

## COMPARACIÓ ELECTROFORÈTICA DE DIEZ POBLACIONES DE PODARCIS PITYUSENSIS BOSCÀ, 1882 (LACERTIDAE) DE IBIZA, FORMENTERA E ISLOTES CIRCUNVECINOS

Claude-P. Guillaume \* i Antònia-Maria Cirer \*\*

Rebut: desembre de 1983

### RESUM

**Comparació electroforètica de deu poblacions de Podarcis pityusensis Boscà, 1882 (Lacertidae) d'Eivissa, Formentera i illots circumveïns**

S'han analitzat, per electroforesi sobre gel de midó al 12 %, 71 exemplars de 10 poblacions de la sargantana de les Pitiüses **Podarcis pityusensis** Boscà, 1882; s'han estudiat 16 loci gènics i s'han comparat amb 2 exemplars de **Podarcis muralis muralis** com a testimonis.

Els resultats de les freqüències genètiques, traduïdes a l'índex d'identitat de NEI (I), no mostra diferències clares entre les poblacions. Però en el dendrograma hom pot observar una relativa separació de **P. p. carlkochi** (del grup **affinis**) respecte de les altres poblacions, totes del grup **pityusensis** en sentit estricte.

Per altra banda, s'han trobat al·lèls característics de **Podarcis pityusensis** per a 4 loci: GOT-1, IDM-1, G-6-PD-2 i 6-PGD, diferents dels que presenta **Podarcis muralis**.

### SUMMARY

**An electrophoretic comparison of ten colonies of Podarcis pityusensis Boscà, 1882 (Lacertidae) from Ibiza, Formentera and neighbouring islets (Balearic Is., Spain)**

71 animals from ten colonies (vide list in text) of the Ibiza wall lizard **Podarcis pityusensis** Boscà, 1882 were analysed by electrophoresis, on 12 % starch gel, and 16 genetic loci were studied, by checking against samples of **Podarcis muralis muralis**.

The genetic frequency resulting in NEI's identity index (I), reveals no clear differences between the various colonies. However, it can be seen on the resultant dendrogram that **P. p. carlkochi** (affinis group) is distinct from the **pityusensis sensu stricto** group colonies.

By other means we found characteristic alleles for **Podarcis pityusensis** in four loci: GOT-1, IDM-1, G-6-PD-2 and 6-PGD, which differed from **Podarcis muralis** alleles.

\* Laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés, E.P.H.E. Laboratoire de Génétique du C.E.R.E.M. Place E. Bataillon F-34060 Montpellier Cédex. France.

\*\* Carretera Sant Joan. Edifici «Bahia T», 5è., 3a. Eivissa. Illes Balears. Espanya.



FIG. 1. Mapa de distribución de las poblaciones estudiadas.  
Distribution map for the studied populations.

## INTRODUCCIÓN

La lagartija de las Pitiusas, *Podarcis pityusensis* Boscà, 1882, se presenta como una especie muy polimórfica, actualmente definida como un *Rassenkreis* formado por 36 subespecies, cada una de ellas habitando una o varias de las islas e islotes del archipiélago pitiuso (fig. 1). Su gran polimorfismo y la existencia de un número tan alto de subespecies hace que su estudio taxonómico sea complicado. Esta dificultad, sin embargo, no es exclusiva de esta lagartija, ya que es todo el género *Podarcis* el que presenta una gran diversidad intraespecífica, lo que crea confusión en su taxonomía, que, a veces, sólo parece soluble mediante métodos de análisis sofisticados (GUILLAUME *et al.*, 1976).

CIRER (1981) ha estudiado 996 ejemplares de 38 poblaciones diferentes con varios métodos de análisis: morfología y coloración, taxonomía numérica y análisis canónico, también se ha visto la correlación entre la distancia geográfica de los islotes y la distancia euclídea de las poblaciones (CIRER, 1982). Sus conclusiones son que «la mayoría de poblaciones en realidad sólo son razas geográficas de una misma subespecie, con distribución geográfica discontinua». Se distinguen, no obstante, siete grupos de subespecies de *P. pityusensis*, cinco fácilmente reconocibles por su morfología y coloración: *P. p. kaeriana*, *P. p. vedrae*, *P. p. muradae*, *P. p. hedwigkammerae* y *P. p. maluquerorum*; y otros dos que «no poseen características que permitan un diagnóstico inequívoco con un análisis visual»: *P. p. pityusensis*, con poblaciones de separación más reciente, y *P. p. affinis*, cuyas poblaciones poseen una edad de separación reproductiva intermedia entre *P. p. pityusensis* y los otros cinco grupos. Esta primera agrupación de las subespecies se obtuvo en un primer estudio aproximativo de la especie, pero puede sufrir modificaciones a lo largo de futuros análisis.

Ahora bien, faltaban aún por aplicar algunos métodos de análisis al estudio de esta especie, entre ellos el análisis electroforético. Por ello se ha emprendido, conscientes de las dificultades de su interpretación, para poblaciones alopátricas en niveles taxonómicos tan bajos.

Siguiendo el criterio de CIRER (1981), se considera una población en cada isla —a excepción de Formentera, con *P. p. for-*

*menterae* y *P. p. grueni*— prescindiendo de las revisiones taxonómicas parciales que ha sufrido el círculo de razas, hasta que esta revisión no pueda ser realizada en su globalidad.

Este trabajo se presenta con continuidad de futuro ya que sólo se han analizado algunas poblaciones, que no son todas las que se cree necesarias, ni con un número de individuos suficiente. El hecho de tratarse de poblaciones con muy pocos efectivos y estar protegidas por la ley obliga a reducir las capturas anuales; a ello se une la dificultad de acceso a los islotes.

Estos primeros resultados corresponden a algunas de las poblaciones más semejantes entre sí y con más dificultad de identificación.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se han analizado 71 individuos de diez subespecies, según se detalla en la tabla I. La mayoría de estas subespecies son de difícil diagnóstico visual y muy semejantes a *P. pityusensis pityusensis*; cuatro de ellas se han eliminado posteriormente del dendrograma por considerar insuficiente su muestra, en espera de poder ampliarla.

El método de estudio utilizado es el descrito por GUILLAUME & LANZA (1982), para análisis electroforéticos sobre gel de almidón al 12 %. Las muestras se sitúan en las placas de almidón realizadas con diferentes tampones adaptados a la obtención del mejor zimograma posible para cada enzima (lo cual precisa ensayos previos). Se somete a corriente eléctrica continua durante un cierto tiempo (de seis a doce horas, según los tampones) hasta lograr la migración de las proteínas. Posteriormente se pasa al revelado o coloración según los principios de SELANDER *et al.* (1971), a veces modificados por la experiencia del Laboratorio de Genética del C.E.R.E.M. La plancha de gel se incuba con sustratos específicos de la enzima a analizar (junto con iones y coenzimas necesarios para la reacción), y el producto de la reacción bioquímica puede entonces ser observado, directamente (CAR) o después de su transformación en un precipitado coloreado (reacción química). Se visualizan así las posiciones relativas de las isozimas (enzimas con las mismas propiedades pero elaboradas por genes separados), y de las

TABLA I. Relación de animales utilizados en los análisis.  
Individuals used in the analysis.

Núm. de individuos	Subespecie	Procedencia	Fecha	Recolector(es)	Abreviatura
	GRUPO I:	<i>Podarcis pityusensis pityusensis</i>			
3	<i>P. p. caldesiana</i> Müller, 1928	Illa d'en Caldés	IV - 1981	CHEYLAN, M.; ORSINI, P.	<i>P. p. clid.</i>
22	<i>P. p. pityusensis</i> Boscà, 1882	Illa d'Eivissa	IV - 1981	CHEYLAN, M.; ORSINI, P.	<i>P. p. pit.</i>
9	<i>P. p. pityusensis</i> Boscà, 1882	Illa d'Eivissa	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. pit.</i>
5	<i>P. p. espardellensis</i> Eisentraut, 1928	Espardell	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. esp.</i>
5	<i>P. p. gruani</i> Müller, 1928	Punta Trocadors (Formentera)	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. gru.</i>
11	<i>P. p. ahorcadosi</i> Eisentraut, 1930	Illa d'es Penjats	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. ah.</i>
5	<i>P. p. formenterae</i> Eisentraut, 1928	Cap de Berberia (Formentera)	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. for.</i>
	GRUPO II:	<i>Podarcis pityusensis vedrae</i>			
2	<i>P. p. vedrae</i> Müller, 1927	Illa d'es Vedrà	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. ved.</i>
	GRUPQ VII:	<i>Podarcis pityusensis affinis</i>			
2	<i>P. p. affinis</i> Müller, 1927	Malvi Nord	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. aff.</i>
3	<i>P. p. grossae</i> Müller, 1929	Illa Grossa de Santa Eulàlia	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. gro.</i>
4	<i>P. p. carlkochi</i> Mertens & Müller, 1940	Illa Conillera	VII-1981	CIRER, A.-M.	<i>P. p. crk.</i>
	TESTIGOS:	<i>Podarcis muralis muralis</i>			
2	<i>P. m. muralis</i> Laurenti, 1768	Moissac (Francia)	IX - 1980	ORSINI, P.	<i>P. m. m.</i>

alozimas (varias formas de un mismo enzima según los alelos de un *locus* genético).

La elección de los *loci* estudiados se realizó bajo dos categorías de criterios, genéticos (mezcla de enzimas *variable substrate* y *regulatory* —*loci* de presunta evolución rápida—, y *non regulatory* —*loci* de presunta evolución lenta—, según la clasificación de JOHNSON (1974), y materiales (eficacia máxima por el menor costo, debido al precio elevado de la técnica). Se estudiaron los *loci* que se indican en la tabla II.

Las frecuencias alélicas obtenidas (en %) se agrupan en la tabla III. A partir de estos datos se ha confeccionado la matriz de la tabla IV, según el método de cálculo del coeficiente de identidad genética medio (I) de NEI (1972):

$$\bar{I} = \frac{I_{XY}}{(I_X \cdot I_Y)}$$

En esta fórmula,  $I_{XY}$  representa la medida aritmética para todos los *loci* de la

suma de los productos de las frecuencias de cada alelo entre las muestras X e Y;  $I_X$  e  $I_Y$  representan la media aritmética para todos los *loci* de la suma de los cuadrados de las frecuencias en el seno de cada muestra.

$\bar{I}$  puede variar entre cero y uno.

El coeficiente de distancia genética medio ( $\bar{D}$ ) se deduce de  $\bar{I}$  según la fórmula:

$$\bar{D} = -\ln \bar{I}.$$

A título de comparación, según los datos de GORMAN *et al.* (1975), MAYER & TIEDEMANN (1982) y GUILLAUME & LANZA (1982), se puede estimar como valores indicativos de estos coeficientes:  $\bar{I} \geq 0,83$  ( $\bar{D} \leq 0,18$ ) para poblaciones de lagartijas intraespecíficas;  $0,75 \geq \bar{I} \geq 0,60$  ( $0,3 \leq \bar{D} \leq 0,5$ ) para poblaciones de especies diferentes; e  $\bar{I} \leq 0,4$  ( $\bar{D} \geq 1$ ) para poblaciones de géneros diferentes.

Se ha realizado un dendrograma (fig. 2), por el método de las medias (*unweighted pairgroups method of clustering*; SOKAL & SNEATH, 1963). Para ello se han eliminado las poblaciones *P. p. caldesiana*, *P. p. ve-*

TABLA II. *Loci* estudiados (Analyzed *loci*).

<i>Sobre muestras de hígado:</i>	
Tampón Tris-citrato, pH 6,7:	
Láctico - deshidrogenasas (A & B) (LDH-A, LDH-B)	(1.1.1.28)
Fosfo - gluco - isomerasa (PGI)	(5.3.1.9)
Fosfo - gluco - mutasas (1 & 2) (PGM-1, PGM-2)	(2.7.5.1)
Isocitrato - deshidrogenasa (IDH)	(1.1.1.42)
Malato - deshidrogenasa (MDH)	(1.1.1.37)
Tampón Tris-citrato, pH 8,1:	
Glutamato - oxalo - transaminasas (1 & 2) (GOT-1, GOT-2)	(2.6.1.1)
a - glicerofosfato - deshidrogenasa (a-GPD)	(1.1.1.8)
6 - fosfogluco - deshidrogenasa (6-PGD)	(1.1.1.44)
G - 6 - fosfato - deshidrogenasa (1 & 2) (G-6-PD-1, G-6-PD-2)	(1.1.1.49)
Tampón LiOH, pH 8,1:	
Esterasas («X») (EST-X)	(3.1.1.1)
<i>Sobre muestras de plasma:</i>	
Tampón Tris-HCl, pH 8,5:	
Carbamil - anhidrasa (CAR)	(4.2.1.1)
Tampón <i>Poulik</i> , Tris-citrato-borato, pH 8,2:	
Esterasas (Uno) (EST-1)	(3.1.1.1)
<i>Sobre muestras de riñones:</i>	
Tampón Tris-citrato, pH 8 (igual que en muestras de hígado)	
Tampón LiOH, pH 8,1 (igual que en muestras de hígado)	

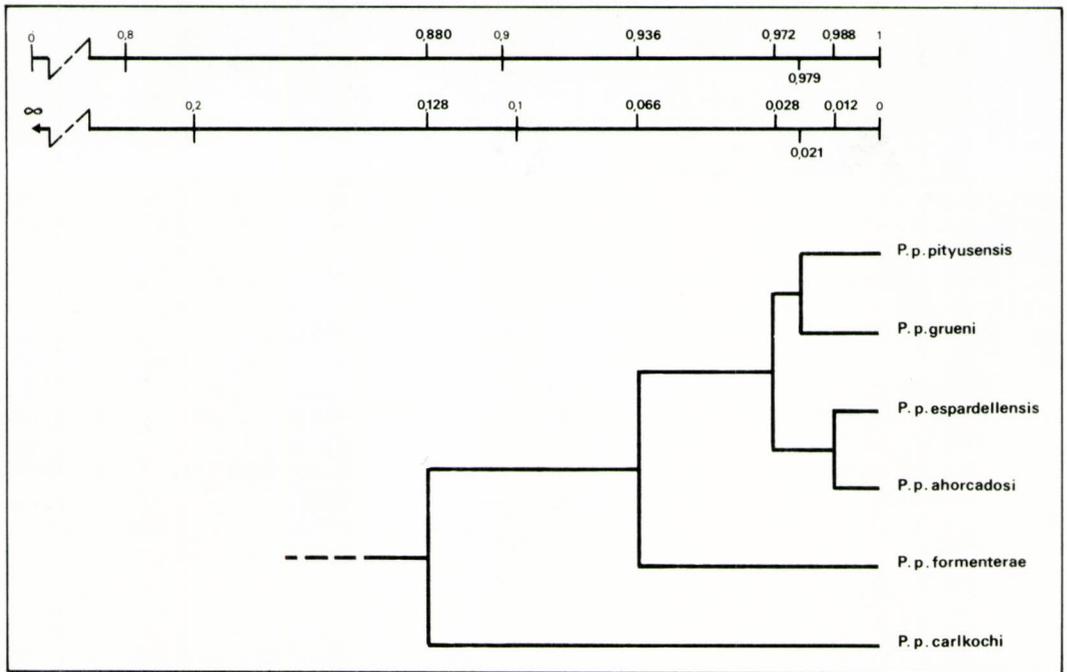


FIG. 2. Dendrograma realizado a partir de las frecuencias génicas.  
Dendrogram according to the genetic frequencies.

*drae*, *P. p. affinis* y *P. p. grossae*, por presentar un tamaño muestral pequeño.

## RESULTADOS

### Análisis de la tabla III

Los alelos fueron individualizados mediante la velocidad de migración relativa de sus proteínas correspondientes, tomando como base 100 la distancia media para el alelo más común de la subespecie nominal de *Podarcis muralis*.

Para las esterasas, de interpretación difícil, se han observado dos categorías, A y C, según el aspecto de los zimogramas, los cuales se han agrupado en el locus EST-X, que es, *de facto*, un agrupamiento de varios alelos esterásicos (figs. 3 y 4). Este procedimiento es justificable puesto que, en los cálculos, sólo puede reducir las diferencias reveladas entre las poblaciones, nunca aumentarlas.

Una vez observados todos los loci (tabla III), se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1) Aparecen seis loci homomorfos para los 71 ejemplares de *Podarcis ptyusensis* estudiados: LDH-A, LDH-B, PGI, PGM-1, G-6-PD-1, G-6-PD-2.

2) En la mayoría de loci estudiados, se observan alelos comunes entre *P. ptyusensis* y los testigos usados de *P. muralis*. a) en algunos casos, se presentan totalmente homomorfos entre *P. ptyusensis* y los testigos: LDH-A, LDH-B, PGM-1 y G-6-PD-1. b) En otros, *P. ptyusensis* posee los mismos alelos que los testigos, además de otros alelos propios: GOT-2, MDH, PGM-2, CAR, EST-1 y EST-X. c) Existen alelos totalmente alternativos (que se presentan siempre diferentes) entre *P. ptyusensis* y los testigos: GOT-1, IDH, G-6-PD-2 y 6-PGD. Debe señalarse un punto interesante referente al locus GOT-1: el alelo predominante en *P. ptyusensis* es el 170; éste permite diferenciar electroforéticamente a *Podarcis hispanica* (alelo 170) de *Podarcis muralis* (alelo 100) en sus áreas de simpatria: Cataluña y Francia (GUILLAUME *et al.*, 1976). Sin embargo, no se puede afirmar que filogenéticamente *P. ptyusensis* esté más cerca de *P. hispanica* que de *P. mura-*

TABLA III. Frecuencias alélicas (en %) para 16 *locus* de 10 poblaciones de *Podarcis pityusensis* y los testigos (*P. muralis muralis*). L=lento, N=normal, R=rápido, MR=muy rápido.  
 Allelic frequency (in %) for 16 loci of 10 populations of *Podarcis pityusensis* and the check samples (*P. muralis muralis*). L=low, N=normal, R=fast, MR=very fast.

Poblaciones:	<i>P. m. m.</i>	<i>P. p. cld.</i>	<i>P. p. pit.</i>	<i>P. p. esp.</i>	<i>P. p. gru.</i>	<i>P. p. ah.</i>	<i>P. p. for.</i>	<i>P. p. ved.</i>	<i>P. p. aff.</i>	<i>P. p. gro.</i>	<i>P. p. crk.</i>
Número de animales	(2)	(3)	(31)	(5)	(5)	(11)	(5)	(2)	(2)	(3)	(4)
<i>Locus</i> y alelos:											
LDH-A	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
LDH-B	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PGI	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
G-6-PD-1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
G-6-PD-2	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	110	—	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PGM-1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
PGM-2	L	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	N	50	100	—	50	—	27	—	100	—	—
	R	25	—	93	50	100	64	100	—	100	100
	MR	—	—	7	—	—	9	—	—	—	—
GOT-1	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	160	—	—	—	—	—	—	50	—	—	—
	170	—	100	100	80	82	100	50	100	100	100
	190	—	—	—	20	18	—	—	—	—	—
GOT-2	75	—	33	11	—	20	—	—	50	—	—
	100	100	67	89	100	80	100	60	50	100	100
	115	—	—	—	—	—	—	40	—	—	—
MDH	45	—	—	10	—	—	23	—	—	—	—
	85	—	—	3,5	—	—	—	—	—	—	—
	100	100	100	76	100	100	73	40	50	100	100
	115	—	—	3,5	—	—	—	—	—	—	—
	145	—	—	7	—	—	—	60	50	50	—
	160	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—
IDH	97	—	100	94	100	100	100	100	100	100	100
	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	130	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—
a-GPD	100	100	100	100	100	100	85	100	75	100	100
	105	—	—	—	—	—	15	—	25	—	—
6-PGD	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	120	—	100	93	100	100	100	100	—	100	—
	135	—	—	7	—	—	—	—	100	—	100
CAR	95	—	33	10	20	50	27	20	—	—	33
	100	100	—	67	60	40	64	80	100	100	67
	106	—	67	23	20	10	9	—	—	—	—
EST-1	L	50	33	16	—	—	—	40	50	—	—
	N	50	67	81	100	100	100	40	50	100	100
	R	—	—	3	—	—	—	20	—	—	—
EST-X	A	100	100	77	100	60	91	100	100	100	33
	C	—	—	23	—	40	9	—	—	—	67
Números de <i>loci</i> heterocigotos:	2	3	8	2	4	6	4	4	2	2	2
% <i>loci</i> heterocigotos:	12,5	18	50	12,5	25	36	25	25	12,5	12,5	12,5
Media de heterocigotos ( $\bar{H}$ ) <sup>*</sup> :	0,07	0,08	0,13	0,06	0,11	0,13	0,12	0,12	0,06	0,05	0,05

\*  $\bar{H} = 1 - \sum x_i^2$  por *locus*, y  $H = \sum \bar{H}$ /números de *loci* (aquí, 16).

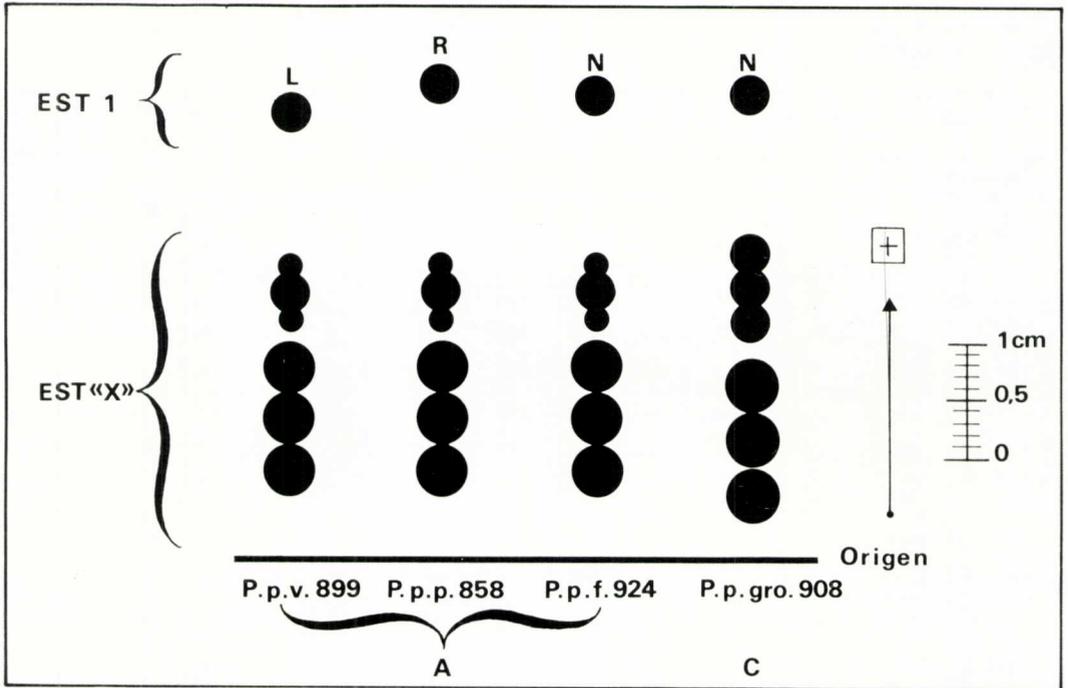


FIG. 3. Esquema que muestra los diferentes zimogramas que presentan las estereras del hígado. Realizado a partir de ampliación fotográfica.  
Diagram showing the different zymograms for liver esterases. From a photographic enlargement.

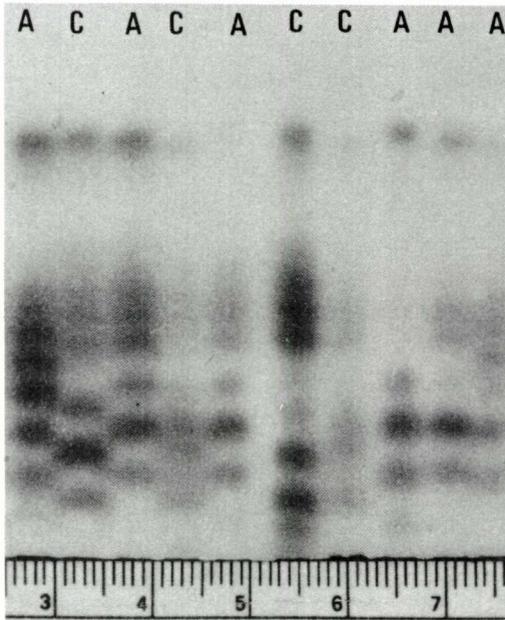


FIG. 4. Fotografía del zimograma de estereras; se indican los zimogramas A y C del locus EST (X).  
Esterases zymogram photography; the zymograms A and C for the locus EST («X») are indicated.

lis, ya que *P. tiliguerta*, con distribución en Córcega y Cerdeña, también presenta el alelo 170 para este locus (GUILLAUME & LANZA, 1982) (figs. 5, 6 y 7).

3) Es interesante comprobar que la población de *P. p. pityusensis* posee casi todos los alelos encontrados en las otras subespecies. La importancia de la muestra no es sólo la causa, sino también el pool genético debido al tamaño de la isla y al hecho de que es lógico pensar que se trata de la población fundadora.

4) Se observan alelos particulares en algunos loci de algunas poblaciones. En la mayoría de los casos no se pueden obtener conclusiones, ya que las frecuencias alélicas no tienen mucha significación para las muestras de dos o cuatro individuos. No obstante, la experiencia a veces demuestra que si un alelo raro o nuevo aparece con una frecuencia importante en una pequeña muestra, existen grandes probabilidades de comprobar su importancia en una muestra mayor. Así, en el futuro, tal vez se estará en condiciones de afirmar que el alelo 135 del locus 6-PGD constituye una característica de las subespecies *P. p. vedrae* y *P. p. carlkochi*, o que el alelo 115

TABLA IV. Matriz de coeficientes de identidad genética media  $\bar{I}$ , en la parte superior. Coeficientes de distancia genética media  $\bar{D}$ , en la parte inferior. Valores =  $\times 10^3$ . Se indican en cursiva los valores de  $\bar{I}$  y  $\bar{D}$  más bajos y más altos.  
 Middle genetic identity coefficient,  $\bar{I}$  matrix, above. Middle genetic distance coefficient,  $\bar{D}$  matrix, below. Values =  $\times 10^3$ . Highest and lowest  $\bar{I}$  and  $\bar{D}$  values in italics.

Poblaciones	<i>P. m. m.</i>	<i>P. p. cld.</i>	<i>P. p. pit.</i>	<i>P. p. esp.</i>	<i>P. p. gru.</i>	<i>P. p. ah.</i>	<i>P. p. for.</i>	<i>P. p. ved.</i>	<i>P. p. aff.</i>	<i>P. p. gro.</i>	<i>P. p. crk.</i>
<i>P. m. muralis</i>	—	654	683	703	655	691	653	690	669	650	647
<i>P. pit. caldesiana</i>	423	—	898	948	890	917	853	758	921	858	825
<i>P. pit. pityusensis</i>	381	107	—	975	979	982	959	887	903	977	913
<i>P. pit. espartdellensis</i>	353	53	25	—	961	988	925	850	941	951	897
<i>P. pit. grueni</i>	423	116	20	38	—	973	923	840	873	986	922
<i>P. pit. ahorcadosi</i>	369	87	17	12	27	—	936	867	926	962	901
<i>P. pit. formenterae</i>	426	158	41	77	79	66	—	890	894	913	853
<i>P. pit. vedrae</i>	371	276	119	162	173	142	117	—	807	838	903
<i>P. pit. affinis</i>	401	82	101	60	135	76	111	214	—	863	793
<i>P. pit. grossae</i>	430	153	23	49	14	39	90	176	147	—	911
<i>P. pit. carlkochi</i>	435	192	90	107	80	103	158	102	231	93	—

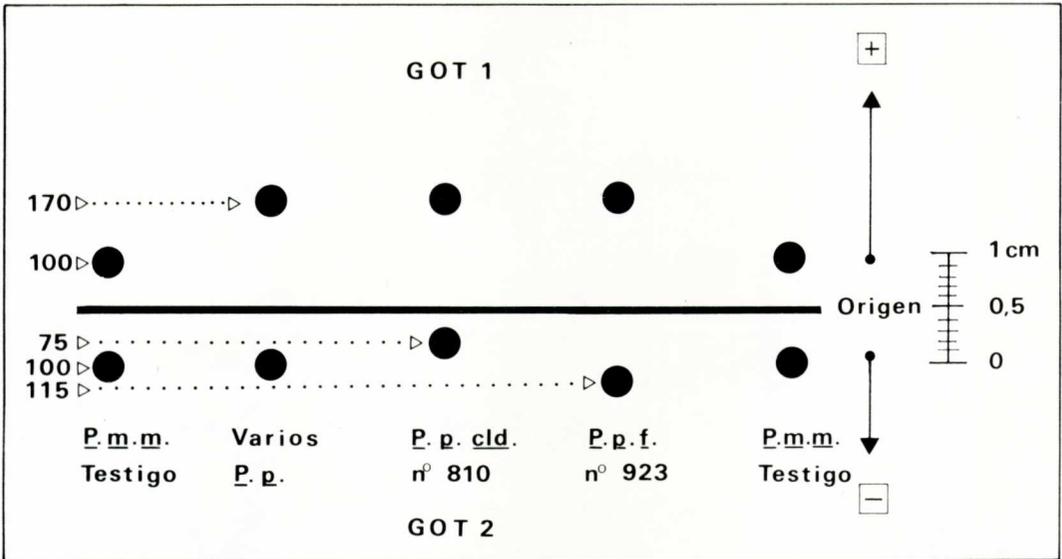


FIG. 5. Esquema de los zimogramas de GOT, para los loci GOT-1 (migración positiva) y GOT-2 (migración negativa). Realizado a partir de ampliación fotográfica.  
 GOT zymograms diagram for the GOT-1 (positive migration) and GOT-2 (negative migration) loci. From a photographic enlargement.

del locus GOT-2 sólo pertenece a *P. p. formenterae*.

En consecuencia, debería poderse obtener conclusiones sobre la línea evolutiva gradual de la especie *P. pityusensis*. Pero, por el momento, no se puede afirmar nada todavía, dada lo reducido de las muestras

y que no están representadas todas las poblaciones que deberían analizarse. Como parecía preverse en el estudio de CIRER (1981), sólo se ha demostrado que existen diferencias en las frecuencias alélicas entre las poblaciones de *P. pityusensis*, las cuales se sitúan en el mismo pool génico.

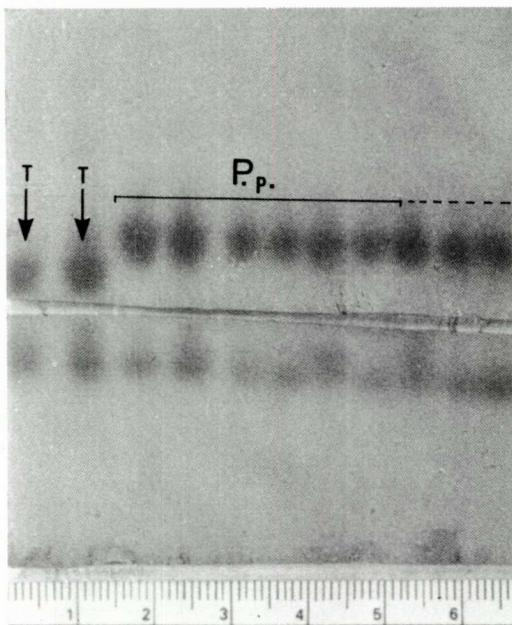


FIG. 6. Fotografía del zimograma de GOT-1, mostrando la clara diferencia existente entre los ejemplares de *Podarcis pityusensis* y los testigos. GOT-1 zymogram photography showing the clear difference between *Podarcis pityusensis* and the check samples.

### Análisis de la tabla IV y del dendrograma

En la matriz de la tabla IV, se puede constatar que los coeficientes de *P. pityusensis* respecto a *P. muralis* se sitúan bien dentro de los valores indicativos (véase más arriba) del nivel específico, y que las diferentes poblaciones de *P. pityusensis* se sitúan entre ellas al nivel subespecífico.

Sólo el valor de  $\bar{I}$  más bajo (y  $\bar{D}$  más alto) correspondiente a *P. p. vedrae* frente a *P. p. caldensiana* parece discutible. Pero la subespecie *P. p. vedrae* (grupo II de CIRER, 1981) parece ser la que se separa mejor de las otras; se espera poder aumentar su muestra en el futuro.

El dendrograma (fig. 2) realizado a partir de la matriz de la tabla IV es muy parcial, ya que sólo vienen representadas seis poblaciones. No obstante, la subespecie más separada de las otras es *P. p. carlkoichi*, perteneciente al grupo VII (*affinis*) de CIRER (1981). Las otras cinco, unidas a un nivel notablemente alto ( $\bar{D} < 0,1$ ), pertenecen al grupo I (*pityusensis*).

Estas comprobaciones son satisfactorias, pero no deben olvidarse los puntos siguientes:

Un dendrograma obtenido con datos genéticos nunca puede superponerse estrictamente

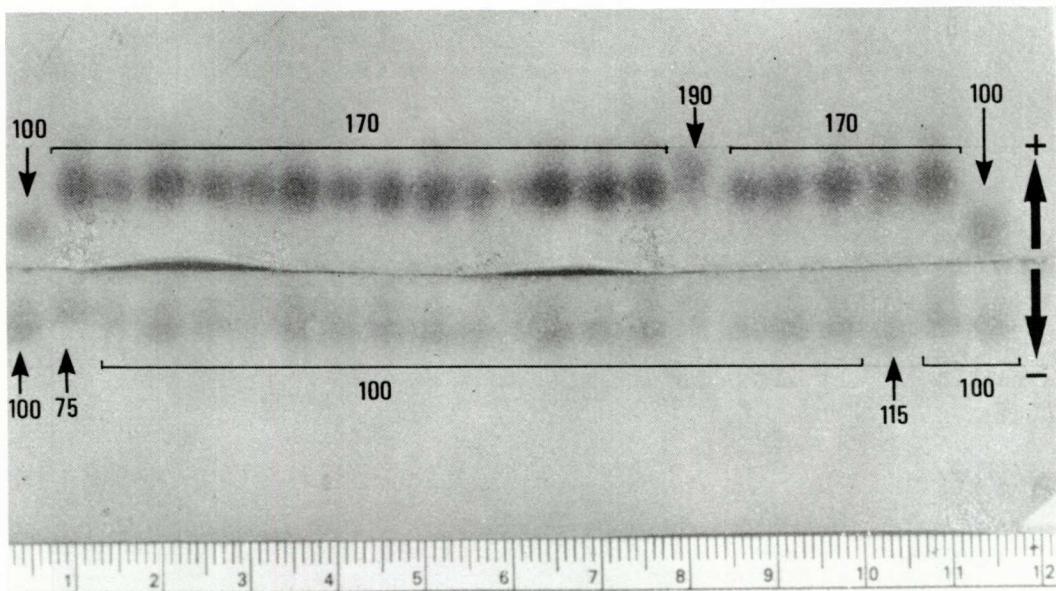


FIG. 7. Fotografía de los zimogramas de GOT-1 (migración positiva) y GOT-2 (migración negativa). Se indican algunos de los alelos diferenciados. Zymogram photography for GOT-1 (positive migration) and GOT-2 (negative migration). Some of the differentiated alleles are shown.

tamente a un fenograma (dendrograma a partir de datos fenéticos) o a un árbol filogenético. Por lo tanto, es difícil comparar estos resultados con los obtenidos por diferentes métodos (CIRER, 1981; LILGE, 1975; RODRÍGUEZ-RUIZ, 1975).

Al estudiar poblaciones aisladas por barreras geográficas, la fidelidad de una representación gráfica depende del número de las muestras comparadas. El ideal es tener todas las poblaciones (BULLINI & SBORDONI, 1980); así los resultados obtenidos pueden modificarse en el futuro. Por ello, se han interpretado los resultados de electroforesis independientemente, prescindiendo de todas las revisiones taxonómicas realizadas hasta el momento.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las poblaciones de *P. p. grueni*, *P. p. espardellensis* y *P. p. ahorcadosi*, que se presentan poco separadas, poseen sus áreas de distribución vecinas (fig. 1). Estas poblaciones presentan una morfología y coloración semejantes (color de arena), y carecen del retículo dorsal de manchas negras muy patente, siendo fácilmente confundibles. Asimismo, las tres poseen un hábitat similar: zona desprovista de vegetación a excepción de pequeños matorrales dispersos de sólo varios centímetros de altura (20-30 cm), con suelo generalmente arenoso. Las tres son muy similares morfológicamente a *P. p. pityusensis*, aunque su coloración es sensiblemente más clara; esta semejanza morfológica parece quedar refrendada con el análisis electroforético. Estas poblaciones, junto con el resto del grupo *pityusensis* de CIRER (1981), son las que al parecer están en islotes separados más recientemente.

Las poblaciones de *P. p. grueni* y *P. p. formenterae* habitan en una misma isla, la primera exclusivamente en la Punta de Trocadors, al norte de la isla de Formentera, y *P. p. formenterae* en el resto de la isla. Ambas poblaciones se diferencian bien por su morfología y coloración; pero ya RODRÍGUEZ-RUIZ (1975) apuntó que *P. p. grueni* debe tratarse sólo de un ecotipo, ya que la barrera geográfica (existencia alternativa de brazos de mar y cierre de los mismos) que pudiera haber entre ellas es variable según los años, pudiéndose hibridar.

Los individuos de *P. p. formenterae* y *P. p. grueni* que se han analizado han sido recolectados en los dos puntos más extremos de su distribución, para evitar incluir en el análisis a los posibles híbridos. Las zonas de recolección se presentan como hábitats de características extremas: pedregoso en Berberia (*P. p. formenterae*), con grandes matorrales dispersos y arenoso en Trocadors (*P. p. grueni*). Quizás ésta es la razón por la cual aparece una buena separación entre *P. p. formenterae* y el grupo formado por *P. p. pityusensis*, *P. p. grueni*, *P. p. espardellensis* y *P. p. ahorcadosi*.

Estos resultados parecen, en consecuencia, confirmar los estudios realizados por LILGE (1975), RODRÍGUEZ-RUIZ (1975) y CIRER (1981), sobre la especie *P. pityusensis*.

No se aprecian diferencias claras entre las distintas poblaciones, sino que sólo se observan cambios en las frecuencias génicas. De todos modos, este análisis se ha realizado con un número reducido de individuos, lo cual no permite mayor precisión en las conclusiones. En un futuro, es de desear que se realice un análisis más amplio, según las posibilidades de captura de cada población (MARTÍNEZ-RICA & CIRER, 1982), en el cual queden incluidos mayor número de subespecies y de individuos.

## BIBLIOGRAFÍA

- BOSCA, E. 1882. Exploración herpetológica de la isla de Ibiza. *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 12: 241-250.
- BULLINI, L. & SBORDONI, V. 1980. Electrophoretic studies of gene enzyme systems: micro-evolutionary processes and phylogenetic inference. *Boll. Zool.*, 47 (supl.): 95-112.
- CIRER, A. M. 1981. *Un estudio taxonómico del círculo de razas de la lagartija ibicenca Podarcis pityusensis*. Tesis de licenciatura. Universitat de Barcelona.
- CIRER, A. M. 1982. Estudio de las poblaciones de lacértidos de los islotes en torno a la isla de Ibiza. *P. Cent. pir. Biol. exp.*, 13: 83-88.
- EISENTRAU, M. 1950. *Die Eidechsen der Spanischen Mittelmeerinseln und ihre Rassenaufspaltung im Lichte der Evolution*. Akademie. Berlin.
- FERGUSON, A. 1980. *Biochemical Systematics and Evolution*. Blackie. Glasgow & London.
- GORMAN, G. C., SOULÉ, M., YANG, S. Y. & NEVO, E. 1975. Evolutionary genetics of insular adriatic lizards. *Evolution*, 29: 52-71.

- GUILLAUME, C. P., PASTEUR, N. & BONS, J. 1976. Distinction par électrophorèse sur gel d'amidon des espèces de Lézards *Lacerta muralis* (Laurenti, 1768) et *Lacerta hispanica* (Steindachner, 1870) dans des populations sympatriques d'Espagne et du Languedoc-Roussillon. *C. R. Acad. Sc. Paris*, D, 282: 285-288.
- GUILLAUME, C. P. & LANZA, B. 1982. Comparaison électrophorétique de quelques espèces de Lacertidés, genera *Podarcis* et «*Archaeolacerta*». *Amphibia-Reptilia*, 3 (4): 361-375.
- JOHNSON, G. B. 1974. Enzyme polymorphism and metabolism. *Science*, 184: 24-37.
- LILGE, D. 1975. Systematisch-biometrische Untersuchungen on *Lacerta pityusensis*. *Salamandra*, 15: 145-178.
- MARTÍNEZ-RICA, J. P. & CIRER, A. M. 1982. Notes on some endangered species of Spanish herpetofauna: I. *Podarcis pityusensis* Boscà. *Biological Conservation*, 22: 295-314.
- MAYER, W. & TIEDEMANN, F. 1982. Chemotaxonomical investigation in the collective genus *Lacerta* (*Lacertidae: Sauria*) by means of protein electrophoresis. *Amphibia-Reptilia*, 2 (4): 349-355.
- MERTENS, R. & WERMUTH, H. 1960. *Die Amphibien und Reptilien Europas*. Kramer. Frankfurt.
- NEI, M. 1972. Genetic distance between populations. *Amer. Natur.*, 106: 283-292.
- RODRÍGUEZ RUIZ, F. J. 1975. *Datos sobre la sistemática de los lacértidos de la isla de Formentera e islotes adyacentes*. Tesis de licenciatura. Universidad Complutense.
- SOKAL, R. R. & MICHENER, C. D. 1958. A statistical method for evaluating systematic relationships. *Univ. Kansas Sc. Bull.*, 38: 1409-1438.
- SOKAL, R. R. & SNEATH, P. H. A. 1963. *Principles of numerical taxonomy*. Freeman. San Francisco.