. Trabajo minucioso que abarcó la limpieza, el ajuste y la edición de los vectores. Además, junto con los vectores se trabajó con el mapa geológico, de suelo, modelo digital de elevación y la información digital relacionada con la cobertura forestal que se tenía. Fue decisivo el criterio del especialista forestal del municipio, que aportó todo su conocimiento y experiencia para la realización de esta investigación.

La leyenda quedó establecida de la siguiente forma:

<b>Cobertura Forestal</b>	
	Pinar Plantación
	Manigua costera
	Latifolia Plantación
	Manglar
	Xerófilo Típico
	Cuabal
	Semicaducifolio sobre suelo ácido
	Semicaducifolio sobre suelo calizo
	Semicaducifolio sobre suelo con mal drenaje
	Microbosque
	Arboles y grupos de árboles aislados
	Otras áreas arboladas (frutales)
	Sistemas agroforestales
<b>Otras coberturas no forestales</b>	
	Áreas deforestadas
	Ciénaga
	Vegetación arbustiva

## 5. RESULTADOS

Se realizó la limpieza topológica, se establecieron los estilos de relleno y color para cada uno de los polígonos de acuerdo y se asignaron los campos alfanuméricos a los polígonos obtenidos.

Se confeccionaron los mapas de cobertura forestal de los municipios Centro Habana y Habana Vieja a escala 1: 10 000, los cuales se integraron a la Base de Datos Geoespaciales y son utilizados por el Servicio Forestal Estatal en el sistema SIFOMAP. La estructura de la base de datos alfanuméricos es la siguiente:

### **Campo**

Clasificación	200 Caracteres
Categorías Básicas	40 Caracteres
Área (ha)	Float
Área (m2)	Float
Municipio	20 Caracteres
Provincia	20 Caracteres
Denominación	20 Caracteres

El campo clasificación incluye las categorías correspondientes a la clasificación de Bisse, árboles y grupos de árboles aislados, otras áreas arboladas, sistemas agroforestales, áreas deforestadas y vegetación arbustiva, según corresponda. En el campo Categorías Básicas se indica según el área en m<sup>2</sup>, si corresponde a bosques (área mayor o igual a 5000), microbosques (entre 5000 y 625)\* o árboles aislados (menor de 625)\*. Denominación es el campo que indica el nombre de aquellos lugares significativos para el municipio.

\* Esta clasificación fue establecida por los especialistas del departamento Forestal del Ministerio de la Agricultura.

## 6. CONCLUSIONES

1. Quedó establecido el procedimiento metodológico para la interpretación y cartografía de los elementos de la cobertura forestal a escala 1: 10 000 de los municipios de Provincia Habana, a partir de técnicas de geoprocesamiento.
2. Se confeccionó el mapa de cobertura forestal de los para los municipios Centro Habana y Habana Vieja empleando a partir del geoprocesamiento, específicamente las técnicas de teledetección y el sistema de información geográfica.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- 1- Agüero, B. (2001): Inventario forestal a escala 1: 100 000 de un territorio del municipio Moa, con el uso de imágenes de alta resolución espacial. Dpto. de Geociencias. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana.
- 2- Arias, I. (2008): Metodología para el desarrollo de los trabajos de fotointerpretación de las imágenes satelitales y preparación del original para la actualización cartográfica del MTD a escala 1:10 000. UCT Geocuba IC. La Habana. Cuba. (Inédito).
- 3- Bisse, J. (1981): Vegetación. pp. 4-28. En "Árboles de Cuba". Ed. Científico-Técnica. La Habana.
- 4- Capote, P. y Berazaín, R. (1984): Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. Rev. J. Bot. Nac. V (2): 27-75.
- 5- Capote, P.; Ricardo, N.; González, A.; García, E.; Vilamajó, D.; Urbino, J. (1989b): Vegetación Actual. En: IGACC: Nuevo Atlas de Cuba. 1 mapa. X, 1.2-3.
- 6- García, E.; Páez, M.; Álvarez.; Castellanos, E.: Manual del curso de Procesamiento Digital de Imágenes de Teledetección. 1995.
- 7- Fernandes, M: discussões conceituais e metodológicas do uso do geoprocessamento em análise geocológico; em: bicalho, m.s., p.c.gomes.- · questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica", ppgg/ufrrj., publit, Rio de janeiro, 2009, pp. 267- 286.
- 8- GEOCUBA: Inventario Forestal Nacional de la República de Cuba a escala 1:100 000 mediante técnicas de teledetección. Dpto. de Teledetección. Dirección de Investigación y Consultoría. 1998.
- 9- Instituto de Geografía: Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Academia de Ciencias. 1989.

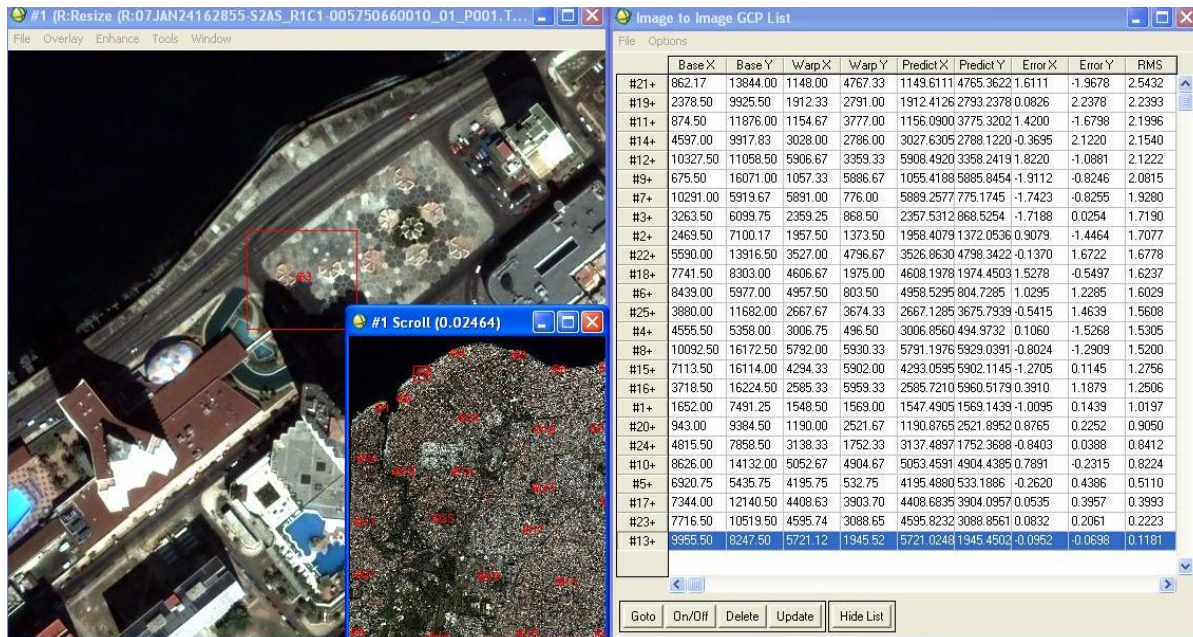
10-MINAGRI: Consideraciones sobre la ampliación del concepto de área cubierta forestal. Ministerio de la Agricultura. La Habana. 1997.

11- MINAGRI: Reglamento de la Ley Forestal. Ministerio de la Agricultura. La Habana. 1999.

12-Pérez, E.; Torriente, L.; Mantilla, A: Metodología para la Producción de Espaciomapas. Dpto. Teledetección. Agencia Geomática. UCT GEOCUBA-IC. 2003.

13-Ponvert-Desliles, D: .Inventario Forestal Nacional de la República de Cuba a escala 1:100 000 obtenido mediante técnicas de Teledetección. Dirección Investigación y Consultoría GEOCUBA, La Habana. 1998

## 8. ANEXOS



	Base X	Base Y	Warp X	Warp Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#21+	862.17	13844.00	1148.00	4767.33	1149.6111	4765.3622	1.6111	-1.9678	2.5432
#19+	2378.50	9925.50	1912.33	2791.00	1912.4126	2793.2378	0.0826	2.2378	2.2393
#11+	874.50	11876.00	1154.67	3777.00	1156.0900	3775.3202	1.4200	-1.6798	2.1996
#14+	4597.00	9917.83	3028.00	2786.00	3027.6305	2788.1220	-0.3695	2.1220	2.1540
#12+	10327.50	11058.50	5906.67	3359.33	5908.4920	3358.2419	1.8220	-1.0881	2.1222
#9+	675.50	16071.00	1057.33	5886.67	1055.4188	5885.8454	-1.9112	-0.8246	2.0815
#7+	10291.00	5919.67	5891.00	776.00	5889.2577	775.1745	-1.7423	-0.8255	1.9280
#3+	3263.50	6099.75	2359.25	868.50	2357.5312	868.5254	-1.7188	0.0254	1.7190
#2+	2469.50	7100.17	1957.50	1373.50	1958.4079	1372.0536	0.9079	-1.4464	1.7077
#22+	5590.00	13916.50	3527.00	4796.67	3526.8630	4798.3422	-0.1370	1.6722	1.6778
#18+	7741.50	8303.00	4606.67	1975.00	4608.1978	1974.4503	1.5278	-0.5497	1.6237
#6+	8439.00	5977.00	4957.50	803.50	4958.5295	804.7285	1.0295	1.2285	1.6029
#25+	3880.00	11682.00	2667.67	3674.33	2667.1285	3675.7939	-0.5415	1.4639	1.5608
#4+	4555.50	5358.00	3006.75	496.50	3006.8560	494.9732	-0.1060	-1.5268	1.5305
#8+	10092.50	16172.50	5792.00	5930.33	5791.1976	5929.0391	-0.8024	-1.2909	1.5200
#15+	7113.50	16114.00	4294.33	5902.00	4293.0595	5902.1145	-1.2705	0.1145	1.2756
#16+	3718.50	16224.50	2585.33	5959.33	2585.7210	5960.5179	0.3910	1.1879	1.2506
#1+	1652.00	7491.25	1548.50	1569.00	1547.4905	1569.1439	-1.0095	0.1439	1.0197
#20+	943.00	9384.50	1190.00	2521.67	1190.8765	2521.8952	0.8765	0.2252	0.9050
#24+	4815.50	7858.50	3138.33	1752.33	3137.4897	1752.3688	-0.8403	0.0388	0.8412
#10+	8626.00	14132.00	5052.67	4904.67	5053.4591	4904.4385	0.7891	-0.2315	0.8224
#5+	6920.75	5435.75	4195.75	532.75	4195.4880	533.1886	-0.2620	0.4386	0.5110
#17+	7344.00	12140.50	4408.63	3903.70	4408.6835	3904.0957	0.0535	0.3957	0.3993
#23+	7716.50	10519.50	4595.74	3088.65	4595.8232	3088.8561	0.0832	0.2061	0.2223
#13+	9355.50	8247.50	5721.12	1945.52	5721.0248	1945.4502	-0.0952	-0.0638	0.1181

Tabla 1. Puntos empleados en el proceso de Georreferenciación



		Número de mediciones <b>10</b>							
		Error de las mediciones						Nro pasos a ejecutar	
		$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta X^2$	$\Delta Y^2$				
		-1,968	2,543	3,872	6,468	$X^m$	→ imagen.	$a$	
		-0,070	0,118	0,005	0,014	$X^t$	→ terreno o mapa		
		0,144	1,020	0,021	1,040	$\sum \Delta X = X^m - X^t$		<b>1</b>	
		0,439	0,511	0,192	0,261	$\Delta \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \Delta X_i$		<b>2</b>	
		0,039	0,841	0,002	0,708	$Emc_{x y} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta X^2) + \sum (\Delta Y^2)}{N-1}}$		<b>3</b>	
		0,115	1,276	0,013	1,627				
		0,225	0,905	0,051	0,819				
		-0,232	0,822	0,054	0,676				
		-1,291	1,520	1,666	2,310				
		1,464	1,561	2,143	2,436				
<b>1</b>	Suma del error de la medición en X y Y	-1,135	11,117	8,019	16,359	$S_x = \sqrt{\frac{\sum (\Delta X_i - \Delta \bar{X})^2}{n-1}}$		<b>4</b>	
<b>2</b>	Error promedio para X y Y	-0,114	1,112			$3^* S_x = \sqrt{\frac{\sum (\Delta X_i - \Delta \bar{X})^2}{n-1}}$		<b>5</b>	
<b>3</b>	Error medio cuadrático	0,944	0,797			$2^* S_x = \sqrt{\frac{\sum (\Delta X_i - \Delta \bar{X})^2}{n-1}}$			
<b>4</b>	Desviación estandar	0,936	0,667						
<b>5</b>	Intervalo de confianza ±	0,487						<b>6</b>	

Tabla 2. Evaluación de la precisión obtenida en la transformación de la imagen

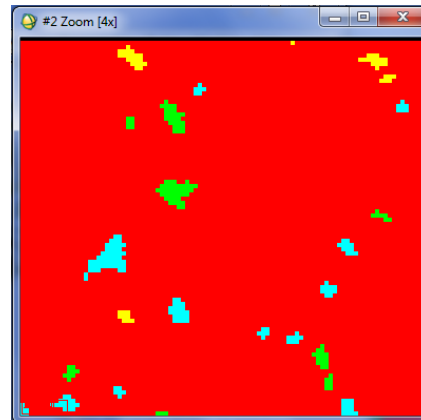
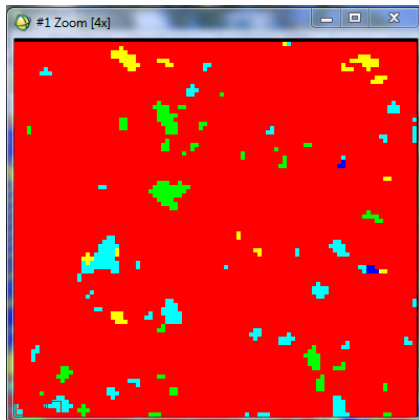


Figura 1: a) Imagen clasificada

b) Imagen clasificada con proceso de postclasificación



**Figura.2: Imagen de satélite con los vectores obtenidos a partir de la clasificación multispectral.**

### COBERTURA FORESTAL MUNICIPIO HABANA VIEJA

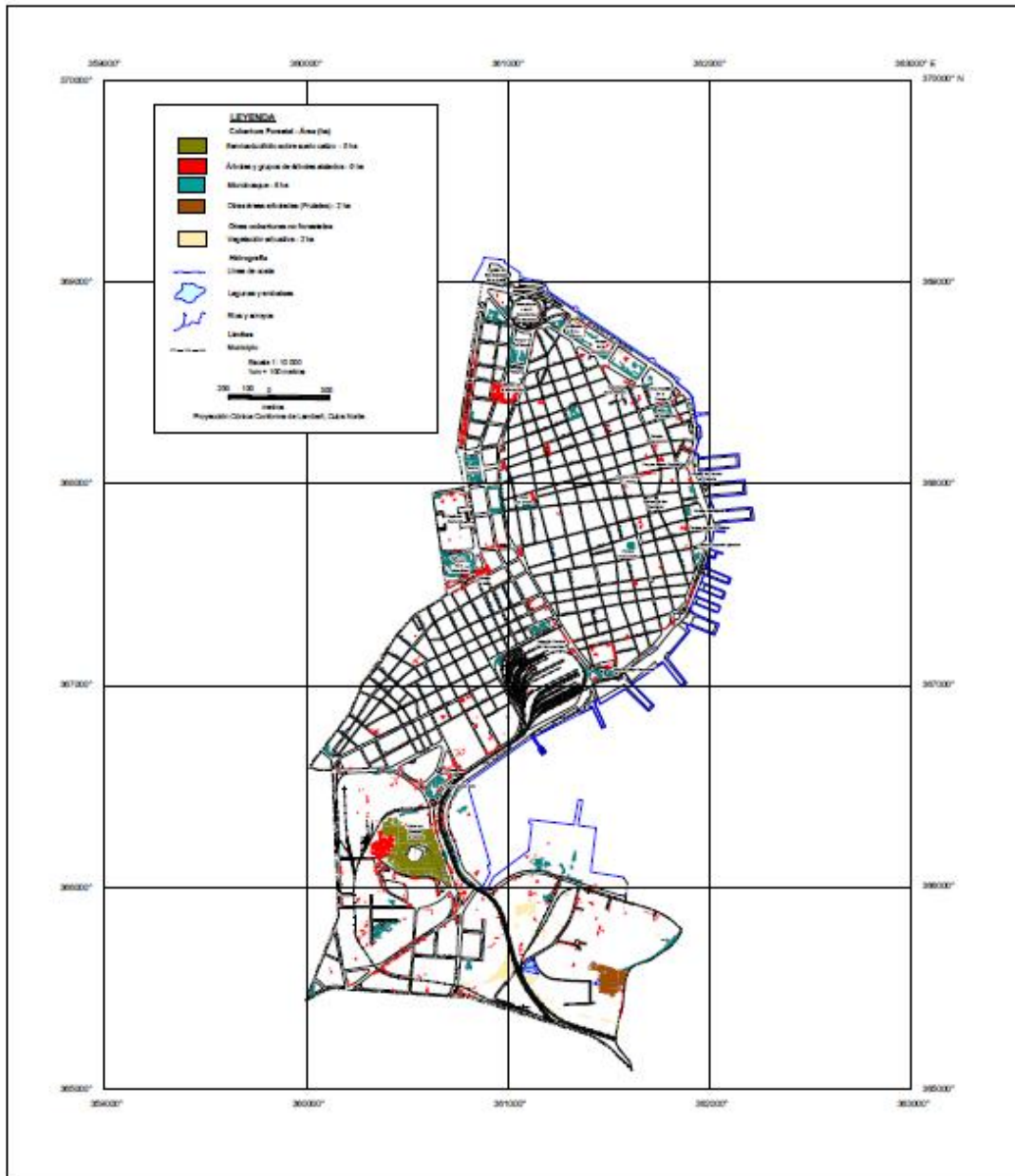


Figura.3: Mapa de Cobertura Forestal del Municipio Habana Vieja

## COBERTURA FORESTAL MUNICIPIO DE CENTRO HABANA

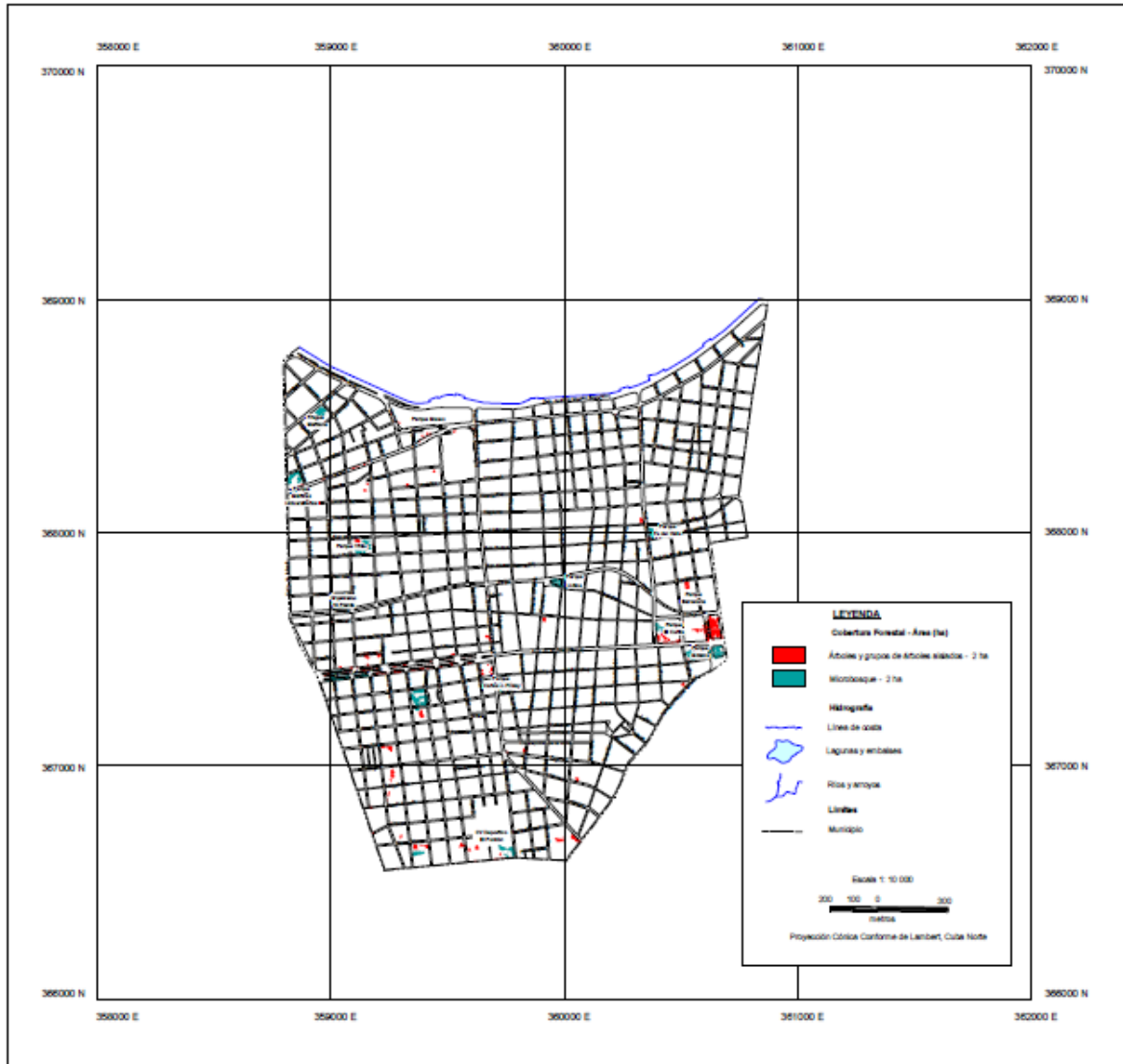


Figura.4: Mapa de Cobertura Forestal del Municipio Centro Habana