

Agrupación en corotipos de los anfibios de la provincia de Ciudad Real (España)

TOMÁS FLORES,¹ MIGUEL ÁNGEL PUERTO,² ANA MÁRCIA BARBOSA,²
RAIMUNDO REAL² & RAFAEL UBALDO GOSALVEZ³

¹ Depto. Geografía, Fac. Filosofía y Letras, Univ. Autónoma, 28049 Madrid, España

² Depto. Biología Animal, Fac. Ciencias, Univ. Málaga, 29071 Málaga, España

³ Depto. Geografía y Ordenación del Territorio, Univ. Castilla-La Mancha,
13071 Ciudad Real, España
(e-mail: rugosalvez@hotmail.com)

Resumen: El objetivo de este estudio es establecer de forma objetiva, por medio de un método biogeográfico cuantitativo, si las distribuciones de las 13 especies de anfibios identificadas en la provincia de Ciudad Real están interrelacionadas o, por el contrario, son independientes. Para ello se ha empleado el “Método para Aceptar Clasificaciones Obteniendo Quiebras de la Unidad Identificables” (MACOQUI), que a partir de una matriz de presencias y ausencias de un grupo de especies en varias localidades puede establecer corotipos. Se han reconocido dos corotipos en la provincia de Ciudad Real; uno de ellos está compuesto únicamente por la especie *Pelodytes punctatus*, mientras que el otro corotipo incluye el resto de las especies. Este último queda subdividido en dos subcorotipos que separan las especies distribuidas por casi todas las cuadrículas de aquellas limitadas básicamente a la mitad occidental de la provincia. Con el fin de caracterizar los corotipos obtenidos se aplicó un análisis de regresión logística por pasos, a un conjunto de variables seleccionadas por su capacidad explicativa. Se han obtenido modelos significativos para todos los corotipos.

Palabras clave: anfibios, biogeografía, Ciudad Real, corotipos, MACOQUI.

Abstract: Grouping amphibians in Ciudad Real province (Spain) into chorotypes. – Our aim was to establish objectively, by means of a quantitative biogeographic method, whether the distribution of the 13 amphibian species identified in the Ciudad Real province are inter-related or, on the contrary, they are independent. To do this we used the “Method for Accepting Classifications by Obtaining Quantifiable Unity Interruptions” (MACOQUI), that can be used to establish chorotypes from a matrix of presences and absences of a group of species in several localities. We identified two chorotypes in Ciudad Real province; one of them comprises only the species *Pelodytes punctatus*, while the other chorotype includes the remaining species. The latter chorotype was subdivided in two subchorotypes, which separate the species widely distributed through nearly all squares from those basically limited to the western half of the province. To characterize the chorotypes obtained, we performed a stepwise logistic regression analysis, using a set of variables selected according to their explanatory capacity. We obtained significant models for all the chorotypes.

Key words: amphibians, biogeography, chorotypes, Ciudad Real, MACOQUI.

INTRODUCCIÓN

Los primeros datos sobre distribución de anfibios y reptiles de la provincia de Ciudad

Real proceden de las obras de BOSCA (1877, 1881). Deberá transcurrir casi un siglo para que vuelvan a aparecer citas puntuales sobre distribución de anfibios y reptiles en la pro-

vincia. Los trabajos realizados por la Sociedad para la Conservación de Vertebrados (AYLLÓN *et al.*, 1998, 2000) para la elaboración del primer atlas sistemático de anfibios y reptiles de la provincia de Ciudad Real (AYLLÓN *et al.*, 2003), son los más completos en la actualidad y sirven como base para la presente caracterización biogeográfica.

Desde un punto de vista biogeográfico, una de las preguntas más elementales a resolver es si la distribución de un conjunto de especies responde a un patrón compartido por varias de ellas, si las especies se distribuyen independientemente unas de otras o bien se van reemplazando de forma gradual a lo largo del territorio. Si las especies no se reemplazan de forma gradual, los conjuntos específicos pueden ser clasificados dentro de categorías biogeográficas o corotipos, los cuales corresponden con factores ecológicos y/o históricos (MÁRQUEZ *et al.*, 1997) y pueden distinguirse operativamente del resto de las distribuciones analizadas (BARONI-URBANI *et al.*, 1978). Procede aclarar que un corotipo puede estar constituido por una sola especie, siempre y cuando se segregue del resto y su área de distribución no se asocie con el de ninguna otra especie (REAL *et al.*, 1996). La identificación de grupos de especies con distribuciones similares no puede hacerse de forma subjetiva, ya que de esta forma obtendríamos una clasificación intuitiva y no la reflejada por los datos reales (MÁRQUEZ *et al.*, 1997).

En este trabajo se investiga la posible existencia de corotipos en las distribuciones de los anfibios presentes en la provincia de Ciudad Real. Para ello se utiliza el método objetivo de clasificación utilizado por REAL *et al.* (1992) que permite distinguir las asociaciones de especies probabilísticamente significativas de aquellas que son compatibles con lo esperado por azar. Posteriormente se procede a la caracterización ambiental de los corotipos obtenidos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio comprende la totalidad de la provincia de Ciudad Real (Fig. 1), con una superficie de 19 813 km², lo que supone algo más del 3% de la Península Ibérica. El relieve se caracteriza por ser relativamente homogéneo, con un 85% de su superficie situada entre los 600 m y los 1000 m y un rango altitudinal de 400-1400 m. En Los Montes y en Sierra Morena predominan las rocas metamórficas del Paleozoico (litologías silíceas), dando lugar a un relieve plegado pseudoapalachense. Al este se localizan las comarcas de La Llanura Manchega y el Campo de Montiel, en las que dominan materiales detríticos de sedimentación del secundario y terciario y relieves de tipo tabular. Finalmente, en la parte central aparecen dos comarcas de transición: el Campo de Calatrava y el Campo de Mudela, caracteriza-

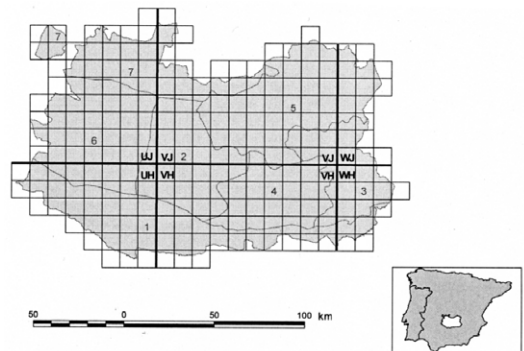


FIGURA 1. Localización de Ciudad Real en la Península Ibérica, unidades de estudio (cuadrículas UTM 10 x 10 km y 100 x 100 km) y comarcas según GARCÍA-RAYEGO (1995). 1: Alcudia-Sierra Morena Oriental, 2: Campo de Calatrava, 3: Campo de Montiel, 4: Campo de Mudela, 5: Llanura Manchega, 6: Montes de Ciudad Real, 7: Montes de Toledo.

FIGURE 1. Location of Ciudad Real province in the Iberian Peninsula, study units (UTM 10 x 10 and UTM 100 x 100 km squares) and regions after GARCÍA-RAYEGO (1995). 1: Alcudia-Sierra Morena Oriental, 2: Campo de Calatrava, 3: Campo de Montiel, 4: Campo de Mudela, 5: Llanura Manchega, 6: Montes de Ciudad Real, 7: Montes de Toledo.

das por la presencia de morfologías y materiales volcánicos de edad neógeno-cuaternaria (testimonialmente en el Campo de Mudela).

Los rasgos climáticos más relevantes son las destacadas amplitudes térmicas que se registran a lo largo del año, la irregularidad interanual de las precipitaciones y la escasez de las mismas (no suelen superar los 500 mm), que contrastan con los altos valores de la evapotranspiración potencial (superior a 1200 mm). Atendiendo a la clasificación bioclimática de la Península Ibérica (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987), la provincia de Ciudad Real se incluye dentro de la Región Mediterránea, dominando el piso mesomediterráneo, aunque el piso supramediterráneo aparece en zonas con altitudes superiores a los 1000-1100 m (Macizo de Rocigalgo y Sierra Madrona).

La mayor parte del territorio se encuentra en la cuenca hidrográfica del río Guadiana, presentando los ríos un régimen de caudales irregular y con estiajes acusados, de acuerdo con las características climáticas descritas. En la Llanura Manchega, la ausencia de una red de drenaje bien definida, la importancia de los acuíferos subterráneos y su compleja interrelación con las aguas superficiales, origina la presencia de numerosas lagunas de diverso tamaño y origen, conocidas en su conjunto como la Mancha Húmeda. Además, en el Campo de Calatrava hay que señalar la existencia de un conjunto de lagunas de origen volcánico y régimen temporal. La regulación humana de las aguas superficiales en la provincia se produce a través de una serie de embalses de tamaño medio cuyas aguas se utilizan sobre todo para riegos agrícolas (Torre de Abraham, Gasset, Vega del Jabalón, Montoro, Vallehermoso, etc.).

Aunque la vegetación potencial se caracteriza por el dominio de los encinares, la vegetación actual está muy alterada y mode-

lada por la influencia histórica de la actividad humana, que ha ocasionado la fragmentación y simplificación estructural de los encinares, y su sustitución por formaciones arbustivas y matorrales subseriales.

Recogida de datos

Se han analizado los datos publicados por AYLLÓN *et al.* (1998, 2000), que incluyen un total de 2915 citas. Como unidades de trabajo se han utilizado las cuadrículas de 10 x 10 km del sistema de proyección UTM, según el elipsoide de Hayford y atendiendo al Datum Europeo (huso 30 y banda S), tal y como se viene realizando habitualmente en los atlas biológicos. La mayor parte de las citas (90.9% del total) proceden de muestreos realizados en el período 1996-2001. El 9.1% restante procede de datos bibliográficos (BOSCA, 1877, 1881; VALVERDE, 1966; PALAUS, 1974; GISBERT & GARCÍA-PEREA, 1986; PÉREZ MELLADO & GALINDO, 1986; GONZÁLEZ-KIRCHNER *et al.*, 1992; MATEO & LÓPEZ-JURADO, 1995; VENTO *et al.*, 2000) incluidos aquellos que corresponden a citas de provincias limítrofes situadas en cuadrículas compartidas con Ciudad Real (PLEGUEZUELOS & MORENO, 1990; DA SILVA, 1994, 1995; BARBERA *et al.*, 1999; J.P. González de la Vega, J.A.M. Barnestein & D. Donaire, datos no publicados).

A partir de las citas se elaboró con Excel 2000 una tabla dinámica con los datos de presencia o ausencia de cada especie en cada cuadrícula UTM. La representación de la distribución de especies se realizó en entorno SIG (Sistema de Información Geográfica) por medio del programa ArcView 3.2 (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC., 1996). Para ello se añadió una capa temática con los 241 polígonos que representan las cuadrículas UTM de 10 x 10 km, uniéndose posteriormente la tabla de presencias y ausencias a su tabla asociada para

extraer la distribución de cada especie y, por agrupación de éstas, los mapas finales de los corotipos resultantes.

Análisis de clasificación de las distribuciones

La matriz de presencias y ausencias se procesó con el programa MACOQUI (REAL *et al.*, 2002) que aplica el método del mismo nombre (acrónimo de “Método para Aceptar Clasificaciones Obteniendo Quiebras de la Unidad Identificables”), con el fin de identificar los corotipos. Para el cálculo de la matriz de similitudes, optamos por el índice de similitud descrito en BARONI-URBANI & BUSER (1976), cuya tabla de probabilidades asociadas tiene en cuenta las dobles ausencias, es decir, la ausencia de dos especies en la misma localidad, ya que un corotipo se caracteriza no sólo por la coincidencia de las especies en varias localidades, sino también por la tendencia a coincidir también en los límites de su distribución (REAL *et al.*, 1992). Además, si dos especies están ausentes de una misma cuadrícula UTM 10 x 10 km de Ciudad Real, será por razones ecológicas o por razones históricas (BARONI-URBANI & BUSER, 1976) y estos son los tipos de factores en los que se indaga para caracterizar los corotipos.

A partir de la matriz de similitudes el programa realiza el agrupamiento por medio del método UPGMA (ROHLF, 1963; LANGE & WILLIAMS, 1966, 1967; SNEATH & SOKAL, 1973) y las agrupaciones obtenidas se representan por dendrogramas. Posteriormente, se obtiene una matriz de similitudes significativas sustituyendo los valores del índice de similitud por las notaciones “+”, “-” y “0” según sean significativamente mayores de lo esperado por el azar, significativamente menores o sin diferencia significativa con respecto a lo esperado por azar.

A continuación se calcula el grado en que el grupo de distribuciones representado por

cada rama cumple las condiciones necesarias para definir un corotipo: predominancia de “+” pero no de “-” entre distribuciones del mismo grupo, y no predominancia de “+” entre distribuciones de grupos diferentes. El parámetro Dd representa estas condiciones en valores que van de -0.7071 a +0.7071. Se ha considerado que un grupo de distribuciones es candidato para formar un corotipo si el Dd del grupo es +0.7071, o es positivo, el mayor para todas las distribuciones involucradas y resulta significativo tras aplicar un test de la G de independencia (SOKAL & ROHLF, 1979). Si dentro de un corotipo existieran grupos cuyo Dd fuera positivo, el segundo mayor para las especies implicadas y significativo, entonces serían considerados subcorotipos. Si los signos “-” predominan entre dos corotipos, lo que se mide con el parámetro Df y cuya significación se comprueba también con el test de la G de independencia, entonces la segregación entre ellos es fuerte, en caso contrario la segregación espacial es débil.

Caracterización de corotipos

Para la caracterización de cada corotipo resultante, se ha efectuado un análisis de regresión logística por pasos (HOSMER & LEMESHOW, 1989) de los datos de presencia/ausencia del corotipo sobre una serie de variables físicas y características de la población humana (Tabla 1). Con el programa CartaLinx 1.2 (HAGAN *et al.*, 1998) se digitalizaron los mapas de isolíneas correspondientes a las variables Escó, Huen, Huju, Etp, Inso, Rads, Tene, Tjul, Tmed, Dihe, Dipr, Pmed, Pm24, Irrp, Icon, Ihum (Tabla 1), así como el mapa de síntesis de los sistemas acuíferos subterráneos de España, los paralelos y meridianos, las autopistas y los centros urbanos de más de 100 000 habitantes y de más de 500 000 habitantes. Estas variables fueron incluidas en el sistema de información geográfica Idrisi32 (EASTMAN, 1999), que permi-

TABLA 1. Variables utilizadas para modelar la distribución de los corotipos de anfibios de Ciudad Real.

TABLE 1. Variables used to model the distribution of the chorotypes of amphibians in Ciudad Real.

Variable	Abrev.	Fuentes
Humedad relativa media en enero a las 07:00 h (%)	Huen	FONT (1983)
Humedad relativa media en julio a las 07:00 h (%)	Huju	FONT (1983)
Variación anual de humedad relativa (%) (Huen-Huju)	Vhum	
Evapotranspiración potencial media anual (mm)	Etp	FONT (1983)
Evapotranspiración real media anual (mm) (mínimo entre Prec y Etp)	Etr	
Insolación media anual (horas/año)	Inso	FONT (1983)
Radiación solar global media anual (kwh/m ² /día)	Rads	FONT (1983)
Temperatura media de enero (°C)	Tene	FONT (1983)
Temperatura media de julio (°C)	Tjul	FONT (1983)
Temperatura media anual (°C)	Tmed	FONT (1983)
Variación anual de temperatura (°C) (Tjul-Tene)	Vtem	
Número medio anual de días de helada (Tmín ≤ 0°C)	Dihe	FONT (1983)
Número medio anual de días de precipitación ≥ 0.1 mm	Dipr	FONT (1983)
Precipitación media anual (mm)	Prec	FONT (1983)
Precipitación máxima en 24 horas (mm)	Pm24	FONT (1983)
Precipitación máxima relativa (Pm24/Prec)	Pmr	
Irregularidad pluviométrica	Irrp	MONTERO DE BURGOS & GONZÁLEZ-REBOLLAR (1974)
Escorrentía media anual (mm)	Esco	
Longitud geográfica media (grados E)	Long	GÓMEZ (1971)
Latitud media (grados N)	Lati	GÓMEZ (1971)
Permeabilidad del suelo	Perm	GÓMEZ (1971)
Altitud media (m)	Alti	U.S. GEOLOGICAL SURVEY (1996)
Índice de humedad	Ihum	FONT (2000)
Pendiente (grados)	Pend	
Distancia a la autopista más próxima (km)	Daut	I.G.N. (1999), I.N.E. (1999)
Distancia a un centro urbano de más de 100 000 habitantes (km)	U100	I.G.N. (1999), I.N.E. (1999)
Distancia a un centro urbano de más de 500 000 habitantes (km)	U500	I.G.N. (1999), I.N.E. (1999)
Índice de continentalidad de Gorezynski	Icon	FONT (2000)

tió calcular otras como Pend, Pmr, Vtem, Etr, Vhum, U100, U500 y Daut (Tabla 1), además de obtener el valor medio de cada variable para cada cuadrícula UTM 10 x 10 km. El mapa de síntesis de los sistemas de acuíferos se reclasificó para que reflejara tres categorías de permeabilidad del suelo y se obtuvo la variable Perm calculando la media de los valores de permeabilidad de los píxeles asignados a cada cuadrícula. La variable Alti fue extraída directamente de la altitud media en formato ráster de 1 x 1 km de resolución.

Los análisis de regresión logística se han llevado a cabo con el programa SPSS. La regresión logística es un método probabilístico incluido entre los conocidos como modelos lineales generalizados. La regresión logística produce, a menudo, modelos más robustos y precisos que otras técnicas (AUSTIN *et al.*, 1996), por lo que se ha convertido en una de los procedimientos más ampliamente adoptados en modelación espacial. Sin embargo, las técnicas de selección de variables por pasos producen resultados que

son a veces difíciles de interpretar o que son dudosos debido a la multicolinealidad entre las variables (JAMES & McCULLOCH, 1990; CHOWN *et al.*, 1998). Para mitigar este problema se realizó primero un análisis bivalente de las relaciones entre los corotipos y cada variable por separado, incluyendo en el modelo multivariante únicamente aquellas variables que tenían capacidad explicativa por sí mismas.

RESULTADOS

Las 13 especies de anfibios identificadas en el área estudiada quedan recogidas en la Tabla 2.

La matriz de similitudes y la de similitudes significativas entre las distribuciones de las especies pueden verse en la Tablas 3 y 4. El dendrograma de clasificación de las distribuciones aparece en la Fig. 2.

Los valores positivos del parámetro Dd se muestran en la Tabla 5. Se han obtenido dos

corotipos y dos subcorotipos. El mayor valor para Dd se obtiene en la bifurcación que separa a *Pelodytes punctatus* de las demás especies. La particular distribución de *P. punctatus* queda reflejada en que presenta una segregación fuerte con el corotipo 2 (Df = 0.3784, G = 8.6854, p < 0.01). Entre los subcorotipos la segregación es débil.

Las restantes 12 especies forman el corotipo 2 y éste a su vez se divide en dos subcorotipos. La bifurcación que separa el grupo de especies formado por *Alytes cisternasii*, *Salamandra salamandra*, *Triturus boscai*, *Triturus pygmaeus*, *Hyla arborea*, *Discoglossus galganoi* e *Hyla meridionalis* (subcorotipo 1) del grupo formado por *Bufo bufo*, *Rana perezi*, *Bufo calamita*, *Pelobates cultripipes* y *Pleurodeles waltl* (subcorotipo 2) posee un valor para Dd que además de ser significativo también es el más alto de su rama. A partir de aquí no se encuentran más asociaciones, ya que los valores del índice de similitud no son ni máximos ni significativos.

TABLE 2. Especies identificadas en el área de estudio y amplitud de su distribución.

TABLE 2. Species identified in the study area and amplitude of their distribution.

	Número de citas	Número de cuadrículas	Cobertura (%)	Rango altitudinal (m)
<i>Pleurodeles waltl</i>	314	147	60.49	420 - 920
<i>Salamandra salamandra</i>	103	65	26.75	370 - 1200
<i>Triturus boscai</i>	146	73	30.04	440 - 1040
<i>Triturus pygmaeus</i>	109	81	33.33	410 - 900
<i>Alytes cisternasii</i>	138	76	31.28	400 - 950
<i>D. galganoi</i> / <i>D. jeanneae</i>	88	64	26.34	380 - 960
<i>Pelobates cultripipes</i>	230	120	49.38	400 - 980
<i>Pelodytes punctatus</i>	103	61	25.10	520 - 900
<i>Bufo bufo</i>	386	167	68.72	360 - 1107
<i>Bufo calamita</i>	437	179	73.66	400 - 1200
<i>Hyla arborea</i>	104	72	29.63	430 - 950
<i>Hyla meridionalis</i>	59	46	18.93	400 - 850
<i>Rana perezi</i>	698	200	82.30	360 - 1200
URODELOS	672	168	69.14	370 - 1200
ANUROS	2243	227	94.24	360 - 1200
ANFIBIOS	2915	227	94.24	360 - 1200

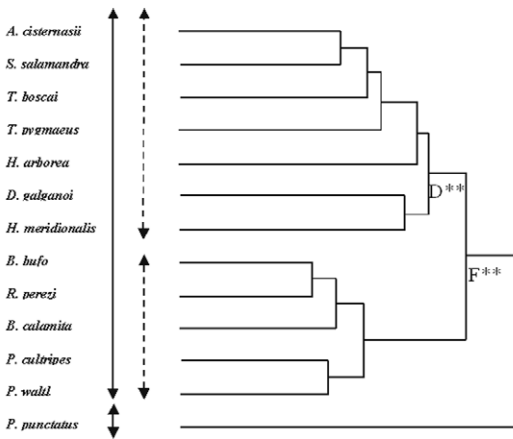


FIGURA 2. Dendrograma de clasificación de las distribuciones de los anfibios en Ciudad Real a partir de la matriz de similitudes de la Tabla 2. Las dobles flechas continuas representan corotipos y las dobles flechas discontinuas subcorotipos (D = segregación débil, F = segregación fuerte, ** = $p < 0.01$).

FIGURE 2. Classification dendrogram of the amphibian distributions in Ciudad Real obtained from the similarity matrix presented in Table 2. Continuous double arrows represent chorotypes and discontinuous double arrows represent subchorotypes (D = weak segregation, F = strong segregation, ** = $p < 0.01$).

La distribución de cada corotipo y subcorotipo aparece en la Fig. 3. La función logit de los modelos logísticos (HOSMER & LEMESHOW, 1989) obtenidos para cada corotipo son las siguientes:

Corotipo 1:

$$y = 9.527 - 0.14 \cdot \text{Dipr} - 0.864 \cdot \text{Tene} + 0.019 \cdot \text{U100}$$

Corotipo 2:

$$y = -4.052 + 0.077 \cdot \text{Pm24}$$

Subcorotipo 2.1:

$$y = 107.32 + 10.717 \cdot \text{Ihum} - 3.172 \cdot \text{Lati} - 2.716 \cdot \text{Long}$$

Subcorotipo 2.2:

$$y = -3.877 + 0.073 \cdot \text{Pm24}$$

DISCUSIÓN

MACOQUI posibilita la demostración objetiva de la existencia de una estructura espacial discreta, contemplando la posibilidad de que, por el contrario, pueda existir una estructura biogeográfica continua. REAL *et al.* (1997), por ejemplo, encontraron la coexistencia de patrones continuos y discretos en los reptiles del Rif (norte de Marruecos). Este hecho lo atribuyeron a que las especies que están modificando sus distribuciones responden mejor a un patrón continuo, mientras que las que han alcanzado un equilibrio biogeográfico se agrupan en corotipos. De acuerdo a este planteamiento, todas las especies de Ciudad Real presentan distribuciones bien establecidas, ya que todas forman parte de algún corotipo.

El patrón general de distribución de los anfibios en esta provincia es relativamente sencillo, con un subcorotipo generalista, otro occidental y un corotipo formado por una única especie. Además, las variables necesarias para explicar este patrón son poco nume-

TABLE 5. Resultados obtenidos para el parámetro Dd y el estadístico G en cada nodo del dendrograma con valores positivos. Grupos como en la Fig. 2, Ac: *Alytes cisternasii*, Tp: *Triturus pygmaeus*, Ha: *Hyla arborea*, Dg: *Discoglossus galganoi*, Hm: *Hyla meridionalis*, Bb: *Bufo bufo*, Pw: *Pleurodeles waltl*, Pp: *Pelodytes punctatus*. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

TABLE 5. Results obtained for the Dd parameter and the G statistic in each node of the dendrogram with positive values. Groups as in Fig.2, Ac: *Alytes cisternasii*, Tp: *Triturus pygmaeus*, Ha: *Hyla arborea*, Dg: *Discoglossus galganoi*, Hm: *Hyla meridionalis*, Bb: *Bufo bufo*, Pw: *Pleurodeles waltl*, Pp: *Pelodytes punctatus*. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

GRUPOS	Ac-Tp	Ha	Ac-Ha	Dg-Hm	Ac-Hm	Bb-Pw	Ac-Pw	Pp
Dd	0.1600	0.1600	0.0443	0.0824	0.3390	0.3953	0.4285	0.7071
G	0.0622	-	0	0.5906	13.183**	13.0645*	15.023**	-

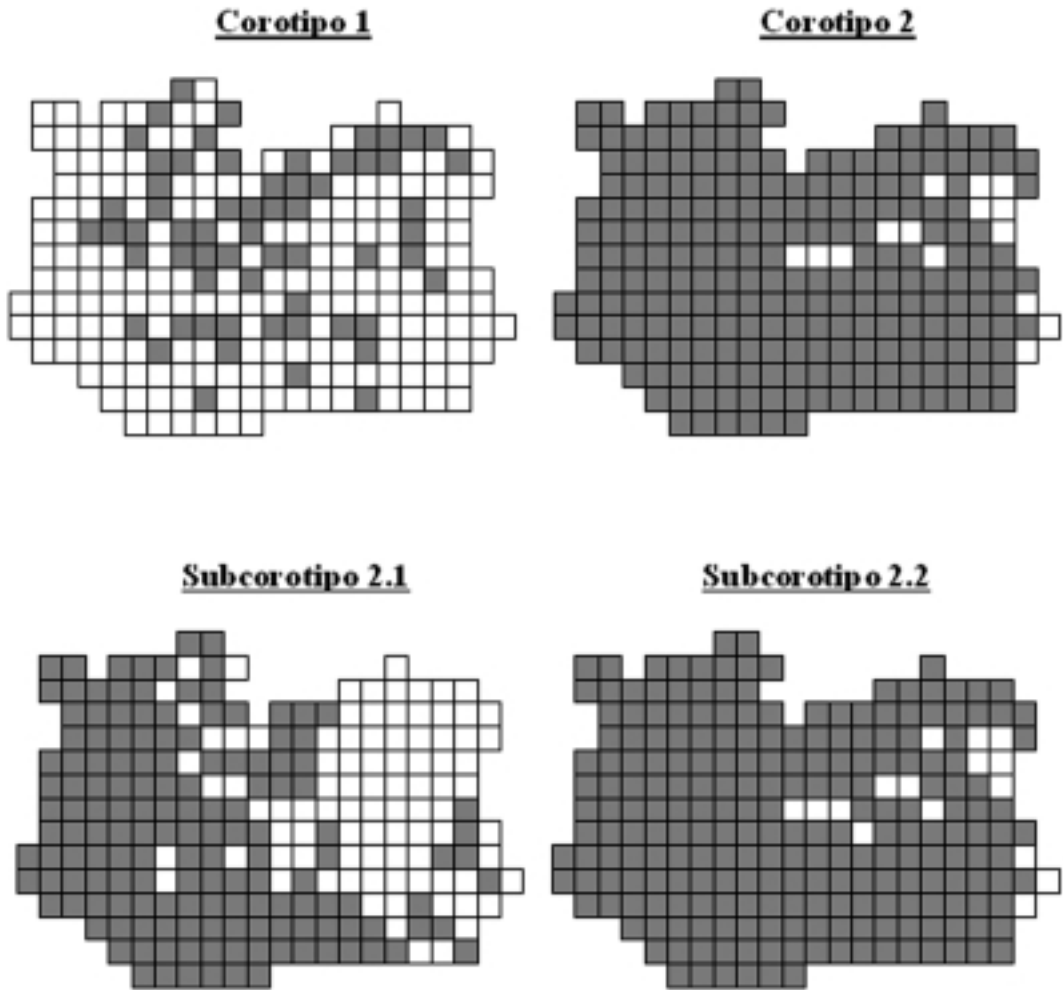


FIGURA 3. Distribución de los corotipos y subcorotipos obtenidos en la provincia de Ciudad Real.

FIGURE 3. Chorotypes and subchorotypes obtained in Ciudad Real province.

rosas y, en general, no concuerdan con los patrones comunes de respuesta a los gradientes ambientales que presentan los anfibios en la vertiente mediterránea del sur de España (REAL *et al.*, 2001b). La razón puede estar en que los gradientes, tanto de altitud como climáticos, son mucho más moderados en Ciudad Real.

En cuanto al corotipo 1, *Pelodytes punctatus* es la única especie que tiene una distribución

mayoritariamente oriental en la Península Ibérica, lo que ha llevado a que se le asocie con la España caliza (GARCÍA-PARÍS, 1985; SÁNCHEZ-HERRÁIZ & BARBADILLO, 1997; SÁNCHEZ-HERRÁIZ, 2001; PLEGUEZUELOS *et al.*, 2002). Sin embargo, en la provincia de Ciudad Real la especie se presenta y abunda en las comarcas de Los Montes de Toledo y Ciudad Real, en las que dominan litologías claramente silíceas. Los procesos de meteori-

zación de estos materiales silíceos, que han dado lugar a la acumulación de arcillas en cuencas de sedimentación locales y a la aparición de morfologías con abundantes materiales arcillosos, podrían explicar esa distribución de la especie en los sectores occidentales de la provincia.

La probabilidad de presencia de esta especie aumenta en las zonas en las que llueve menos días al año y que son más frías en invierno, lo que no es habitual en los anfibios y justifica que su distribución sea significativamente diferente a la de las demás especies. *P. punctatus* se reproduce entre finales de invierno y principios de primavera y quizás las zonas frías le permitan evitar la competencia de otras especies durante ese periodo. Por otra parte, esta es la única especie en la que aparece una variable relacionada con la actividad humana, ya que tiende a alejarse de las poblaciones urbanas.

El subcorotipo 2.1 incluye a especies cuya distribución ibérica se concentra básicamente en el sector occidental (*S. salamandra*, *T. boscai*, *D. galganoi* e *H. arborea*) o en el sector suroeste de la península (*A. cisternasii*, *H. meridionalis* y *T. pygmeus*), aunque alguna también aparece con poblaciones en el sector oriental, en Cataluña y Pirineos. La relación de la distribución de este corotipo con la latitud y la longitud indica que Ciudad Real incluye el límite de distribución oriental y, en menor medida septentrional, de estas especies. El único factor ambiental que acompaña a las variables geográficas es el índice de humedad, que es mayor en el oeste peninsular y en el oeste de la provincia de Ciudad Real.

El subcorotipo 2.2, que ocupa casi toda la provincia, agrupa a las tres especies generalistas con distribuciones ibéricas que ocupan todo el territorio nacional (*B. calamita*, *B. bufo* y *R. perezi*) y a *P. cultripes* y *P. waltil* que no aparecen en el norte peninsular. Las únicas cuadrículas en las que no se ha detectado la

presencia de estas especies son aquellas en las que la precipitación máxima en 24 h es menor. Sin embargo, REAL *et al.* (2001a) únicamente encontraron a *P. waltil* asociado con esta variable en la vertiente mediterránea del sur de España.

Agradecimientos

Este artículo ha sido posible gracias a la base de datos del Atlas herpetológico de la provincia de Ciudad Real, elaborada y facilitada por la Sociedad para la Conservación de los Vertebrados. La actividad de A. M. Barbosa esta financiada por la Fundação para Ciência e a Tecnologia (Portugal) (beca SFRH/BD/4601/2001).

REFERENCIAS

- AUSTIN, G.E., THOMAS, C.J., HOUSTON, D.C. & THOMPSON, D.B.A. (1996): Predicting the spatial distribution of buzzard *Buteo buteo* nesting areas using Geographical Information Systems and remote sensing. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1541-1550.
- AYLLÓN, E., CABRERA, F., FLOX, L., GOSÁLVEZ, R.U., HERNÁNDEZ, J.M., MORALES & ZAMORA, F. (1998): *Atlas Provisional de Anfibios y Reptiles de la Provincia de Ciudad Real I. Comarcas de Montes de Toledo, Montes de Ciudad Real, Valle de Alcudia, Campo de Calatrava y Zona Occidental de Sierra Morena*. Sociedad para la Conservación de los Vertebrados / Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Ciudad Real (informe inédito).
- AYLLÓN, E., CABRERA, F., FLOX, L., GOSÁLVEZ, R.U., HERNÁNDEZ, J.M., MORALES, M. & ZAMORA, F. (2000): *Atlas Provisional de Anfibios y Reptiles de la Provincia de Ciudad Real II. Comarcas de*

- La Mancha, Campo de Mudela, Campo de Montiel y Zona Oriental de Sierra Morena*. Sociedad para la Conservación de los Vertebrados / Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Ciudad Real (informe inédito).
- AYLLÓN, E., BUSTAMANTE, P., CABRERA, F.L., GALINDO, A.J., GOSÁLVEZ, R.U., HERNÁNDEZ, J.M., MORALES, M., TORRALVO, C. & ZAMORA, F. (2003): Atlas provisional de anfibios y reptiles de la provincia de Ciudad Real. *Zoologica Baetica*, 13/14: 155-202.
- BARBERA, J.C., AYLLÓN, E., TRILLO, S. & ASTUDILLO, G. (1999): Atlas provisional de distribución de los anfibios y reptiles de la provincia de Cuenca (Castilla-La Mancha, España). *Zoologica Baetica*, 10: 123-148.
- BARONI-URBANI, C. & BUSER, M.W. (1976): Similarity of binary data. *Systematic Zoology*, 25: 251-259.
- BARONI-URBANI, C., RUFO, S. & FIGNA TAGLIANTI, A. (1978): Materiali per una biogeografía italiana formada su alcuni generi de coleotteri cicindelidi, carabidi e crisomelidi. *Estratto dalle Memorie della Società Entomologica Italiana*, 56: 35-92.
- BOSCA, E. (1877): Catalogo de los reptiles y anfibios observados en España, Portugal e Islas Baleares. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 6: 39-69.
- BOSCA, E. (1881): Correcciones y adiciones al catálogo de Anfibios y Reptiles de España, Portugal e Islas Baleares, seguido de un resumen general sobre la distribución en la Península. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 10: 89-112.
- CHOWN, S.L., GREMMEN, N.J.M. & GASTON, K.J. (1998): Ecological biogeography of southern ocean islands: Species-area relationships, human impacts, and conservation. *American Naturalist*, 152: 562-575.
- DA SILVA, E. (1994): Contribución al Atlas Herpetológico de Badajoz I: Anfibios. *Revista Española de Herpetología*, 8: 87-94.
- DA SILVA, E. (1995): Contribución al Atlas Herpetológico de Badajoz II: Reptiles. *Revista Española de Herpetología*, 9: 49-56.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, INC. (1996): *Using ArcView GIS. Version 3.2*. ESRI, Redlands.
- EASTMAN, J.R. (1999): *Idrisi32: User's Guide*. Clark University, Worcester.
- FONT, I. (1983): *Atlas Climático de España*. Instituto Nacional de Meteorología (INM), Madrid.
- FONT, I. (2000): *Climatología de España y Portugal*. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- GARCÍA-PARÍS, M. (1985): *Los Anfibios de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- GARCÍA-RAYEGO, J.L. (1995): *El Medio Natural en Los Montes de Ciudad Real y el Campo de Calatrava*. Biblioteca de Autores Manchegos / Diputación Provincial de Ciudad Real, Ciudad Real.
- GISBERT, J. & GARCÍA-PEREA, R. (1986): Nuevas citas para la distribución de *Macroprotodon cucullatus* (Geoffroy 1827) en la Península Ibérica. *Revista Española de Herpetología*, 1: 175-185.
- GÓMEZ, J.A. (1971): *Mapa de Síntesis de Sistemas Acuíferos de España Peninsular, Baleares y Canarias*. Ministerio de Industria y Energía, Madrid.
- GONZÁLEZ-KIRCHNER, J., GONZÁLEZ-KIRCHNER, J.P., LÓPEZ LÓPEZ, J. & SAINZ DE LA MAZA, M. (1992): Nuevas citas sobre la fauna de anfibios de la provincia de Ciudad Real. *Oxyura*, 6: 91-92.
- HAGAN, J.E., EASTMAN, J.R. & AUBLE, J. (1998): *CartaLinx, the Spatial Data Builder. User's Guide*. Clark Labs, Worcester.

- HOSMER, D.W. & LEMESHOW, S. (1989): *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- I.G.N. (1999): *Península Ibérica, Baleares y Canarias (1:1.000.000)*. Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Fomento, Madrid.
- I.N.E. (1999): Padrón municipal: cifras oficiales de población desde 1996. Instituto Nacional de Estadística. <<http://www.ine.es>> [Consultado: julio 1999].
- JAMES, F.C. & MC CULLOCH, C.E. (1990): Multivariate analysis in ecology and systematic: panacea or Pandora's box. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21: 129-166.
- LANGE, G.N. & WILLIAMS, W.T. (1966): A generalized sorting strategy for computer classifications. *Nature*, 212: 218.
- LANGE, G.N. & WILLIAMS, W.T. (1967): A general theory of classificatory sorting strategies. I. Hierarchical systems. *Computer Journal*, 9: 373-380.
- MÁRQUEZ, A.L., REAL, R., VARGAS, J.M. & SALVO, A.E. (1997): On identifying common distribution patterns and their causal factors: a probabilistic method applied to pteridophytes in the Iberian Peninsula. *Journal of Biogeography*, 24: 613-631.
- MATEO, J.A. & LÓPEZ-JURADO, L.F. (1995): Variaciones en el color de los lagartos ocelados; aproximación a la distribución de *Lacerta lepida nevadensis* Buchhloz, 1963. *Revista Española de Herpetología*, 8: 29-36.
- MONTERO DE BURGOS, J.L. & GONZÁLEZ-REBOLLAR, J.L. (1974): *Diagramas Bioclimáticos*. ICONA, Madrid.
- PALAU, J. (1974): Nuevos datos sobre la distribución geográfica de los anfibios y reptiles ibéricos. *Doñana, Acta Vertebrata*, 1: 19-27.
- PÉREZ MELLADO, V. & GALINDO, M.P. (1986): *Sistemática de Podarcis Ibéricas y Norteafricanas Mediante Técnicas Multidimensionales*. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- PLEGUEZUELOS, J.M. & MORENO, M. (1990): *Atlas Herpetológico de la Provincia de Jaén*. Agencia de Medio Ambiente / Junta de Andalucía, Sevilla.
- PLEGUEZUELOS, J.M., MÁRQUEZ, R. & LIZANA, M. (eds.) (2002): *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de la Conservación de la Naturaleza - Asociación Herpetológica Española, Madrid.
- REAL, R., VARGAS, J.M. & GUERRERO, J.C. (1992): Análisis biogeográfico de la clasificación de áreas y especies. Pp. 73-84, in: Vargas, J.M., Real, R. & Antúnez, A. (eds.), *Objetivos y Métodos Biogeográficos. Aplicaciones en Herpetología*. Monografías de Herpetología Vol. 2, Asociación Herpetológica Española, Valencia.
- REAL, R., MÁRQUEZ, A.L., GUERRERO, J.C., VARGAS, J.M. & PALOMO, L.J. (1996): Modelos de distribución de los insectívoros en la Península Ibérica. *Doñana Acta Vertebrata*, 23: 123-142.
- REAL, R., PLEGUEZUELOS, J.M. & FAHD, S. (1997): The distribution patterns of reptiles in the Riff region, northern Morocco. *African Journal of Ecology*, 35: 312-325.
- REAL, R., GUERRERO, J.C., ANTÚNEZ, A., OLIVERO, J. & VARGAS, J.M. (2001a): Respuestas corológicas de las especies de anfibios frente a los gradientes ambientales en el sur de España. I Patrones individualistas. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)*, 96: 243-249.
- REAL, R., GUERRERO, J.C., ANTÚNEZ, A., OLIVERO, J. & VARGAS, J.M. (2001b): Respuestas corológicas de las especies de anfibios frente a los gradientes ambientales en el sur de España. II Patrones comunes. *Boletín de la Real Sociedad Española*

- de Historia Natural (Sección Biológica)*, 96: 251-261.
- REAL, R., OLIVERO, J., MÁRQUEZ, A.L., GUERRERO, J.C., VARGAS, J.M. & HIDALGO, R. (2002): Método de análisis de distribuciones geográficas de especies desde un enfoque continuo o discreto. Pp. 495-503, in: Panareda, J.M. & Pintó, J. (eds.), *Temas en Biogeografía*. Aster, Terrassa.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1987): *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España 1:400.000*. ICONA (Serie Técnica), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- ROHLF, F.J. (1963): Classification of *Aedes* by numerical taxonomic methods (Diptera: Culicidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 56: 798-804.
- SÁNCHEZ-HERRÁIZ, M.J. (2001): *Análisis de la Diferenciación Genética, Morfológica y Ecológica Asociadas a la Especiación en el Género Pelodytes (Anura, Pelodytidae)*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- SÁNCHEZ-HERRÁIZ, M.J. & BARBADILLO, L.J. (1997): *Pelodytes punctatus*. Pp. 143-145, in: Pleguezuelos, J.M. (ed.), *Distribución y Biogeografía de los Anfibios y Reptiles de España y Portugal*. Universidad de Granada - AHE, Granada.
- SNEATH, P.H.A. & SOKAL, R.R. (1973): *Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification*. Freeman, San Francisco.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. (1979): *Biometría*. H. Blume, Madrid.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY (1996): GTOPO30, in: *Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DACC)*, EROS Data Center. <<http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.asp>> [Consultado: septiembre 1999].
- VALVERDE, J.A. (1966): Sobre las subespecies de *Chalcides bedriagai* (Boscá, 1880). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Biológica)*, 64: 169-170.
- VENTO, D., PÉREZ, C. & SÁNCHEZ, I. (2000): Nuevos datos sobre la distribución de la herpetofauna de Castilla-La Mancha. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 11: 54-58.

ms # 190

Recibido: 07/06/04

Aceptado: 26/11/04