

CARTOGRAFIA DE LA COBERTURA Y EL USO DE LA TIERRA A ESCALA MUNICIPAL. PROPUESTA METODOLÓGICA MEDIANTE EL EMPLEO DE SENSORES REMOTOS DEL PROYECTO BASAL, CUBA.

Área Temática: Cartografía y tecnologías de la información geográfica

Armando Jesús de la Colina Rodríguez; Elieser Marmol Fundora; Gustavo Martín Morales; Israel Tamarit Herrán; Tatiana Geler Roffe; Alejandro Oliveros Pestana; Laura Azor Hernández; Santiago Flores Gutiérrez y Vanessa Linares Cabrera.

Instituto de Geografía Tropical

ajcr@geotech.cu

Los estudios de cobertura y uso de la tierra con el empleo de técnicas de sensores remotos potencian la interpretación de los datos capturados de la superficie terrestre, por lo que constituyen un factor relevante en las actividades de administración, ordenamiento ambiental y planificación territorial de los actuales recursos de tierras disponibles y a su gestión sostenible. El proyecto “Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local” (BASAL) está orientado a reducir las vulnerabilidades relacionadas con el cambio climático en el sector agrícola a nivel local, y entre sus propósitos está la elaboración del mapa de cobertura y uso actual de la tierra y el estudio de la dinámica espacio temporal como un insumo fundamental para la implementación del Modelo de Ordenamiento Ambiental (MOA) a nivel municipal. El presente trabajo formula una propuesta metodológica en tres etapas de trabajo en la que se enumeran, describen y detallan los procedimientos a seguir para generar la cartografía de la cobertura y el uso de la tierra actual que se utilizará en los Modelos de Ordenamiento Ambiental en tres municipios de las provincias de Pinar del Río (Los Palacios), de Artemisa (Güira de Melena) y de Camagüey (Jimaguayú); teniendo como antecedentes las investigaciones recientes ejecutadas en el Instituto de Geografía Tropical con el empleo de técnicas de percepción remota a diferentes niveles de agregación territorial nacional para la interpretación, seguimiento y monitoreo de los procesos de adaptación al cambio climático.

cobertura y uso de la tierra, cartografía, sensores remotos, metodología

INTRODUCCIÓN

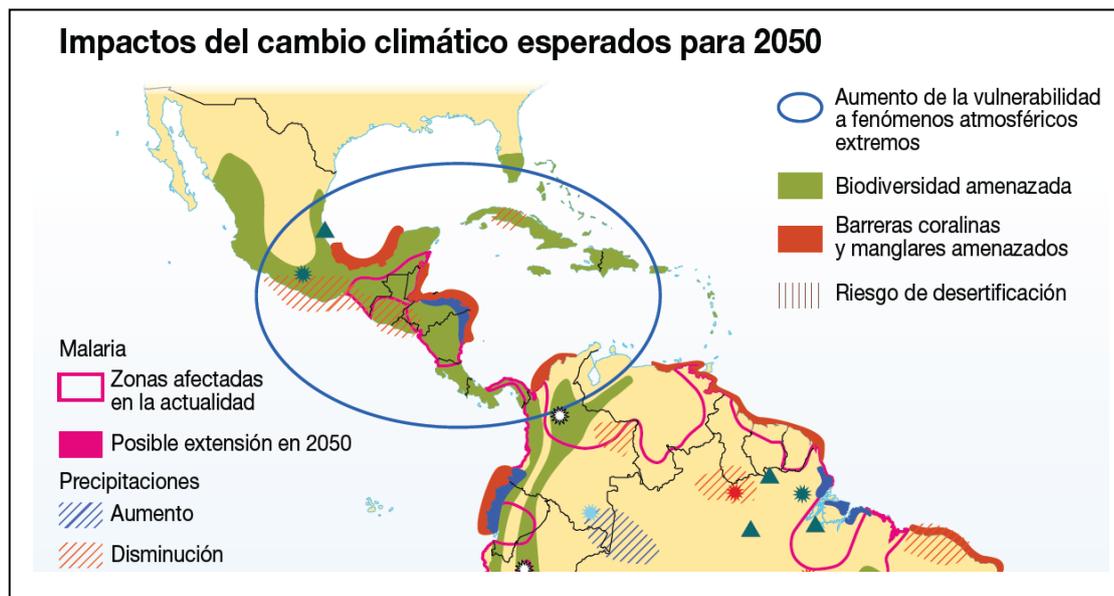
Los estudios de uso y cobertura de la tierra constituyen un factor relevante en las actividades de administración, ordenamiento ambiental y planificación territorial y conjuntamente con las técnicas de sensores remotos y su contribución en el mejoramiento del mapeo y de la interpretación del significado de los datos capturados de la superficie terrestre, facilitan un manejo efectivo de los actuales recursos de tierras disponibles para un desarrollo sostenible. (S. Ratanopad, W. Kainz, 2006)

El rápido crecimiento experimentado por la economía y la concentración de la población en asentamientos urbanos, ha originado un incremento significativo y sostenido en la demanda de alimentos de origen agropecuario, que contrasta con la creciente escasez de agua y tierra que se observa en casi todas las regiones del planeta y los desafíos adicionales e incertidumbre que impone el Cambio Climático (Jon Padgham, 2009), aspectos que indican que el futuro de la agricultura depende de un eficiente aprovechamiento y protección de los recursos naturales, en particular de los recursos térreos.

En medio de la situación actual de crisis de la economía mundial a la que no se encuentran ajenas las economías de la región del Caribe y Cuba con sus respectivos impactos en todos los sectores de la economía y la sociedad, delinear para el sector agrícola y el medio rural oportunidades de desarrollo, teniendo en cuenta las ventajas comparativas que se le reconocen a la agricultura como buffer y elemento dinámico de desarrollo, de reducción de la pobreza y de seguridad alimentaria. El IICA (2009), plantea que "... en un escenario de recesión mundial con impactos negativos en los países de la región, es necesario invertir en la agricultura, a efectos de minimizar dichos impactos y aprovechar las potencialidades de esa actividad económica...", otros tres ejes dinamizadores es la creciente demanda de alimentos y la tendencia a la elevación de sus precios atendiendo a las proyecciones del crecimiento de la población mundial que requerirá incrementar el doble de la cantidad de alimentos que hoy se produce, la demanda de granos para producir biocombustibles, con una menor disponibilidad de tierras y de agua, recursos que en la región del Caribe y Cuba tienen una relativa abundancia que le conceden una ventaja estratégica, debido a las inversiones especulativas en los mercados futuros de apropiación de tierras (de la Colina 2012).

No obstante los patrones de cambio climático proyectados hasta al 2050 en la región indican que habrá un aumento de la intensidad de los huracanes, así como una reducción de la precipitación y con ello un aumento de las rachas de sequías. (PNUMA CEPAL 2009) (Figura 1).

Figura 1: Impactos de cambio climático en la región del Caribe.



Fuente: Fragmento de figura tomada de: R. Landa et al., Cambio climático y desarrollo sustentable, 2010; CEPAL, Climate Change. A regional perspective, 2010 en PNUMA CEPAL (2009).

La situación descrita con antelación requiere de la conciliación del enfrentamiento a las incertidumbres de pronósticos derivados de la actual crisis económica, con el desarrollo de un sector agrícola que garantice la seguridad alimentaria, aproveche las ventajas comparativas emergentes y considere como una variable básica el impacto del cambio climático, y exige posicionar a la agricultura y a la economía rural con una visión de más largo plazo que incluya estudios de la dinámica espacio-temporal y tendencias experimentadas en los cambios de uso y cobertura de la tierra.

Atendiendo a la importancia que revisten en la actualidad los estudios de la dinámica espacial experimentados por la cobertura y uso de la tierra y el papel que tienen los sensores remotos en su interpretación, seguimiento y monitoreo, se propuso aprovechar la teledetección como herramienta que presenta las siguientes ventajas:

- Cobertura espacial y temporal de los territorios a estudiar (de los 3 municipios).
- Permite el procesamiento de información proveniente del espectro no visible de la luz, en especial de la infrarroja de gran utilidad para discriminación de las coberturas del suelo.
- Reducción del período de trabajo de campo.

No obstante se conoce que mediante la teledetección solo se puede lograr alcanzar una aproximación a la determinación de la geometría espacial de la cobertura de la tierra (mapa de cobertura como un subproducto importante de la tarea), pues la generación del mapa de uso de la tierra actual utilizando sensores remotos no solo requiere de un intensivo trabajo de campo, sino de la validación con otras bases de datos relacionales que faciliten un proceso de evaluación del uso de la tierra multidisciplinario en la definición de las unidades de uso (George, H y M. Petri, 2006).

ANTECEDENTES

Antecedentes recientes de investigaciones ejecutadas por el Instituto de Geografía Tropical en el que se emplearon procedimientos metodológicos en el uso de sensores remotos y de aplicación de técnicas de percepción remota, así como otros relacionados con los temas de cambios en la cobertura y el uso de la tierra y del sector agropecuario a diferentes niveles de agregación territorial nacional y para la región del Caribe se relacionan a continuación:

Tamarit, I. et al. (2006): Metodología de la cartografía digital de los ecosistemas costeros de Cuba, para la planificación y gestión de las áreas protegidas y de la cobertura de los suelos en áreas priorizadas. Informe Científico Técnico, Instituto de Geografía Tropical, (Inédito).

Labrada Pons, M. et al (2008): Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata: Estrategias para su Gestión Ambiental. Editora GEOTECH. ISBN: 978-959-7167-16-7 (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/34>)

Labrada Pons, M. et al (2011): Estrategia para la gestión ambiental para la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata. Editora GEOTECH. ISBN: 978-959-7167-30-3 (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/154>) (Esta Obra tiene un capítulo denominado Detección de Cambios en la Cobertura Vegetal de 1959 al 2009 en la Ciénaga de Zapata, en el que se expone la metodología seguida. (con URL: <http://dspace.geotech.cu/jspui/bitstream/123456789/154/5/Deteccion.pdf>)

Reyes González, R.E. et al (2010): Preparación de los mapas temáticos para la evaluación de la degradación de la Tierra en Cuba a escala nacional. Proyecto LADA. Informe Científico Técnico, Instituto de Geografía Tropical. (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/30>).

Marmol Fundora E. (2011): Dinámica del uso agrícola y la tenencia de la tierra en Cuba a partir de la década de los años noventa del siglo XX. Tesis de Diploma. Facultad de Geografía (UH- MES) (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/163>).

Martín Morales, G. y Tamarit Herrán, I (2011) Procedimiento para el Procesamiento Digital de Imágenes. Instituto de Geografía Tropical (Inédito)

de la Colina, A J.; R. González López y T. Ayón Ramos (2011): ALTERNATIVAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE LOCAL DEL MEDIO RURAL EN CUBA. En: Colección Calidad Ambiental y Sostenibilidad con ISBN: 978-959-7167-31-0. En el Tomo I: Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Problemas y Alternativas de Gestión Sostenible con ISBN: 978-959-7167-32-7 (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/152>).

de la Colina, A J. y T. Ayón Ramos (2012): APROXIMACIÓN A LA SOSTENIBILIDAD DE LA AGRICULTURA EN EL CARIBE. UN ENFOQUE TIPOLOGICO. En: "Convención Trópico 2012 (Memorias)", en el IV Congreso de Geografía Tropical. Editora GEOTECH con registro 959-7167. ISBN: 978-959-7167-36-5. (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/153>).

Abraham Alonso, Ana N. (2010) El paisaje cultural del valle de Viñales, análisis de sus cambios durante el período 1971 – 2005. Tesis de Maestría. Facultad de Geografía (UH- MES) (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/162>).

Fernández Pérez, D. (2007) Análisis de los cambios de uso de la tierra en las cuencas hidrográficas Itabo y Guanabo durante el período 1985 – 2005 a partir del procesamiento de imágenes de satélite.

PROCEDIMIENTOS

Para la realización de esta tarea se han propuesto tres etapas de trabajo:

1.- Etapa preparatoria u organizativa

Es una etapa inicial donde se conforma el grupo de trabajo con compañeros que posean habilidades y conocimientos sobre la temática, y se convoca a un Taller de Trabajo (con el Grupo y los usuarios de los resultados a alcanzar) con el propósito de proceder al esclarecimiento y definición del objetivo, alcance y puntualizar la distribución de las tareas a ejecutar. Se define el período para realizar el estudio de la dinámica espacio-temporal, se identifica la plataforma satelital a utilizar, la escala de trabajo y las leyendas para los mapas de cobertura de suelo y uso de la tierra. Es importante enfatizar que cada uno de los elementos antes expuestos se encuentra muy interrelacionados unos con otros, de manera tal que cada decisión que se tome en un componente va a ir determinado las decisiones con los restantes. Es por ello que para estas definiciones es imprescindible la ejecución de un Taller de Trabajo en el que se alcance el consenso entre los especialistas, los usuarios y la dirección del proyecto, teniendo en cuenta las peculiaridades de la temática en cada municipio.

2.- Procesamiento digital de imágenes

Según (Bosque Sendra, 1994) el procesamiento digital de imágenes / tratamiento digital de imágenes, es un conjunto de operaciones que apoyadas en un ordenador y un software específico, están destinadas a la realización de filtrajes, clasificaciones y extracción y modificación de las características de la información contenida en una imagen digital.

Como primer paso dentro de esta etapa se realiza una selección de las imágenes a procesar a partir de los aspectos definidos en la primera fase, de la disponibilidad, el % de ruido y la cobertura nubosa del área. Posteriormente se procede a las correcciones de la imagen que constituye el proceso de arreglar errores o algún defecto presente en la misma, como resultado de los errores de los sensores en la adquisición, emisión o recepción de la imagen. Dentro de estas se encuentran:

- La corrección radiométrica: son aquellas técnicas que modifican los niveles digitales originales de píxeles, con objeto de acercarlos a los que habrían presentes en la imagen en caso de una recepción ideal.
- La corrección geométrica: consiste en aplicar a la imagen una "deformación" para hacerla coincidir con un Sistema Geodésico de Referencia (datum) y Proyección Cartográfica determinados.

Es importante destacar la necesidad de realizar estas correcciones en ese orden debido a que las correcciones geométricas implican indirectamente pequeñas modificaciones de los niveles digitales de los píxeles y esto pudiera aumentar el error en los posteriores procesamientos. A continuación se procede a la realización de los realces, o sea, procesos que se le ejecutan a las imágenes para facilitar la interpretación. Además de aplicar transformaciones, que son operaciones dirigidas a crear bandas artificiales, a partir de combinaciones entre las originales, con el objeto de mejorar la discriminación de las coberturas de suelo.

Siguiendo el hilo conductor metodológico se realiza la clasificación digital de imágenes en las áreas contenidas dentro de los límites municipales, proceso que consiste en convertir los niveles digitales

de la imagen, en un número definido de clases informacionales. Este primer proceso se ejecuta mediante una clasificación no supervisada, o sea, la creación de clases espectrales homogéneas mediante técnicas automáticas ya que no existe suficiente conocimiento del terreno.

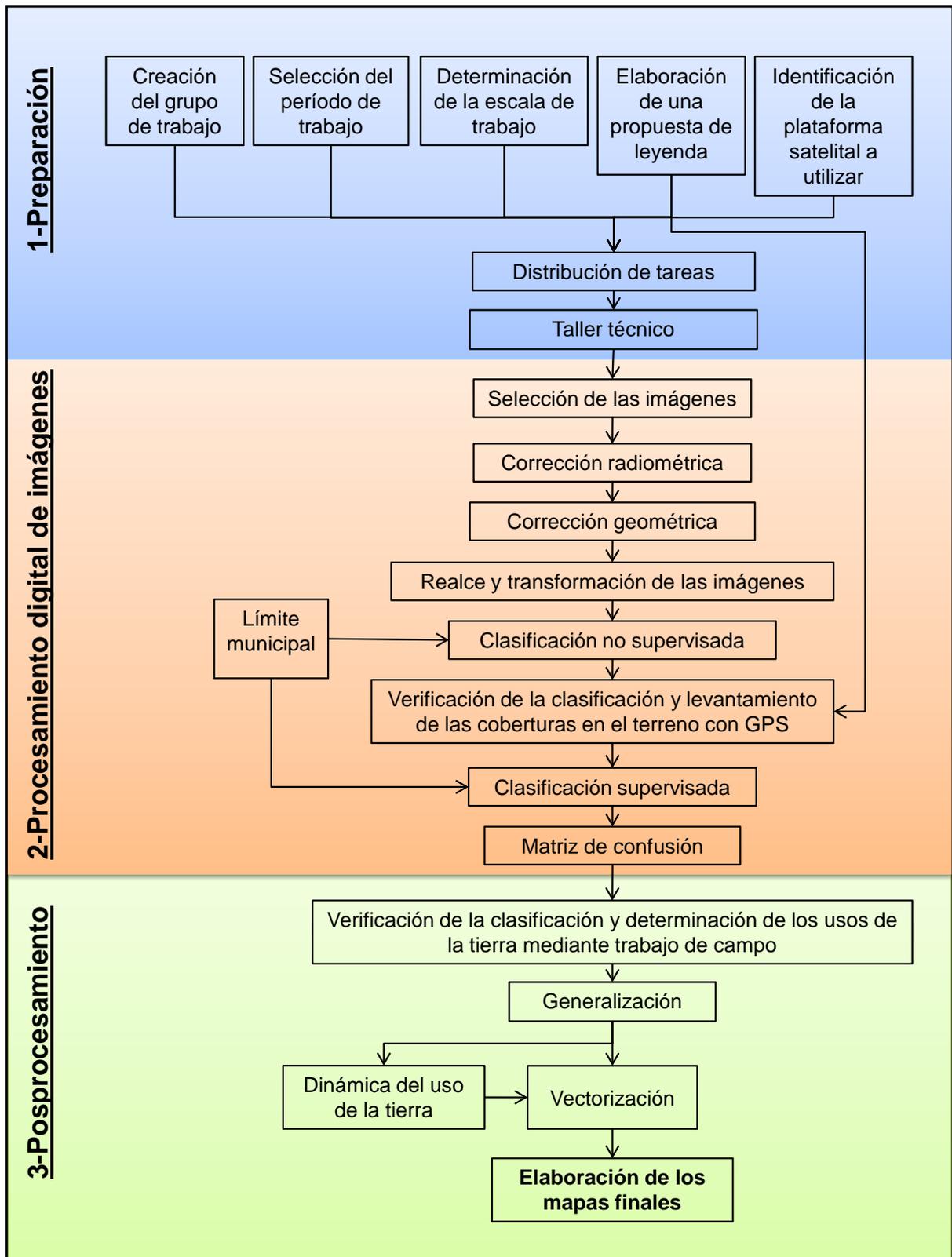
Posteriormente, los resultados de la clasificación no supervisada es verificada en el terreno y simultáneamente se realizan los levantamientos con GPS de áreas que servirían como muestras para la posterior clasificación supervisada, basadas en las categorías (clases) que fueron definidas en el Taller Técnico realizado al final de la primera etapa con la propuesta de leyenda. Después se procede a la determinación de la precisión de la clasificación para lo cual se utiliza la matriz de error o confusión que establece una relación entre los pixeles y sus asignaciones a las diferentes clases.

3.- Posprocesamiento

Concluido el procesamiento digital de las imágenes de satélite se procede a una nueva campaña de verificación en el terreno de las coberturas del suelo y se establecen sus respectivos usos. Seguidamente se realiza un procedimiento de generalización para la eliminación de polígonos de pequeñas áreas que son de difícil identificación y que provocan que se recargue o dificulte la lectura de los mapas.

Los resultados alcanzados se transformarían a formato vectorial y se elaboran los respectivos mapas de cobertura de suelo y uso de la tierra para los años definidos, pero haciendo énfasis particular el mapa de uso actual que es un resultado a alcanzar y que constituye un insumo para el ordenamiento ambiental municipal. Con las capas raster de los usos se determinan las áreas de cambios de los diferentes usos, procediéndose a su vectorización y posterior elaboración del mapa de cambios del uso de la tierra en ese período, que constituye el segundo resultado propuesto.

Es importante destacar que cada una de las tareas a realizar lleva un taller interno del grupo de trabajo donde se llegue a un consenso de los métodos y técnicas a aplicar en cada caso pues esto garantizaría la uniformidad y calidad del trabajo a realizar. Todos estos procedimientos quedan recogidos en el siguiente esquema metodológico:



Fuente: Elaborado por los autores

Consideraciones finales

Aunque existe un sólido cuerpo teórico metodológico se observa que aún en la actualidad persisten los problemas resultantes de la riqueza terminológica empleada en los estudios de cambios en el uso y cobertura de la tierra que a menudo ocasiona desentendimientos y dudas en la identificación y cartografía de las diferentes categorías.

Se demuestra la viabilidad y efectividad del esquema metodológico propuesto y el empleo de la teledetección para el estudio de la dinámica del uso de la tierra a escala municipal y por tanto su contribución a la validación de la guía metodológica a seguir en el proyecto BASAL.

Bibliografía y Referencias.

Abraham Alonso, Ana N. (2010) El paisaje cultural del valle de Viñales, análisis de sus cambios durante el período 1971 – 2005. Tesis de Maestría. Facultad de Geografía (UH- MES) (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/162>).

Barranco, G. et al. (2009): “Agricultura y seguridad alimentaria en el escenario ambiental del Caribe. Algunas aristas de su evolución”. Informe Científico Técnico. Instituto de Geografía Tropical (Inédito).

Barranco, G.; A.N. Abraham; A.J. de la Colina; J.A. Luis y C. Mosquera (2009): Ambiente, agricultura y seguridad alimentaria. Apuntes de una situación de conflicto. Memorias XII Jornada Científica INIFAT. (ISBN 978-959-282-086-9).

Barranco, G. et al. (2012): “Desarrollo y Medio Ambiente del Caribe. Aspectos emergentes en la conformación de un horizonte de sostenibilidad”. Informe Científico Técnico. Instituto de Geografía Tropical (Inédito).

Bosque, J. y otros (1994): “Prácticas con PC Arc/Info e Idrisi”. Ediciones RIALP, S.A. Madrid.

CEPAL (2010): La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2010. Naciones Unidas, noviembre de 2010.144 p.

Chuvieco, E., 1995, Fundamentos de Teledetección Aeroespacial, EDICIONES RIALP, S.A., 453 p.

de la Colina, A.J. (1997): La Población Mundial y los Medios de Subsistencia: Una Nueva Encrucijada a Propósito de los Cambios Globales Medioambientales. En Memorias del VI Encuentro de Geógrafos de América Latina. Publicación Electrónica CD Rom ISBN No 950-29-0382-X, 1997. Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/14>

de la Colina, A.J. (1998): Patrones Espaciales del Abasto de Productos Lácteos en Cuba. En el Libro Seguridad del Abasto Alimentario en Cuba y México: Producción y logística. Ediciones GEO, La Habana, 339 pp, 1998. Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/6>

de la Colina, A.J. (1999): Los Cambios en la cobertura y el uso de la tierra: direcciones de investigación en el escenario del caribe y Cuba. En el Libro: El Caribe Contribución al Conocimiento de su Geografía, Editora Guido- alvigra. La habana, 1999. Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/35>

de La Colina A.J et al. (2008): Herramientas de geoprocésamiento en la evaluaci3n del potencial agroproductivo ganadero vacuno a escala local en la provincia de Camagüey. Cuba. En convenci3n tr3pico 2008 III Congreso de Geografía Tropical memorias la habana, cuba. 2008 editora Desoft (ISBN: 978-959-282-079-1) Accesible en <http://dSPACE.geotech.cu/jspui/handle/123456789/88>

de la Colina A.J; González López R. y Ay3n Ramos T. (2011): Alternativas para el desarrollo sostenible local del medio rural en Cuba. En la Obra "Desarrollo Regional y Medio Ambiente. Problemas y Alternativas de Gesti3n Sostenible. (TOMO I)" con ISBN 978-959-7167-32-7 (Accesible en <http://dSPACE.geotech.cu/jspui/handle/123456789/152>).

de la Colina, A J. y T. Ay3n Ramos (2012): APROXIMACI3N A LA SOSTENIBILIDAD DE LA AGRICULTURA EN EL CARIBE. UN ENFOQUE TIPOLOGICO. En: "Convenci3n Tr3pico 2012 (Memorias)", en el IV Congreso de Geografía Tropical. Editora GEOTECH con registro 959-7167. ISBN: 978-959-7167-36-5. (Accesible en <http://dSPACE.geotech.cu/jspui/handle/123456789/153>).

ECLAC (2011): India and Latin America and the Caribbean: opportunities and challenges in trade and investment relations. United Nations publication. Printed in Santiago, Chile. 76 p

Fernández Pérez, D. (2007) Análisis de los cambios de uso de la tierra en las cuencas hidrográficas Itabo y Guanabo durante el período 1985 – 2005 a partir del procesamiento de imágenes de satélite. Tesis de Maestría. Facultad de Geografía (UH- MES) Inédita (Accesible en <http://dSPACE.geotech.cu/jspui/handle/123456789/161>).

George, H y M. Petri (2006): The rapid characterization and mapping of agricultural land-use: A methodological framework approach for the LADA project. Land and Plant Nutrition Management Service, FAO. 26 p.

IICA (2009): Agricultura de América Latina y el Caribe: Basti3n ante la crisis mundial y motor para el desarrollo futuro. San José, Costa Rica, 28 p. Esta publicaci3n tambi3n est3 disponible en formato electr3nico (PDF) en el sitio Web institucional en <http://www.iica.int>.

JAMES R. ANDERSON, ERNEST E. HARDY, JOHN T. ROACH, and RICHARD E. WITMER (2001): A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data. Geological Survey Professional Paper 964. 41 p.

Kacef Osvaldo y Jiménez Juan P. (2009): Políticas macroeconómicas en tiempos de crisis: opciones y perspectivas. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile. 113p.

Labrada Pons, M. et al (2008): Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata: Estrategias para su Gesti3n Ambiental. Editora GEOTECH. ISBN: 978-959-7167-16-7 (Accesible en <http://dSPACE.geotech.cu/jspui/handle/123456789/34>)

Labrada Pons, M. et al (2011): Estrategia para la gesti3n ambiental para la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata. Editora GEOTECH. ISBN: 978-959-7167-30-3 (Accesible en <http://dSPACE.geotech.cu/jspui/handle/123456789/154>)

Marmol Fundora, E. (2011): Dinámica del uso agrícola y la tenencia de la tierra en Cuba a partir de la década de los años noventa del siglo XX. Tesis de Diploma. Facultad de Geografía (UH- MES) (Accesible en <http://dSPACE.geotech.cu/jspui/handle/123456789/163>).

Martín Morales, G. y Tamarit Herrán, I (2011) Procedimiento para el Procesamiento Digital de Imágenes. Instituto de Geografía Tropical (Inédito)

ONHG. (2007). Nomenclador único de uso de la tierra. Manuscrito no publicado.

Padgham Jon (2009): Agricultural Development Under a Changing Climate: Opportunities and Challenges for Adaptation. © 2009 The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. 170 p.

Prakasam. C (2010): Land use and land cover change detection through remote sensing approach: A case study of Kodaikanal taluk, Tamil nadu. INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMATICS AND GEOSCIENCES Volume 1, No 2, 2010

PNUMA CEPAL (2009): Gráficos Vitales del Cambio Climático para América Latina y El Caribe. Edición especial para la CP16/CP-RP 6, México. 44 p.

Reyes González, R.E. et al (2010): Preparación de los mapas temáticos para la evaluación de la degradación de la Tierra en Cuba a escala nacional. Proyecto LADA. Informe Científico Técnico, Instituto de Geografía Tropical. (Accesible en <http://dspace.geotech.cu/jspui/handle/123456789/30>).

Seco, R. (2002): “Teledetección Aeroespacial”. Edit. Félix Varela. Facultad de Geografía. Universidad de la Habana. 156 pp.

SELA (2009): La acentuación de la crisis económica global: situación e impacto en América Latina y el Caribe. Caracas, Venezuela. 52p.

SELA (2009): Políticas e instrumentos para enfrentar el impacto de la crisis económica internacional sobre las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) de América Latina y el Caribe. Impreso en la Secretaría Permanente del SELA, Caracas, Venezuela. 71p.

S. Ratanopad, W. Kainz, (2006): LAND COVER CLASSIFICATION AND MONITORING IN NORTHEAST THAILAND USING LANDSAT 5 TM DATA. ISPRS Technical Commission II Symposium, Vienna, 12 – 14 July 2006

Tamarit, I. et al. (2006): Metodología de la cartografía digital de los ecosistemas costeros de Cuba, para la planificación y gestión de las áreas protegidas y de la cobertura de los suelos en áreas prioritizadas. Informe Científico Técnico, Instituto de Geografía Tropical, (Inédito).

World Bank (2010): Global Commodity Markets. Review and price forecast. A Companion to Global Economic Prospects 2010. Washington, D.C. 36 p.