

## ESTIMACIÓN DEL PATRIMONIO FORESTAL Y SU CATEGORIZACIÓN A PARTIR DE IMÁGENES LANDSAT TM Y MODELACIÓN SIG, DEL MUNICIPIO GUISA. CUBA<sup>1</sup>

Estimating forest heritage and categorization from Images Landsat TM and  
Modeling GIS. Guisa. Cuba

*Adonis M. Ramón Puebla, Leusnier Martínez Quintana, Orlando López  
Suarez, Célida Suarez García, Yalina Zamora Montecelos*

### RESUMEN

Se realizó la estimación del patrimonio forestal y su empleo potencial, así como las áreas con aptitudes para la reforestación del municipio de Guisa, provincia Granma, Cuba; mediante el empleo de imágenes satelitales Landsat TM. Se empleó la modelación de las pendientes, la determinación del ancho de la faja forestal de embalses, ríos y arroyos, y la superposición de toda esta información con los límites de las áreas naturales protegidas y los tipos de suelos. Se determinaron las categorías de bosques con la que se debe reforestar y los territorios aptos para la repoblación forestal; así como el área que ocupa cada categoría de bosques. El método adoptado expone una vía a partir de la cual se puede estimar el patrimonio forestal de un territorio y su aptitud, con el uso de imágenes satelitales en conjunción con las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica.

**Palabras clave:** Modelo, Teledetección, Sig, Recursos Forestales, Aptitud Forestal.

\*\*\*\*\*

---

1 Recibido: 01-09-2012  
Aceptado: 22-02-2013

### ABSTRACT

The estimation of forest patrimony and its potential use, as well as the areas for the reforestation using satelital images technique Landsat TM, was carried out in the municipality of Guisa, Granma; Cuba. The slopes modelation, the broad forest strip reservoirs, rivers and stream and the overlapping of all information with the limits of the natural protected areas and types of soils were evaluated. The forest categories and the area that occupies each category for a sustainable reforestation related to the territory forest aptitude were estimated for Guisa. The method showed the potentialities as a useful way to estimate the forest patrimony of a territory in conjunction with the tools of the Geographical Information System.

**Key words:** Model, Remote Sensing, Gis, Forest Resources, Forest Aptitude.

\*\*\*\*\*

### INTRODUCCIÓN

El Sector Forestal en Cuba se considera de una importancia estratégica en el desarrollo socioeconómico del país. A él se encuentran vinculadas directa o indirectamente innumerables actividades socioculturales y ramas económicas de toda la sociedad, así como no pocos programas y estrategias nacionales, según MINAG (2006), al uso, cuidado y conservación de los bosques. El Estado Cubano ha brindado todo el apoyo posible, constituyendo el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales una prioridad del país, cuyo objetivo es consolidar modelos de aprovechamiento forestal basados en el principio de sustentabilidad, mediante un enfoque integral que considere las interrelaciones existentes entre los recursos forestales, el agua, el suelo, la fauna silvestre y demás componentes de la diversidad biológica, así como los procesos para su protección, conservación y fomento.

No obstante para lograr ese modelo se requiere conocer el patrimonio forestal existente en el territorio y su categorización, para poder establecer las políticas y medidas encaminadas a lograr un aprovechamiento sustentable de

los recursos forestales, su conservación, regeneración y protección, en estricto cumplimiento de la legislación y normativas ambientales existentes.

La estimación del patrimonio forestal y su categorización, así como de las áreas con aptitud forestal, es un proceso un tanto difícil dado que la mayoría de las veces las zonas boscosas se encuentran en las zonas más alejadas y de difícil acceso de un territorio, para lo cual, la solución más práctica sería la combinación de las posibilidades que ofrecen la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La Teledetección es la unión de disciplinas que tiene como objeto la captura y procesamiento de señales obtenidas con instrumentos físicamente alejados del objeto a ser medido. Estos instrumentos pueden ser portátiles o bien, estar alejados a grandes distancias como aquellos montados sobre una plataforma aérea o un satélite (Montas y Rivera, 2003).

Su aplicación a estudios de coberturas forestales y evaluación de la deforestación es avalada por múltiples trabajos realizados en todo el mundo, ejemplo de esto son los realizados por Pompa (2009), que realiza un análisis de la deforestación en ecosistemas montañosos del noreste de México; las especificaciones técnicas que da CONAFOR (2007) para el monitoreo de la cobertura de la vegetación basado en imágenes de satélite MODIS y el realizado por Acuña (2006), en la clasificación no supervisada de bosques y análisis multitemporal sobre imágenes de satélite en el área de influencia a escala 1:100.000.

Por otro lado, los SIG son un sistema de hardware, software y procedimientos, diseñados para soportar la captura, el manejo, la manipulación, el análisis, el modelado y el despliegue de datos espacialmente referenciados, para la solución de problemas complejos del manejo y planeamiento territorial (Rhind, 1989). Son de amplio uso en todo el mundo en diversas tareas de análisis espacial y modelación, que unidos a la percepción remota (PR) se configuran como un sistema de información complejo de gran eficacia, capaz de dar respuestas a cuestiones explicativas de la realidad, así como de orientar futuras actuaciones de agentes públicos y privados, facilitando la toma de decisiones que afectan al medioambiente.

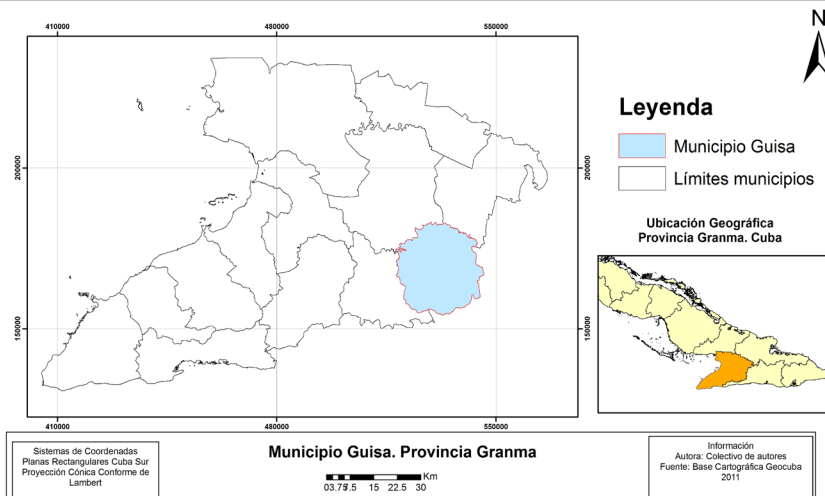
En este sentido se desarrolla el presente trabajo que pretende estimar en función de las normativas ambientales cubanas, la categorización del patrimonio forestal existente en el municipio de Guisa, su potencial, así como las áreas con aptitud para la reforestación, basándose en las posibilidades que puede brindar la interrelación entre la PR y los SIG.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio.

El municipio Guisa con una extensión de 588,1 km<sup>2</sup> se localiza en la parte noroeste de la provincia Granma, figura 1, caracterizado según datos de Viña et al (2000) por una estrecha llanura premontañosa hacia la parte sur del municipio, que se va transformando escalonadamente en dirección norte en alturas que oscilan desde los 150 hasta más 1500 m de altitud, formadas por rocas vulcanógeno-sedimentarias y cárnicas en menor medida. Desde el punto de vista climático la región está bajo la influencia de los vientos Alisios con humedecimiento alto y estable, baja evaporación y temperaturas frescas.

**Figura 1.** Localización del área de estudio



Fuente: Elaboración Propia.

La hidrografía es rica y variada formada en lo fundamental por dos ríos de primer orden y más de quince de segundo y tercer orden, así como la presencia en el territorio de tres embalses, uno de éstos destinado al abastecimiento de agua a la población y el resto a la agricultura.

La cubierta pedológica está caracterizada por presencia de suelos pardos, aluviales y en menor medida ferralíticos de alta agroproductividad hacia las zonas llanas y de premontañas; y ferralíticos de baja agroproductividad hacia las montañas bajas y medias. En las zonas llanas de carso desnudo y de fuertes pendientes asociadas a las montañas bajas y medias se encuentran suelos esqueléticos de baja agroproductividad.

La vegetación está formada en un 65,6% por bosques que van desde los semidecíduos en las zonas más bajas del territorio hasta el monte nublado y la pluvisilva montana en las montañas más elevadas; el resto de la vegetación lo conforman cafetales, matorrales espinosos y no espinosos derivados de la destrucción de áreas boscosas y el abandono de zonas de cultivos y pastizales; y en menor medida áreas de cultivos y pastizales en las zonas llanas de mejor agroproductividad.

### *Determinación de la cobertura forestal*

La determinación de los tipos de coberturas o uso del suelo del territorio se realiza a partir del proceso de clasificación de la imagen Landsat TM donde el grado de detalle asociado no es superior a 30 metros, la cuales puede ser obtenidas del sitio del Earth Science Data Interface de la Universidad de Maryland de la dirección de Internet <http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/>). El programa utilizado para el procesamiento de las imágenes fue el ERDAS 9.2. En tanto que para la composición de las figuras se recurrió al ARCGIS versión 9.3.

Para la clasificación de la información contenida en las siete (7) bandas de la imagen, se utilizó la proporcionada por las bandas 5, 4, y 3 para evidenciar las coberturas forestales presente en la escena. Esta se basa en reglas de decisión a partir de las radianzas espectrales a fin de categorizar todos los píxeles de la imagen digital dentro de varias clases de cobertura de terreno, o temas. Estos datos categorizados son utilizados para producir mapas temáticos

de la cobertura presente en la imagen. Para realizar la identificación de las categorías de bosques a definir se crearon composiciones de bandas, a color verdadero y falso color. Estas son algunas combinaciones utilizadas: bandas (3, 2,1); bandas (4, 3, 2); bandas (5, 4, 3) entre otras.

En el proceso de asignación de las clases, ciertas respuestas espectrales dan dificultad para su discriminación digital y no es del todo posible separarlas con certeza, ya que se requieren de una mayor información de tales respuestas espectrales. Por lo tanto, siempre es necesario levantar puntos de verificación mediante GPS y toma de fotografías para el mejor reconocimiento de las coberturas en estudio con la finalidad de verificar la clasificación de las imágenes de satélite. Concluido este proceso se obtiene un mapa con la distribución espacial de los tipos de cobertura del territorio.

#### *Categorización de las coberturas boscosas*

Una vez obtenidas las zonas con coberturas boscosas, el siguiente paso es la categorización de estas zonas boscosas, según el tipo de bosque y su finalidad, acorde a la legislación forestal cubana y la normativa ambiental correspondiente.

Bosques de Manejo Especial, son los que ocupan la mayor parte de los territorios declarados como Reserva Natural o Parque Nacional, aunque estén presentes también dentro de otras categorías de manejo de Áreas Protegidas.

Bosques Protectores de las Aguas y los Suelos, son los situados en las cabeceras de las cuencas hidrográficas, las fajas forestales de las zonas de protección de embalses, ríos y arroyos, así como todos los situados en pendientes mayores de 45% o en zonas susceptibles al desarrollo de la erosión hídrica o eólica; los que evitan la erosión de los suelos y contribuyen a su rehabilitación.

En este caso el ancho de las fajas forestales se determina, según la norma cubana 23: 1999, franjas forestales de las zonas de protección a embalses y cauces fluviales que establece las siguientes dimensiones para las franjas forestales. En los embalses: 30 m, medidos en proyección horizontal a partir del nivel de aguas máximas. En los embalses de abasto a poblaciones: 100 m, medidos en proyección horizontal a partir del nivel de aguas máximas.

En los ríos principales: 20 m, en ambas márgenes, medidos en proyección horizontal a partir del borde del cauce natural. En los ríos de primer orden: 15 m en ambas márgenes, medidos en proyección horizontal, a partir del borde del cauce natural. En los ríos de segundo orden en adelante: 10 m en ambas márgenes, medidos en proyección horizontal a partir del borde del cauce natural.

En el caso de los bosques de producción, éstos fueron diferenciados en función de la norma cubana 66: 2000, que categoriza estos bosques según la pendiente del suelo en bosques de producción con silvicultura mecanizable y bosques de producción con silvicultura no mecanizable, que recomienda para los rangos de pendiente entre 0-25% la silvicultura de aprovechamiento mecanizable con especies de la formación boscosa predominante, 25-50% la silvicultura de aprovechamiento no mecanizable con especies de la formación boscosa predominante y para pendientes mayores de un 50% la silvicultura de protección con especies de la formación boscosa predominante.

### *Modelación de las variables*

Determinación de los rangos de pendientes.

Se determina a partir de la modelación en SIG de los rangos de pendientes del territorio, según la legislación y normativa ambiental correspondiente para la explotación forestal y reforestación reclasificando el mapa de pendientes según los rangos estipulados para la categorización de los bosques y su utilización en la norma cubana 66: 2000.

Determinación de la faja forestal.

Se determina según lo estipulado por la norma cubana 23: 1999 a partir de un buffer a cada corriente fluvial en dependencia de su número de orden y para cada embalse en función de su finalidad.

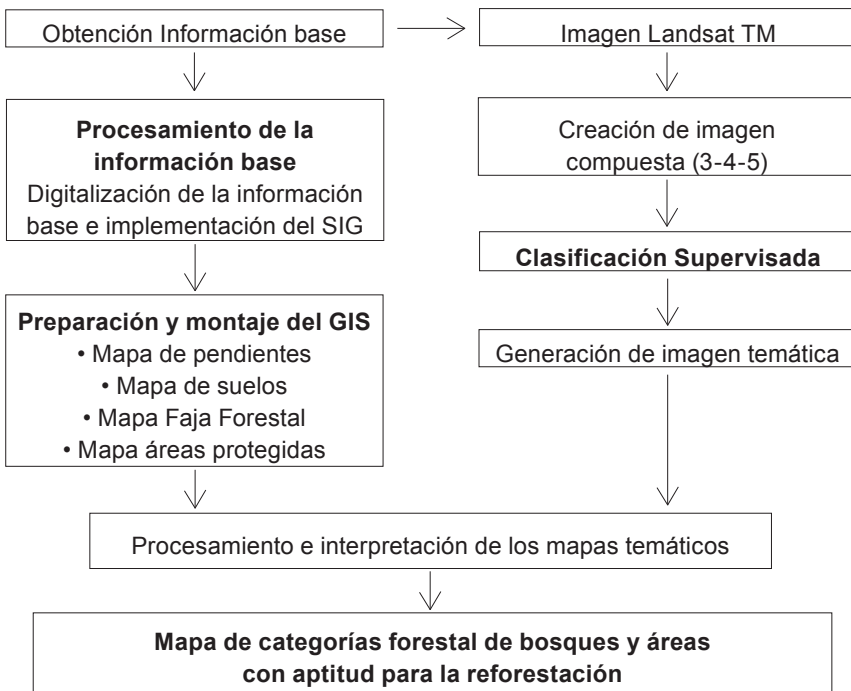
Superposición de capas.

Se realiza la superposición del mapa de cobertura forestal con el mapa de áreas protegidas del territorio para discriminar aquellos bosques que están dentro de áreas protegidas y se categorizaran independientemente de sus

características como bosques de manejo especial A continuación se superpone este resultado con el de pendientes y de los buffer para discriminar los tipos de bosques de producción y los protectores de las aguas y los suelos.

Posteriormente se superpone este resultado con el mapa de suelos del territorio para determinar, zonas con suelos de baja agroproductividad y sin cobertura forestal o con bosques degradados, para en función del tipo de pendiente o ubicación respecto a la faja forestal de ríos y embalses, recomendar la reforestación o reconstrucción en función de las distintas categorías de bosques. Esto permite conocer las áreas del municipio con aptitud para la reforestación y el tipo de bosque para el que se va a reforestar.

**Figura 2.** Metodología empleada en la investigación para la estimación patrimonio forestal y su categorización a partir de imágenes Landsat



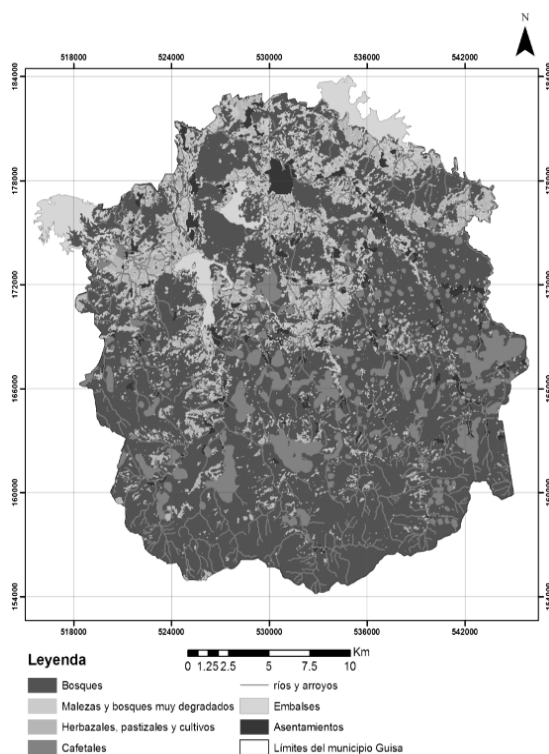
Fuente: Elaboración Propia.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tipos de coberturas o uso del suelo se obtuvieron mediante imágenes Landsat TM de febrero del 2010, las cuales fueron sometidas a un análisis multiespectral y la aplicación de reglas de decisión basadas estadísticamente para la determinación e identificación de la cobertura de terreno de cada pixel en la imagen. Se obtuvo la siguiente distribución de coberturas: 385,9 Km<sup>2</sup> de distintos tipos de bosques; 46,9 Km<sup>2</sup> de cafetales; 202,2 Km<sup>2</sup> de cultivos, herbazales y matorrales; 12,11 Km<sup>2</sup> de superficie hídrica; y 16,87 Km<sup>2</sup> de zonas urbanas y asentamiento (total 663,98 Km<sup>2</sup>). Ver figura 3.

**Figura 3.** Distribución espacial de los tipos de coberturas del municipio



Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente se procede a modelar las pendientes a partir del modelo digital de elevación de la zona según los requerimientos establecidos por la Ley Forestal (GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA, 1998) y las Normas Cubanas, quedando establecidos los siguientes rangos: 0-25% Silvicultura mecanizable, 25-45% Silvicultura no mecanizable,  $\geq 45\%$  Bosques de protección de las aguas y los suelos.

El resultado se superpone a la capa de la cobertura forestal para diferenciar los distintos tipos de bosques de producción que ocupan un 63 % de la cobertura boscosa, de éstos el 24,35 % corresponden a bosques de producción para silvicultura mecanizable y el 38,75% a bosques de producción para silvicultura no mecanizable.

Para la diferenciación de los bosques protectores de los bosques y los suelos, se procede primeramente a identificar el número de orden de las corrientes fluviales y el destino de los embalses del territorio, realizando un buffer de 15 m para los ríos de primer orden del territorio y de 10 m para el resto de las corrientes fluviales. Para el caso de los embalses se realizó un buffer de 30 m. A esto se le suman los bosques que se encuentran en pendientes por encima del 45%, lo que da como resultado un 23,97% de bosques protectores de las aguas y los suelos.

A continuación se realiza la discriminación de los bosques de manejo especial dentro de la cobertura forestal a partir de la superposición de los límites de las áreas protegidas, dando como resultado que un 8,35% de la cobertura boscosa del territorio caen dentro de este tipo de bosque.

Para la estimación de aquellas zonas del territorio deforestadas, con aptitud para uso forestal en las distintas categorías de bosques, se realizó la superposición de las zonas sin cobertura forestal con el mapa de tipos de suelos, asignando a las zonas con suelos de baja agro productividad y que cumplieran con las condicionantes usadas anteriormente para categorizar los distintos tipos de bosques, las de áreas con aptitud forestal. Estas áreas en dependencia de su ubicación espacial y de las condicionantes analizadas para cada categoría de bosque, se categorizaron como:

Áreas para la reconstrucción de bosques de manejo especial. Se consideran aquellas zonas cubiertas de bosques degradados y cafetales que se encuentran

dentro de áreas protegidas con categorías estrictas de manejo, y representan un 2,2% de las áreas sin cobertura forestal.

Áreas para la reforestación con bosques de manejo especial. Se consideran aquellas zonas cubiertas de herbazales y matorrales que se encuentran dentro de áreas protegidas con categorías estrictas de manejo, y representan un 0,81% de las áreas sin cobertura forestal.

Áreas para la reforestación con bosques de producción para silvicultura mecanizable. Se consideran aquellas zonas cubiertas de herbazales y matorrales, fuera de la faja forestal de ríos y embalses, y en pendientes de 0 al 25%, representan un 3,93% de las áreas sin cobertura forestal.

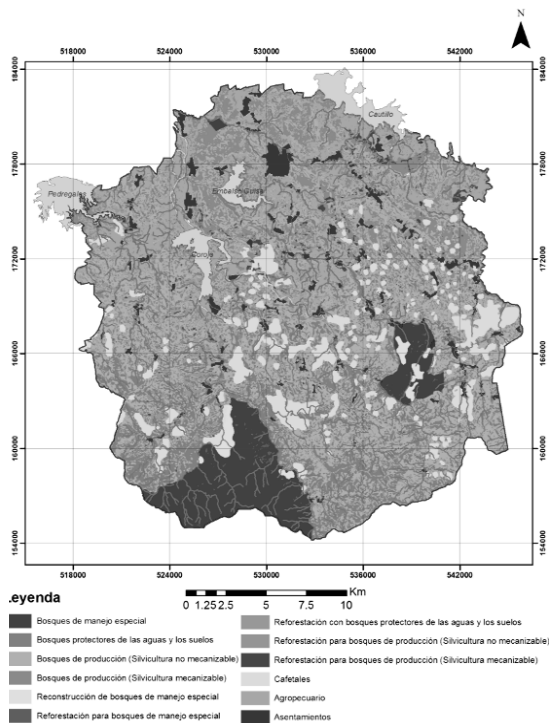
Áreas para la reforestación con bosques de producción para silvicultura no mecanizable. Se consideran aquellas zonas cubiertas de herbazales y matorrales, fuera de la faja forestal de ríos y embalses, y en pendientes de 25 al 45%, representan un 2,71% de las áreas sin cobertura forestal.

Áreas para la reforestación con bosques protectores de las aguas y los suelos. Se consideran aquellas zonas cubiertas de herbazales y matorrales, dentro de la faja forestal de ríos y embalses, y en pendientes superiores al 45%, representan un 10,92% de las áreas sin cobertura forestal.

El resto del territorio que se encuentra por debajo de las pendientes inferiores al 45% con suelos de buena agro productividad, y se les consideran áreas cuya aptitud potencial es agropecuaria, por lo tanto no se incluye en este inventario ni se profundiza sobre ellas.

A continuación se muestra el mapa con el resultado final de la categorización del patrimonio forestal del municipio Guisa y las áreas con aptitudes para la reforestación y el tipo de bosque idóneo. Ver figura 4.

**Figura 4.** Distribución espacial de las categorías de bosques y áreas con aptitud para la reforestación del municipio Guisa



Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo la distribución de los diferentes coberturas: 385,9 Km<sup>2</sup> de distintos tipos de bosques; 46,9 Km<sup>2</sup> de cafetales; 202,2 Km<sup>2</sup> de cultivos, herbazales y matorrales; 12,11 Km<sup>2</sup> de superficie hídrica; y 16,87 Km<sup>2</sup> de zonas urbanas y asentamientos.

Para el municipio Guisa se obtuvo como propuesta un modelo forestal que divide la cobertura boscosa según criterios ambientales en: bosques de producción para silvicultura mecanizable, 93,99 km<sup>2</sup>; bosques de producción

para silvicultura no mecanizable, 149,57 km<sup>2</sup>; bosques protectores de las aguas y los suelos, 92,52 km<sup>2</sup>; y bosques de manejo especial, 49,82 km<sup>2</sup>.

Se determinaron y evaluaron los factores condicionantes para la categorización de los bosques según su finalidad. Los de mayor influencia analizados son la altitud del terreno, las pendientes, el ancho de la faja forestal de embalses, ríos y arroyos, y los tipos de suelos. Los procedimientos de análisis utilizados aplicando un SIG y la integración con la Teledetección, permiten las siguientes ventajas:

La viabilidad del método porque se utilizan datos georeferenciados.

La facilidad de actualizar las bases de datos a medida que la actividad forestal se desarrolla en el tiempo.

La reproducibilidad de los resultados y la regionalización de la metodología utilizada.

La rapidez de análisis de los factores que inciden en la deforestación y

La obtención del plano de áreas con actitud para la reforestación.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ACUÑA, E. 2006 Clasificación no supervisada de bosques y análisis multitemporal sobre imágenes de satélite en el área de influencia a escala 1:100.000, informe final contrato 00020-05 San Gil, Santander, Colombia, 37 p.
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NO.3 GESTIÓN AMBIENTAL 1999 NC 23: 1999 “Franjas forestales de las zonas de protección a embalses y cauces fluviales”, Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba, 9 p.
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NO.3 GESTIÓN AMBIENTAL 2000 NC 66: 2000 “Calidad del suelo. Suelos forestales. Clasificación y utilización”, Oficina Nacional de Normalización. La Habana, Cuba, 16 p.
- Earth Science Data Interface <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>  
Consultado el 26 de junio de 2010.
- GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE CUBA 1998 Ley No 85 Ley Forestal, La Habana, 21 de diciembre de 1998, 16 p.

MINAG 2006 Programa Nacional Forestal de la República de Cuba hasta el año 2015. La Habana, Dirección Nacional Forestal. 87 p.

MONTAS, R. Y RIVERA, I. 2003 Estudio bitemporal de la deforestación en la República Dominicana usando sensores remotos, UNAPEC, Republica Dominicana, 83 p.

POMPA, M. 2009 Análisis de la deforestación en ecosistemas montañosos del noroeste de México en Avances en Investigación Agropecuaria 12(2): 23-34.

RHIND, D. 1989 GIS. Trends. ARC News, ESRI. Redlands, California, pp. 28-29.

VIÑA DÁVILA N; VIÑA BAYES; N. MUSTELIER; K, TRAPERO; A, VICARIO 2000 Caracterización Físico-Geográfica del Macizo Sierra Maestra. BIOECO. Programa Científico Técnico Nacional Desarrollo Sostenible de la Montaña, Santiago de Cuba 765 p.

\*\*\*\*\*

***MSc. Adonis M. Ramón Puebla.*** Licenciado en Geografía, Especialista SIG, Percepción Remota, Áreas protegidas y Ordenamiento Ambiental, Órgano de Montaña Sierra Maestra, Cuba e.mail omsm@granma.inf.cu

***Ing. Leusnier Martínez Quintana.*** Ingeniero Forestal, Especialista Ciencia y Técnica, Órgano de Montaña Sierra Maestra, Cuba e.mail omsm@granma.inf.cu

***MSc. Célida Suarez García.*** Ingeniero Agrónomo, Directora, Órgano de Montaña Sierra Maestra, Cuba e.mail omsm@granma.inf.cu

***MSc. Orlando López Suárez.*** Ingeniero Agrónomo, Especialista en Suelos, reforestación y cuencas hidrográficas, Órgano de Montaña Sierra Maestra, Cuba e.mail omsm@granma.inf.cu

***MSc. Yalina Zamora Montecelos.*** Ingeniera Geóloga, Especialista en Medio Ambiente Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Cuba e.mail yzamora@dimitrov.cu

\*\*\*\*\*