Ciencias de la Tierra y el Espacio, 2010, Vol.11, pp. 60--68, ISSN 1729-3790

Clasificación de la vegetación en los sectores superiores de cuencas de la región occidental de Pinar del Rio utilizando la teledetección

Yilian M. Morejón Miranda [(1)], Marina B. Vega Carreño [(2)], Antonio Escarré Esteve [(3)], Roberto Gómez [(4)], José M. Febles González [(5)].

[(1)] Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes, Ave. Borrego, Reparto Hermanos Cruz, Pinar del Río, Cuba.
[(2)] Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría Ave. 114 No.·11901, Marianao 15, Ciudad de La Habana, Cuba.
[(3)] Universidad de Alicante, Alicante, España.
[(4)] Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, Cuba.
[(5)] Universidad Agraria de La Habana Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

Recibido febrero 4, 2010	Aprobado septiembre 3, 2010

Resumen

El presente trabajo es parte de una investigación integrada en los sectores superiores de los ecosistemas de cuencas hidrográficas Mantua, Cuyaguateje y San Juan y Martínez, representativas de la Sierra de los Órganos, provincia Pinar de Río; que tuvo como objetivo clasificar los tipos de cobertura vegetal y cartografiar su distribución en zonas de difícil accesibilidad, con la utilización de herramientas de análisis espacial. La clasificación se efectuó a partir del procesamiento digital de una imagen LandSat TM utilizando técnicas de Teledetección y la representación cartográfica de los resultados se realizó en el ambiente de un SIG mediante la confección de los mapas temáticos de cada uno de los sectores de cuencas investigados. Se identificaron cinco tipos de cobertura vegetal representadas por pino denso, pino ralo, latifolias, pasto y ruderal con predominio de la especie pino denso. Se analizan los resultados de la clasificación y se presentan los mapas de vegetación de cada una de las cuencas. Adicionalmente se discute la influencia del predominio de la especie pino en los procesos de degradación de la cobertura edáfica. Los resultados obtenidos constituyen el punto de partida para prever la tendencia actual y futura de los procesos de degradación del suelo, disponibilidad y calidad físico-química de las aguas superficiales, todo lo cual permitirá evaluar y proponer a los decisores, el manejo integrado y sostenible que requiere dichos ecosistemas.

Palabras clave: Clasificación de la vegetación, imágenes LandSat.

Abstract

Present work is a part of an integrated research at the upper part of watershed ecosystem of Mantua, Cuyaguateje and San Juan y Martínez that represent Sierra de los Organos, Pinar del Río province. The main goal was to classify vegetation and mapping his distribution at difficult accessibility zones using spatial analysis tools. The digital image processing of a LandSat image allowed making the classification using remote sensing techniques. The classification results were represented in vegetation maps made with a GIS. Five types of vegetation were identified as pino denso, pino ralo, (both the widespread), latifolias, pasto y ruderal. The classification results are analyzed and the vegetation maps of each watershed are exposed. In addition the influence of pine vegetation in relation of degradation process is discussed. The obtained results constitute the starting point to foresee the current and future tendency of the degradation processes of the soil, readiness and physical-chemical quality of the superficial waters, and everything will allow to evaluate and to propose, the integrated and sustainable management that requires this ecosystems.

Key words: Classification of the vegetation, LandSat images.

Introducción

El archipiélago cubano posee gran variedad de ecosistemas y paisajes terrestres, los que caracterizan los notables valores de biodiversidad del país, desde semidesiertos y montes secos hasta bosques húmedos y selvas. La cobertura vegetal original de Cuba se ha estimado entre 70 - 80% (Capote et al., 1989a; 1989b), representada principalmente por bosques semideciduos y siempreverdes.

Las áreas que aún conservan los principales recursos bióticos naturales, con ecosistemas y paisajes de alta naturalidad y representatividad, son sitios que se caracterizan por poseer un menor grado de transformación, dado su poca accesibilidad; fundamentalmente en los macizos montañosos, las ciénagas y los humedales (IGACC - ICGC, 1989; CNAP, 2002), donde se localizan las principales áreas boscosas del país.

Los bosques están representados por formaciones húmedas tropicales, las cuales constituyen parte del límite boreal de la distribución de los bosques húmedos tropicales, en relación con la posición geográfica de Cuba (WCMC, 1992). Estas formaciones boscosas van desde bosques pluviales (selvas) y bosques nublados, hasta bosques siempreverdes, humedales y manglares, además también se presentan bosques semideciduos y pinares.

Particularmente los bosques de pinos o pinares cubanos presentan una distribución bipolar, se localizan en Cuba Occidental y Oriental; presentan un estrato arbóreo dominado por árboles aciculifolios, y a veces desarrollan un segundo estrato. Entre los árboles también aparecen latifolios, palmas, y helechos arbóreos; el estrato arbustivo es rico en especies, y el estrato herbáceo bien desarrollado; con presencia de lianas y epífitas (Capote y Berazaín, 1984; Capote et al., 1989a; Borhidi, 1996).

En Pinar del Río los pinares constituyen un tipo principal de vegetación, el cual se caracteriza por la presencia de elementos florísticos templados de Norte América para Cuba, entre éstos se destaca el género *Pinus***,** representado en este caso por las especies endémicas *Pinus caribaea y Pinus tropicalis* (Capote et al., 1989a; Borhidi, 1996).

La vegetación secundaria muestra una interesante complejidad florística y estructural, en relación con los diferentes estadios sucesionales y los factores antropogénicos que la determinan. Entre estos tipos se presentan bosques, matorrales y comunidades herbáceas. La vegetación ruderal está también asociada a la actividad humana, en particular en sitios habitados por el hombre y en zonas agrícolas.

Aunque la vegetación facilita la entrada de agua en el suelo, no se debe olvidar que devuelve una parte importante del agua de la precipitación a través del flujo transpiratorio. Por otra parte sobre la tierra descubierta, la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo es pequeña y aunque la lluvia no sea muy intensa se genera un gran volumen de escorrentía superficial (Schlesinger, 2000); todo lo cual favorece la erosión del suelo con la consiguiente generación de sedimentos, que entre otros efectos, contribuye a disminuir la calidad del agua superficial.

La correcta gestión de la vegetación como recurso natural requiere un conocimiento exhaustivo, dado que ella constituye uno de los principales elementos de los ecosistemas terrestres. Contar con un mapa de vegetación detallado, en un espacio dado, es importante no sólo para mejorar la gestión de este estratégico recurso, sino porque esa información puede actuar como punto de partida, para evaluar su influencia sobre otros (Bonet, 2004).

En el caso del estudio de un ecosistema cuenca, es necesario un enfoque amplio que integre la vegetación, la hidrología, y el suelo como única vía para conocer su dinámica así como los diferentes impactos, que actúan sobre ella, no todos beneficiosos en términos de su sostenibilidad.

Esta investigación tiene como objetivo clasificar los tipos de cobertura vegetal existentes en los sectores de cuencas antes mencionados, localizados específicamente en las Alturas de Pizarras (Fig. 1); y cartografiar su distribución con la utilización de herramientas de análisis espacial.

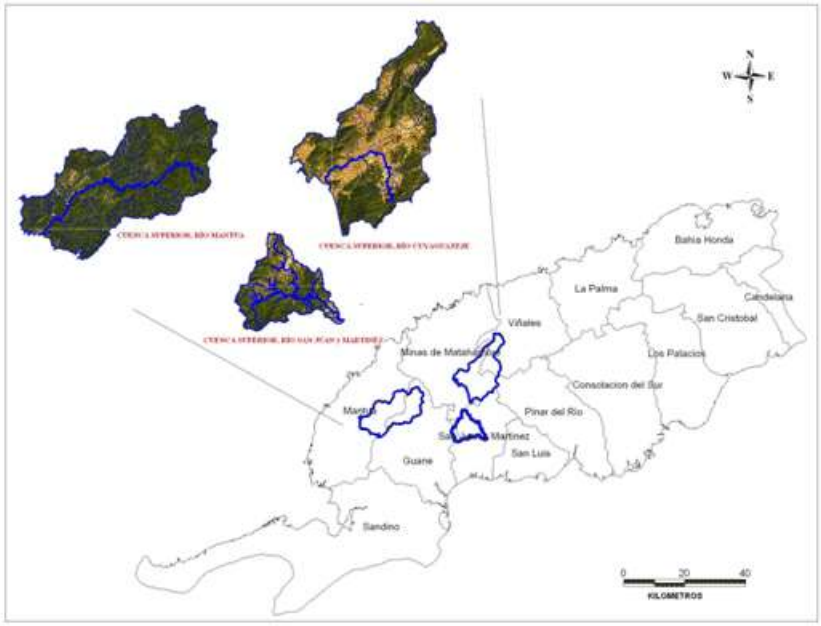


Fig.1. Ubicación geográfica, de las cuencas investigadas en las Alturas de Pizarra, provincia de Pinar del Río, Cuba.

Materiales y métodos

Con el objetivo de realizar la identificación de las especies vegetales presentes en los sectores superiores de las tres cuencas y obtener la cartografía actualizada, se realizó el procesamiento digital de la imagen multiespectral LandSat TM, captada el 31 de enero de 2001, aportada por el Centro de Estudios Ambientales de Villa Clara (Gómez, 2009). Las diferentes etapas para lograr este objetivo se ejecutaron de acuerdo con los principios metodológicos propuestos por Chuvieco (2002).

La etapa inicial consistió en realizar un trabajo de campo preparatorio a partir de expediciones de muestreo diagnóstico sobre la base de las hojas cartográficas 1: 25 000 de las zonas investigadas, las cuales sirvieron para ubicar seis parcelas, tres en las altitudes entre 40 - 140 msnm y otras tres en el rango de altitud de 140 - 240 msnm, con una superficie de 500 x 500 m. De esta forma se pudo identificar las clases de vegetación presentes en las áreas investigadas.

La imagen multiespectral LandSat (**Fig**. 2) fue preprocesada y posteriormente de ella se tomaron las bandas roja e infrarroja cercanas, con las que se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (Gilabert et al., 1997) según la fórmula (1). Ambos procesamientos se realizaron mediante el programa TnEstudio 2.0.

$$NDVI = \frac{I_{nir} - I_{red}}{I_{nir} + I_{red}}$$

Fórmula 1. Índice de vegetación de diferencia normalizada.

Donde:
NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
Inir : Reflectancia en la banda del infrarrojo cercano (longitud de onda en el intervalo 0,7 – 1,1µm)
Ired : Reflectancia en la banda del rojo (longitud de onda en el intervalo 0,6 – 0,7µm)



Fig.2. Imagen multiespectral LandSat TM, captada el 31 de enero de 2001, aportada por el Centro de Estudios Ambientales de Villa Clara.

La imagen obtenida de este índice zonificó los tonos dentro de la formación objeto de estudio, que evidenció patrones de densidad diferentes. Esta diferencia de tonalidades, indica una mayor diversidad silvestre en zonas heterogéneas, que los métodos de clasificación ayudaron a identificar.

Entre los métodos de clasificación que dispone el software ENVI 3.6 se seleccionó la variante supervisada y el método del Paralelepípedo y como muestras de entrenamiento se utilizaron las clases identificadas en el trabajo preparatorio de campo.

La imagen resultante de esta clasificación fue ortorrectificada con el SIG Arc View 3.3, asumiendo un error medio cuadrático menor que cuatro píxeles, para elaborar un mapa temático en formato vectorial de cada sector superior de las cuencas en estudio.

Para comprobar la coincidencia entre los resultados de la clasificación de la vegetación con la verdad terreno de las 18 parcelas inicialmente seleccionadas se utilizó el método estadístico de regresión lineal.

Resultados y discusión

Clasificación de la imagen

El resultado de la clasificación se presenta en la Fig. 3 en la cual las clases de vegetación identificadas fueron: Latifolias, Pino denso, Pino Ralo, Ruderal y Pasto. A los elementos antrópicos como caminos, presas, etc., se les identificó con el nombre de No vegetación.

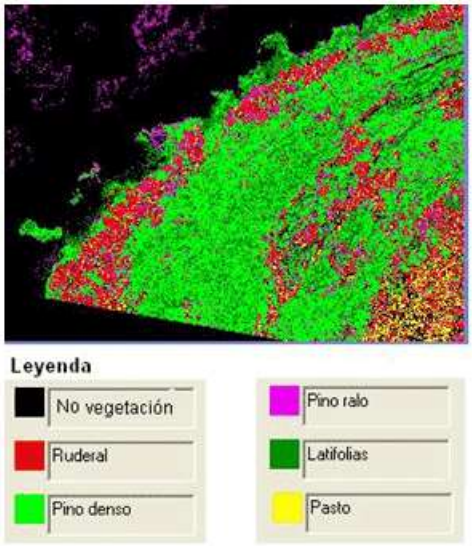


Fig.3. Imagen multiespectral LandSat TM, clasificada por el método del paralelepípedo.

La calidad de este proceso de clasificación se evaluó a partir de la matriz de confusión. En la misma la relación entre el número de pixeles correctamente asignados a las clases reales, y el número total de pixeles clasificados reportó un valor de 0,868 lo que representa un 86,8 % de confiabilidad. Los errores mayores de comisión, que

afectaron a la confiabilidad de la clasificación estuvieron en la clase pino ralo. Esta situación se evidencia en la imagen clasificada (**Fig**. 3) en la cual pixeles correspondientes al mar y a la vegetación de las zonas costeras, aparecen clasificadas como Pino ralo.

Cartografía de los resultados de la clasificación

La imagen clasificada y georreferenciada se incorporó al SIG Arc View 3.3 donde se delimitaron los sectores superiores de interés, para cada una de los cuales se prepararon los mapas temáticos (**Figs**. 4, 5 y 6).

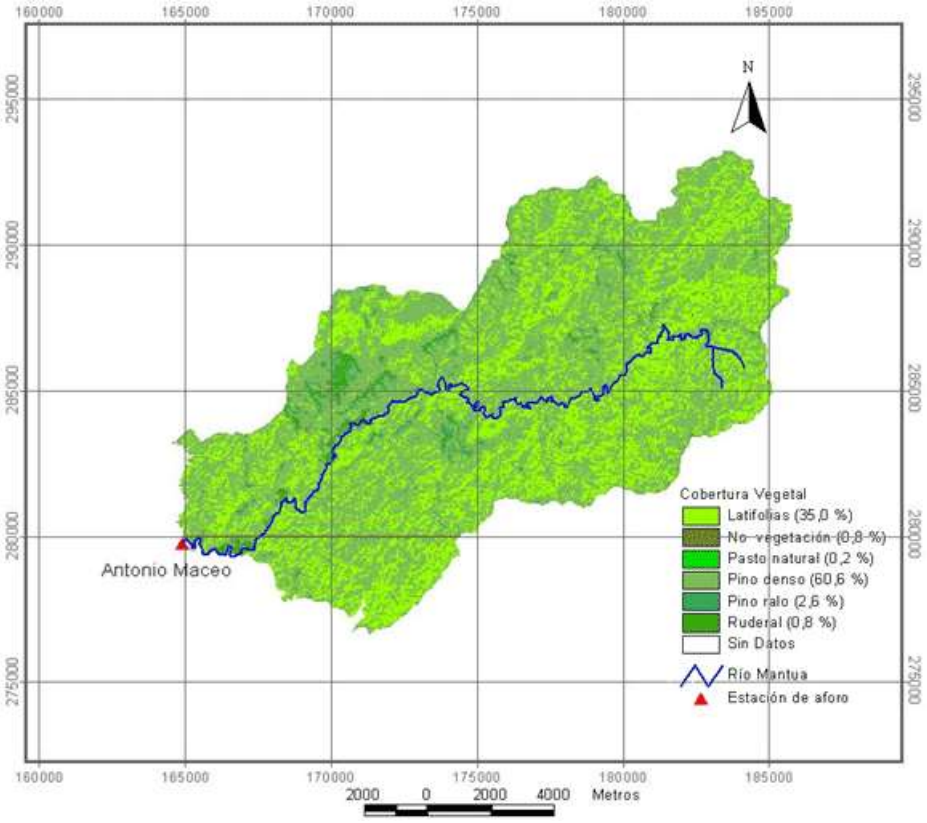


Fig.4. Mapa de Cobertura Vegetal del sector superior de la cuenca del río Mantua.

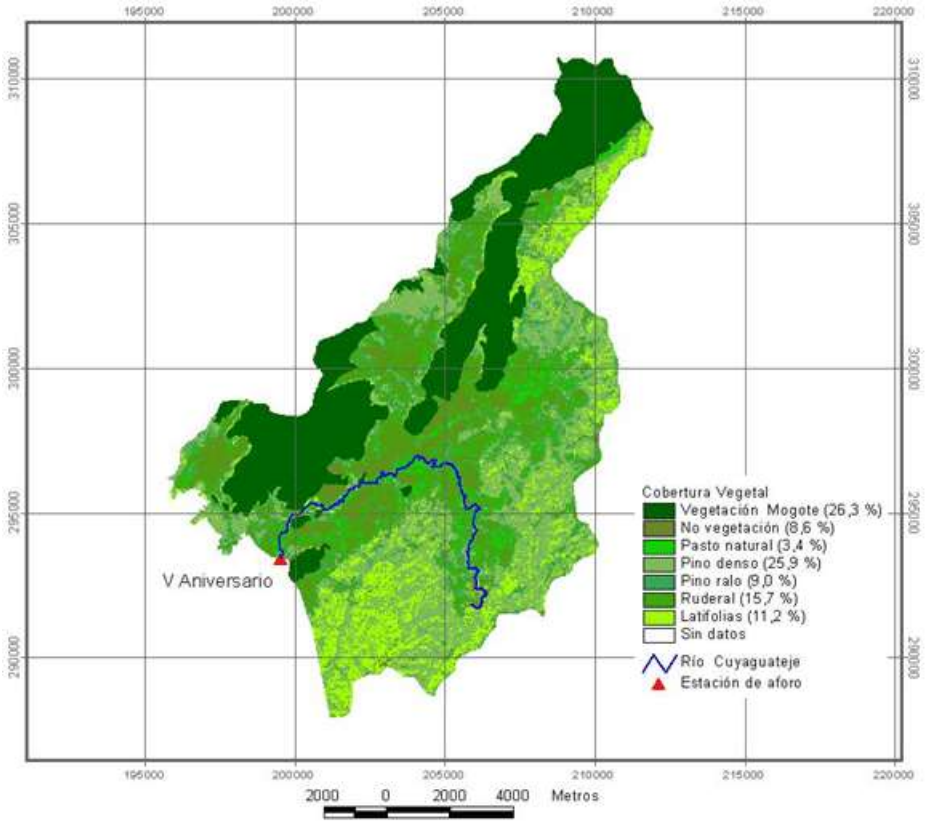


Fig. 5. Mapa de Cobertura Vegetal del sector superior de la cuenca del río Cuyaguateje.

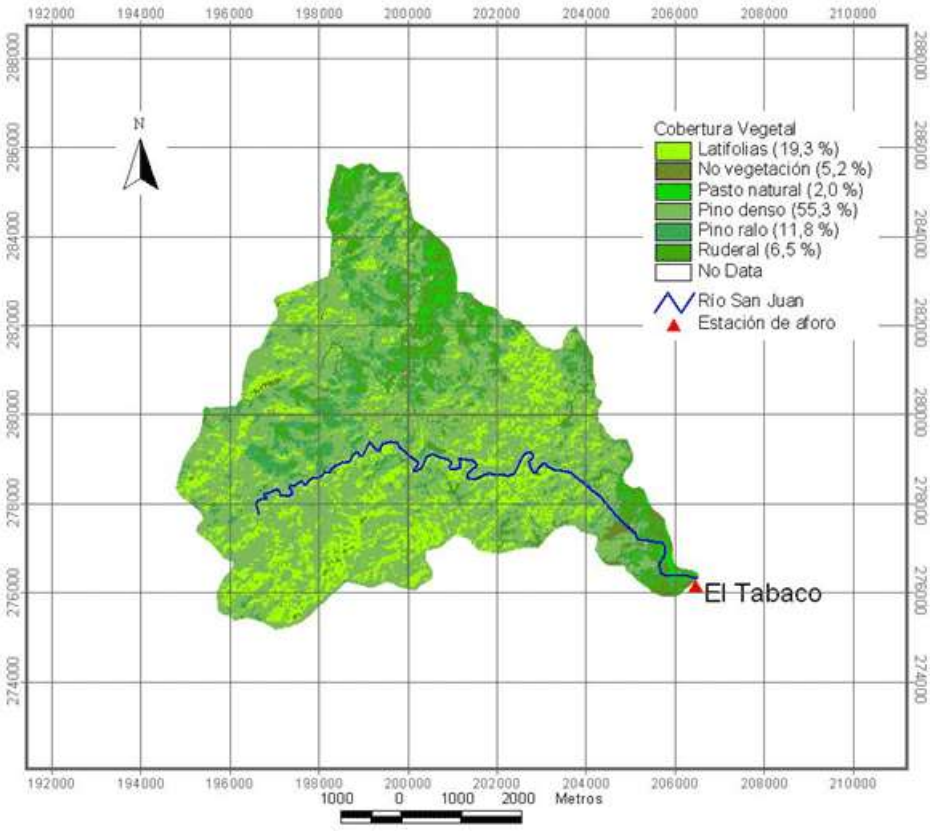


Fig. 6. Mapa de Cobertura Vegetal del sector superior de la cuenca del río San Juan y Martínez.

El procesamiento estadístico de la información contenida en los mapas de cada cuenca, se resume en la Tabla I. En la misma se puede apreciar que el porcentaje de cada tipo de cobertura vegetal en las cuencas investigadas no es coincidente, aunque hay que destacar que los bosques de ambas clases de pinos, en conjunto, representan más del 63 % en los sectores altos de las cuencas Mantua y San Juan y Martínez y el 35 % en el sector superior del río Cuyaguateje. Las latifolias tienen su máxima representación porcentual en la cuenca Mantua, mientras que los pastos y el ruderal predominan en la cuenca Cuyaguateje.

Tabla I. Superficie que ocupa, los diferentes tipos de cobertura vegetal, en cada uno de los sectores.

TIPOS DE COBERTURA VEGETAL	SECTORES SUPERIORES					
	MANTUA		CUYAGUATEJE		SAN JUAN y MARTÍNEZ	
	ha	%	ha	%	ha	%
Pino denso	10926,7	60,64	7132,9	25,9	3436,4	55,29
Pino ralo	469,4	2,61	2201,5	9,0	731,1	11,76
Latifolias	6300,9	34,97	2689,5	11,2	1197,4	19,27
Pasto	27,9	0,16	587,0	3,4	122,6	1,97
Ruderal	149,3	0,83	2777,1	15,7	406,4	6,54
No vegetación	145,7	0,81	1778,0	8,6	321,0	5,17
Macizo Rocoso				26,3		

Específicamente en la parte superior de la cuenca Mantua el pino denso domina en el 60,6 % y seguido en extensión se encuentran las latifolias que ocupan aproximadamente el 35 % del área. En el caso del sector superior de la cuenca Cuyaguateje, según el estudio de la vegetación que se identifica, predomina el pino denso, que ocupa el 25,9 %, seguido en extensión, por el ruderal (marabú), que abarca el 15,7 % del área. Las latifolias ocupan aproximadamente el 11,2 % y el pino ralo el 9 %. En San Juan y Martínez tal y como se observa en la Tabla I, predomina el pino denso en 55,29 %, le continua en extensión las latifolias con una superficie de 19,27 % y el 11,76 % está conformado por el pino ralo. El ruderal y el pasto se extienden en un área de 6,54 y 1,97 % respectivamente.

Para comprobar la verdad terreno de los porcentajes de clasificación obtenidos por tipos de cobertura clasificada en la imagen respecto a las dieciocho parcelas muestreadas, se realizó un análisis de regresión cuyos resultados se muestran en el gráfico de la Fig. 7. El coeficiente de correlación r = 0,7337 fue altamente significativo con p < 0,001, lo que indica la concordancia existente entre la vegetación identificada en las parcelas y la obtenida para el área de estudio por medio del procesamiento digital de imágenes.

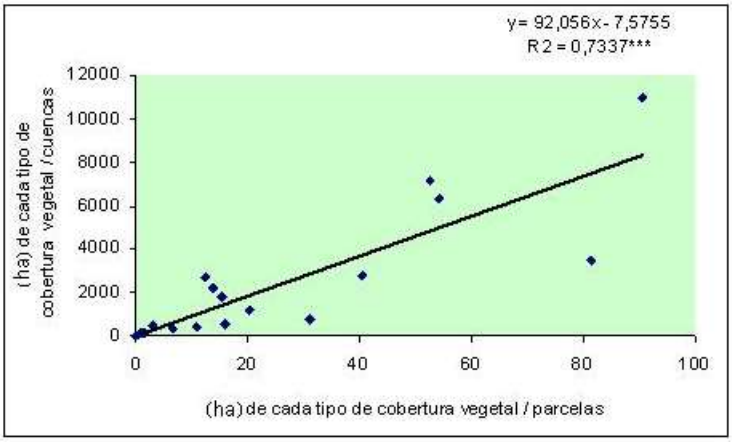


Fig.7. Regresión lineal de cobertura vegetal identificada en las cuencas superiores de los ríos estudiados a partir de la muestreada por parcelas en el terreno.

Los bosques de pino y su relación con los procesos de degradación

El predominio de los bosques de pinos en los sectores superiores de las cuencas investigadas tiene una influencia en la degradación de los suelos por dos tipos de procesos: la acidificación y la erosión hídrica.

Con relación a los procesos de acidificación debe destacarse que a pesar de que el pino es una especie vegetal que requiere suelos ácidos para su desarrollo, la explotación continua de estas especies forestales, durante más de 40 años, en los sectores superiores de estas cuencas, ha dado lugar a la continua extracción de las bases del suelo para incorporarla a la biomasa, con el resultado del incremento de la acidificación. Las bases extraídas no regresan a la cobertura edáfica ya que cuando se realiza la tala de los árboles, se traslada en la madera cortada.

Por otra parte los bosques de pinares en áreas tropicales como las investigadas, son propensos a los incendios que ocurren año tras año en época de seca por causas naturales o antrópicas y muchas veces de grandes proporciones. Ellos tienen un efecto acidificador, debido la producción de óxidos de nitrógeno que al incorporarse en las precipitaciones disminuyen los valores de pH (Morejón, 2009).

En cuanto a la influencia en los procesos de erosión hídrica de los bosques de pinos predominantes en estos sectores superiores de las cuencas debe destacarse que la escorrentía y las pérdidas por erosión disminuyen considerablemente cuando los suelos están provistos de una buena cobertura vegetal (Gumbs y Lindsay, 1982). No obstante debe tenerse en cuenta que toda planta defiende al suelo de la acción perjudicial de las lluvias, aunque naturalmente, en forma y proporciones diferentes según lo expresado por De Castro (1965), Fournier (1975), Tucker et al. (1997), Casermeiro et al. (2004). Por estas razones la extensión de los bosques de pinos proporcionan una buena protección al suelo ante el impacto de la lluvia, mucho mejor la especie pino denso que la de pino ralo. De lo anterior resulta que a pesar de las características del relieve de las cuencas, con pendientes mayores del 20% y las abundantes precipitaciones que caracterizan la región, la erosión resulta modulada.

Conclusiones

1. El empleo de las técnicas de Teledetección y los SIG permitieron clasificar cinco tipos de cobertura vegetal en las cuencas investigadas, que a saber fueron las siguientes: pino denso, pino ralo, latifolias, pasto y ruderal.

2. Existe buena concordancia entre los tipos de cobertura obtenidos y las parcelas de campo muestreadas para la validación.

3. La vegetación predominante en los tres sectores superiores investigados es el pino denso, que ocupa el 26 % para el área del Cuyaguateje, el 55,3 % en San Juan y Martínez y en Mantua el 60,6 %.

4. El predominio de la vegetación de pinares es un rasgo predominante en las tres cuencas investigadas lo cual tiene influencia en el comportamiento hidrológico y de degradación de los suelos.

5. La vegetación de pinares tiene un efecto positivo en el control de la erosión de los suelos, y a su vez negativo al incrementar la acidificación de los mismos.

Referencias

Bonet FJ (2004): Caracterización de loa dinámica Vegetal en el parque Natural de Sierra de Huétor (Granada, España) mediante el uso de SIG. En Medio Ambiente, recursos y riesgos naturales: Análisis mediante tecnología SIG y Teledetección (C. Conesa, Y. Álvarez y J. B. Martínez, eds.). Grupo de métodos cuantitativos, SIG y Teledetección (Asociación de Geógrafos Españoles) y Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Vol. I, pp.141-153.

Borhidi A (1996): Phitogeography and Vegetation Ecology. Akadémiai Kiadó. Budapest. 923 pp.

Capote RP y R Berazain (1984): Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. Rev. J. Bot. Nac. V (2): 27-75.

Capote RP, R Berazaín y A Leiva (1989a): Cuba. pp. 316-335. En: Campbell, D. G., y H. D. Hammond (Eds.): Floristic Inventory of Tropical Countries. NYBG-WWF, USA. 545 pp.

Capote RP, NE Ricardo, AV González, EE García, D. Vilamajó et al. (1989b): Vegetación Actual. 1: 000 000. X.1.2-3. En: IGACC, ICGC (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Ediciones Alber, España, 226 pp.

Casermeiro, M. A., J. A. Molina, M. T. de la Cruz, J. Hernández, M. I. Hernando, et al. (2004): Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. Catena, 57:91-107.

CENAP (2002): Sistema Nacional de Áreas Protegidas, CUBA Plan 2003-2008. CITMA-GEF-PNUD. 222 pp.

De Castro, F. S. (1965): Conservación de suelos. Edit. Rev. La Habana, 298 pp.

Chuvieco E (2002): La teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio, Ariel, Barcelona, 584 pp.

Fournier, F. (1975): Conservación de suelos. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, 155 pp.

Gilabert MA, González Piqueras J y Garcia Haro J (1997): Acerca del índice de vegetación. Revista de teledetección, No 8, p 35-46.

Gómez, R. (2009): "El desarrollo costero y la conservación de las formaciones vegetales en el segmento litoral Rancho Luna-Pasacaballo, Cienfuegos, Cuba. " [inédito], tesis para optar por el grado de Doctor, Universidad de Alicante, España, Universidad Pinar del Río, Cuba.

Gumbs FA y Lindsay JL (1982): Runoff and soil loss in Trinidad under different crop and soil management. Soil Sci. Soc. Am. Jour., 46(6): 1264-1266.

IGACC-ICGC (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Ediciones Alber, España, 226 pp.

Morejón, Y. (2009): " Análisis del estado actual y tendencias previsibles, de los recursos edáficos e hídricos en cuencas del occidente de Cuba " [inédito], tesis para optar por el grado de Doctor, Universidad de Alicante, España, Universidad Pinar del Río, Cuba.

Schlesinger, W.H. (2000): Biogeoquímica. Un análisis del cambio global, Ariel Ciencia,

Tucker, G., N. Gasparini, S. Lancaster y R. Bras (1997): An Integrated hillslope and channel evolution model as an investigation and prediction tool. Annual Report, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 60 pp.

WCMC (World Conservation Monitoring Center) (1992): Global Biodiversity Status of Earth Living Resources. Chapman Hall, London, xx + 594 pp.