

SEGUIMIENTO DE LA COBERTURA DE HERBAZALES ESTACIONALES EN LAS PARCELAS ESPAÑOLAS DE NIVEL II DE LA RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE ECOSISTEMAS FORESTALES

Carlos Soriano , Aitor Gastón & Bárbara Herrero

Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal, Universidad Politécnica de Madrid, E.U.I.T. Forestal. Av. Ramiro de Maeztu s/n. 28040 Madrid.
carlos.soriano@upm.es

Resumen.

Se presenta un método sencillo para estimar la cobertura de un herbazal por medio de fotografía digital. El método se aplica al seguimiento del desarrollo de herbazales estacionales en subparcelas de 1 m² en dos parcelas de Nivel II de la Red Europea de Seguimiento Intensivo y Continuo de Ecosistemas Forestales.

Palabras clave: vegetación herbácea, cálculo automático de coberturas, fotografía digital.

INTRODUCCIÓN.

La preocupación por la influencia de la contaminación atmosférica en los bosques europeos de la década de los 70 del siglo XX propició el establecimiento, en 1985, del Programa de Cooperación Internacional para la Evaluación y Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Bosques (ICP Forests), dentro del Convenio sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. La Comunidad Económica Europea se sumó a estos esfuerzos de seguimiento y evaluación aprobando el Reglamento CEE 3528/86 que puso en marcha las actividades coordinadas de seguimiento en los países comunitarios.

En 1994 se inició el Programa de Seguimiento Intensivo y Continuo de los Ecosistemas Forestales que se basa en la filosofía del Reglamento CEE 2157/92. Este programa amplía los objetivos del seguimiento a otros factores ecológicos (meteorología, vegetación, crecimiento de los árboles y otros) e intensifica el estudio de los relacionados con la contaminación atmosférica (deposición de contaminantes). El seguimiento intensivo y continuo se lleva a cabo mediante la Red de Nivel II que está formada por parcelas permanentes de 0,25 Ha. Actualmente la Red de Nivel II en España está formada por 53 parcelas.

En España y desde el año 1999 los estudios de la flora y vegetación de las parcelas de la Red de Nivel II han sido llevados a cabo por un equipo dirigido por Carlos Soriano Martín, Catedrático de la Unidad Docente de Botánica Forestal del Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal de la Universidad Politécnica de Madrid, en convenio con la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza (actualmente D.G. para la Biodiversidad) del Ministerio de Medio Ambiente.

El manual para el estudio de la vegetación en la Red de Nivel II (ICP FORESTS 1999) establece la obligatoriedad de estimar el porcentaje cobertura de cada especie y estrato de vegetación. Los inventarios de flora y vegetación de las parcelas españolas de la Red de Nivel II en el año 1999 pusieron de manifiesto la abundancia de parcelas en las que aparecían herbazales estacionales. En este tipo de herbazales, dominados por terófitos, la variación estacional de la cobertura es muy acusada y dependiente de la meteorología. El seguimiento de este tipo de herbazales a lo largo del tiempo necesita de una herramienta que permita estimar la cobertura con la precisión suficiente como para diferenciar los cambios estacionales de los interanuales. Las estimaciones visuales de cobertura conllevan una baja de precisión debido a la influencia del observador (SORIANO *et al.*; 2005).

Cuando se pretende estimar la cobertura de todo el estrato herbáceo una alternativa a la estimación visual es el uso de sistemas automáticos basados en fotografía digital como el que se presenta en este trabajo.

OBJETIVOS.

La evaluación de los cambios interanuales de la cobertura de los herbazales estacionales se dificulta por la variación estacional típica de estas formaciones dominadas por terófitos. El primer objetivo de este trabajo es aportar datos sobre la magnitud de dicha variación estacional para poder compararla con una posible variación interanual futura.

La consecución del primer objetivo necesita de una forma suficientemente precisa de estimar la cobertura del herbazal. El segundo objetivo de este trabajo es desarrollar un método de estimación automática de la cobertura a partir de fotografías digitales.

PARCELAS ESTUDIADAS

Se han elegido para este estudio dos parcelas de la Red de Nivel II en montes adhesados con herbazales dominados por terófitos.

La parcela 11Qs se encuentra en Villanueva de la Sierra (Cáceres), a unos 400 m de altitud, en una ladera de pendiente suave y sobre granitos. El vuelo corresponde a un alcornocal maduro, con pies añosos, adhesado (fracción de cabida cubierta del 50%), con subvuelo de pastizal de terófitos ralo y discontinuo. El estrato arbustivo y de matorral se reduce a unos pocos individuos aislados y de poco tamaño. No se ha observado regeneración de alcornoque. Está situada en una finca vallada con intenso aprovechamiento ganadero. No muy lejos de la parcela están los corrales de un numeroso rebaño de cabras y ovejas que pastan casi a diario en la parcela y su entorno. Algunas zonas de la finca cercanas a la parcela han sido laboreadas recientemente, lo que nos hace suponer que la zona de estudio también sea objeto de laboreos periódicos. También se aprovecha el corcho de los alcornocales, concretamente, los árboles de la parcela fueron descorchados en el año 2001.

La parcela 26Qi se encuentra en Andújar (Jaén), a unos 580 m de altitud, en una ladera de suave pendiente y sobre granitos. La cruza una vaguada que atraviesa el centro de la parcela. El vuelo corresponde a un encinar adhesado (fracción de cabida cubierta del 25%), con un estrato arbustivo muy poco desarrollado y recomido y con un tapiz herbáceo dominado por terófitos. Está situada en el interior de una finca vallada dedicada a la cría de ciervos y gamos que la pastorean y ramonean su matorral.

MÉTODO.

En cada parcela se ha replanteado una subparcela cuadrada de 1 metro de lado en el centro de la misma. Los vértices de la subparcela han sido marcados con clavos de 25 cm. La subparcela se ha dividido en 16 cuadros de 25 x 25 cm. Las fotografías digitales se han tomado de cada uno de los 16 cuadros con una cámara Sony DSC-D770 a una resolución de 1344 x 1024 píxeles. Se ha visitado cada parcela 21 veces en un ciclo anual iniciado en otoño de 2000, la frecuencia promedio ha sido de 17 días aproximadamente, siendo más baja en primavera y más alta en verano.

El cálculo automático de la cobertura de los herbazales fotografiados se basa en la identificación de las zonas de la imagen de color verde. Aunque puede haber elementos de color verde en la imagen que no sean parte del herbazal, por ejemplo hojas de los árboles recién caídas, se ha considerado la identificación de este color como lo más aproximado a los objetivos propuestos.

Una imagen digital monocroma es una matriz rectangular de valores de intensidad de un color, cada elemento de la matriz se representa como una celda cuadrada denominada píxel. Las imágenes en color se forman por la combinación de varias imágenes monocromas denominadas canales.

El sistema de color utilizado en este estudio es el denominado RGB, acrónimo de *Red* (rojo) *Green* (verde) *Blue* (azul). En este sistema las imágenes se forman por la combinación de tres canales, uno por cada color básico. Es decir, a cada píxel de la imagen le corresponde un valor de la intensidad de rojo, otro de verde y un tercero de azul. La intensidad de cada color básico se mide en una escala de 0 a 255. Cualquier color RGB puede ser identificado por tres valores de rojo, verde y azul, por ejemplo, el color $(0,0,0)$ es el negro y $(255,255,255)$ el blanco.

En una primera aproximación a la identificación de píxeles verdes se tomó una imagen y se delimitaron manualmente las zonas verdes. Se dividió la imagen en dos zonas, por un lado las que a simple vista eran verdes y por otro lado el resto. Se calcularon las frecuencias de los valores de cada canal para cada zona, obteniéndose un mayor promedio del valor del canal verde (G) en las zonas verdes de la imagen. Usando de base esta circunstancia se ensayaron varios sistemas para discriminar las píxeles verdes del resto. En primer lugar se seleccionaron píxeles usando solo el canal verde, a mayor valor mayor probabilidad de encontrarnos ante una píxel verde. Este sistema seleccionaba muchos píxeles que aún teniendo un alto valor en el canal verde no eran verdes porque el valor de otro canal era todavía más alto. Se probaron otros sistemas en los que se comparaba el valor del canal verde al valor del otro de los canales en cada píxel, a continuación se detallan las expresiones de comparación usadas, siendo R el valor del canal rojo, G el valor del canal verde y B el valor del canal azul:

- (1) $G - B$
- (2) $(G - B) / (G + B)$
- (3) $R - G$
- (4) $(R - G) / (R + G)$

Tras varias sesiones de identificación de píxeles usando estas expresiones se llegó a la conclusión de que la mejor para las imágenes de las que se disponía era la cuarta. El valor de esta expresión varía entre 1 y -1 , esta circunstancia complica las operaciones porque se generan imágenes de píxeles con valores decimales. Para trabajar con imágenes de valores enteros sin perder mucha precisión se multiplica la expresión (4) por 100 obteniendo:

$$(5) \quad (R - G) * 100 / (R + G)$$

A esta expresión la denominaremos índice RG.

El siguiente paso consistió en la determinación de un valor del índice RG que separará los píxeles verdes del resto en todas las imágenes a analizar. A partir de ahora denominaremos umbral a este valor. Como primera hipótesis se tomó el valor RG igual a 0 como umbral, ya que estaba claro que aquellos píxeles en los que el valor del canal verde superara al del rojo serían de color verde. Se comprobó en varias imágenes que la mayoría de las píxeles seleccionados con este umbral eran verdes pero un número considerable de zonas verdes quedaban fuera de la selección. Cuando se aumenta el umbral para capturar todos los píxeles verdes sucede que también se seleccionan píxeles no verdes. En definitiva existen dos opciones extremas: usar un umbral bajo y seleccionar solo píxeles verdes aún dejando fuera de la selección algunas zonas verdes o usar un umbral alto que selecciona todos los píxeles verdes pero que también incluye algunas zonas no verdes. Se obtuvo un umbral de compromiso entre ambas opciones por tanteo que resulto ser 4.

En la práctica se genera una nueva imagen de un solo canal en el que cada píxel toma el valor del índice RG, es decir el resultado de la aplicación de la expresión (5) a los valores de los canales rojo y verde de cada píxel. Los píxeles cuyo valor RG sea menor del umbral fijado (4) se consideraran verdes (véase figura 1), el número de estos píxeles entre el número total de píxeles de la imagen nos dará el porcentaje de superficie cubierta por materia verde (cobertura del herbazal).

Estos cálculos se pueden llevar a cabo con multitud de programas informáticos de análisis de

imágenes. En nuestro caso y por razones de disponibilidad se utilizó el módulo GRID de ArcInfo (ESRI) automatizando las tareas con un fichero AML.

Durante el procesado de las imágenes se detectó que el brillo de las fotografías digitales influye en los resultados del análisis con el índice RG. En las fotografías más oscuras numerosos píxeles verdes eran clasificados como no verdes. En este trabajo este problema se solucionó homogeneizando automáticamente el brillo de todas las imágenes, pero sería deseable disponer de un método de calibración que eliminara la influencia de las condiciones de luminosidad de las fotografías.

RESULTADOS.

Se tomaron y analizaron un total de 672 fotografías digitales de 1344 x 1024 píxeles. Para cada imagen se calculó la cobertura del herbazal con el método expuesto y se obtuvieron los promedios para cada fecha (véase tabla 1).

En la parcela 11Qs el rango de variación de la cobertura (véase figura 2) es relativamente pequeño (11,9) debido a que la máxima alcanzada es baja (12,2%). Esta baja cobertura puede deberse al intenso pastoreo que soporta la parcela, un rebaño de cabras pasa a diario por la parcela. El máximo se alcanzó a finales de marzo de 2001 y a finales de mayo la cobertura ya estaba por debajo de 5%.

En la parcela 26Qi la cobertura alcanzó 71,9 % siendo el rango de variación de 71,3 (véase figura 3). El ritmo de crecimiento se aceleró exponencialmente hasta alcanzar el valor máximo que se mantuvo en torno a 70% desde mediados de marzo a mediados de abril. A finales de abril el herbazal comenzó a agostarse y en dos meses la cobertura ya estaba por debajo de 5%.

CONCLUSIONES.

El método desarrollado para el cálculo automático de la cobertura de herbazales a través de fotografías digitales ha proporcionado resultados satisfactorios. El método se podría mejorar desarrollando un método de calibración para homogeneizar las condiciones de luminosidad de las imágenes.

El rango de variación de la cobertura de los herbazales estacionales estudiados es considerable y debe ser tenido en cuenta en la comparación de estimaciones de cobertura realizadas en diferentes años.

BIBLIOGRAFÍA.

ICP FORESTS ; 1999. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part VIII Assessment of Ground Vegetation. UE - UNECE.

SORIANO, C.; GASTÓN, A.; BARRIEGO, P.; HERRERO, B. y AMPUDIA, M.; 2005. Seguimiento de la vegetación en los bosques. *Aplicación a la Red Europea de Seguimiento Intensivo y Continuo de Ecosistemas Forestales*. MMA - DGB (en preparación).



Figura 1. Separación de verdes en una imagen digital aplicando el índice RG con un umbral de 4. La cobertura del herbazal en la foto es de un 50,4%.

11Qs		26Qi	
Fecha	% cobertura	Fecha	% cobertura
23/09/00	0.9	07/10/00	8.3
04/10/00	1.8	21/10/00	12.5
18/10/00	2.0	04/11/00	16.7
01/11/00	4.1	25/11/00	18.6
17/11/00	6.2	11/12/00	24.6
27/11/00	3.8	23/12/00	30.6
13/12/00	6.1	13/01/01	42.2
29/12/00	8.3	28/01/01	54.9
11/01/01	8.9	11/02/01	57.6
24/01/01	8.8	24/02/01	58.2
07/02/01	8.1	11/03/01	70.7
22/02/01	7.4	24/03/01	71.2
11/03/01	12.2	05/04/01	70.4
28/03/01	11.3	21/04/01	71.9
17/04/01	9.6	05/05/01	46.9
03/05/01	6.3	19/05/01	35.3
16/05/01	8.0	02/06/01	23.5
30/05/01	4.0	16/06/01	3.2
13/06/01	1.2	07/07/01	1.8
20/07/01	0.8	02/08/01	1.2
21/08/01	0.3	07/09/01	0.6

Tabla 1. Coberturas medias del herbazal de cada una de las parcelas estudiadas durante un año.

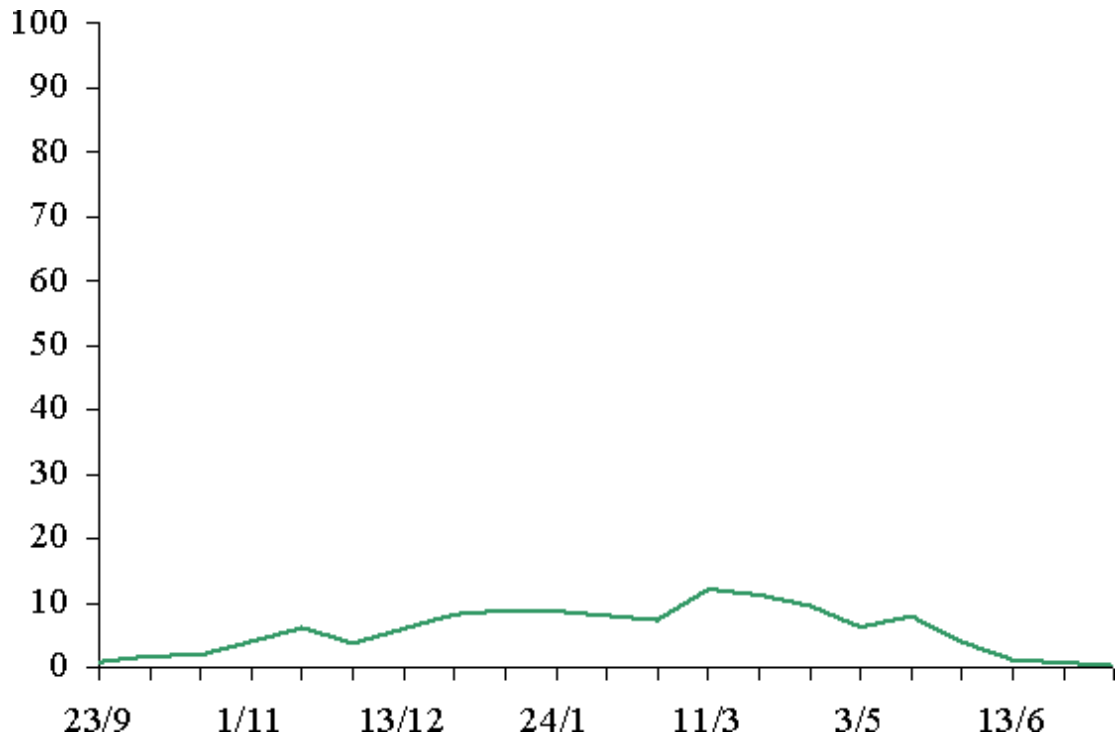


Figura 2. Evolución de la cobertura del herbazal (%) en la parcela 11Qs durante un año.

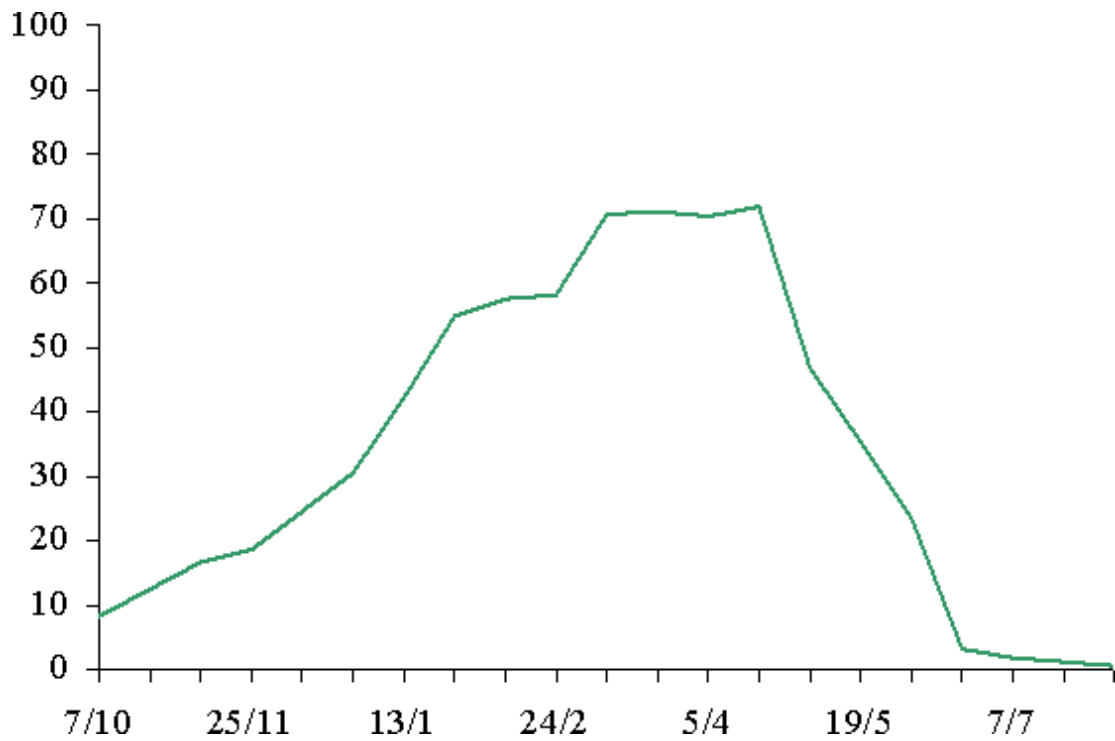


Figura 3. Evolución de la cobertura del herbazal (%) en la parcela 26Qi durante un año.