MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS BIOLÓGICOS

2005 Época II N° 18

COMITÉ EDITORIAL:

Ch. P. BLANC

G.U. CARAVELLO

S.G. CONARD

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias

COMITÉ CIENTÍFICO:

Ch. P. BLANC. Lab. Zoogéographie. Université Montpellier III. Francia.
S.G. CONARD. USDA Forest Service. Riverside. U.S.A.
A. FARINA. Lab. Ecologia del Paisaje. Museo Historia Natural. Aulla. Italia.
A. FERCHICHI. I.R.A. Medenine. Túnez.
G.U.CARAVELLO. Istituto di Igiene. Università di Padova. Italia.

COMITÉ EDITORIAL:

V. Peiró, J. Martín, G. López, E. Seva.

DIRECCIÓN:

Eduardo Seva. Dep. Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.

SECRETARÍA:

Germán López. Dep. Ecología. Universidad de Alicante.

EDITA:

Servicio de Publicaciones. Universidad de Alicante.
<http://publicaciones.ua.es>

CORRESPONDENCIA:

Departamento de Ecología. Fac. de Ciencias. Universidad de Alicante.
Ap. 99 - 03080 Alicante. España.
Teléfono de Secretaría: 96/5909520
Fax: Rev. Mediterránea. Dep. Ecología. 96/5903464

I.S.S.N.: 0210-5004

Depósito Legal: A-1059-1984

Edición electrónica:

Notas para los autores

Los trabajos versarán sobre aspectos de ecología, recursos naturales, paisaje, gestión ambiental, en los ecosistemas de la cuenca mediterránea.

Los manuscritos mecanografiados a doble espacio y por una sola cara se enviarán a la dirección del **Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante, Ap. 99 (03080 Alicante, España) —Revista Mediterránea—**. Los autores deberán enviar original y dos copias, así como en disquette compatible en programas de tratamiento de texto MS-WORD.

LENGUA: Redactados en español, inglés, francés o italiano.

NOMBRE DE AUTORES: Apellidos y nombres sin abreviaciones.

DIRECCIÓN: Dirección profesional (Organización, Centro de Investigación, Universidad,...) teléfono, telefax, dirección electrónica.

TÍTULO: conciso y completo, sin abreviaciones (max. 60 espacios).

RESÚMEN: Después del título, un resumen en inglés y otro en francés, de 1500 espacios como máximo, independientemente de la lengua utilizada en el texto del trabajo

PARÁGRAFOS: El manuscrito debe respetar el siguiente orden: (contenido) introducción sin título, párrafos con títulos cortos (max. 50 espacios), conclusiones, agradecimientos (si procede), referencias bibliográficas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Obligatorias para las publicaciones citadas en el texto, que irán en mayúscula. Las referencias de información no publicada (informes, comunicación personal...) se incluyen en el texto entre paréntesis. La bibliografía se presentará según los modelos siguientes:

GOSZ, J.R. and SHARPE, J.H. 1989. Broad-scale concepts for interactions of climate, topography, and biota and biome transitions. *Landscape Ecology* 3:229-243.

PIANKA, E. 1986. *Ecology and natural history of desert lizards*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

GOLDSMITH, V. 1979. Coastal dunes. In: R.A. Davis (ed.), *Coastal sedimentary environments*. New York:Springer-Verlag.

CORRECCIÓN DE PRUEBAS: Será realizada por la redacción de la revista, aunque los autores deben enviar un texto muy claro y definitivo. Si se hallan deficiencias notorias en el texto, el trabajo será remitido a los autores de inmediato.

TABLAS: Cada tabla en página por separado, numeradas siguiendo el orden de aparición en el texto y llevarán leyenda. El método de escritura admitido puede ser WORD o EXCEL.

GRÁFICAS y DIBUJOS: Presentados en papel blanco no reciclado, exclusivamente en blanco y negro. Las láminas en color deberán ser costeadas por los autores. Gráficas y dibujos deben ser presentados de forma que, modificando su dimensión, no se vea modificada su comprensión. Deberán acompañar las leyendas al gráfico, suficientemente grandes e incluidas en la caja del mismo. Es obligatorio acompañar archivo en disco compatible y formato TIF o JPEG.

ILUSTRACIONES: Las fotografías, separadas del texto, con leyenda y número de orden, posición en el texto, etc.

NOTAS: Excepcionalmente se incluirán notas a pie, pero éstas deben ir en hojas separadas y debidamente numeradas.

EXTENSIÓN: El texto comprenderá una extensión de 5 (min.) a 25 (max.) páginas mecanografiadas. El número de gráficos, dibujos y fotografías debe ser proporcional al tamaño del texto.

La dirección de la revista se reserva el derecho de revisar los trabajos presentados con el fin de adaptarlos a la publicación.

<http://publicaciones.ua.es>

Notes for the authors

SUBJECTS

Ecology

Natural Resources

Landscape

Environmental Management

Manuscripts typed on duplicate on one side of the sheet only, should be sent to the magazine direction: **Mediterranea. S.E.B.Dep. Ecologia. Universidad de Alicante. Ap. 99 (03080 Alicante) Spain.** All authors are kindly requested to send their papers in writing, but namely on MS DOS/IBM compatible disks, using MS-WORD program. Every paper should conform to the following rules:

LANGUAGE: Spanish, English, French or Italian.

NAME OF THE AUTHORS: Preceded by the full first name without abbreviations.

ADDRESS: Institutional address of author(s) (Institutions, Research Centre, University), telephone, fax, electronic adress..

TITLE: Concise but detailed enough, without abbreviations (max. 60 strokes).

ABSTRACTS: In English and French, whatever it might be the language of the paper. The lenght should not exceed 1500 strokes.

PARAGRAPHS: Should be arranged as follows: (contents) introduction without title, paragraphs with short titles (max. 50 strokes), conclusions, acknowledgments (if required), references.

REFERENCES: Should include only publications mentioned in the text. References to unpublished informations (reports, personal communications, etc.) should be included between parentheses in the text. The bibliography should be presented in conformity with the following patterns: GOSZ, J.R. and SHARPE, J.H. 1989. Broad-scale concepts for interac-

tions of climate, topography, and biota and biome transitions. *Landscape Ecology* 3:229-243.

PIANKA, E. 1986. *Ecology and natural history of desert lizards*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

GOLDSMITH, V. 1979. Coastal dunes. In: R.A. Davis (ed.), *Coastal sedimentary environments*. New York:Springer-Verlag.

CORRECTIONS TO THE PROOF: Will be done by the editorial staff. Authors are kindly requested to submit a clear and final paper.

TABLES: Each table should be on a separate sheet, numbered consecutively, with a legend. The writing method admitted is WORD, EXCEL..

GRAPHICS AND DRAWINGS: Separated from the text, should be lettered on white or glossy paper, in black and white in compatible disks TIF or JPEG format. They should be clearly "constructed", with sufficiently big letters within the block of the graph.

ILLUSTRATIONS: Photographs should be numbered and lettered.

NOTES: They should be numbered and referred to in the text. They should be compiled on separate sheets.

LENGTH: Preferably between 5 (min.) and 25 (max.) typed pages. The number of illustrations, tables and graphs should be proportional to the length of the text.

The articles are reviewed by the editorial staff to be conformed for their publication.

<http://publicaciones.ua.es>

Portada

Créditos

**Análisis de los patrones espaciales de distribución
de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de
áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la
Comunidad Valenciana 8**

BONET, A. GRAS, M.J., Y RAVENTÓS, J.

Resumen 8

Summary 9

Introducción 10

Especie 13

Área de estudio 14

Métodos 15

Resultados 20

Discusión 25

Agradecimientos 29

Bibliografía 29

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

BONET, A. GRAS, M.J., Y RAVENTÓS, J.

Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. Ap. 99. 03080 Alicante.

Resumen

Se analiza el patrón de distribución de las poblaciones del arbusto endémico *Vella lucentina*, MB Crespo (Brassicaceae) en áreas semiáridas de Alicante para seleccionar áreas de conservación en la Red de Microrreservas de la Comunidad Valenciana. El estudio se centra a dos escalas, regional y local. El análisis de la distribución de la densidad de individuos a escala regional indica una estructura metapoblacional. En una de las metapoblaciones, el análisis a mesoescala muestra las discontinuidades espaciales entre densidades de plantas de poblaciones locales en relación con los usos del suelo y la cubierta vegetal.

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

La selección de áreas núcleo para la conservación de microrreservas se puede basar en los patrones de equitabilidad de la estructura de la población y localización de puntos de elevadas densidades de individuos mediante mapas de abundancia basados en conteos intensivos. Los resultados pueden ofrecer un marco conceptual para el manejo de poblaciones y la conservación de la especie.

Palabras clave: patrón espacial, escalas, endemismos, fragmentación de hábitats, conservación

Summary

We analyse distribution patterns of rare, endemic dwarf shrub *Vella lucentina*, MB Crespo (Brassicaceae) populations in semi-arid south-eastern Spain in order to select areas for conservation in the Plant Micro-reserve Network of the Valencian Community (Spain). The study is centred at regional and local scales. Regional analysis focused in the territory of the Alicante Province (Valencian Community) describing the metapopulation pattern, whereas local analyses indicate discontinuities between plant densities related to land uses and land cover between local populations. Selection of core areas for micro-reserve conservation could be based in population structure equitability and high-density patterns by means of abundance maps based in intensive counts. The results can offer a conceptual framework for the population management and the conservation of the species.

Keywords: Spatial pattern, scale dependency, endemic species, habitat fragmentation, conservation.

Introducción

La Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana (RMF) está compuesta por un conjunto de áreas específicamente designadas para proteger especies de plantas raras, endémicas o amenazadas, que ocupan pequeños enclaves (menores de 20 ha), y que han sido delimitados y establecidos legalmente en la Comunidad Valenciana (Laguna, 1998a, 2001). Muchos países europeos han designado también pequeñas áreas de conservación o espacios naturales protegidos reducidos, como los SSSI (Site of Special Scientific Interest) en el Reino Unido, y muchos otros bajo la denominación de reservas naturales o monumentos naturales, como en el caso de la República Checa. Recientemente se ha desarrollado la idea de crear una futura red paneuropea de pequeñas reservas para la conservación de plantas, considerando los procedimientos de la RMF, desarrollados en la Comunidad Valenciana (Laguna, 1998b).

La selección de localidades para la designación de áreas en la RMF se ha establecido generalmente a partir de procedimientos de valoración por consulta de expertos, considerando la presencia de especies raras y amenazadas o considerando los “locus classicus”, pero admitiendo también otros criterios más relacionados con la política de manejo, como la

titularidad del territorio (Laguna, 1998b). Por otra parte, métodos de selección de reservas en otros casos suelen considerar procedimientos más cuantitativos, como la aplicación del principio de complementariedad (Margules and Pressey, 2000). Estos procedimientos pueden mejorar la eficiencia consiguiendo el máximo número de localidades a conservar, en un conjunto de reservas, con el mínimo coste necesario para la configuración de una red (Pressey and Nichols, 1989; Pressey et al., 1993). También ha sido considerada la disponibilidad de hábitat como descriptor para la selección de áreas, a partir de métodos de modelización ambiental que incluyen variables topográficas a partir de SIG (Johnston, 1998; Draper et al. 2003). Sin embargo, todos estos procedimientos se han centrado únicamente en la composición específica, la presencia de especies relevantes, y en la riqueza específica, pero generalmente ignoran la distribución de la abundancia local con el fin de asegurar la viabilidad poblacional en los lugares escogidos (Williams et al. 1996).

El estudio de los patrones de distribución espacial de las especies de plantas raras, endémicas o amenazadas, es un primer paso para asegurar la interpretación de algunos de los aspectos más importantes de la biología de estas especies, considerando el análisis de la viabilidad de las poblaciones

en áreas fragmentadas (Fahrig y Merriam, 1994). Además de favorecer la localización de la especie, determinar el área de distribución geográfica de sus poblaciones y analizar las discontinuidades espaciales dentro de un mismo hábitat, permiten distinguir la proporción de hábitats disponibles ocupados (Kunin, 1997) y estimar el grado de vulnerabilidad frente a la estocasticidad demográfica y ambiental (Lande, 1988). El conocimiento de estos elementos es esencial tanto para el desarrollo de estrategias de conservación de especies vegetales amenazadas, como para establecer criterios de manejo de las especies vegetales en hábitats heterogéneos (Gilpin, 1987; Menges, 1990; Fahrig y Merriam, 1994). En este trabajo se propone el estudio de los patrones espaciales de distribución de la especie endémica *Vella lucentina* Crespo, considerando la estructura de las poblaciones como descriptor para la localización de áreas de interés en la Red de Microrreservas de la Comunidad Valenciana. Este método se propone como complementario a los métodos usuales de aplicación de SIG en la selección de áreas de conservación (Draper et al., 2003) y a los análisis espaciales de diversidad genética aplicados a la conservación (Escudero et al. 2003).

Especie

Vella lucentina M.B. Crespo (Brassicaceae) es un arbusto leñoso de hasta 50 cm de altura endémica de zonas áridas. Los tallos son glabrescentes y muy ramificados. Poseen hojas enteras lineares, estrechas e hirsutas. Las flores se disponen en racimos de 4 a 10. El fruto es una silícula dehiscente con dos valvas. Las semillas son cilíndricas de dimensiones 2x1 mm (Crespo, 1992). Se considera un endemismo estricto de la Provincia de Alicante catalogada como especie vulnerable (VU) según los criterios de la U.I.C.N. (1994). En general este criterio se ha aplicado a especies con un área de distribución menor a 100 km² o de las que se conozcan menos de cinco localidades (Laguna y Crespo, 1996). Observaciones realizadas por algunos autores señalan que la vulnerabilidad de la especie se acentúa debido a que se desarrolla en suelos sometidos a factores de riesgo, como las urbanizaciones y las actividades agropecuarias (Crespo, 1992).

Los primeros datos de la presencia de la especie *Vella lucentina* se proporcionaron en el año 1992, localizando el holotipo en la población del Bec de l'Àguila (30SYH1560) a 350 m de altitud, en el término municipal de Mutxamel (Alicante). El área de distribución que se le atribuyó en un principio fue de 0.5 km², posteriormente se descubrió otra población que

incrementó la superficie de distribución a 2 km² (Lledó et al., 1995). Actualmente se conocen 3 poblaciones localizadas en los términos municipales de Mutxamel, Xixona, Monforte del Cid y Sant Vicent del Raspeig (Crespo, 1996), todas ellas en condiciones ambientales semiáridas de la provincia de Alicante (Laguna *et al.* 1998).

Actualmente, la conservación de esta especie se gestiona desde la administración ambiental de la Generalitat Valenciana, incluyéndola en listados de flora rara, endémica o amenazada. En 1994 se creó una microrreserva (Decreto 218/1994 del Consell de la Generalitat Valenciana) para la especie *Vell-la lucentina* en la población de Bec de l'Àguila, incluida en la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana (Laguna, 1994,1995) y financiada con los fondos LIFE de la Unión Europea. Además se han realizado bancos de germoplasma (Lledó et al., 1995), estudios sobre la biología, estructura y dinámica de la población de la especie (Gras, 2001) y protocolos de germinación *ex situ* (Laguna *et al.* 1998).

Área de estudio

El presente estudio se ha realizado, en los términos municipales de Alicante, Xixona y Mutxamel pertenecientes a la provincia de Alicante (38°N, 0°W). La altitud a la que se encuentra las poblaciones varía entre 350 m y 600 m sobre el

nivel del mar. El área de distribución de *Vella lucentina*, se sitúa en la parte oriental de las cordilleras Béticas, en la provincia de Alicante (Figura 1). Litológicamente, los materiales más representativos del sector prebético analizado son las calizas y margas aboudinadas, la caliza areniscosa y margas arenosas (IGME, 1978). El ombrótipo de la zona de estudio es mediterráneo semiárido (Rivas-Martínez, 1983), presentando dos periodos diferenciados, uno con fuertes lluvias torrenciales en la estación de otoño-invierno y otro muy seco en verano y con precipitaciones medias anuales que no superan los 350 mm. En ocasiones se da también un periodo húmedo en primavera (Pérez-Cueva, 1994). Durante los años de estudio, 1998 y 1999, la precipitación anual fue de 250 mm en el primer año y de 225 mm en 1999. El índice de termicidad indica que dentro de del bioclima Mediterráneo xérico oceánico, esta zona pertenece al termótipo Termomediterráneo.

Métodos

1. Distribución espacial a escala regional.

Como primera aproximación al estudio de la distribución espacial, el análisis ha empleado la base topográfica a escala 1:50000, a partir de la que se ha realizado una estimación del área de distribución ocupada por las tres poblaciones de

Vella lucentina identificadas y descritas hasta el momento. En un cuadrante de coordenadas 30SHY4805, 30SHY6205, 30SHY4819, 30SHY6219, y cubriendo el área de distribución potencial de la especie (sector semiárido de la provincia de Alicante), se superpuso una malla de cuadrículas de 100 m de lado, evaluando en ella la presencia o ausencia de la especie. Además, en aquellas cuadrículas de 100 x 100 m donde se constató la presencia, se hizo un muestreo en cuadrículas de 10x10 m (hasta un total de 319 cuadrículas). En cada una de ellas se tomaron datos de densidad de individuos de *Vella lucentina*, y los resultados obtenidos se evaluaron mediante el método de interpolación lineal Kriging (Rossi *et al.* 1992) para obtener una estimación en el ámbito provincial.

2. Distribución espacial a escala local

El análisis se realizó en la población de Bec de l'Àguila (Muxamel, Alicante, Sant Vicent), considerando los distintos usos de suelo y la densidad de individuos de distintas clases de tamaño. En primer lugar se determinaron los límites del área de distribución de la especie en esta población. Para ello, sobre la base topográfica 1:10.000, sobre el SIG IDRI-SI, se delimitó un área de 9 Km² (900 ha), sobre la que se superpuso una malla de cuadrículas de 100 m de lado (un total de 900 cuadrículas) y se evaluó en campo la presencia

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

o ausencia de la especie y se determinó el tipo de hábitat en el que se encontraba.

Así mismo, en cada cuadrícula de 100 x 100 m con presencia de la especie se realizaron en campo, 20 transectos de 160 m de longitud y 10 metros de ancho, que representan un total de 16 cuadrículas de 10 x 10 m (1.6 ha), de forma que pudieran detectarse las discontinuidades o manchas ocupadas por individuos de *V. lucentina*. En cada cuadrícula se contó el número de individuos de la especie y para estimar la estructura de las poblaciones, se clasificaron por clases de altura, como indicador de las fases de desarrollo. Así, la Clase 0 corresponde a las plántulas (0.5-1 cm), la Clase 1 a los individuos con alturas entre 5 y 10 cm, la Clase 2 entre 10 y 20 cm, y la Clase 3, entre 20 y 30 cm.

Otras variables que se tuvieron en cuenta fueron la pendiente de la parcela (%), el recubrimiento total de vegetación (%), la altitud (m) y el uso del suelo como indicador del tipo de hábitat de la especie, agrupado este en los siguientes tipos: a) ladera (principalmente afloramientos rocosos con vegetación subarborescente escasa), b) camino (márgenes o cunetas), c) repoblación de *P. halepensis*, d) cultivo arbóreo de secano abandonado en bancales, y e) espartal (comunidad dominada por la especie *Stipa tenacissima*).

Para comprobar qué factores podían afectar de forma significativa al número de individuos de *V. lucentina* por unidad de superficie, se compararon las distintas densidades obtenidas mediante el análisis múltiple de la varianza. La variable dependiente utilizada ha sido el número de individuos en cada ambiente y las covariables, la pendiente y la altitud de las parcelas. El test *a posteriori* utilizado fue el de Bonferroni, para distintos tamaños de muestra, con el que se estableció cuales eran las variables que mostraban diferencias significativas (Sokal y Rohlf, 1995). El análisis se realizó considerando el total de individuos y las distintas clases de tamaño.

Utilizando las densidades obtenidas en las cuadrículas, se analizó la distribución de individuos en el área donde está presente la especie, con el fin de definir áreas de mayor y menor densidad. La cartografía de las densidades de individuos totales y para cada una de las clases de tamaños se ha realizado calculando las isolíneas de densidad con el método de interpolación lineal kriging, mediante autocovarianzas aplicadas a la red de parcelas muestreadas (Rossi *et al.* 1992).

Con el fin de relacionar la densidad de individuos presentaban con su distribución en clases de tamaño, en cada una de las parcelas se realizó el análisis de la distribución de individuos por clases de tamaños utilizando su coeficiente de va-

riación (CV) y el índice de equitabilidad o uniformidad Pielou (E , Magurran, 1989) de la estructura de la población:

$$E = H' \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\log_2 C}$$

$$H' = \frac{n_i}{N} \cdot \log_2 \frac{n_i}{N}$$

Donde H' es el índice de diversidad (Shannon-Weaver) de clases de tamaño, $H_{\max}$ el índice de diversidad máximo, C es el número total de clases de tamaño, n_i el número de individuos en la clase de tamaño i , y N es el número total de individuos censados.

Las correlaciones entre el número total de individuos, número de clases de tamaño ocupados, la variabilidad y la uniformidad de abundancia total de individuos en cada clase se realizó utilizando una matriz de correlación mediante el test de rangos de Spearman. Este análisis se efectuó en las dos escalas, utilizando los resultados de las tres poblaciones (escala regional) y evaluando solo la población del Bec de l'Àguila (escala local).

Resultados

1. Distribución regional.

Se constató la presencia de la especie en un total de 1200 cuadrículas de 100 x 100 m. El área de distribución potencial a escala regional de *Vella lucentina* en la población de Bec de l'Àguila es de 9 km², en la Sierra de los Tajos de 1 km² y en La Alcoraya, de 2 km² (Figura 2). Este primer análisis descriptivo parece indicar una disgregación entre poblaciones. La distancia que separa a la población de Bec de l'Àguila y la sierra de los Tajos es de 6 km; entre la Sierra de los Tajos y La Alcoraya hay 10 km; y entre La Alcoraya y Bec de l'Àguila, 15 km. Entre dichas poblaciones no existe continuidad en la distribución de las plantas. En el análisis realizado mediante interpolación lineal de los puntos de muestreo (kriging), se observa la estructura metapoblacional y la existencia de núcleos centrales de mayor densidad de individuos (Figura 2).

2. Distribución espacial a escala local

De los tipos de hábitat presentes en el área de distribución, el ambiente que ocupa un área mayor es la ladera, con 168 ha, mientras que las repoblaciones ocupan 25 ha. El ambiente afectado por los márgenes de camino ha sido estimado en 23 ha, mientras que los espartales ocupan 11 ha y los bancales

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

con cultivos abandonados se restringen a 7 ha. El suelo urbanizado es la categoría de uso del suelo con menor superficie, con tan solo $26.3 \cdot 10^{-6}$ ha.

La discontinuidad de *V. lucentina* en la población de Bec de l'Àguila se hace patente al observar que está presente tan solo en un 28% del total del área muestreada. Esto permite reducir el área de distribución de la especie en esta población a 2.56 km² (256 ha). Se muestrearon un total de 3874 individuos, de los que un 63% se encuentran en la ladera. El 19% de los individuos viven sobre bancales abandonados, mientras que en el borde del camino se encuentran un 10%, y un 8% en la repoblación. En el espartal, la presencia de individuos es prácticamente nula. En la Tabla 1 se muestran los valores promedio de la pendiente y la cobertura de la vegetación de la especie en estas categorías.

La densidad de individuos varía significativamente entre hábitats. Los ambientes analizados presentan diferencias significativas en cuanto a la densidad de individuos de esta especie ($p < 0.01$) (Tabla 2). Por el contrario, la altitud y la pendiente no parecen condicionar la presencia de los individuos de *V. lucentina*.

Si se tiene en cuenta la densidad de individuos entre ambientes se observa que, a pesar de existir diferencias sig-

nificativas, los ambientes ladera y borde de camino tienen una densidad de magnitud similar, entre 53 y 47 ind. 0.01ha^{-1} respectivamente. La repoblación, los bancales y las zonas de espartal tienen densidades menores. En la repoblación la densidad es de 5 ind. 0.01ha^{-1} , en los bancales 14 ind 0.01ha^{-1} , mientras que en el espartal no se observó ningún individuo de la especie (Tabla 1).

De los análisis efectuados, se puede estimar unos efectivos totales en la población de Bec de l'Àguila de aproximadamente un millón de individuos (1.037.774 ind.), de los cuales el 86 % se encontraría en el hábitat de ladera y el 10% en márgenes de caminos y cunetas, mientras que los ambientes de repoblación y los bancales de cultivos abandonados presentarían una menor proporción de efectivos (el 2,4 y el 0.95 %, respectivamente).

En cuanto a la estructura de las poblaciones, aproximadamente un 80% de los individuos muestreados tiene tamaños entre 10 y 20 cm. Solo un 2% de los individuos eran plántulas y un 9% correspondería a individuos con un tamaño mayor de 30 cm altura. La densidad de individuos adultos, con alturas entre 5-30 cm altura, es de 2 ind. m^{-2} , en las plántulas es mucho menor (0.1 ind. m^{-2}), y la densidad de los individuos de mas de 30 cm altura es de 0.47 ind. m^{-2} .

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

La densidad de individuos de las distintas clases de tamaño es diferente en cada uno de los hábitats analizados ($p < 0.05$, $gl=3$, Tabla 3), con excepción de las plántulas. El número de plántulas es semejante en todos los hábitats ($P > 0.05$, Tabla 3).

El porcentaje de individuos de cada clase de tamaño respecto al total de individuos, presenta el mismo patrón en las distintas categorías. Por tanto, las clases que se encuentran menos representadas son las plántulas y los individuos adultos, mientras que las clases con más individuos son las de tamaños intermedios.

La densidad obtenida en cada una de las parcelas de 10 x 10 m (0.01 ha) se ha utilizado para establecer las isolíneas de densidad en el área de distribución de la especie (Figura 3). La especie *Vella lucentina* es abundante localmente, y se pueden observar ciertos patrones en la distribución del número de individuos. Aparecen zonas que podrían considerarse núcleos, ya que presentan el mayor número de individuos, y conforme nos alejamos de éstas, disminuye la densidad (Figura 3, Tabla 4). La máxima tasa de germinación durante el período de estudio (años 1999 y 2000), se concentró en la zona de coordenadas 30SYH5360 (Figura 4.a). Los individuos con alturas entre 5 y 20 cm son los más abundantes y

los que se encuentran más distribuidos por el territorio (Figura 4.b y 4.c). Los individuos pertenecientes a las clases de tamaño mayores, son abundantes y se encuentran restringidos en un área determinada por las coordenadas UTM 0724800 4260800.

El análisis de variación de individuos en cada clase de tamaño entre las tres poblaciones a escala regional, sugiere que en las parcelas que poseen un mayor número de clases de tamaños se muestran menos variables en el número de individuos en cada clase (r Spearman = -0.67, $p < 0.001$) y por tanto mas equilibradas, evidenciado una mayor uniformidad en la proporción de los individuos de cada clase con respecto a la abundancia total (r Spearman = 0.79, $p < 0.001$). A su vez, se observa una leve tendencia a que parcelas con un mayor número de individuos posean un mayor número de clases (r Spearman = 0.48, $p < 0.001$). Si bien la relación entre el número total de individuos con el coeficiente de variabilidad y la equitabilidad es negativa y positiva respectivamente, parece no existir una correlación discernible pues el valor del índice de Spearman es menor a 0.3 (Tabla 5). La cartografía de la equitabilidad (Figura 5) indica una estructuración agregada hacia zonas centrales de distribución de la especie en la población, con una concentración máxima en

tres núcleos, dos de ellos coincidentes con áreas de máxima densidad de individuos.

El análisis de variación de individuos en cada clase en la población del Bec de l'Àguila a escala local, muestra la misma tendencia que el análisis anterior con la única diferencia que la intensidad de las correlaciones con el número de clases es algo mas baja, principalmente cuando se relaciona esta última con el número de individuos totales (Tabla 5).

Discusión

La heterogeneidad y la discontinuidad en la distribución de *Vella lucentina* esta condicionada principalmente por la distribución espacial de los hábitats disponibles. Su rareza viene condicionada por su ámbito geográfico restringido, aunque puede considerarse una especie localmente abundante. Por otra parte, se ha demostrado una especial especificidad por los ambientes de ladera con afloramiento rocoso, aunque puede estar presente en otros ambientes. La diferente distribución de las perturbaciones, o en este caso, de los usos del suelo sobre el territorio ha podido condicionar la propagación de la especie, siendo eventualmente, causa de extinciones locales (Caswell y Cohen, 1991; Wei y Skarpe, 1995). En muchas zonas áridas, la historia de los usos de suelo ha determinado aumento de la heterogeneidad espacial que con-

forma el actual mosaico de hábitats disponibles (Bonet et al., 2004, Bonet, 2004). En estas áreas, los factores ambientales, se solapan a su vez para configurar una estructura espacial en la que las zonas sin vegetación se alternan con zonas de vegetación densa, como resultado de la limitada disponibilidad hídrica y características edáficas (Montaña, 1992; Dale, 1999), afectando a su vez en la disponibilidad de hábitats.

En estas zonas semiáridas, en las que las especies vegetales dependen en gran medida de los factores abióticos, como los azarosos e imprevisibles eventos de precipitación (De Luis, 2000), un único evento de germinación y establecimiento de plántulas puede determinar la distribución y dinámica de la especie por muchos años. La falta de eventos de precipitación que hayan hecho posible la dispersión a distancias largas, y la eliminación de la especie en determinadas zonas puede haber condicionado su patrón espacial y la distribución en el futuro (Gras, 2001).

Las poblaciones de *V. lucentina* aparecen fragmentadas a escala regional. Los eventos naturales históricos pueden haber ocasionado la actual área de distribución restringida, como ha sucedido con otras especies paleoendémicas (Gómez-Campo, 1999), donde la estructura espacial es el resultado de determinados eventos de aislamiento geográfico durante

el Mioceno y Plioceno (Padilla y Ramón, 1997). Por otra parte, no se puede descartar un origen natural de la estructura fragmentada de esta especie, ya que parece existir una afinidad sobre ciertos tipos de sustrato litológico que presentan discontinuidades. También ha estado expuesta a la influencia humana y al desarrollo de actividades que han limitado la expansión de la especie, como ha ocurrido en otras especies raras (Pavlovic y Bowles, 1996). En este caso, la fragmentación podría haber sido causada por el cambio de usos del suelo, como el crecimiento de núcleos de población, por la creación de redes viarias, la puesta en cultivo de las zonas que rodean a las tres poblaciones o las plantaciones de *P. halepensis*, principales cambios que afectan a las zonas semiáridas (Bonet et al., 2004).

A escala local, se observa una tendencia de la especie a ocupar zonas poco alteradas y en las que la vegetación es escasa y se encuentra dispersa. Al analizar toda el área de distribución, se observa que la densidad los individuos varía con el tamaño de estos, ya que el área de distribución de plántulas y adultos es muy restringida. La clase de altura más abundante es la intermedia, entre 10 y 20 cm. En 1999, la densidad de plántulas fue escasa y su distribución confinada a una única zona. Esto puede ser debido a la combinación

de factores como la falta de individuos reproductivos o semillas, o de agentes que dispersen las semillas (eventos de precipitación), junto a la inexistencia de lugares adecuados para que germinen las semillas (Eriksson y Ehrlén, 1992; Tilman, 1997), constituidos por afloramientos rocosos y con poco suelo disponible. La heterogeneidad observada en la estructura de tamaños de las subpoblaciones podría entonces asociarse a la distribución irregular en la disponibilidad de dichos micrositios.

En la población de Bec de l'Àguila, existen zonas con distinta densidad de individuos. En general, la estructura espacial de los individuos se encuentra formando núcleos de mayor densidad y elevada equitabilidad de las clases de tamaño, situados en las coordenadas UTM 30SYH4760, 30SYH5260 y 30SYH3761. Este patrón puede ser debido a distintos factores, y a la combinación de los aspectos morfológicos (crecimiento y tamaño de la especie) y ambientales (Little y Dale, 1999). El resultado de ello es un conjunto metapoblacional. Las subpoblaciones con una elevada densidad de plantas tienden a presentar un mayor número de clases de tamaños, las mismas que presentan estructuras demográficas más equilibradas y actúan como fuentes de diásporas (semillas), mientras que aquellas con menores densidades actuarían

como sumideros (Hanski y Gilpin, 1991). Para favorecer la conservación de las poblaciones de la especie *V. lucentina* cabría, por tanto, focalizar los esfuerzos hacia la preservación de las áreas fuente de las subpoblaciones localizadas en la cartografía, pues permitirían mantener una producción de semillas que facilitaría el mantenimiento de la viabilidad de la población, con el posterior reclutamiento de individuos juveniles.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias a la ayuda de David Ramírez Collantes y a la financiación del proyecto GV97-RN-14-6.

Bibliografía

- BONET, A. 2004. Secondary succession on semi-arid Mediterranean old-fields in South-eastern Spain: Insights for conservation and restoration of degraded lands. *Journal of Arid Environments*, 56: 213-233.
- BONET, A., J. BELLOT & J. PEÑA. 2004. "Landscape dynamics in a semiarid mediterranean catchment (SE Spain)". In: Mazzoleni, S., G. Di Pasquale, P. de Martino and F. Rego (Eds). *Recent dynamics of Mediterranean vegetation landscape*. Pp 47-56. Wiley, U.K.
- CASWELL, H. Y COHEN, J.E. 1991. Communities in patchy environments: a model of disturbance, competition, and heterogeneity. Ko-

lasa, J. y Pickett, S.T.A. (eds) *Ecological heterogeneity*. New York, Springer-Verlag.

CRESPO, M.B. 1992. A new species of *Vella* L. Brassicaceae from the south-eastern part of Iberian Peninsula. *Biological Journal of the Linnean Society*, 109: 369-376.

CRESPO, M.B., LLEDÓ, M.D., FAY, M.F., y CHASE, M.W. 2000. Subtribe Vellinae Brassicaceae, *Brassicaceae: a combined analysis of ITS nrDNA sequences and morphological data*. *Annals of Botany*, 86: 53-62.

DALE, M.R.T. 1999. *Spatial pattern analysis in plant ecology*. Birks, H.J. B. y Wiens, J.A.(eds). Cambridge University Press.

DE LUIS, M. 2000. *Estudio Espacial y Temporal de las Tendencias de Lluvia en la Comunidad Valenciana 1961-1990*. Ediciones e Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Logroño, Geoforma.

DRAPER, D., ROSSELLÓ-GRAELL, A., GARCIA, C., TAULEIGNE GOMES, C. y SÉRGIO, C. 2003. Application of GIS in plant conservation Programmes in Portugal. *Biological Conservation* 113: 337-349.

ESCUDERO, A., IRIONDO, J.M: y TORRES, M.E. 2003. Spatial analysis of genetic diversity as a tool for plant conservation. *Biological Conservation* 113: 351-365.

ERIKSSON, O. Y EHRLÉN, J. 1992. Seed and microsite limitation of recruitment in plant populations. *Oecologia Berlin*, 91: 360-364.

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

- FAHRIG, L. Y MERRIAM, G. 1994. Conservation of fragmented population. *Conservation biology*, 8: 50-59.
- GILPIN, M. E. 1987. Spatial structure and population viability. Soulé, M.E. (ed). *Viable populations for conservation*. Sinauer, Sunderland, Massachussets, USA.
- GÓMEZ-CAMPO, C. 1999. Seedless and seeded beak in the tribe *Brassicaceae*. *Eucarpia Cruciferae Newsl*, 21: 11-12.
- GRAS, M.J. 2001. *Ecología de la conservación de un endemismo exclusivo de la provincia de Alicante: Vella lucentina M.B. Crespo. Estudio en ambientes contrastados*. Tesis de licenciatura. Universidad de Alicante.
- HANSKI, I. Y GILPIN, M. 1991. Metapopulation dynamics: a brief history and conceptual domain. *Biological Journal of the Linnean Society* 42, p.3-16.
- IGME, 1978. Instituto geológico minero de España (871). E. 1: 50000. Servicio de publicaciones del ministerio de industria. Madrid, p. 64.
- JOHNSTON, C.A. 1998. *Geographic Information Systems in Ecology*. Blackwell Science. Oxford.
- KUNIN, W. E. 1997. Introduction: on the causes and consequences of rare-common differences. Kunin, W. E. y Gaston, K. J. (eds) *The biology of rarity. Causes and consequences of rare-common differences*. London, UK, Chapman y Hall, p. 3-11.

- LAGUNA, E. 1994. Introducción. En: Aguilera, A., (eds) *Flora vascular rara, endémica o amenazada de la Comunidad Valenciana*. Consellería de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Valencia.
- LAGUNA, E. 1995. Microrreservas de flora: un nuevo modelo de conservación en la Comunidad Valenciana. *Quercus*, p. 22-26.
- LAGUNA, E., coord.. 1998a. *Flora endémica, rara o amenazada de la Comunidad Valenciana*. Conselleria de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Spain. 445 pp.
- LAGUNA, E. 1998b. *The micro-reserves as a tool for conservation of threatened plants in Europe*. Council of Europe. Report. 104 pp.
- LAGUNA, E. 2001. Conservación de endemismos vegetales en la Comunidad Valenciana: la red de microrreservas. En: Gómez Campo, C. (Ed.), *Conservación de Especies Vegetales Amenazadas en la Región Mediterránea Occidental. Una Perspectiva desde el Fin de Siglo*. Fundación Ramón Areces, Madrid, pp. 149-174.
- LAGUNA, E. y CRESPO, M.B. 1996. *Asignación de las nuevas categorías UICN a la flora endémica de la Comunidad Valenciana. Tomo extraordinario*. 125 Aniversario de la RSEHN, p. 385-387.
- LAGUNA, E., CRESPO, M.B., MATEO-SANZ, G., LOPEZ, S., FABREGAT, C., HERRERO-BORGOÑON, J.J., CARRETERO, J.L., AGUILELLA, A., y FIGUEROLA, R. 1998. *Flora endémica rara o amenazada de la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana. Consellería de Medio Ambiente.

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

- LANDE, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* 241:145-146.
- LITTLE, L.R. y DALE, M.R.T. 1999. A method for analysing spatio-temporal pattern in plant establishment, tested on a *Populus balsamifera* clone. *Journal of Ecology*, 87. 620-627.
- LLEDÓ, M.D., CRESPO, M.B., DEL AMO, J.B. 1995. In vitro multiplication of *Vella lucentina* M.B. Crespo (Brassicaceae), a Spanish threatened endemic. *In Vitro Cell.Develop.Biol.Pla.* 31, p. 199-201.
- MAGURRAN, A. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Vedrá, Barcelona.
- MARGULES, C.R. y PRESSEY, R.L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- MENGES, E. S. 1990. The application of minimum viable population theory to plants. *Genetics and Conservation of Rare Plants*, p. 46-61.
- MONTAÑA, C. 1992. The colonization of bare areas in two phase mosaics of an arid ecosystem. *Journal of Ecology*, 80, p.315-327.
- PADILLA, A. y RAMÓN, A. 1997. Planeamiento ambiental a escala de detalle: microrreservas de flora en la Comunidad Valenciana. *Geográficas*, 14, p. 117-128.
- PAVLOVIC, N.B. y BOWLES, M.L. 1996. Rare plant monitoring at Indiana Dunes National Lakeshore. En: Halvorson, W.L. y Davis, G. E. (eds). *Science and Ecosystems Management in the National Parks*. The University of Arizona Press, Tucson, p. 253-280.

- PÉREZ-CUEVA, A. 1994. Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transports. Generalitat Valenciana, Col.lecció Territori, N° 4
- PRESSEY, R.L., HUMPHRIES, C.J., MARGULES, C.R., VANE-WRIGHT, D., WILLIAMS, P., 1993. Beyond opportunism—key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution* 8, 124–128.
- PRESSEY, R.L. y NICHOLS, A.O. 1989. Efficiency in conservation evaluation-scoring versus iterative approaches. *Biological Conservation* 50: 199-218.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1983. *Pisos bioclimáticos de España*. Lazaroa, nº 5.
- ROSSI, R., MULLA, D., JOURNEL, A., y FRANZ, E. 1992. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. *Ecological Monographs*, 62, p.277-314.
- SOKAL, R.R. y ROHLF, F.J. 1995. *Biometry*. Department of ecology and evolution. State university of new York at Stony Brook. W.H. Freeman and Company. New York.
- TILMAN, D. 1997. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78, p. 81-92.
- WEI, Z. y SKARPE, C. 1995. Small-scale species dynamics in semi-arid steppe vegetation in Inner Mongolia. *J Veg. Sci.* 6, p. 583-592.

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

WILLIAMS, P., GIBBONS, D., MARGULES, C., REBELO, A., HUMPHRIES, C y PRESSEY, R. 1996. A comparison of richness Hots-pots, rarity hotspots and complementary areas for conserving diversity of British birds. *Conservation Biology*, 10: 155-174.

Fig. 1. Localización de las tres poblaciones de *Vella lucentina* (modificado de Laguna *et al.* 1998).

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

Fig. 2. Análisis a escala regional de la distribución de la densidad de individuos ($\text{ind} \cdot 100 \text{ m}^{-2}$) en las tres poblaciones identificadas de *Vella lucentina* (coordenadas UTM). Resultado del método de interpolación lineal kriging.

Fig. 3. Densidad de individuos ($\text{n}^\circ\text{ind} \cdot 100\text{m}^{-2}$) de *Vella lucentina* en la población de Bec de l'Àguila. Se presenta la distribución del total de individuos incluyendo todas las clases de tamaño analizadas. Resultado del método de interpolación lineal kriging (coordenadas UTM).

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

Fig. 4. Distribución de la densidad de individuos ($\text{ind.} \cdot 100 \text{ m}^{-2}$) para las distintas clases de tamaño identificadas en la población de Bec de l'Àguila. a) plántulas (Clase 0), b) individuos de 2-10 cm altura (Clase 1), c) individuos de 10-20 cm altura (Clase 2), d) individuos de 20-30 cm altura (Clase 3). Coordenadas UTM.

Fig. 5. Distribución de la Equitabilidad (E) de la estructura de la población del Bec de L'Àguila, a partir del análisis kriging.

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

Hábitat	N Parcelas	Pendiente media (%)	Altitud media (m)	Cobertura media (%)	Nº total ind	Nº medio ind
Bancal	38	0.3	332	46.5	589	14.09
Camino	12	23.7	325	36.3	551	47.83
Espartal	10	62.0	402	68.5	0	0.00
Ladera	50	33.1	365	31.1	2647	53.14
Repobl.	10	5.0	220	25.0	87	10.06

Tabla 1. Número de individuos totales y valores medios del número de individuos de *Vella lucentina* en las parcelas de 10x10 m sobre los diferentes usos de suelo. Cobertura de la vegetación, altitud y pendiente media de las parcelas.

	Suma cuadrados	g.l	F	Signific.
Factor				
Hábitat	37885.2	4	5.65	0.00
Covariables				
Pendiente	470.5	1	0.35	0.55
Altitud	1671.2	1	1.25	0.26

Tabla 2. Comparación del número de individuos en los distintos usos del suelo. Análisis múltiple de la varianza, intervalo de confianza 95% (n= 120 parcelas).

Clase de altura (cm)	Hábitat	N _{ind.} , Valor medio	Error estándar	F	Significación
Plántulas	Bancal	0	0.00	1.68	0.16
	Camino	1.83	1.03		
	Espartal	0	0.00		
	Ladera	2.31	0.98		
	Repoblación	0.30	0.30		
10-15	Bancal	8.68 ^b	2.95	6.22	0.0001
	Camino	22.50 ^a	6.37		
	Espartal	0	0.00		
	Ladera	29.68 ^a	4.88		
	Repoblación	0.9	0.60		
15-20	Bancal	5.34 ^b	1.5	12.37	0.0001
	Camino	17.08 ^a	3.30		
	Espartal	0	0.00		
	Ladera	18.91 ^a	1.91		
	Repoblación	3.90 ^b	2.96		
>20	Bancal	1.47 ^b	0.58	3.07	0.019
	Camino	4.50 ^a	1.01		
	Espartal	0	0.00		
	Ladera	4.22 ^a	0.63		
	Repoblación	3.60 ^b	3.28		

Tabla 3. Comparación entre el número de individuos de las distintas clases de tamaño en las categorías de usos del suelo más representativas. Valores medios y error estándar. Las letras diferentes indican las diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

Análisis de los patrones espaciales de distribución de *Vella lucentina* MB Crespo para la selección de áreas de la Red de Microrreservas de Flora de la Comunidad Valenciana

Núcleo	X _{min}	Y _{min}	X _{max}	Y _{max}
1	714700	4260500	715200	4260500
2	715200	4260900	716000	4260500
3	713500	4261500	713800	4261700

Tabla 4. Coordenadas UTM de los núcleos de mayor densidad detectados en la población de Bec de l'Àguila.

	C	N	CV	E
C	-	0.478 (0.0000)	-0.668 (0.0000)	0.794 (0.0000)
N	0.291 (0.0146)	-	-0.219 (0.0408)	0.294 (0.0000)
CV	-0.537 (0.0000)	-0.268 (0.0247)	-	-0.969 (0.0000)
E	0.709 (0.0000)	0.316 (0.0077)	-0.957 (0.0000)	-

Tabla 5. Análisis de la variabilidad de la estructura de las poblaciones. Matrices de correlación de Spearman (valor de r; probabilidad, entre paréntesis). Hemimatriz superior para las tres poblaciones (escala regional, 88 parcelas) y hemimatriz inferior para el Bec de l'Àguila (70 parcelas). C: número de clases, E: equitabilidad (índice de Pielou), N: número total de individuos y CV: coeficiente de variación del número de clases.