

Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo "Los Números" Guisa, Granma

Multitemporal analysis of vegetation cover change in the management area "Los Números" Guisa, Granma

Análise multitemporal da mudança de cobertura vegetal na área de gestão "Los Números" Guisa, Granma

José Luis Figueredo Fernández^{1*}  <https://orcid.org/0000-0003-1216-8305>

Adonis Maikel Ramón Puebla²  <https://orcid.org/0000-0002-2515-2508>

Héctor Barrero Medel³  <https://orcid.org/0000-0003-4344-5600>

¹Instituto de Investigaciones AgroForestales, Estación Experimental Agroforestal Guisa/Grupo de desarrollo, Cuba.

²Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Órgano de montaña Sierra Maestra, Cuba.

³Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Pinar del Río, Cuba.

*Autor para la correspondencia: jfigueredof1981@gmail.com

Recibido: 5 de abril de 2019.

Aprobado: 10 de octubre de 2019.

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en la zona de "Los Números", municipio Guisa, provincia Granma, Cuba. Esta zona compone uno de los consejos rurales más extensos del territorio, donde la actividad forestal tiene un papel fundamental, con incidencia en más del 80 % del área. El objetivo de la investigación consistió en evaluar la dinámica espacio-temporal del cambio de cobertura vegetal acontecida entre los años 1986 y 2016 en terrenos bajo régimen de manejo forestal; para ello, mediante clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8, se catalogó la cobertura en cuatro categorías de ocupación (bosques; arbustivo; herbazales, pastos o cultivos y suelo desnudo). Se utilizó información del proyecto de ordenación forestal de la Empresa Agroforestal Granma, donde se exponen características de los lotes. Como resultado se obtuvo que, en el período analizado, disminuyeron 20,91 km² de zonas arbustivas y 6,38 km² de herbazales, pastos o cultivos; así como 6,65 km² de suelo desnudo; mientras que el 33,94 km² de los bosques representan claramente el avance del límite de cobertura boscosa. En términos de persistencia de la categoría bosques, las formaciones Pluvissilva de Montaña y Pinar fueron las más distintivas y, en relación con la persistencia de la categoría arbustivo, la formación semicaducifolio sobre suelo calizo y pluvissilva de montaña resultaron las más representadas. El 54 % del total de la recuperación se mostró en el Pinar. Influyen mayormente en la recuperación de la cobertura de esta formación los planes de reforestación acometidos durante el período analizado.



Palabras clave: imagen satelital; cobertura vegetal; dinámica.

ABSTRACT

The work was carried out in the area of "Los Números", Guisa municipality, Granma province, Cuba. This area forms one of the largest rural councils in the territory, where forestry plays a fundamental role, with an impact on more than 80 % of the area. The objective of the research was to evaluate the spatial-temporal dynamics of the change in vegetation cover that occurred between 1986 and 2016 in lands under a forest management regime. To this end, through the supervised classification of Landsat 5 and Landsat 8 satellite images, the cover was catalogued into four occupation categories (forest; shrub; grassland or crop; and naked-soil). Information from the forest management project of the Granma Agroforestry Enterprise was used, where the characteristics of the plots are presented. The result was that, during the period analyzed, 20.91 km² of shrub areas and 6.38 km² of grasslands, pastures or crops decreased, as well as 6.65 km² of naked soil, while 33.94 km² of forest clearly represented the advance of the forest cover limit. In terms of the persistence of the forest category, the Mountain Rainforest and Pine Forest formations were the most distinctive and, in relation to the persistence of the shrub category, the semi-deciduous formation on limestone soil and mountain rainforest were the most represented. The 54 % of the total recovery was shown in the Pinar del Rio. The reforestation plans undertaken during the period analysed have a major influence on the recovery of the coverage of this formation.

Keywords: satellite image; vegetation cover; dynamics.

SÍNTESE

O trabalho foi realizado na área de "Los Números", município de Guisa, província de Granma, Cuba. Esta área é um dos conselhos rurais mais extensos do território, onde a atividade florestal desempenha um papel fundamental, afetando mais de 80 % da área. O objetivo da pesquisa foi avaliar a dinâmica espaço-temporal da mudança de cobertura vegetal ocorrida entre 1986 e 2016 em terras sob manejo florestal. Para tanto, através da classificação supervisionada das imagens de satélite Landsat 5 e Landsat 8, a cobertura foi catalogada em quatro categorias de ocupação (floresta; arbustos; pastagens ou culturas; e solo descoberto). Foi utilizada informação do projeto de manejo florestal da Empresa Agroforestal Granma, onde são apresentadas as características das parcelas. O resultado foi que, no período analisado, diminuíram 20,91 km² de áreas arbustivas e 6,38 km² de pastos, pastagens ou cultivos, assim como 6,65 km² de solo descoberto; enquanto 33,94 km² de florestas representam claramente o avanço do limite de cobertura de florestas. Em termos de persistência da categoria bosques, as formações florestais de montanha e pinhal foram as mais marcantes e, em relação à persistência da categoria Arbustiva, a formação semi-decídua em solo calcário e floresta tropical de montanha foram as mais representadas. 54 % da recuperação total foi mostrada no Pine Grove. Os planos de reflorestamento empreendidos durante o período analisado têm uma grande influência na recuperação da cobertura desta formação.

Palavras-chave: imagem de satélite; cobertura vegetal; dinâmica.



INTRODUCCIÓN

Los bosques de montaña de la región neotropical están entre los más desconocidos y más amenazados de todas las vegetaciones forestales del trópico. Además, abrigan nacientes de cursos de agua, son de vital importancia para la preservación de la cantidad y calidad del agua y proporcionan resguardo y alimento para la fauna (Oliveira *et al.*, 2004, citado por Rodríguez, 2015).

Los análisis de cambios en la vegetación, características de los paisajes o propiedades de los hábitats por medio de información satelital son relativamente frecuentes, pero en Cuba han sido poco abordados. Algunos ejemplos de estos estudios han sido los desarrollados por Ponvert, (2003), Estrada *et al.*, (2013), Hernández y Cruz, (2016).

La cobertura terrestre se reconoce mediante dos términos: cobertura y uso de la tierra. El primero hace referencia a los aspectos presentes de la superficie de la tierra, independiente de su origen (natural o antrópico) e involucra la fisonomía y composición de la cobertura vegetal. El segundo término se aplica a los tipos de ocupación o utilización que de una cobertura hace el hombre, de forma temporal o permanente (Castilla, 2003).

De acuerdo con criterios de González y Romero, (2013), el conocimiento de la cobertura constituye uno de los aspectos más importantes dentro de los análisis biofísicos de los territorios, ya que permite espacializar los cambios de las coberturas y hacer una lectura ante diferentes escenarios de tiempo (análisis multitemporales).

Según Chuvieco, (1996), el análisis multitemporal permite detectar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo la evolución del medio natural o las repercusiones de la acción humana sobre ese medio. Estos estudios evalúan la velocidad de la deforestación o reforestación, determinan su extensión geográfica y contribuyen al entendimiento de las causas naturales, sociales o económicas de los cambios en las escalas global, regional y local.

Los bosques gestionados correctamente poseen un enorme potencial para contribuir al desarrollo sostenible y a una economía más verde; sin embargo, faltan datos empíricos que permitan demostrarlo con claridad (FAO, 2014).

En el contexto de la provincia de Granma, los bosques de pino constituyen la formación boscosa más importante desde el punto de vista económico y productivo. Los bosques plantados y naturales que corresponden a esta formación están constituidos principalmente por la especie *Pinus maestrensis* Bisse, un taxón endémico de la región oriental cubana; las Unidades Empresariales de Base (UEB) del sector forestal administran en su patrimonio un número considerable de hectáreas de estos bosques, sobre ecosistemas frágiles de montaña.

El área de manejo "Los Números" constituye el escenario más representativo de esta situación en el municipio Guisa y de la cual los estudios con imágenes satelitales son escasos. El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la dinámica espacio-temporal del cambio de cobertura vegetal que esta área ha experimentado durante el período comprendido entre 1986 al 2016.



MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación físico-geográfica de la zona de estudio

El área de manejo "Los Números" forma parte del patrimonio forestal de la UEB Silvícola Guisa, subordinada a la Empresa Agroforestal Granma, enclavada en el macizo montañoso de la Sierra Maestra. Esta área de manejo limita con los siguientes consejos populares del municipio: al norte con Guamá, al este con Los Horneros y Victorino, al oeste con La plata y al sur con el municipio Guamá de la provincia Santiago de Cuba (Figura 1).



Figura 1. - Ubicación del área de manejo "Los Números"

La topografía es compleja comparada con el resto de la provincia Granma, la pendiente promedio en la zona de estudio es de alrededor del 19 % y alcanza más del 40 % en lugares intrincados (Pérez, 2016). El suelo predominante es ferralítico rojo lixiviado y la altura sobre el nivel medio del mar varía desde los 839 a 1345 m Mogena *et al.*, (2007).

De acuerdo con datos del Centro Meteorológico de la provincia Granma (2016), el promedio de lluvias anuales es de 1815,75 mm, con temperatura media de 25,2 °C y valores de temperatura máxima y mínima de 31,7 y 20 °C, respectivamente.

Evaluación del cambio de cobertura vegetal

La zona de estudio se delimitó conforme a la superficie correspondiente al área de manejo "Los Números" (83,90 km²). Las variaciones ocurridas en la vegetación fueron estimadas con la ayuda de imágenes satelitales, una imagen Landsat 5 para el año 1986 y Landsat 8 para el 2016 con una resolución espacial (30 x 30 m, bandas 4-3-2 del sensor OLI) y proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (WGS 84 Zona 18 N), obtenidas del portal de internet del Servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey USGS) y correspondientes al mes de abril de ambos años (path/row: 12/46). Se emplearon técnicas de percepción remota y el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGis 10.2 en el procesamiento de las imágenes.



Preprocesamiento de imágenes

Las correcciones radiométricas se realizaron mediante el uso de los coeficientes de corrección (Alexakis *et al.*, 2013). Se utilizaron ecuaciones estándar para convertir números digitales a las unidades de radiancia y reflectancia (Chander *et al.*, 2009). Luego de la conversión a radiancia, cada imagen fue convertida a reflectancia superficial y luego se realizó la corrección atmosférica. Para reducir los efectos de la influencia atmosférica en el proceso de calibración se utilizó la información de la propia imagen, empleándose el método de substracción del objeto oscuro (DOS) propuesto por Chávez, (1996).

Clasificación de las coberturas

El procedimiento se realizó mediante una clasificación supervisada, utilizando el clasificador de máxima verosimilitud, el cual es uno de los algoritmos más comúnmente utilizados en percepción remota y considerado uno de los procedimientos de discriminación más eficientes (Camacho-Sanabria *et al.*, 2015 citado por Vistin, 2018). Se establecieron en la imagen campos de entrenamiento representativos de cada categoría de cobertura vegetal, mediante los cuales fueron diferenciados. Una vez generado el mapa de puntos, a través de la herramienta Spatial Analyst Tools> Multivariate>Create Signatures, se generó un fichero GSG, el cual fue utilizado en la clasificación final a través de la opción *input signature file* y realizada mediante la herramienta Spatial Analyst Tools>Multivariate>Maximum Likelihood Classification.

Chuvioco, (2010) refiere que, en los estudios donde se utiliza este método cuando se conoce a profundidad el área objeto de estudio, se puede reducir el número de categorías para una mejor comprensión. Las coberturas vegetales fueron catalogadas conforme a cuatro categorías: arbustivo, bosques, herbazales, pastos o cultivos y suelo desnudo. Para el análisis se elaboró, primeramente, una tabla de evolución y tasa de cambio anual de la superficie para cada categoría de cobertura y luego una tabla con la matriz de transición ocurrida en cada una de las mismas, la cual es el resultado de cruzar dos mapas de diferente fecha a través de la sobreposición de líneas vectoriales, el uso de esta matriz (Pérez y Bosque, 2007).

Luego de este análisis se elaboró un mapa con las transformaciones ocurridas en la cobertura vegetal, tomando como base las alternativas de cambios sucedidas en las categorías y la nueva propuesta de clasificación (Tabla 1).



Tabla 1.- Clasificación utilizada en la dinámica del cambio de cobertura

Cobertura 1986	Cobertura 2016	Resultado del cambio
Arbustivo	Bosques	Recuperación
	Herbazal, pastos o cultivos	Perdida
	Arbustivo	Persistencia A
Bosques	Bosques	Persistencia B
	Herbazal, pastos o cultivos	Perdida
	Arbustivo	Degradación
Herbazal, pastos o cultivos	Bosques	Recuperación
	Herbazal, pastos o cultivos	Persistencia H-P-C
	Arbustivo	Recuperación parcial
Suelo desnudo	Bosques	Recuperación
	Herbazal, pastos o cultivos	Recuperación parcial
	Arbustivo	Recuperación parcial
	Suelo desnudo	Persistencia Sd

Además, para establecer comparaciones con relación a los sitios donde sucedieron estos cambios, fue utilizada información derivada del proyecto de ordenación forestal de la Empresa Agroforestal Granma, correspondiente al período 2008-2018, donde se exponen características de los lotes que integran esta área de manejo, así como un fichero *shape* de su localización para el trabajo con el SIG. (Tabla 2)

Tabla 2. - Características del patrimonio forestal en el AM "Los Números"

Formación Forestal	Números de los Lotes	Categoría de Bosque	Tipo de Suelo	Área (km ²)	
Pluv-m	17	BPAS	PrSCarb	4,54	
	28			9,39	
	31		FrRjLx	7,27	
	33			8,22	
Pinar	22	BPAS	FrRjLx	4,65	
	27			4,21	
	29			4,50	
	32			3,16	
	35			8,68	
	18	BPR		PrSCarb	8,62
	20				5,03
Scf-c	19	BPR	PrSCarb	4,46	
	21	BPAS	FrRjLx	5,30	
Monte Nublado	34			5,87	

Fuente: Empresa Agroforestal Granma, Ordenación forestal 2008.



Abreviaturas: Pluv-m (Pluvisilva de montaña), Scf-c (Semicaducifolio sobre suelo calizo), BPAS (Bosques Protectores de Aguas y Suelos), BPR (Bosques de Producción), PrSCarb (Pardo sin Carbonatos), FrRjLx (Ferralítico Rojo Lixiviado).

Se utilizó el paquete estadístico SPSS, versión 21 para la determinación de los parámetros descriptivos de las categorías y su representación en los lotes.

RESULTADOS

Al aplicar el módulo de clasificación se obtuvieron los mapas correspondientes con la cobertura vegetal del área de manejo en 1986 y 2016 (Figura 2).

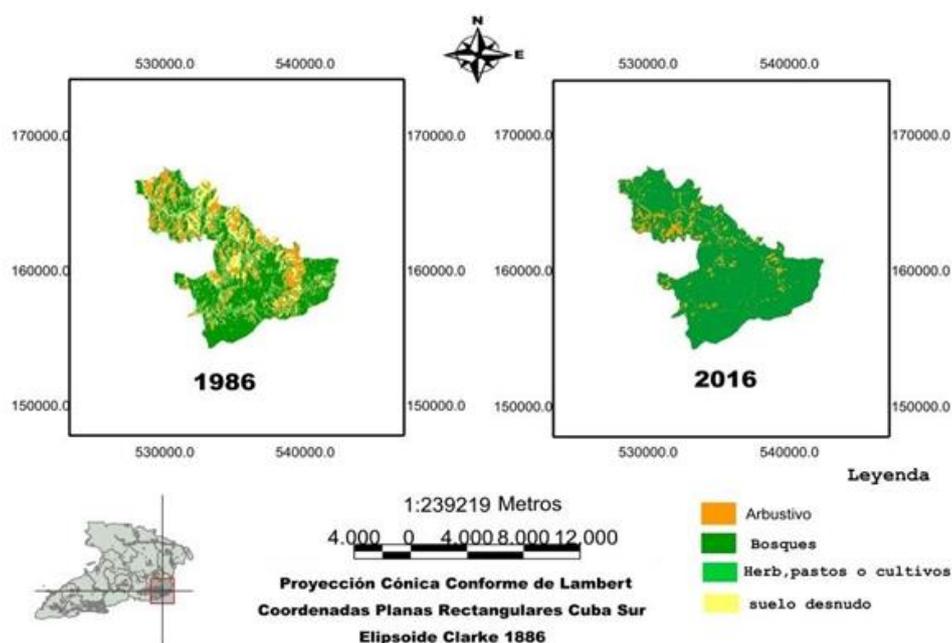


Figura 2. - Cobertura vegetal del área de manejo "Los Números" en los años 1986 y 2016

Se muestran para ambos años, los valores totales en superficie y porcentaje, así como la tasa anual de cambio de las categorías analizadas. (Tabla 3)



Tabla 3. - Evolución en superficie y porcentaje de la cobertura vegetal entre los años 1986 y 2016

CATEGORÍAS	Año 1986		Año 2016		* Superficie y tasa anual de cambio	
	km ²	%	km ²	%	km ²	TAC
Arbustivo(A)	26,70	31,82	5,80	6,90	20,91	0,69
Bosques (B)	44,04	52,49	77,98	92,95	-33,94	-1,13
Herbazal, pastos o cultivos (HPC)	6,51	7,75	0,12	0,15	6,38	0,21
Suelo desnudo(SD)	6,65	7,93	0,0015	0,002	6,65	0,22
Total	83,90	100	83,90	100		

* S = (categoría en 1986 - categoría en 2016), TAC = S/ número de años de diferencia. Valores negativos indican ganancia de las categorías y valores positivos pérdidas.

La matriz de transición confeccionada muestra las persistencias, pérdidas y ganancias por cada categoría de cobertura (Tabla 4).

Tabla 4. - Matriz de transición obtenida de la tabulación cruzada de los mapas de cobertura vegetal de los años 1986 y 2016 (superficie en km²)

	Estables 45,36	Año 2016				Total 1986	Perdidas
		A	B	HPC	SD		
Año 1986	A	2,25	24,39	5,94	0	26,70	24,45
	B	0,93	43,08	2,70	0	44,04	0,96
	HPC	0,97	5,51	2,73	0	6,51	6,48
	SD	1,63	5,01	1,20	0,0015	6,65	6,65
Total 2016		5,80	77,98	0,12	0,0015	83,90	38,54
Ganancias		3,54	34,90	0,10	0,0000	38,54	

Superficie de las categorías de cobertura en los lotes del área de manejo

La clasificación realizada con las imágenes del año 1986 arrojó que las cuatro categorías estuvieron presentes en cada uno de los 15 lotes del área de estudio: la categoría arbustiva presentó valor mínimo de 0,57 km² (lote 29), máximo 4,13 km² (lote 28) y media 1,91 km²; en la categoría bosques la media fue de 3,15 km² con valor de mínimo de 1,13 km² (lote 20) y máximo de 7,0 km² (lote 33). Los herbazales, pastos o cultivos presentaron un valor medio de 0,47 km² con área mínima de 0,26 km² (lote 17) y máximo 0,69 km² (lote 18). Por último, los suelos desprovistos de vegetación tuvieron una media de 0,48 km², mínimo de 0,05 (lote 32) y máximo de 1,36 km² (lote 20).



Para el año 2016 se determinó que la categoría suelo desnudo solo estuvo presente en dos de los lotes (28 y 31) y con una superficie despreciable; los herbazales, pastos o cultivos no tuvieron representación en cuatro unidades (lotes 29, 32, 34 y 35), para el resto presentaron un área promedio de 0,01 km² con valor máximo de 0,03 km² (lote 31). Las categorías arbustivo y bosques presentaron valores de superficie de 0,41 km² como media, mínimo de 0,04 km² (lote 33) y máximo de 1,22 km² (lote 19) para la primera y para la segunda media de 5,57 km²; mínimo 3,02 km² (lote 32) y máximo de 8,72 km² (lote 28).

Las alternativas de cambios sucedidas en las categorías en función de las formaciones forestales representadas en el área de estudio se muestran en la Figura 3. (Figura 3)

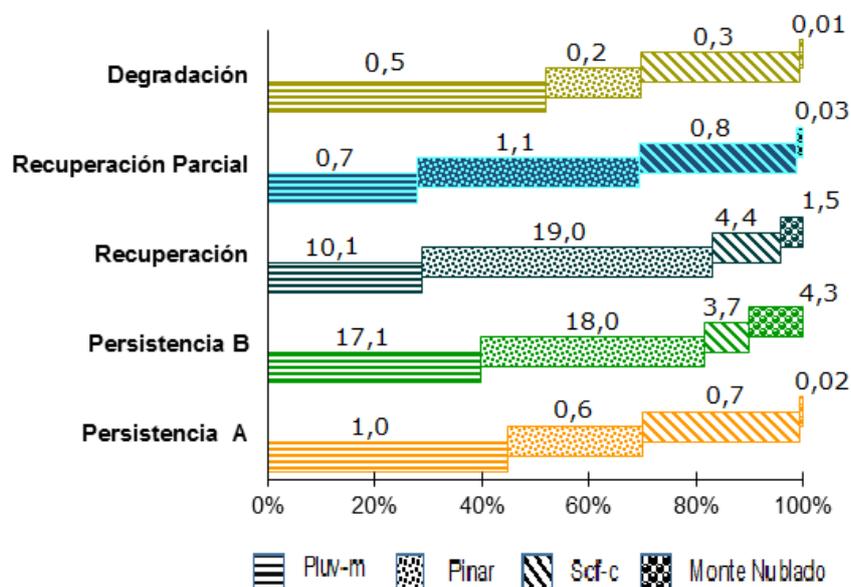


Figura 3. - Dinámica de la cobertura vegetal por formación forestal (superficie en km²)

La Figura 4 muestra la mapificación de los cambios ocurridos en el área de estudio, donde la persistencia de suelo desnudo y herbazales pastos o cultivos resultaron despreciables para la escala empleada, razón por la cual no fueron representadas en el mapa (Figura 4).



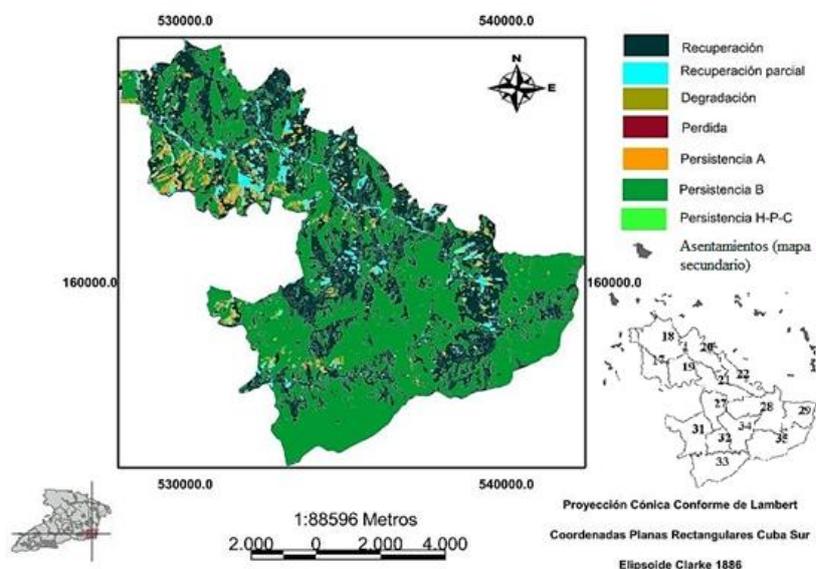


Figura 4. - Mapa de dinámica de la cobertura vegetal entre los años 1986 y 2016

DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra claramente un aumento de la categoría bosques para el intervalo de tiempo analizado, coincidiendo con **Ramón, (2012)**, quien reportó resultados similares para esta zona en un estudio de estimación del potencial forestal del municipio Guisa. La gestión forestal es una de las actividades que genera cambios drásticos en las coberturas vegetales, lo que puede resultar en incremento o detrimento de la cobertura boscosa en dependencia del modo en que sean acometidas; por ejemplo a este efecto, serían positivas las acciones de forestación y/o reforestación, el manejo forestal sostenible y negativas la tala exhaustiva e indiscriminada y la inobservancia de las regulaciones forestales vigentes para el aprovechamiento maderero del área conforme al relieve, categoría de bosque y formación forestal. Por tanto, la gestión forestal realizada en esta área de manejo al menos en el aspecto cobertura ha sido positiva.

En la evolución de la superficie expuesta en la Tabla 3, se aprecia que en el año 1986 la distribución porcentual muestra una mayor cobertura de bosques, ocupando más de la mitad de la superficie, seguida por la vegetación arbustiva. De conjunto, estas dos categorías ocupan el 84,3 % de la superficie, en el resto los herbazales, pastos o cultivos y el suelo desnudo presentaron igual porcentaje de ocupación. En el año 2016, a diferencia de 1986, los herbazales, pastos o cultivos y el suelo desnudo no tienen prácticamente representación y la contribución porcentual de las categorías muestra una conversión casi total a bosques.

El análisis también reveló que, entre 1986 y 2016 han disminuido 20,91 km² de zonas arbustivas y 6,38 km² de herbazales, pastos o cultivos, así como 6,65 km² de suelo desnudo, lo cual indica que estas categorías de cobertura durante 30 años fueron perdiendo espacio paulatinamente. Mientras que 33,94 km² pertenecientes a la categoría bosques en 2016, representan claramente un notable incremento de los límites de la categoría bosques con respecto a 1986.



Algunas de las causas por las cuales estas categorías cedieron superficie pudiese haber sido el establecimiento de plantaciones, el crecimiento arbustivo hacia un estrato superior y, en alguna medida, el éxodo de los pobladores de la montaña (aspecto evidente en la actualidad) lo cual reduciría otros usos antrópicos del suelo como, por ejemplo, la agricultura temporal.

La matriz de transición de las categorías mostrada en la Tabla 4 muestra las ganancias y pérdidas de cada una de las categorías individualmente. En esta se observa cómo la vegetación arbustiva ganó 3,54 km²; pero cedió 24,45 km², las que se transformaron mayormente en bosques (24,39 km²), por lo que resulta considerable la ganancia de esta categoría en particular, la cual ocupó además 5,51 km² de herbazales, pastos o cultivos y 5,01 km² de suelo desnudo para una ganancia total de 34,90 km² con solamente 0,96 km² perdidos.

La sumatoria de los valores de persistencia (indicados en la diagonal) establece que, del total de la superficie del área de manejo, el 54,1 % mantuvo su categoría de ocupación, o sea, 45,36 km²; de ellas, nuevamente la categoría bosques es la más representativa con el 95 % de la superficie que se mantiene estable. Sin embargo, este porcentaje de cobertura vegetal no debe ser apreciado como indicador de calidad estructural de estos bosques si se tiene en cuenta que autores como [Rosabal, \(2011\)](#) y [Pérez, \(2016\)](#) describen una situación de la silvicultura deficiente en esta zona boscosa.

Las alternativas de cambios visibles en la Figura 3 muestran que, en términos de persistencia de la categoría bosques, las formaciones pluvisilva de montaña y pinar son las más distintivas; lo cual resulta lógico al ser las más extensas dentro de esta área de manejo. De conjunto representan alrededor del 81 % de la masa boscosa que se mantuvo invariable; la formación monte nublado presente en el área de estudio solamente en uno de los lotes representó el 10 % y resultó algo superior a la formación semicaducifolio sobre suelo calizo (9 %), la cual es casi el doble de su extensión, por lo que la incidencia del factor antrópico y/o fenómenos climáticos parecen haber tenido menor repercusión en esta formación que en la anterior.

La persistencia de la categoría arbustivo se compartió mayormente en las formaciones pluvisilva de montaña (45 %) y semicaducifolio sobre suelo calizo (29 %); esta última, aun cuando está representada solo en dos de los 15 lotes que componen el área de manejo, resultó superior a la formación pinar (25 %), la cual está presente en siete de estas unidades dasocráticas de la ordenación forestal.

Al analizar la recuperación, es el pinar, con un 54 %, la formación de mayor influencia en este sentido, seguido de la pluvisilva de montaña (29 %), semicaducifolio sobre suelo calizo (13 %) y el monte nublado (4 %). El hecho de que sea el pinar la formación más recuperada, así como con valores de degradación y persistencia de la categoría arbustivo relativamente bajos en comparación con su extensión, infiere la aparición de un factor catalizador en el crecimiento prácticamente homogéneo de la categoría arbustivo hacia un estrato superior, como resulta, por ejemplo, el establecimiento de plantaciones forestales.

Los resultados para esta categoría de cambio son consistentes con los reportes en la literatura, donde se refiere el acometimiento de un amplio programa de reforestación a inicios de la década de los 80, alcanzando el país en 2016 la cifra de 12,48 miles de km² cubiertos de bosques en las áreas del Plan Turquino (Dirección Nacional Forestal, 2017). Esto sugiere que la recuperación estuvo mayormente influenciada por los planes de reforestación, pues las plantaciones que tradicionalmente se han



realizado en esta área han sido con especies del género *Pinus*, de acuerdo con informes del servicio estatal de la provincia de Granma; en el 2015 existían en el municipio Guisa 31,46 km² plantados de *Pinus maestrensis* Bisse con tres o más años.

La Figura 4 ofrece una representación visual objetiva de los sitios donde se presentaron estos cambios. De forma general, la recuperación se manifestó prácticamente por toda el área de manejo, pero con mayor representatividad al noreste, donde los asentamientos poblacionales que existen están más distantes de la misma; los sitios con recuperación parcial se muestran en muchos casos en coincidencia con la red caminera del área, lo cual sugiere el abandono de pistas de extracción de madera y vías de accesos y/o el estrechamiento de los caminos rurales existentes. La degradación y persistencia arbustiva se agrupa al noroeste del área y con una mayor relación en cuanto a cercanía y cantidad de asentamientos, lo cual sin ser conclusivo puede haber influido en la concentración de estas dos clasificaciones en esta parte del área de manejo, debido a que presenta características como una mayor accesibilidad y una topografía menos accidentada que las hacen más vulnerables a la utilización de tierras para la agricultura de montaña.

Los cambios asociados a la dinámica de la cobertura vegetal en los años comprendidos entre 1986 y 2016 evidencian un considerable incremento de la categoría bosques.

En términos de persistencia de la categoría bosques, las formaciones pluvisilva de montaña y pinar fueron las más distintivas y, en relación con la persistencia de la categoría arbustivo, la formación pluvisilva de montaña y semicaducifolio sobre suelo calizo resultaron las más representadas.

El 54 % del total de la recuperación se mostró en el pinar y la mayor influencia en la recuperación de la cobertura en esta formación estuvo dada por los planes de reforestación acometidos durante el período analizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXAKIS, D.D., GRYLLAKIS, M.G., KOUTROULIS, A.G., AGAPIOU, A., THEMISTOCLEOUS, K., TSANIS, I.K., MICHAELIDES, S., PASHIARDIS, S., DEMETRIOU, C., ARISTEIDOU, K., RETALIS, A., TYMVIOS, F. y HADJIMITSIS, D.G., 2013. *GIS and remote sensing techniques for the assessment of land use changes impact on flood hydrology: the case study of Yialias Basin in Cyprus*. Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions [en línea], vol. 1, pp. 4833-4869. DOI 10.5194/nhessd-1-4833-2013. Disponible en: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2013NHESD...1.4833A>.
- CASTILLA CASTELLANO, G., 2003. *Análisis orientado a objetos de imágenes de teledetección para cartografía forestal: bases conceptuales y un método de segmentación para obtener una partición inicial para la clasificación* [en línea]. phd. S.I.: E.T.S.I. Montes (UPM). Disponible en: <http://oa.upm.es/133/>.
- CENTRO METEOROLÓGICO PROVINCIA GRANMA, 2016. *Datos Climáticos de la zona los Horneros, pertenecientes al municipio Guisa de la provincia Granma, en el período del año 2010 al 2015*. Informe técnico. Inédito. Granma, Cuba: Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.



- CHANDER, G., MARKHAM, B.L. y HELDER, D.L., 2009. *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors*. Remote Sensing of Environment [en línea], vol. 113, no. 5, pp. 893-903. ISSN 0034-4257. DOI 10.1016/j.rse.2009.01.007. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425709000169>.
- CHÁVEZ, P., 1996. Image-Based Atmospheric Corrections-Revisited and Improved. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* [en línea], vol. 62, no. 9, pp. 1025-1036. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Image-Based-Atmospheric-Corrections-Revisited-and-Chavez/45f12625ce130261c7d360d50e09c635355ca919>.
- CHUVIECO, E., 2010. *Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio* [en línea]. S.l.: Editorial Ariel. ISBN: 978-84-344-3498-1. Disponible en: https://books.google.com/cu/books/about/Teledetecci%C3%B3n_ambiental.html?id=WiTCXwAACAAJ&redir_esc=y.
- CHUVIECO SALINERO, E., 1996. *FUNDAMENTOS DE TELEDETECCION ESPACIAL (3ª ED) | EMILIO CHUVIECO SALINERO* [en línea]. 3ª ED. S.l.: RIALP. ISBN 978-84-321-3127-1. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-fundamentos-de-teledeteccion-espacial-3aa-ed /9788432131271/578712>.
- DIRECCIÓN NACIONAL FORESTAL, 2017. *Situación de los bosques de Cuba 2016*. La Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura. Boletín 01.
- ESTRADA ESTRADA, R., MARTÍN MORALES, G., MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, P., RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, S.V., CAPOTE LÓPEZ, R.P., REYES ALONSO, I., GALANO DUVERGER, S., CABRERA GUTIÉRREZ, C., MARTÍNEZ BAYÓN, C., MATEO REGO, L., GUERRA SOSA, Y., BATTE HERNÁNDEZ, A. y COYA DE LA FUENTE, L., 2013. *Mapa (BD-SIG) de vegetación natural y seminatural de Cuba v.1 sobre Landsat ETM 7 SLC-off gap filled, circa 2011*. IV Congreso sobre Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad [en línea], pp. 15. Disponible en: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/597>.
- FAO ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 2014. *El estado de los bosques del mundo. Potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques*. Roma, Italia: FAO.
- GONZÁLEZ BORRERO, L.H. y PATRICIA, R.R.Á., 2013. *Análisis multitemporal de los cambios de la cobertura de la tierra e incidencia del cultivo de palma en el territorio del municipio de Villanueva Casanare* [en línea]. Tesis en opción al Título Académico de Magister en Gestión Ambiental. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/13495>.
- MOGENA, O., CUESTA, P., ZAMORA, B. y RODRÍGUEZ, Y., 2007. *Proyecto de Organización y Desarrollo de la Economía Forestal 2008-2018*. Bayamo: Empresa Forestal Integral Bayamo.



- PÉREZ GÓMEZ, U. y BOSQUE SENDRA, J., 2007. *Transiciones de la cobertura y uso de la tierra en el periodo 1991-2005 en la cuenca del río Combeima, Colombia*. Serie geográfica [en línea], no. 14, pp. 163-178. [Consulta: 23 abril 2019]. ISSN: 1136-5277. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2955788>.
- PÉREZ, M., 2016. *Sistema de aprovechamiento maderero de impacto reducido para plantaciones de Pinus maestrensis Bisse, en la Unidad Empresarial de Base Silvícola de Guisa, Granma*. Tesis en opción al Título Académico de Máster en Gestión Ambiental, Mención: Gestión Ambiental de Ecosistemas. Granma, Cuba: Universidad de Granma.
- PONVERT-DELISLES, D.R., 2003. *Leyenda de categorías de ocupación del suelo para Cuba. Una herramienta imprescindible para abordar la cartografía de las...* | *Asociación Española de Teledetección*. Revista de Teledetección [en línea], vol. 19, pp. 11-17. Disponible en: <http://www.aet.org.es/?q=revista19-2>.
- RAMÓN PUEBLA, A.M., MARTÍNEZ QUINTANA, L., LÓPEZ SUAREZ, O., SUAREZ GARCÍA, C. y ZAMORA MONTECELOS, Y., 2012. *Estimación del patrimonio forestal y su categorización a partir de Imágenes Landsat TM y Modelación SIG, del Municipio Guisa: Cuba*. *Terra* [en línea], vol. 28, no. 44, pp. 39-52. [Consulta: 23 abril 2019]. ISSN 1012-7089. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1012-70892012000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- RODRÍGUEZ, J.L., 2015. *Fitosociología y demografía de Juglans jamaicensis C. DC., en el Parque Nacional Turquino, provincia de Granma*. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Pinar del Río, Cuba: Universidad de Pinar del Río «Hermanos Saíz Montes de Oca».
- RODRÍGUEZ, M.H. y FLORES, D.D.C., 2016. *Cobertura de vegetación natural en Parques Nacionales de Cuba: Análisis multitemporal y variación futura de las condiciones bioclimáticas*. *Revista del Jardín Botánico Nacional* [en línea], vol. 37, pp. 93-102. ISSN: 0253-5696. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/44318545>.
- ROSABAL, A., 2011. *Estrategia de manejo con impacto ambiental reducido para el ecosistema montañoso de la Unidad Silvícola Guisa con énfasis en las áreas de tala*. Tesis en opción al Título Académico de Máster en Gestión Ambiental, Mención: Gestión Ambiental de Ecosistemas. Granma, Cuba: Universidad de Granma.
- VISTIN, D.A., 2018. *Propuesta de rehabilitación del bosque siempre verde montano en la comunidad de "Guangras" dentro del Parque Nacional Sangay, Ecuador*. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Pinar del Río, Cuba: Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca".



Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-
NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2020 José Luis Figueredo Fernández, Adonis Maikel Ramón Puebla,
Héctor Barrero Medel

