

## MAPA (BD-SIG) DE VEGETACIÓN NATURAL Y SEMINATURAL DE CUBA V.1 SOBRE LANDSAT ETM 7 SLC-OFF GAP FILLED, CIRCA 2011

Lic. Reinaldo Estrada Estrada<sup>1, 3</sup>, Dr. Gustavo Martín Morales<sup>2</sup>, Dr. Pedro Martínez Fernández<sup>3</sup>, MSc. Silvio Vioel Rodríguez Hernández<sup>3</sup>, Dr. Rene Pablo Capote<sup>4</sup>, Ing. Inés Reyes Alonso<sup>3</sup>, Lic. Soltan Galano Duverger<sup>3</sup>, Ing. Cecilia Cabrera Gutiérrez<sup>3</sup>, MSc. Lic. Carlos Martínez Bayón<sup>5</sup>, MSc. Lissy Mateo Rego<sup>3</sup>, Lic. Yolanda Guerra Sosa<sup>3</sup>, Lic. Ana Batte Hernández<sup>3</sup>, Lic. Lourdes Coya de la Fuente<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre (FANJ). Cuba. [Rey2005a@gmail.com](mailto:Rey2005a@gmail.com) [Rey@fanj.cult.cu](mailto:Rey@fanj.cult.cu)

<sup>2</sup> Instituto de Geografía Tropical. Cuba. [gmartin@geotech.cu](mailto:gmartin@geotech.cu)

<sup>3</sup> GEOCUBA Investigación y Consultoría. Cuba. [pedrom@uct.geocuba.cu](mailto:pedrom@uct.geocuba.cu)

<sup>4</sup> Instituto de Ecología y Sistemática. Cuba. [rpcapote@ecologia.cu](mailto:rpcapote@ecologia.cu)

<sup>5</sup> Instituto de Oceanología. Cuba. [cmbayon@oceano.inf.cu](mailto:cmbayon@oceano.inf.cu)

<sup>6</sup> Dirección de Medio Ambiente. Cuba. [lourdes@citma.cu](mailto:lourdes@citma.cu)

Los autores presentan el primer mapa nacional de vegetación natural y seminatural escala realizado para todo el país utilizando técnicas de teledetección y procesamiento de imágenes. Partiendo de imágenes Landsat 7 ETM tomadas entre 2009 y 2011 afectadas por el problema del Scan Line Corrector (SLC-off), a las mismas se le corrigió este problema y la cobertura nubosa, utilizando un software cubano basado en el algoritmo Gap Filled fase II del USGS. Dada la gran carga de trabajo computacional que estos procesos significaban para los equipos existentes, durante el proceso de clasificación la resolución fue disminuida a 60 metros y establecida un área mínima en los procesos de limpieza, de 1.5 ha, que constituyen así mismo los parámetros de salida finales del mapa. Se realizó una clasificación supervisada de la imagen, seguida de análisis SIG de superposiciones de diferentes mapas existentes y posteriormente una importante revisión manual. Se obtuvieron 45 clases de vegetación partiendo de la Clasificación de Capote y Berzaín, 1984 con adiciones de otros autores, las cuales sirvieron de base para dos clasificaciones más generales sobre las clasificaciones de Bisse, Borhidi y el Global Land Cover Facility. Se recorrieron todas las provincias del país para el establecimiento de claves de campo, toma de puntos para la determinación de los errores en la clasificación, así como se realizaron otros métodos de comparación de productos existentes y cálculo de errores para determinar el grado de fiabilidad del mismo.

SIG, cobertura, vegetación natural, Cuba

*Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".*

## **MAPA (BD-SIG) DE VEGETACIÓN NATURAL Y SEMINATURAL DE CUBA V.1 SOBRE LANDSAT ETM 7 SLC-OFF GAP FILLED, CIRCA 2011**

Lic. Reinaldo Estrada Estrada<sup>1, 3</sup>, Dr. Gustavo Martín Morales<sup>2</sup>, Dr. Pedro Martínez Fernández<sup>3</sup>, MSc. Silvio Vioel Rodríguez Hernández<sup>3</sup>, Dr. Rene Pablo Capote<sup>4</sup>, Ing. Inés Reyes Alonso<sup>3</sup>, Lic. Soltan Galano Duverger<sup>3</sup>, Ing. Cecilia Cabrera Gutiérrez<sup>3</sup>, MSc. Lic. Carlos Martínez Bayón<sup>5</sup>, MSc. Lissy Mateo Rego<sup>3</sup>, Lic. Yolanda Guerra Sosa<sup>3</sup>, Lic. Ana Batte Hernández<sup>3</sup>, Lic. Lourdes Coya de la Fuente<sup>6</sup>

### **1. INTRODUCCIÓN**

El uso de las técnicas de la Geomática como la Teledetección, el Procesamiento Digital de Imágenes, la Cartografía Digital, los Sistemas de Información Geográfica y el empleo de imágenes satelitales son en la actualidad elementos básicos para la obtención de diferentes tipos de mapas, siendo clásicos aquellos referidos al uso de la tierra y la cobertura vegetal.

Para la confección actualizada de este tipo de mapas a escalas relativamente detalladas existen una serie de opciones (Landsat, Aster, Spot, Alos, etc), para cuya implementación debe balancearse su disponibilidad, calidad y costo. Para el caso cubano y debido fundamentalmente al costo, se seleccionaron las Landsat 7 ETM, disponibles gratuitamente y cuyo problema del sensor Scan Line Corrector (SLC-off), fue resuelto eficientemente como premisa de la selección de este tipo de imagen [1].

Tradicionalmente en Cuba los trabajos forestales, en especial la Ordenación Forestal del territorio nacional, que data de principios de los 80 del pasado siglo, con actualizaciones posteriores, se han caracterizado por su calidad, precisión y regularidad y por la utilización de una clasificación propia que basada en la clasificación forestal de Cuba de Bisse[2], que considera 16 formaciones y un entorno espacial limitado a aquellas áreas pertenecientes al patrimonio forestal, dejando fuera áreas de cobertura forestal pero pertenecientes a entidades pecuarias, cañeras, de cultivos varios, etc. Así mismo en otros ámbitos, como los relacionados a los estudios de biodiversidad y conservación son utilizadas otras clasificaciones que consideran un mayor y más detallado número de formaciones y que no se limitan solo al entorno forestal e incluyen formaciones de pastos y matorrales naturales y seminaturales. De ellas se ha tomado y modificado la clasificación de 32 formaciones vegetales naturales de Capote y Berazain [3] hasta 46 clases de vegetación, para en base a los análisis y clasificaciones sobre las imágenes Landsat ETM 7 SLC-off actuales; obtener dos mapas nacionales, uno sobre cobertura forestal de todo el territorio nacional (patrimonio forestal o no), estableciéndose como parte del proceso una leyenda de correlación entre estas dos clasificaciones y para su comprensión fuera del ámbito cubano, una correlación de ellas con las establecidas en el Global Land Cover Facility (GLCF) [4].

*Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".*

## 2. METODOLOGÍA

- Las imágenes utilizadas fueron Landsat 7 ETM SLC-off recientes, entre los años 2009 y 2012, descargadas de <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>
- Nubes y sombras fueron clasificadas y masqueadas.
- Los gaps de nubes y sombras y los gaps originales de las Landsat 7 ETM SLC-off fueron corregidos según la metodología existente de GAP Filled del USGS con el software cubano de Gap Filled.
- Las imágenes obtenidas, con una resolución de 30 metros fueron clasificadas con una clasificación supervisada de Maximum Likelihood. Cada imagen fue procesada individualmente, obteniéndose entre 8 y 12 clases como promedio.
- La clasificación obtenida fue repixelada a 60 metros para disminuir la carga computacional, imposible de procesar en el tiempo asignado con las máquinas que se poseían. Posteriormente la clasificación fue generalizada con una función de Majority en un kernel de 3x3 y los objetos menores de 1.5 ha fueron eliminados, por lo que esta constituye el área mínima del mapa.
- Las clases que no constituían cobertura natural o seminatural fueron eliminadas para los pasos posteriores.
- Cada imagen clasificada y limpia fue procesada mediante análisis SIG de superposición de mapas existentes, en especial la Ordenación Forestal 1: 25 000 donde esta existía, la geología 1: 100 000, la altitud 1: 100 000, la precipitación 1: 100 000 y mapas de vegetación existentes, fundamentalmente los mapas de Capote 1: 1 000 000 y Borhidi de similar escala, estos últimos, por su escala y concepciones cartográficas, usados solo como guías generales. Fueron usados así mismo decenas de otros mapas locales y regionales de vegetación, según su escala.
- Los productos obtenidos por cada imagen fueron revisados manualmente de forma intensiva, tanto para corregir errores evidentes, como para aplicar criterios geográficos no recogidos en mapas y modificar límites en las formaciones vegetales (Clases)
- Luego de fundidos los productos anteriores se les realizó otra revisión manual en los empates y se analizó el balance de objetos entre cada grupo (imagen) original para corregir una vez más, manualmente y utilizando las clases originales cuando era necesario, cualquier desbalance en la clasificación.

*Trabajo presentado en el “IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad” de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013”.*

- Se realizó una última revisión final donde en base a la cartografía oficial existente 1: 100 000 se masquearon las presas y ciudades (excepto C. Habana y Santiago) y se introdujo el valor de NVDI para revisar con criterios automáticos y generalmente a la baja, la cobertura.
- Finalmente se hicieron las revisiones topológicas pertinentes y el mapa fue montado y editado para su impresión en PDF a escala 1: 100 000.
- Durante el proceso se realizaron recorridos a todas las provincias del país para el establecimiento de claves de campo con GPS y para la determinación posterior de los errores.
- El procesamiento realizado en un inicio fue con los software Mapinfo 10 y ENVI 4.5, pero en las etapas finales, la carga computacional tan intensa provoco que se continuaran todos los procedimientos con ArcGis 10, por su eficiencia en el manejo de grandes volúmenes de información, en el que se terminó el trabajo hasta la etapa actual. La duración del mismo fue aproximadamente de 2 años y medio.

### 3. RESULTADOS

- Un grupo de 16 imágenes Landsat ETM 7 SLC-Off reparadas que cubren toda Cuba, con fechas de su imagen principal entre 2009 y 2012
- Una geodatabase montada en ArcGis 10, con 54 campos, muchos de ellos provenientes de la Ordenación Forestal (OF), con 558 238 registros.
- La tabla contiene 4 campos principales, el referido (Capote3) a la Clasificación primaria de 46 clases basada en Capote et. al con adiciones; los campos CatarID y FormBqID, ambos de la Ordenación Forestal y el campo NVDI, proveniente de la imagen. Posee así mismo 2 Campos (“Clasificaciones”) derivados de Capote 3, con las clases según Bisse y el GLCF. Por cuestiones de escalas, los complejos de Vegetación de Costa Rocosa y Arenosa no se clasificaron o se encuentran introducidos en la vegetación adyacente.
- El campo Capote 3, principal de la base, establece 46 clases, 29 de la clasificación original de Capote et. al y 17 nuevos tomados de otros autores reconocidos y cuyas clasificaciones contenían elementos que podían ser delimitados mediante análisis SIG (“SIG-ables”) Estas nuevas adiciones son:
  - Bosques indiferenciados; mayoritariamente secundarios, seminaturales y ralos; plantaciones, arboledas, maniguas y matorrales.
  - Matorrales indiferenciados, mayoritariamente secundarios y marabuzales, maniguas y pastos con matorrales, bosques secundarios muy degradados y ralos.
  - 4 Clases de Plantaciones (Ordenación Forestal)

*Trabajo presentado en el “IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad” de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013”.*

- Pluvisilva Esclerofila Submontana sobre Serpentinita (Borhidi, Joel R.)
- Pluvisilva Submontana sobre Comp. Metamórfico (Joel R.)
- Pluvisilva Esclerofila Submontana sobre Mal Drenaje (Joel R.)
- Bosque semideciduo mesofilo típico sobre suelo ácido (Bisse)
- Bosque Caducifolio (Ramona)
- Bosque siempreverde microfilo calcífobo (Joel R.)
- Bosque Semideciduo Microfilo (Joel R.)
- Encinar (Bisse)
- Mat. xeromorfo subcostero sobre pavimento carsificado. (Mat.de Ciénaga, Ramona).
- Matorrales sobre Arenita (Elisa Eva)
- Complejo de Vegetación de Terrazas
- Sabanas naturales S.L
- Zonas desnudas y semidesnudas
- No Class

*Trabajo presentado en el “IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad” de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013”.*



**Figura. 1: Mapa de Vegetación obtenido**

**Tabla I. Categorías del GLCF seleccionadas. R.P. Capote y R. Estrada**

No	Categorías equivalentes en el Global Land Cover
2	Evergreen broadleaf forest/ Pluvisilvas y siempreverdes
3	Periodically fresh water flooded tropical forests/Bosques aluviales, bosques estacionalmente inundados con agua dulce
4	Coastal flooded tropical forests – mangroves/Bosques de manglar y bosques de Ciénaga
5	Deciduous and semi-deciduous tropical forest/Bosques Semidecuidos
6	Evergreen needleleaf forest/Bosque de Pinos
7	Dry forest/Bosques Secos y Complejo de mogote
8	Closed Shrublands/Matorrales cerrados (maniguas costeras, cuabales, charrascales)
9	Savannah grasslands & Periodically flooded savannah grasslands/Sabanas
10	Montane grasslands /Pastos de Montaña (Sub-paramo)
11	Sparse vegetation/Vegetación rala
12	Open Shrublands/ Matorrales abiertos (Complejos de costa rocosa y arenosa)
13	Barren or bare soil/Superficies desnudas

*Trabajo presentado en el “IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad” de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013”.*

16	Mixed forest/Bosque Mixto de aciculifolios y latifolios (Encinar)
17	Woodland/Bosques secundarios
18	Wooded grassland/Vegetación secundaria herbácea arbustiva y arbórea

**Tabla II. Correlación entre clasificaciones**

<b>Leyenda según Capote con adiciones</b>	<b>Leyenda según Bisse</b>	<b>GLC</b>
Pinares de Pinus tropicalis sobre arenas blancas	Pinar natural (Pn)	6
Pinares de Pinus caribaea y Pinus tropicalis	Pinar natural (Pn)	6
Pinares de Pinus caribaea	Pinar natural (Pn)	6
Pinares de Pinus cubensis	Pinar natural (Pn)	6
Pinares de Pinus maestrensis	Pinar natural (Pn)	6
Bosque siempreverde de mangles (manglar)	Manglar (Mg)	4
Manglar achaparrado	Manglar (Mg)	4
Complejo de vegetación de costa arenosa	Manigua Costera	12
Complejo de vegetación de costa rocosa	Manglar (Mg)	12
Matorral costero y subcostero con abundancia de suculentas (manigua costera)	Manigua Costera (Mc)	8
Matorral espinoso semidesértico costero	Manigua Costera (Mc)	8
Matorral esclerófilo sub-costero	Manigua Costera (Mc)	8
Bosque siempreverde micrófilo costero y subcostero (monte seco)	Xerófilo Típico (Xt)	7
Complejo de vegetación de mogote	Xerófilo de Mogotes (Xm)	7
Encinar	Encinar (En)	16
Matorral xeromorfo espinoso sobre serpentinita (cuabal)	Cuabal (Cb)	8
Matorral xeromorfo subespinoso sobre serpentinita (charrascal)	Charrascal (Ch)	8
Bosque semideciduo mesófilo típico	Semicaducifolio/calizo (Scf/c)	5
Bosque semideciduo mesófilo con humedad fluctuante	Semicaducifolio/mal drenaje (Scf/md)	3
Bosque siempreverde de ciénaga bajo	Semicaducifolio/mal drenaje (Scf/md)	3,4
Bosque siempreverde de ciénaga típico	Semicaducifolio/mal drenaje (Scf/md)	3,4
Bosque siempreverde mesófilo de baja altitud (menor de 400m)	Semicaducifolio/acido (Scf/a)	2
Bosque siempreverde mesófilo submontano (400-800m)	Semicaducifolio/acido (Scf/a)	2
Bosque pluvial de baja altitud (menor de 400 m)	Pluvisilva (Psv)	2
Bosque pluvial submontano (400-800m).	Pluvisilva de Montaña (Psv/m)	2

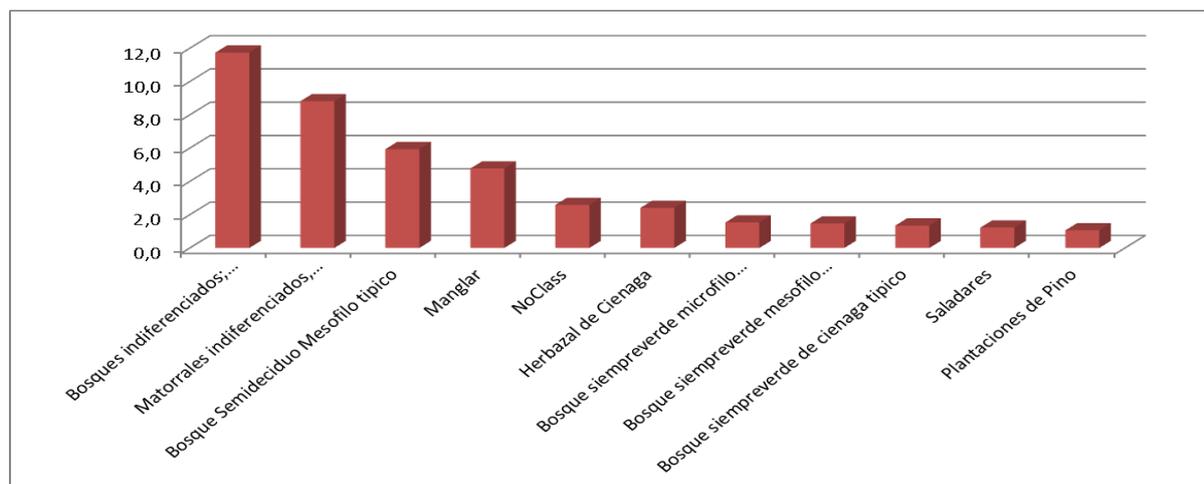
*Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".*

Bosque pluvial montano (800-1 600m)	Pluvisilva de Montaña (Psv/m)	2
Bosque pluvial esclerófilo submontano sobre serpentinita (400-800m).	Pluvisilva de Montaña (Psv/m)	2
Bosque pluvial esclerófilo montano sobre serpentinita (800-1200m)	Pluvisilva de Montaña (Psv/m)	2
Bosque nublado típico (1 600-1 900m)	Monte Nublado (Nb)	2
Matorral subpáramo (monte fresco)	Monte Fresco (Fr)	10
Plantaciones Forestales	Plantaciones, divididas en Pinar, Latifolias y Jóvenes	15
Matorrales sobre Arenita	Matorral	12
Complejo de Matorral de Ciénaga	Matorral	12
Matorral S.L	Matorral	11, 17, 18
Marabú	Matorral	18
Herbazal de ciénaga	Herbazal de Ciénaga (Cg)	9
Sabanas Naturales estacionalmente inundables	Zonas desnudas y semidesnudas, pastos naturales	9
Sabanas naturales S.L	Zonas desnudas y semidesnudas, pastos naturales	9
Saladares	Zonas desnudas y semidesnudas, pastos naturales	13
Zonas desnudas y semidesnudas	Zonas desnudas y semidesnudas, pastos naturales	13

*Trabajo presentado en el “IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad” de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013”.*

### 3. RESULTADOS CONTINUACION.....

- Once clases superan el 1 % del territorio nacional, constituyendo más del 83 % de las formaciones vegetales determinadas.



**Figura. 2: Clases que superan el 1 % del territorio nacional**

- Según los análisis que se hagan, la cobertura boscosa del país oscila entre 48.64 % hasta un 24.4 %, con la cifra estimada como más probable de alrededor del 36 %.

**Tabla III. Variantes de análisis de la cobertura boscosa nacional**

Variante	% Cobertura Forestal/Boscosa	Clases que se eliminan.....
<b>TOTAL</b> (Cob. Nat y Semin. Total)	48.64 %	No Class
<b>AMPLIA</b> (Cob. Boscosa Nat. y Semin. Total S.L)	44.95 %	.....Herbazales, Saladares, Zonas desnudas y semidesnudas, Sabanas Naturales S.L.....

Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".

<b>RESTRINGIDA</b> (Cob. Boscosa Nat . y Seminac. Total S.E)	<b>36.1 %</b>	.....Marabú, Matorrales Secundarios...
<b>MÍNIMA</b> (Cob. Boscosa relativamente Natural)	24.4 %	.....Bosques secundarios, arboledas.

- Se han realizado comparaciones con otros mapas de vegetación o cobertura de disímiles alcances y escalas, cuyos resultados generales se muestran a continuación:

**Tabla III. Comparación con otros mapas**

<b>Mapa</b>	<b>Coinc. Espacial</b>	<b>Comentarios</b>
Cobertura de Vegetación del Municipio Playa 1: 25 000. Geocuba 2012	38,9 %	Muy baja. Dado que esta coincidencia espacial ya está ajustada a "similares escalas" y coincidencia del autor principal, se asimila como un indicador bastante bueno de error del Mapa de Vegetación de Cuba, pero para las condiciones de Ciudad, explicable por varias posibles razones, como el entramado característico de las mismas, la diferencia entre las imágenes (QuickBird-Landsat), entre otras posibles.
Mapa de Cobertura Cuba. Gebelein 2012	43,9 %	Baja. Es una clasificación bastante general sobre Landsat, la primera hasta donde sabemos de Cuba con esta técnica. Explicable principalmente por algunos errores importantes, incluso omisiones en imágenes completas y aparentemente por no haberse realizado trabajo de campo, entre otras posibles razones. Las cifras totales de ambas coberturas son muy similares a la variante TOTAL.
Mapa de Vegetación de Humedales Costeros, Leda, et. al. 2010	69,61	Buena. Incluye la coincidencia espacial general, dado que la coincidencia formación a formación oscila entre el 30 al 50 %. La cifra total de ambas coberturas es también muy similar.

*Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".*

Ordenación Forestal	84,4 %	Muy Buena, pero debe mencionarse que esto solo es válido para el 18,2 % del país (que es el % que cubre la Ordenación Forestal digitalizada que se tiene y que por lo tanto es donde único coincide el objeto de estudio de ambos mapas por el momento) y que en muchísimos casos la fuente primaria de la información del mapa de Vegetación fue la Ordenación Forestal, por lo que este análisis es solo un indicador terciario.
---------------------	--------	--

#### 4. ANALISIS DEL ERROR

Se realizó un extensivo e intensivo análisis del error del mapa, no solo porque ello es necesario en este tipo de trabajos, sino por la desconfianza de los propios autores por el resultado, tan diferente y superior a las cifras oficiales de la cobertura boscosa de Cuba (27,27 %, 2011).

Para ello se tomaron un total de muestras de mas de 3254 puntos, 1100 al azar simple y 1484 estratificados al azar, generados en ArcGis, y 661 puntos más tomados con GPS, sesgados, que fueron posteriormente revisadas y validadas o rechazadas punto a punto con Landsat y Google Earth como "Verdad Terreno", para un total de 2804 muestras validas que fueron procesadas estadísticamente para la determinación del error.

Debe decirse, que la complejidad del proceso solo permitió análisis estadísticos aceptables para determinar si una clase dada de vegetación era verdaderamente cobertura o no y no si como clase estaba correctamente clasificada, lo que se considera un análisis solo de cobertura S/N.

**Tabla IV. Errores por clases, 26 Clases, azar simple y azar estratificado.**

**98, 85 % del país.**

Formación	% Cuba	Confiability	Confiability ponderada por extensión	Tamaño Muestra	% Cuba
NoClass	51,362	0,876	0,450	498	
Bosques indiferenciados; mayoritariamente secundarios, seminaturales y ralos; plantaciones, arboledas, maniguas y matorrales	11,739	0,872	0,102	133	

*Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".*

Matorrales indiferenciados, mayoritariamente secundarios y marabuzales, maniguas y pastos con matorrales, bosques secundarios muy degradados y ralos	8,816	0,744	0,066	117	
Bosque Semideciduo Mesófilo típico	5,936	0,963	0,057	109	
Manglar	4,771	0,970	0,046	132	
Herbazal de Ciénaga	2,407	0,973	0,023	113	
Bosque siempreverde micrófilo costero y subcostero (monte seco)	1,531	0,968	0,015	124	
Bosque siempreverde mesófilo submontano (400-800m)	1,469	0,947	0,014	95	
Bosque siempreverde de ciénaga típico	1,349	0,918	0,012	110	
Saladares	1,224	0,900	0,011	120	90,60
Plantaciones de Pino	1,059	0,919	0,010	37	
Plantaciones Latifolias	0,876	0,844	0,007	45	
Complejo de Vegetación de Mogote	0,726	0,925	0,007	53	
Bosque siempreverde mesófilo de baja altitud (menor de 400m)	0,661	0,926	0,006	54	
Pluvilsilva Esclerofila Submontana sobre Serpentinita	0,561	1,000	0,006	53	
Pinares de Pinus caribaea y Pinus tropicalis	0,538	0,861	0,005	36	
Matorral xeromorfo subespinoso sobre serpentinita (charrascal)	0,504	0,953	0,000	64	
Pinares de Pinus cubensis	0,498	0,891	0,004	46	
Bosque pluvial montano (800-1 600m)	0,480	1,000	0,005	37	
Bosque semideciduo mesófilo con humedad fluctuante	0,407	0,912	0,004	34	
Matorral Espinoso Semidesértico Costero	0,366	1,000	0,004	32	
Matorral xeromorfo espinoso sobre serpentinita (cuabal)	0,362	0,862	0,003	29	
Pluvilsilva Submontana sobre Comp. Metamórfico	0,338	0,956	0,003	45	
Matorral costero y subcostero con abundancia de suculentas (manigua costera)	0,331	0,931	0,003	29	

Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".

Bosque semideciduo mesófilo típico sobre suelo ácido	0,282	1,000	0,003	17	
Pluvisilva de baja altitud	0,262	0,955	0,003	22	98,85

En la columna de confiabilidad se usa el método del semáforo: Verde: Muy alta, Amarillo: Alta, Rojo, Aceptable. La columna % de Cuba, representa el % acumulado de la cobertura de Cuba por clases, las primeras 10 clases, en carmelita oscuro, que representan el 90 % del país y las restantes analizadas, que junto a las anteriores totalizan 26, en carmelita claro, hasta completar más del 98 % del país.

**Tabla V. Resultados del análisis de errores**

Tipo de Muestreo	Muestra	Exactitud	Kappa	
Azar simple	983	88,7	77,42	<b>BUENA</b>
Estratificado al Azar	2184	91,16		
Exactitud Ponderada (por el % Cuba) del Total				
Estratificado al Azar	2184	88,27		
GPS, no azar, sesgado, muestras con problemas	620	83,71		

<b>Estratificado al Azar</b>		
<b>Error Comisión, Tasa Falsos Positivos, Exactitud Usuario</b>	<b>7,77</b>	<b>92,23</b>
<b>Error Omisión, Tasa Falsos Negativos, Exactitud productor</b>	<b>23,1</b>	<b>76,9</b>
<b>Intervalo de Confianza del error al 95 % de confiabilidad</b>	<b>1,04</b>	

## 5. CONCLUSIONES SOBRE LOS ANALISIS DEL ERROR

*Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".*

- Un 11,73 % de errores (escenario más probable), incluso un 17,33 % de error, escenario mas desfavorable (y poco probable), se considera una **buena tasa de error** para un primer trabajo de esta complejidad.
- Hay muchos mas errores cometidos en coberturas que no fueron identificadas como tales, que en coberturas erróneamente identificadas como tales (3/1) lo cual indica una alta probabilidad de un porciento de cobertura boscosa mayor al estimado!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
- El trabajo de errores no ha culminado, solo se han analizado errores contra la validez o no de que sea algún tipo de cobertura, quedan pendientes los análisis de cuan real es la clasificación para cada esa clase especifica de cobertura, que en el caso de las 46 clases, pueden subir estos errores, hasta niveles del 20-30 % e incluso quizás cerca del 40 % para la(s) clase(s) mas problemáticas. Dada la dificultad de realizar campo, esta tarea está bajo análisis.
- También quizás sea conveniente aumentar la cantidad de puntos para acercarnos lo mas posible a la norma de 100 – 150 puntos por clase, al menos para las mas importantes, pero esta no se considera una tarea prioritaria ni de gran importancia, pues para el 90 % de la clasificación, se cumple esta norma.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Esta BD-SIG, mapa de vegetación, constituye el primero de su tipo confeccionado para todo el país con tecnologías modernas de procesamiento, clasificación de imágenes, revisión de campo y determinación de errores.
- Deben revisarse las clases y el propio mapa con otros especialistas, en especial aquellos que se dedican al establecimiento de clasificaciones y mapas de vegetación, así como revisarse y compararse contra otros mapas de vegetación, locales y regionales, existentes.
- Deben culminarse los análisis de error y continuarse los procesos de comparaciones con diferentes productos existentes como forma de precisar la confiabilidad del mapa.
- Debe prepararse un nuevo proceso para realizar una nueva versión en el entorno al 2014- 2015, valorando utilizar otras posibles imágenes (Landsat 8, Radar, Spot, Aster, Miranda, ?????) y técnicas que permitan separar mejor las clases, como los cambios en las respuestas espectrales según la temporalidad.
- Igualmente valorar montar esta BD en una IDE o en un servicio WEB que permita su utilización, revisión y actualización de forma moderna y eficiente.

*Trabajo presentado en el “IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad” de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013”.*

- Dadas las cifras de cobertura boscosa que emanan de este estudio, muy superiores a las oficiales, además de todas las recomendaciones anteriores, dirigidas a mejorar este estudio, deben revisarse las cifras (y los métodos usados para generarlas) que actualmente se usan como cobertura boscosa del país.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Rodríguez Ramos, N., Galano Duverger, S., Bell-Iloch García, I., Estrada Estrada, R., Martín Morales, G.**, Rellenado de los gaps provocados por la falla del Scan Line Corrector en las imágenes Landsat 7 ETM+. Trabajo de Diploma presentado como requisito para obtener el título de Licenciado en Ciencias de la Computación. Facultad de Matemática y Computación. Universidad de La Habana. Inédito. 49 pp.
2. **Bisse J.: Vegetación. pp. 4-28 En: "Árboles de Cuba".** Ed. Científico-Técnica. Ciudad de La Habana. 384 pp. 1981
3. **Capote, R. P. y R. Berazain:** Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Rev. J. Bot. Nac.* V (2): 27-75. 1984
4. CORINE Land Cover. 163 pp

*Trabajo presentado en el "IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad" de la VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2013".*