

---

---

**XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica  
25, 26 y 27 de Junio de 2014. Alicante.**

---

---

**Propuesta de clasificación, mediante TIG, de la cobertura  
vegetal en sistemas arenosos áridos.**

Leví García Romero<sup>\*a</sup>, Antonio I. Hernández Cordero<sup>a</sup>, Luis Hernández Calvento<sup>a</sup> y  
Emma Pérez-Chacón<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Instituto de Oceanografía y Cambio Global (IOCAG). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*

---

**Resumen**

Este trabajo forma parte de un diagnóstico sobre la dinámica sedimentaria eólica de la isla de La Graciosa (islas Canarias, España), desarrollado al amparo de un proyecto de I+D+i. Como premisa de partida se considera que la evolución reciente de la cobertura vegetal es un excelente indicador de cambios ambientales, naturales o antrópicos, producidos en los sistemas arenosos, especialmente cuando éstos son áridos. Con base en esta premisa, el objetivo es diseñar un procedimiento para evaluar la cobertura vegetal en sistemas arenosos áridos, mediante el tratamiento digital de imágenes aéreas. El desarrollo metodológico se basa en la utilización de una ortofoto multiespectral de febrero de 2009, con una resolución espacial de 10 centímetros. La reclasificación estadística de los valores capturados por la banda verde permite discriminar las coberturas vegetación y arena. La vegetación es vectorizada a una geometría de puntos y se calcula su densidad para distintas áreas de vecindad. Se comparan los resultados con los obtenidos mediante otros métodos tradicionales, desarrollados con apoyo de trabajo de campo. Se valora la eficacia del cálculo de densidad de vectores, así como el uso de bandas visibles, en la caracterización de la cobertura vegetal, siempre que se den unas condiciones ambientales específicas. Se discute la mayor rapidez y objetividad en la generación de la información, con respecto a otros métodos basados en el análisis visual. Los resultados obtenidos suponen un avance en la caracterización de la cobertura vegetal en sistemas arenosos áridos.

Palabras clave: cobertura vegetal; sistemas arenosos áridos; tecnologías de la información geográfica.

---

---

<sup>\*</sup> E-mail : lhernandez@dgeo.ulpgc.es

## 1. Introducción

En las últimas décadas, algunos sistemas playa-duna del sur de la isla de La Graciosa (islas Canarias, España), (figura1) presentan un proceso de erosión significativo. Además este comportamiento se ha asociado a la cobertura vegetal, ya que, simultáneamente se ha experimentado un incremento de esta y, por consiguiente, estabilizando amplios sectores de mantos eólicos. Por este motivo surge la necesidad de conocer el grado de recubrimiento de la cobertura vegetal y su distribución en los sistemas sedimentarios eólicos de la isla. Todo ello a partir de un método que permita hacer estudios diacrónicos con fotografías aéreas históricas, y que puedan ser utilizados en otros sistemas arenosos áridos. Esto se debe sobre todo porque la dinámica sedimentaria no sólo depende de procesos naturales, sino que las actividades humanas inciden de forma significativa, hasta el punto de condicionar su permanencia (Jackson y Nordstrom, 2011). Se han definido y caracterizado seis etapas históricas que pudieron alterar los sistemas sedimentarios eólicos, siendo las actividades relacionadas con el aprovechamiento de la vegetación, las que tuvieron mayor repercusión en la inestabilidad de las arenas (Hernández *et al.*, 2013). Por todo esto, el método debe adaptarse a fuentes de información históricas acordes a estas etapas porque, entre otros elementos, la vegetación participa de forma activa en la captación de sedimentos (Hesp, 1991) formando sistemas dunares.

En este sentido, entendemos el grado de recubrimiento como la densidad de la cobertura vegetal y su posterior clasificación. En general, la bibliografía clasifica la densidad de la vegetación utilizando directamente imágenes hiperespectrales que provienen de diversos sensores aerotransportados, calculando la reflectividad y reclasificándolas (Woodcock *et al.*, 1994; Hall *et al.*, 1998; Underwood *et al.*, 2003; De Lange *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2012). De la misma forma se emplean fotografías aéreas (Jauhiainen *et al.*, 2007) y se utilizan técnicas orientadas a objetos (Laliberte *et al.*, 2004; Platt y Schoennagel, 2009). Al ser importante la densidad de la vegetación en sistemas dunares, porque repercute directamente en la acumulación y la dinámica sedimentaria, para calcular esta densidad se utilizan imágenes hiperespectrales (Shupe y Marsh, 2004), interpretación visual sobre ortofotos digitales (Robbins, 1997; García *et al.*, 2012), con fotografías aéreas, clasificaciones estadísticas (Shoshany, 2000; Kutiel *et al.*, 2004; Laliberte *et al.*, 2007) o clasificaciones según aspectos texturales (Hudak y Wessman, 1998) y clasificaciones sobre ortofotos de falso color (Droesen *et al.*, 1995).

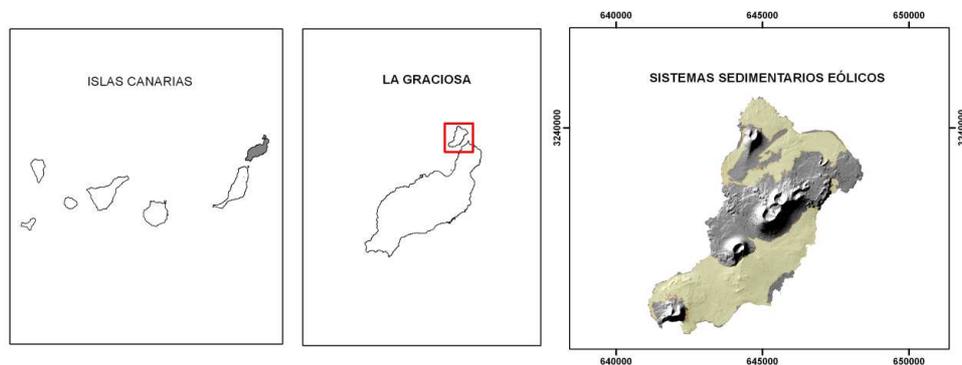


Figura 1. Localización del área de estudio. En color claro se representa la distribución espacial de los sistemas sedimentarios eólicos de La Graciosa.

## 2. Metodología, materiales, datos y herramientas

El presente estudio pretende aportar un procedimiento automatizado que clasifique la cobertura vegetal en función del grado de recubrimiento sobre los sistemas sedimentarios eólicos de La Graciosa. Para ello, se ha utilizado la “banda verde” de la ortofoto digital (febrero de 2009) que, proporcionada por el Organismo Autónomo Parques Nacionales, procede de un vuelo LIDAR. La ortofoto tiene una resolución espacial de 10 centímetros y una espectral de cuatro bandas, tres del espectro visible y una del infrarrojo cercano. Como sistema de referencia, se ha trabajado con el datum WGS84. Se ha utilizado la “banda verde” porque aporta más información de la cobertura vegetal dentro de las bandas que componen la región del visible (figura 2), sobre todo cuando esta se encuentra en un estado óptimo de vigorosidad, propio de las fechas en las que fue tomada la ortofoto anteriormente mencionada. La información viene dada en píxeles cuyos niveles digitales (ND) poseen valores de grises, intentando adaptar el presente procedimiento a fotografías aéreas históricas. Esta decisión intenta igualar los valores a dichas imágenes, cuya información se representa de forma similar.

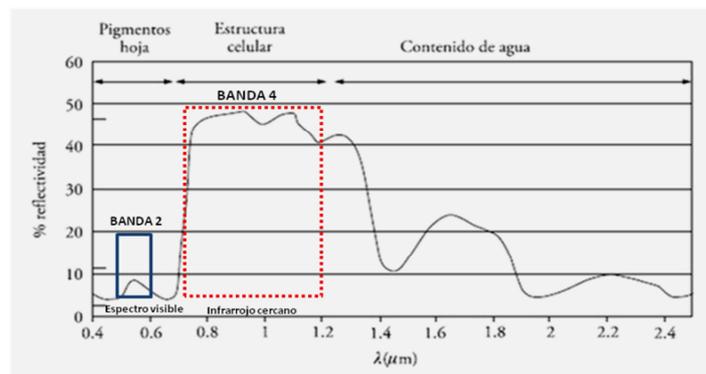


Figura 2. Factores de la reflectividad de la vegetación sana en el espectro óptico (modificado de Chuvieco, 2010).

### 2.1. Procedimiento para medir el grado de recubrimiento de la cobertura vegetal en el sistema sedimentario eólico

#### 2.1.1. Preparación de la “banda Verde” de la ortofoto digital (Febrero 2009)

Se ha desechado algunas zonas de nuestro ámbito de estudio, quedándose fuera del procesado conos volcánicos, coladas, edificaciones, etc. Sólo se ha trabajado la zona considerada como sistemas sedimentarios eólicos de La Graciosa (Pérez-Chacón et al., 2010), haciendo una extracción de dichos elementos en la “banda verde” de la ortofoto digital del año 2009 anteriormente señalada (Paso 1, figura 3). Para agilizar los procesos posteriores, se remuestreó la “banda verde” para cambiar el tamaño de celda de 10 centímetros a 1 metro (Paso 2, figura 3).

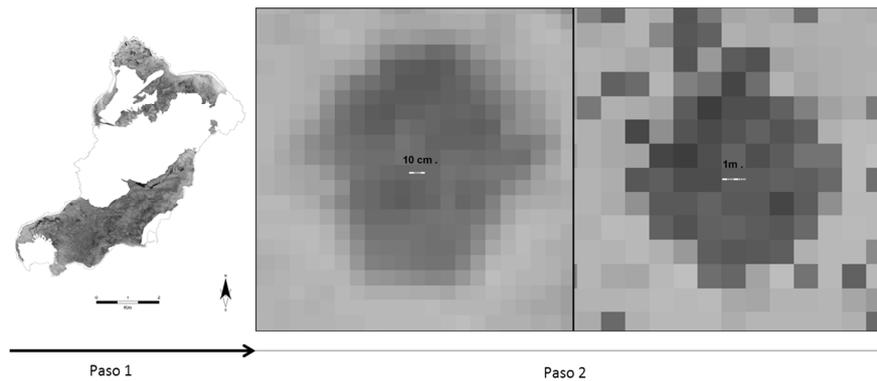


Figura 3. Extracción de las zonas fuera del estudio y remuestreo en la “banda verde”.

### 2.1.2. Reclasificación

El resultado anterior obtenido representa arenas en colores claros y vegetación con colores oscuros (Kutiél et al., 2004). Para separar esta información, se reclasifica la banda verde remuestreada utilizando una clasificación por el método de “Cortes naturales (Jenks)”. Las clases de cortes naturales se caracterizan porque agrupan mejor los valores similares y maximizan las diferencias entre clases, en este caso, referido al histograma de la ortofoto. El resultado (figura 4), identifica aquellos valores de grises que representan la vegetación.

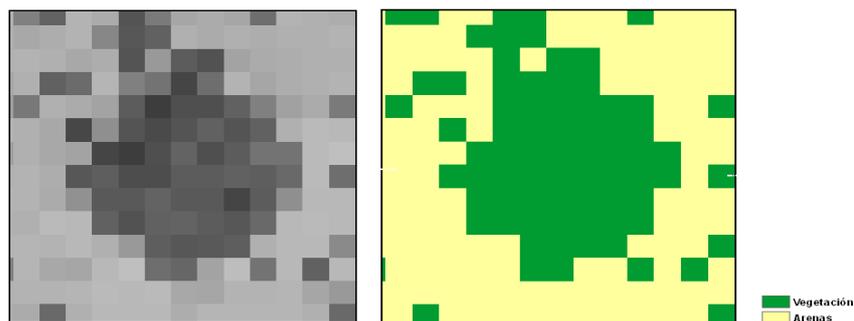


Figura 4. Resultado de la reclasificación de “la banda2” en cortes naturales “Jenks”.

### 2.1.3. Vectorización de la cobertura vegetal

El método por el cual se pretende medir el grado de recubrimiento de la cobertura vegetal es a través de una clasificación que guarda una fuerte relación con el cálculo de la densidad. Un ejemplo de ello es aquel que realiza el cálculo de la densidad de árboles por hectárea, que debe obtener el promedio de la distancia del punto centro hacia cada individuo. El cálculo es el siguiente:

$$Dh = \frac{10000}{(\bar{D})^2} \quad (1)$$

Donde:

$Dh$  = Densidad por hectárea,

$\bar{D}$  = Distancia promedio

Cálculo de la densidad de árboles por hectárea. (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Por ello, se vectoriza a una geometría de puntos el centro de cada una de las celdas que representan valores de vegetación (figura 5).

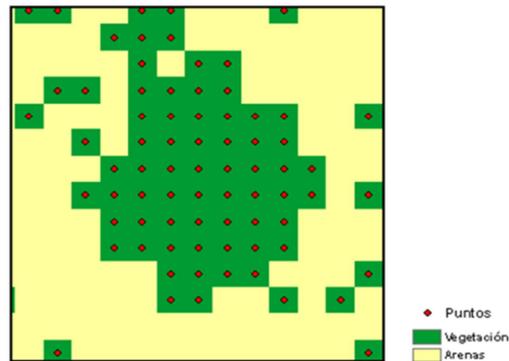


Figura 5. Vectorización en puntos centrales de las celdas con vegetación.

#### 2.1.4. Densidad de la cobertura vegetal

A partir del proceso anterior, se calcula la densidad de la vegetación. Entre menor distancia existe entre puntos, mayor será la densidad de la cobertura vegetal y viceversa (figura 6).

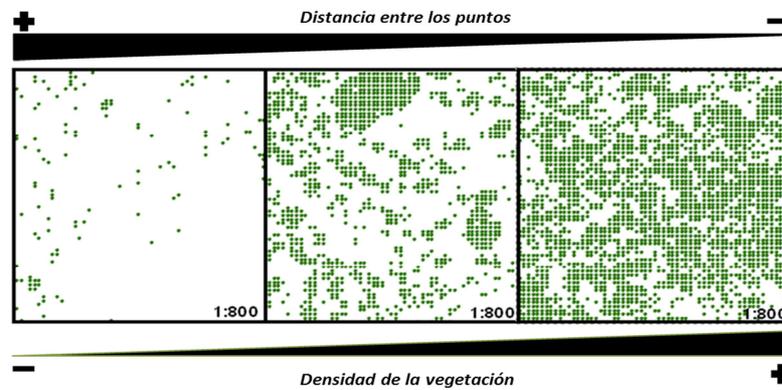


Figura 6. Vista de las distintas densidades de puntos representando la cobertura vegetal.

La densidad fue calculada mediante algoritmos implementados en un programa SIG que utiliza la capa vectorial de puntos. El algoritmo funciona haciendo un muestreo a partir de una vecindad en cada punto, que escoge de acuerdo al objeto de estudio. También es importante “la unidad de área”, que depende de las unidades de medida en las que se trabaja. En nuestro caso, siendo un tipo de coordenadas proyectadas en UTM, la unidad viene dada en metros cuadrados. El resultado (figura 7) es un ráster con tamaño de celda, escogiendo un píxel de 1 m, para trabajar con la misma resolución que la “banda verde” remuestreada.

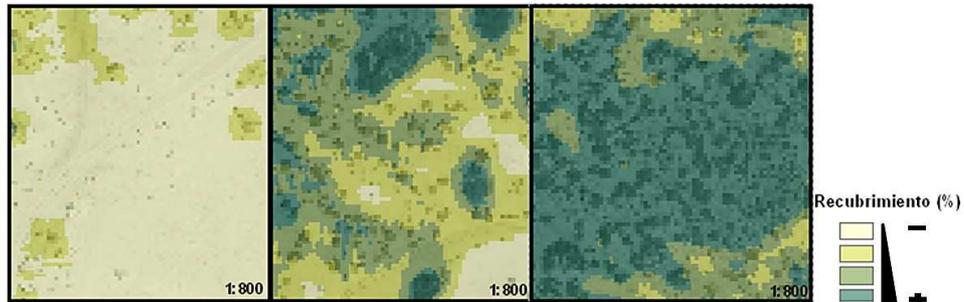


Fig 7. Clasificación de la densidad de la Cobertura vegetal.

### 3. Resultados

#### 3.1. Densidad de la cobertura vegetal. El muestreo

El cálculo de la densidad funciona a partir de un muestreo por vecindad alrededor de cada punto. La forma para el muestreo ha sido rectangular porque los puntos provienen de datos ráster en forma de cuadrícula. El siguiente paso está relacionado con la cantidad de puntos que la herramienta muestrea por vecindad en cada uno de ellos. Para ello, se utilizó un muestreo por vecindad utilizando la opción de 1x1 metros y a continuación múltiplos de 3 (Hudak y Wessman, 1998), es decir, 3x3, 6x6, 9x9, 12x12, 15x15, 18x18, 21x21 y 24x24 metros. Los productos finales (figura 8, tabla 1) se observaron en una parcela de 200x200 metros de lado, haciéndole una clasificación tipo “*Cortes naturales (Jenks)*” de cuatro categorías.

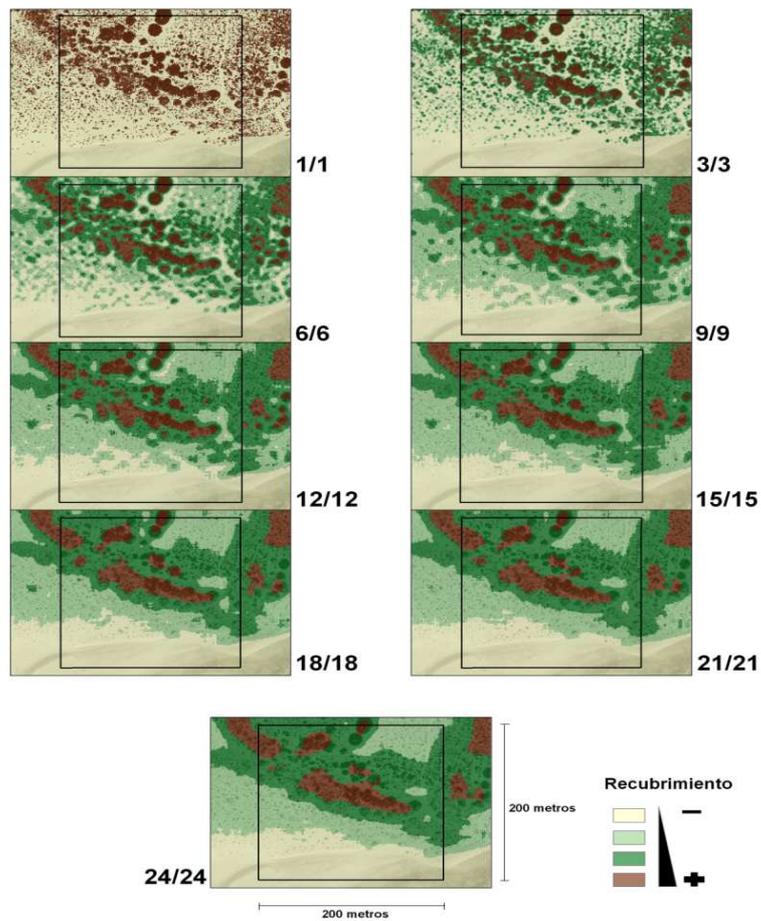


Figura 8. Resultados de los muestreos realizados.

Tabla 1. Porcentaje de la ocupación media de la cobertura vegetal en las zonas estudiadas como resultado de los muestreos realizados.

Tipo de muestreo	Ocupación media de la cobertura vegetal por categorías (%)			
	1	2	3	4
1x1	34,48	-----	-----	88,65
3x3	25,88	34,50	82,50	99,78
6x6	19,53	19,50	60,13	90,07
9x9	10,65	22,35	49,26	84,25
12x12	17,77	22,84	49,97	86,13
15x15	8,82	19,89	43,47	72,62
18x18	2,53	26,18	44,15	78,47
21x21	4,14	43,81	55,92	75,17
24x24	4,64	24,62	45,52	64,64

A medida que se incrementa el muestreo, la herramienta generaliza los resultados de densidad. Para ello se necesita definir qué muestreo por vecindad es el más apropiado para obtener, al menos cuatro categorías, que aparecen a partir del muestreo de 3x3 porque el 1x1 no ofrece ninguna clasificación.

#### **4. Discusión**

Se valora el uso del cálculo de densidad de vectores, en vez de la reflectividad medida en niveles digitales. Este recurso sólo está disponible en imágenes procedentes de determinados sensores, que cuentan con bandas en al menos la región del infrarrojo cercano. Estos sensores suponen un coste más elevado que el de las ortofotos digitales o fotografías aéreas. Además, el registro histórico de las fotografías aéreas es más extenso que el de las imágenes de satélite (Morgan *et al.*, 2010), lo que permitiría realizar estudios diacrónicos de la vegetación a partir de un procedimiento automático y, por tanto, de forma más objetiva en periodos temporales de los que no se tienen registros satelitales. Hasta ahora este tipo de clasificación en fotografías aéreas se realizaban a partir de fotointerpretación (Shanmugam y Barnsley, 2002), o clasificaciones automáticas que relacionaban el valor de gris con la densidad sin haber medido esta (Kutiel *et al.*, 2004). En cuanto a la mejora del método falta por conocer qué muestreo por vecindad separa mejor las distintas categorías de cobertura vegetal. Con este fin, hasta ahora solamente se ha validado el método propuesto mediante una comparación con un procedimiento de interpretación visual. Por lo tanto, quedaría concretarlo mediante análisis estadístico. De esta forma, tendríamos dos análisis que nos permitiría aproximarnos al muestreo por vecindad que mejor refleja la realidad observada. También nos faltaría empezar a trabajar con fotografías aéreas históricas, utilizando para ello técnicas de clasificación ya estudiadas. Por último, consideramos que el método propuesto presenta ventajas con respecto a otros de los métodos más utilizados, como son los índices de vegetación. En primer lugar, el índice de vegetación no calcula la cobertura vegetal sino el vigor de la vegetación. Relacionado con este aspecto, hay que indicar que en las zonas áridas, como el litoral de las islas Canarias, la vegetación presenta una marcada estacionalidad. De esta forma, las plantas durante la estación seca, debido a la pérdida de las hojas por ejemplo, presentan un aspecto de escaso vigor, por lo que el cálculo de los índices de vegetación en estas circunstancias no permite detectar la totalidad de la vegetación existente. Finalmente, para obtener un índice de vegetación es necesario disponer de una banda en el infrarrojo cercano, lo que aumenta los costes.

#### **5. Conclusiones**

Se ha desarrollado un método que permite clasificar de forma automática la cobertura vegetal en sistemas arenosos áridos utilizando ortofotos digitales, y adaptado aparentemente a fotografías aéreas históricas para realizar estudios de evolución. Lo que también ofrece una alternativa a los procedimientos utilizados hasta ahora, que necesitan información más costosa y de menor registro histórico o métodos de fotointerpretación que conllevan mayor carga de subjetividad (analista, escala, rapidez, etc.).

#### **Agradecimientos**

Esta investigación ha sido posible gracias a un convenio de colaboración con el Organismo Autónomo Parques Nacionales (centro “isla de la Graciosa”), del Ministerio Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España, gestionado a través de la Fundación Universitaria de Las Palmas. Sus resultados se enmarcan, así mismo, en los proyectos “SEJ2007-64959” y “CSO2010-18150”, financiados por el Plan Nacional de I+D+i del Gobierno de España, con participación de fondos FEDER.

## Referencias

- Chen, Q., Vaglio Laurin, G., Battles, J.J. & Saah, D., 2012. Integration of airborne LiDAR and vegetation types derived from aerial photography for mapping aboveground live biomass. *Remote Sensing of Environment*, 121, 108–117.
- Chuvieco, E., 2010. Teledetección Ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio, Ariel, Barcelona.
- De Lange, R., Van Til, M., & Dury, S., 2004. The use of hyperspectral data in coastal zone vegetation monitoring. European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL) eProceedings, 3, 143 – 153.
- Droesen W. J, Van Til M. & Assendorp, D., 1995. Spatio-temporal modelling of the vegetation structure in the Amsterdam water works dunes using digital false colour orthophotos. EARSeL Advances in Remote Sensing, 4 (1), 106-114 .
- García, L., Pérez-Chacón, E., Hernández, A. & Fernández, E. 2012. Distribución espacial de la cobertura vegetal en el sistema sedimentario eólico de la isla de La Graciosa (islas Canarias, España). En: Cunill, Raquel; Pelachs, Albert; Pérez-Obiol, Ramón; Soriano, J. Manuel. (Eds.), Las zonas de montaña: Gestión y Biodiversidad. Fundació Catalunya Caixa, Barcelona. Pp. 139-144. ISBN: 978-84-616-0354-1. En: VII Congreso Español de Biogeografía. Pirineos 2012.
- Hall D. K., Foster J. L., Verbyla D. L., Klein A. G. & Benson C. S., 1998. Assessment of Snow-Cover Mapping Accuracy in a Variety of Vegetation-Cover Densities in Central Alaska, *Remote sensing of Environment*. 66,129–137.
- Hernández, L., Monteiro Quintana, M., Pérez-Chacón E., García Romero L. & Santana, A. 2013. Cambios inducidos por actividades antrópicas en los procesos geomorfológicos eólicos de La Graciosa (islas Canarias). Una perspectiva histórica. *GeoTemas*, 14, 115-118.
- Hesp, P.A., 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. *Journal of Arid Environments* 21: 165– 191.
- Hudak, A.T. & Wessman, C.A., 1998. Textural analysis of historical aerial photography to characterize woody plant encroachment in South African savanna. *Remote Sensing of Environment*, 66, 317–330.
- Jackson, M.L. & Nordstrom, K.L. 2011. Aeolian sediment transport and landforms in managed coastal systems: a review. *Aeolian Research*, 3 (2), 181-196.
- Jauhainen, S., Holopainen, M. & Rasinmäki, A. 2007. Monitoring peatland vegetation by means of digitized aerial photographs. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 22, 168- 177.
- Kutieli, P., Cohen, O., Shoshany, M. & Shub, M., 2004. Vegetation establishment on the southern Israeli coastal sand dunes between the years 1965 and 1999. *Landscape and Urban Planning*, 67, 141–156.
- Laliberte, A. S., Rango, A., Havstad, K. M., Paris, J. F., Beck, R. F., Mcneely, R. & González, A. L. 2004. Object-oriented image analysis for mapping shrub encroachment from 1937 to 2003 in southern New Mexico, *Remote Sensing of Environment*, 93(2), 198-210.
- Laliberte, A.S., Rango, A., Herrick, J.E., Fredrickson, Ed L. & Burkett, L. 2007. An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green vegetation with digital plot photography, *Journal of Arid Environments* 69, 1–14.
- Morgan, J. L., S. E. Gergel, & N. C. Coops. 2010. Aerial photography: a rapidly evolving tool for ecological management. *BioScience* 60, 47–59.
- Mostacedo, B. & Fredericksen, T.S. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia.
- Pérez-Chacón, E.; Hernández-Calvento, L.; Fernández Negrín, E.; Romero, L.; Mayer, P.; Hernández Cordero, A.; Cruz, N; Fernández Cabrera, E.; Peña, C.; Corbalán, Y.; Mangas, J.; Alonso, I; Rodríguez, S.; Sánchez, I. & Cabrera, L. 2010. *Caracterización del sistema sedimentario eólico de La Graciosa (archipiélago Canario)*. Informe final. Centro “Isla de La Graciosa” (OAPN-Ministerio de MAMRM). ULPGC. Inédito. 155 p.
- Platt, R.V., & Schoennagel, T. 2009. An object-oriented approach to assessing changes in tree cover in the Colorado Front Range 1938–1999. *For. Ecol. Manag.* 258 (7), 1342–1349.
- Robbins, B. D. 1997. Quantifying temporal change in seagrass areal coverage: The use of GIS and low- resolution aerial photography. *Aquatic Botany* 58, 259-267.
- Shanmugam, S. & Barnsley, M., 2002. Quantifying landscape-ecological succession in a coastal dune system using sequential aerial photography and GIS. *Journal of Coastal Conservation*, 8, 61-68.
- Shoshany, M., 2000. Detection and analysis of soil erodibility patterns using air photographs of the Avisur Highlands, Israel. *IAHS* 261, 127–139.
- Shupe, S.M. & Marsh, S.E., 2004. Cover- and density-based vegetation classifications of the Sonoran Desert using LANDSAT TM and ERS-1 SAR imagery. *Remote Sensing of Environment* 93, 131–149.
- Underwood, E., Ustin, S., & Dipietro, D., 2003. Mapping nonnative plants using hyperspectral imagery. *Remote Sensing of the Environment* 86, 150–61.
- Woodcock, C. E., Collins, J. B., Gopal, S., Jakabhazy, V. D., Li, X., Macomber, S., Ryherd, S., Harward, V. J., Levitan, J., Wu, Y. & Warbington, R., 1994. Mapping forest vegetation using Landsat TM imagery and a canopy reflectance model, *Remote Sensing of Environment*. 50, 240- 254.