



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

ESTUDIO DEL TAMAÑO POBLACIONAL, EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXTINCIÓN Y ELABORACIÓN DE PROPUESTAS DE CONSERVACIÓN PARA LA LAGARTIJA DE COLUMBRETES (*PODARCIS ATRATA*) (Resolución del 22/02/2006 CTV)

Introducción y antecedentes del problema

Podarcis atrata, único vertebrado estrictamente endémico de la Comunidad Valenciana

El único vertebrado estrictamente endémico de la Comunidad Valenciana es la lagartija de Columbretes (*Podarcis atrata*), reptil exclusivo de estas islas en las que mantiene cuatro subpoblaciones aisladas en las islas de Columbrete Grande, Mancolibre, Foradada y Lobo.

La restringida distribución de esta especie es la causa originaria de que *Podarcis atrata* esté clasificada como “vulnerable” en el catálogo Valenciano de Especies de fauna amenazadas (Decreto 32/2004), lo que obliga a la Generalitat Valenciana a trabajar a favor de su conservación.

La especie en cuestión tiene su hábitat protegido por la declaración de Parque Natural de las islas. No obstante el aislamiento de sus diferentes poblaciones, y presumiblemente el bajo número de ejemplares, la hacen susceptible de riesgo de extinción. Por todo ello, resulta necesario realizar determinadas investigaciones aplicadas a su conservación futura.



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

Sobre la posible reclasificación taxonómica de *Podarcis atrata*

Algunos trabajos recientes de genética en donde se está reclasificando la nomenclatura de toda la herpetología española incluyendo a las lagartijas del género *Podarcis*, parecen poner en duda el estatus del endemismo insular de *Podarcis atrata*, debido a que se han encontrado ejemplares con secuencias genéticas parecidas en algunas zonas del norte y noreste de la Península Ibérica (Harris & Sá-Sousa 2002, Pinho et al. 2006). No obstante, no existe de momento ninguna prueba científica que demuestre que *Podarcis atrata* no sea un endemismo de Columbretes. Por tanto, mientras no se demuestre lo contrario, *Podarcis atrata* sigue siendo un taxón independiente de la especie peninsular *Podarcis hispanica*. Los trabajos realizados en 1995 tras la secuenciación del gen mitocondrial citocromo b, demostraron la existencia de una divergencia genética entre las poblaciones insulares (*P. atrata*) y peninsulares (*P. hispanica*) de lagartijas, que es superior a la descrita para las especies de Baleares *Podarcis lilfordi* y *P. pityusensis*, y entre otras especies de reptiles (Castilla et al. 1998 a,b). Pero aparte de la clara divergencia genética existente entre la lagartija insular y peninsular, también se ha demostrado que existen diferencias morfológicas, fisiológicas, reproductoras, ecológicas y comportamentales (referencias en Tabla 1).



Tabla 1. Estudios realizados sobre *Podarcis atrata* en el Parque Natural de las islas Columbretes en los últimos 22 años. La declaración del Parque Natural se realizó en 1980 (Decreto 3181/1980).

Autores	Referencia y año de publicación	Año estudio	Tema de estudio	Mes estudio
Castilla et al.	Capítulo libro, Gen. Val. 1987	1984-85	densidad y estatus	octubre
Castilla & Bauwens	Oecologia 1991a	1989	temperatura corporal	sep-oct
Castilla & Bauwens	Biological Conservation 1991b	1989	densidad y estatus	sep-oct
Castilla	Soc. Hist. Nat. Baleares 1994	1991	descripción melánico	mayo
Castilla et al.	Bol. Asoc.Herp.Esp 1994	1993	técnica captura	octubre
Castilla	Soc. Hist. Nat. Baleares 1995	1992	Buthus vs Podarcis	agosto
Castilla	Colonial Waterbirds 1995a	1992	depredación gaviotas	mayo
Castilla	Colonial Waterbirds 1995b	1992	vedas pesca-gaviotas	junio
Castilla & Swallow	Biological Conservation 1995	1993	nidos artificiales	mayo-julio
Castilla	Soc. Hist. Nat. Baleares 1995	1991-1994	canibalismo	mayo-oct
Bauwens et al.	Evolution 1995	---	temperaturas-carrera	laboratorio
Swallow & Castilla	Herpetological Journal 1996	1993	tamaño espacio vital	mayo-julio
Castilla & Swallow	J.Herpetology 1996	1993	incubación huevos	mayo-agost
Castilla & Van Damme	Copeia 1996	1994	experimento caníbales	octubre
Van Damme & Castilla	J. Chemical Ecology 1996	1994	quimiorrecepción	mayo
Bauwens et al.	Ecology 1996	1993-94	temperaturas-modelos	octubre
Herrel et al.	Netherland J. Zoology 1996	---	fuerza mandibular	laboratorio
Castilla & Bauwens	libro monográfico, GV 1997	1984-1993	revisión 10 años	abril-oct
Van Damme et al.	Biol. J. Lin. Soc. 1997	1995	carrera-escalada	mayo
Castilla & Labra	Acta Oecologica 1998	1991	depredación por zonas	mayo/ sep
Castilla et al.	Copeia 1998a	1995	reclasificación especie	mayo- oct
Castilla et al.	Molecular Ecology 1998b	1995	genética-islotas	mayo-oct
Van Damme et al.	Biol. J. Lin. Society 1998	1995	locomoción	mayo
Castilla et al.	Herpetologica 1999	1996	depredación-color	mayo-oct
Castilla	J. Herpetology 2000	1995	morfología islotas	agosto
Castilla & Bauwens	Copeia 2000	1998, 92-93	reproducción	mayo
Castilla	Celsoa 2002	2002	situación isla	mayo
Castilla et al.	Soc. Hist. Nat. Baleares 2004	2004	arañas-Podarcis	agosto
Castilla et al.	Soc. Hist. Nat. Baleares 2005	2005	arañas- Podarcis	septiembre
Castilla et al.	Soc. Hist. Nat. Baleares 2006	2006	arañas/ escorpiones	mayo/agosto
Castilla	Informe-Proyecto 2006	2006	revisión 22 años	mayo/agosto



OBJETIVO I

Tamaño poblacional

Material y métodos

Para conocer el tamaño actual de las poblaciones de *Podarcis atrata* en la isla principal Columbrete Grande, se han realizado censos a partir de transectos lineales en diferentes zonas de la isla y en parcelas concretas que ya fueron examinadas con anterioridad. Se ha seguido el mismo método empleado en estudios previos (Castilla & Bauwens 1991) para examinar la variación temporal y facilitar la comparación entre años.

En los islotes más pequeños es imposible realizar censos basados en recorridos lineales. Por ello se han hecho recuentos del número máximo de ejemplares detectados en cada islote durante 2 horas en primavera, y durante media hora en verano. Este ha sido el tiempo máximo autorizado de estancia en las islas por los responsables del Parque Natural, para reducir molestias a los adultos y pollos del halcón de eleonor (*Falco heleanorae*).

En el presente estudio se han ampliado las zonas de muestreo hacia los acantilados rocosos sin cobertura de vegetación junto a la zona intermareal, para conocer el uso que hacen de ese espacio las lagartijas y determinar su importancia relativa frente a otras zonas de la isla.

El estudio se ha realizado en primavera y verano de 2006. En mayo-junio se hicieron censos de adultos, y en agosto-septiembre censos de los jóvenes para garantizar que la eclosión tuvo éxito. Se han realizado 20 censos diferentes en distintas zonas de la isla Columbrete Grande, pero en los análisis solo se han utilizado los recorridos con el mayor número de observaciones.

Las condiciones climáticas durante el periodo de estudio se indican en la Tabla 2



Tabla 2. Condiciones climáticas durante el periodo de estudio en primavera y verano de 2006. Datos recogidos de la Estación Meteorológica del Parque Natural de las Islas Columbretes.

2006	mayo-junio				agosto-septiembre			
	Max	Min	Humedad	Lluvia	Max	Min	Humedad	Lluvia
media	22,3	18,3	73,7	---	27,7	22,8	73	---
sd	2,03	1,72	14,07	--	0,72	0,36	5,26	---
max	25	21	88	11,7	29	23	80	---
min	18	14	45	8,1	27	22	65	---
n	14	15	15	2	10	10	10	0
total	---	---	---	19,8	---	---	---	0

Resultados y Discusión

I) Variación del tamaño de la población en Columbrete Grande

En la isla principal Columbrete Grande, la abundancia de *Podarcis atrata* sigue siendo elevada, sobre todo junto a los asentamientos humanos alrededor de las Casernas y entre las Casernas y el Faro (Tabla 3). La actividad humana en esta zona genera una fuente adicional de agua y alimento para las lagartijas, y además con su presencia se reducen los niveles de depredación, debido a que las gaviotas y rapaces establecen sus colonias en zonas alejadas a la actividad humana. El efecto beneficioso de la presencia humana para otras especies de reptiles vulnerables y en peligro de extinción ya es conocido (Goodman et al. 2005).

En la Tabla 3 se indica la variación de la densidad de lagartijas adultas de *Podarcia atrata* en la isla Columbrete Grande durante diferentes años. La aportación de los datos directos observados permitirá hacer comparaciones a largo plazo. Se puede observar que existe variación en la densidad de lagartijas dependiendo de la longitud total del recorrido examinado. Cuanto mayor es la superficie de muestreo (e.g., un recorrido lineal por la totalidad de la isla) el valor de la densidad se reduce considerablemente. Y esto se debe a que hay zonas en donde tanto la densidad como la detectabilidad de los individuos es muy baja, y en otras es muy elevada (e.g., camino de cemento).



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

Los censos realizados en 1989 durante diferentes intervalos horarios, indicaron la existencia de diferencias significativas entre horas en la detectabilidad de lagartijas (Castilla & Bauwens 1991, 1997). En 2006 hemos confirmado que existen diferencias significativas en el número de lagartijas observadas entre distintas horas y días. Por ello, solo se han utilizado los recorridos con el mayor número de observaciones realizadas durante la puesta del sol.

Tanto los resultados de observaciones de lagartijas por metro cuadrado (Tabla 3) como las estimas de densidad tras la aplicación del método de Gates (en Tellería 1986) (Tabla 4) indican que se ha producido un incremento de la población de lagartijas en la isla principal, tanto en la zona norte de la isla hacia el Faro, como hacia la parte central. Las estimas actuales de densidad para la mitad norte de la isla Columbrete Grande indican que hay más de 3000 individuos por hectárea. Mientras que en el otro lado de la isla las estimas son de 1030 individuos por ha (Tabla 4). Con ello se puede asumir que CG debe albergar una población de unos 25.000 ejemplares.



Tabla 3. Variación de la densidad de lagartijas adultas (*Podarcia atrata*: Pa) en la isla Columbrete Grande (12 ha) durante los últimos 22 años. Se indica la superficie de muestreo, el número máximo de lagartijas observadas y las estimas de densidad de lagartijas observadas por metro cuadrado.

Año	Estación	observaciones n°	Superficie m2	Densidad Pa/ m2
1984	otoño	252	3200	0,08
1989	otoño	112	1614	0,07
1992	primavera	54	880	0,06
1993	primavera	96	2800	0,03
1993	otoño	74	880	0,08
1994	primavera	83	900	0,09
1995	verano	62	880	0,07
1996	otoño	121	700	0,17
1998	primavera	89	880	0,10
2004	verano	28	200	0,14
2005	verano	39	200	0,20
2006	primavera	137	1800	0,08
2006	primavera	55	200	0,28
2006	primavera	43	480	0,09

Tabla 4. Estimaciones de densidad a partir del método de Gates (en Tellería 1986) durante diferentes años y en distintas zonas de la isla Columbrete Grande. Los límites de confianza del 95% se indican entre paréntesis. Los datos para 1989 proceden de Castilla & Bauwens (1991).

	Casernas - Virgen		Casernas - Faro	
1989	superficie: C-V 5360 m2	ind/ ha 166 (103-229)	superficie: C-F 720 m2	ind/ ha 1055 (745-1365)
2006	superficie: C-P 480 m2	Gates ind/ ha 1030 (950-1110)	superficie: C-F 200 m2	Gates ind/ ha 3100 (2901-3299)



Tabla 5. Variación de la densidad (individuos/ m²) de ejemplares adultos de *Podarcia atrata* (Pa) en un recorrido (200 m) entre las Casernas y el Faro en la isla Columbrete Grande durante 1984 y 2006.

Año	nº Pa	ind/m ²
2006	55	0,28
2004	28	0,14
1993	26	0,13
1984	19	0,09

Consecuencias del manejo del hábitat y de las construcciones humanas

La densidad de lagartijas en un recorrido de 200 metros entre las Casernas y el Faro, que se observaron únicamente en el camino de cemento a las horas de máxima detectabilidad (durante la puesta del sol), ha incrementado considerablemente en 2006 en relación con los años anteriores (Tabla 5).

Para interpretar este incremento habría que considerar diferentes aspectos relacionados con las actividades de manejo que se han llevado a término en la isla durante los últimos años en dos aspectos: incremento de la vegetación y construcción de nuevas Casernas. Los planes de recuperación de la flora autóctona se han conducido con gran eficacia, y la cobertura y altura de la vegetación ha incrementado notablemente en los últimos años. Por otro lado, las ruinas de las antiguas Casernas se han demolido y se ha construido un nuevo edificio carente de grietas y espacios soleados similares al terreno anterior. Por tanto, la estructura del hábitat ha cambiado en relación con la menor disponibilidad de lugares de soleamiento rocoso. Con ello se ha detectado un cambio de comportamiento de las lagartijas, que en la actualidad trepan por los arbustos para alcanzar la superficie soleada, y se ha detectado una mayor concentración de ejemplares en el camino de cemento, que constituye un substrato rocoso idóneo para calentarse por tigmotermia.

Para compensar por la eliminación del abundante substrato rocoso de las ruinas de las viejas casernas, los responsables del Parque procuraron que se construyeran unas pequeñas vayas de roca volcánica frente a las nuevas Casernas. Estas vayas son ampliamente utilizadas por las *Podarcis*, pero su superficie y grado de exposición al sol no parece ser suficiente para albergar la elevada densidad de lagartijas existentes en la zona para realizar su comportamiento “basking” de calentamiento corporal. Quizá por ello se concentran masivamente en los caminos durante las primeras y últimas horas del día. Por tanto, el que la densidad se haya triplicado entre 1984 (0,09



individuos/m²) y 2006 (0,28 individuos/m²), puede estar también debido a la mayor detectabilidad de los individuos en años recientes. Por otro lado, también habría que tener en cuenta que durante los distintos años han censado diferentes personas y posiblemente bajo diferentes condiciones.

El incremento de la vegetación de los últimos años, también ha sido muy favorable para atraer a mayor número de insectos, y producir flores y frutos comestibles para las lagartijas, y para proporcionarles cobertura ante los depredadores.

La presencia de lagartijas en los acantilados rocosos sin ninguna cobertura de vegetación, ha sido detectada en las zonas del interior del puerto de la isla principal y en los acantilados exteriores con orientación Sur, Oeste y suroeste. La distancia más próxima al agua de mar ha sido de 40 cm. Entre las escalas de Rosi y España se han observado 0,008 lagartijas/ m², y en la zona de Java 0,02/m². La densidad es muy baja en comparación con las zonas más altas con cobertura de vegetación. No obstante, se supone que estos valores están infravalorados debido a que las lagartijas en estas zonas poco favorables se comportan de un modo muy huidizo. Además, con el ruido del oleaje no se oyen sus movimientos, y además, el substrato vertical y resbaladizo dificulta muchísimo hacer las observaciones por los acantilados y grietas al mismo tiempo que se progresa por la línea del transecto. Durante los días de mar calmado sería más efectivo realizar los censos con prismáticos desde una zodiac bordeando las rocas.

II) Tamaño de población en los Islotes

El número de lagartijas adultas en todos los islotes ha incrementado considerablemente desde 1984 (Tabla 6). Si tenemos en cuenta la superficie de muestreo (m²) en donde se observaron los ejemplares, la densidad de lagartijas por m² sería de 0,05 para Mancolibre, de 0,03 para Foradada y de 0,04 para Lobo. Debido al reducido periodo de tiempo que se estuvo en los islotes, a la elevada erosión del suelo y al peligroso e imposible acceso a muchas zonas, no se pudieron hacer muestreos por las diversas áreas cubiertas por vegetación en apariencia favorables para el asentamiento de poblaciones de *P. atrata*. Asumiendo que las lagartijas observadas por metro cuadrado es un número representativo de lo que habría en cada islote, se podría estimar que en Mancolibre, con una superficie total de 1 ha (10.000 m²) se podría asentar una población de ca. 500 ind./ha), en Foradada (total 1,6 ha = 16.000 m²), una población de ca. 480 ind./ha, y en Lobo (total



0,5 ha = 5000 m²) de ca 200 ind/ha. Las lagartijas en todos los islotes también ocupan zonas junto al mar.

En verano de 2006 se ha visitado la isla Ferrera para examinar si podría haber sido colonizada por las lagartijas en tiempo reciente, pero no observamos ningún ejemplar ni encontramos huellas o excrementos.

Tabla 6. Variación del número de lagartijas adultas (*Podarcia atrata*) observadas durante diferentes estaciones y años en los islotes del archipiélago: Mancolibre (MA), Foradada (FO), Lobo (LO), y Ferrera (FE). Se indica la superficie de cada islote en hectáreas y su altura sobre el nivel del mar. También el número de personas y horas de estancia en cada isla. Para 2006 se indica entre paréntesis la superficie de muestreo (m²) en donde se observaron los ejemplares.

	Nº de observaciones de <i>P atrata</i> en los islotes				estación	nº horas/isla	nº personas
	MA (1 ha) 29 m	FO (1.6 ha) 55 m	LO (0.5 ha) 37 m	FE (1.5 ha) 43 m			
1984	9	6	0	0	otoño	<2	4
1985	7	7	1	0	otoño	<2	4
1989	18	38	18	0	otoño	5	4
1992	11	18	8	0	primavera	2	3
1995	10	16	9	0	primavera	5	4
2006	(480) 23	(960) 27	(560) 21	0	primavera	2	4



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

OBJETIVO II

Evaluación del riesgo de extinción de las poblaciones insulares

Introducción

Los riesgos de extinción de pequeñas poblaciones insulares aisladas sin capacidad dispersiva, generalmente suelen ser elevados, debido a que cualquier desastre ambiental pueden acabar en muy poco tiempo con la totalidad de efectivos de la población. De hecho, entre las causas biológicas que originan la extinción de las especies se encuentran los factores demográficos estocásticos, el deterioro genético, disfunciones sociales y competencia, fuerzas extrínsecas (fuego, catástrofes ambientales, enfermedades, invasión por depredadores, etc.) (Raup 1991).

El tiempo de extinción esperado para cualquier especie depende de la variación en las características demográficas y de la variación de los procesos estocásticos ambientales (Saether et al. 1998), y las estimas de variación ambiental requieren estudios que incluyan una serie temporal de al menos 15 años de seguimiento (Saether et al. 1998).

La recuperación de poblaciones y de especies endémicas en peligro de extinción, constituye un problema de gran interés que preocupa a los biólogos conservacionistas de todos los países del mundo. Para poder tomar decisiones sobre los planes de recuperación y evaluar los riesgos de extinción de poblaciones en declive, los investigadores tienen que basarse en modelos demográficos predictivos a partir de datos recogidos a lo largo de series de años continuados en poblaciones intensamente estudiadas (datos de capturas y recapturas, tamaño de puesta, éxito reproductor, crecimiento, supervivencia, etc). Para ello se realizan simulaciones en el ordenador VORTEX (Lane & Alonso 2001), se aplican modelos demográficos (e.g., Jolly-Sever con el programa SURGE) (Hiraldo et al. 1996), o se utilizan otros métodos (ver lista de referencias). También se pueden examinar los factores ambientales que están correlacionados con la extinción de algunas poblaciones (e.g., clima, vegetación, actividad humana). Para ello se aplican modelos lineales generalizados GLIMs (Bustamante 1997).

Los estudios existentes sobre las estimas de los riesgos de extinción de poblaciones y especies vulnerables basados en seguimientos durante largos periodos de tiempo se realizan con



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

especies de aves (Hiraldo et al. 1996, Bustamante 1997, Lane & Alonso 2001, Lande et al 2002, Saether et al. 1998, 2002, 2004, 2005), reptiles (Kery 2002, Chamaille-Jammes et al 2006), invertebrados (Ockinger et al. 2006) y plantas (Williams et al. 2005, Tremblay et al. 2006).

También se han desarrollado más recientemente unos modelos matemáticos predictivos para estimar el momento en que se extinguieron poblaciones o especies (Reed 1996, Solow & Roberts 2003, Roberts 2003, Solow 2005, McInery et al. 2006, Roberts & Kitchener 2006, Solow et al. 2006). Sin embargo, según mi conocimiento (tras la búsqueda exhaustiva de referencias bibliográficas), no existen modelos matemáticos que permitan predecir los riesgos de extinción de poblaciones para las que no se ha realizado un seguimiento continuado de sus parámetros poblacionales. Tampoco se hacen predicciones sobre los riesgos de extinción de poblaciones cuyo número de efectivos observado va en aumento y no en disminución, como es el caso de *Podarcis atrata*.

Evolución temporal de las poblaciones de *Podarcis atrata*: Recolección de la información existente sobre las características de su biología y ecología

Ante la ausencia de datos demográficos recogidos de forma constante a lo largo de series continuadas de años (e.g., capturas-recapturas, parámetros reproductores, mortalidad, etc), en este trabajo se ha buscado toda la información existente sobre *P. atrata* (incluyendo observaciones puntuales) entre los años 1984 y 2006 (Tabla 1). Durante estos 22 años, la Generalitat Valenciana ha publicado primeramente un libro en 1987 que contiene un capítulo en donde se describe por primera vez el estado de conservación de la especie de lagartija endémica (Castilla et al. 1987). En 1997 se publicó un libro monográfico sobre la especie en donde se recoge toda la información disponible para *P. atrata* durante un periodo de 10 años (Castilla & Bauwens 1997). Ahora, y para desarrollar el presente Proyecto, se ha reunido toda la información disponible sobre diferentes aspectos de la biología y ecología de *P. atrata*, para poder evaluar y predecir de forma crítica el posible futuro para la especie. Los expertos actuales que trabajan en biología de la conservación coinciden en que lo más necesario para evaluar los posibles riesgos de extinción de poblaciones pequeñas, vulnerables y endémicas, es conocer las características biológicas, ecológicas y genéticas de las poblaciones en tiempo reciente y pasado, y examinar su evolución temporal con la mayor



rigurosidad que sea posible. El análisis integrado de toda esta información junto al examen de otros posibles peligros extrínsecos (e.g., fluctuaciones en la composición de depredadores y presas, alteraciones debidas a invasiones de especies exóticas o a alteraciones del hábitat por la actividad humana), nos permitirá evaluar los peligros más inmediatos a los que se enfrentan las distintas poblaciones de *P. atrata* en el archipiélago de Columbretes.

Material y métodos

Durante la campaña de campo de primavera y verano de 2006, se ha recogido información sobre diversas características de la biología y ecología de la especie y se ha comparado con la disponible de estudios anteriores (ver Tabla 1). Para ello se ha utilizado la misma metodología utilizada y descrita en los estudios previos. Las variables examinadas en 2006 han sido las siguientes: 1) tamaño corporal y sexo de los adultos, 2) temperaturas corporales de actividad, 3) estado reproductor de las hembras, 4) tamaño de puesta, 5) tamaño de los jóvenes, 6) comportamiento.

Resultados y discusión

Tamaño corporal

El tamaño corporal de los reptiles tiene consecuencias importantes sobre las características demográficas de las poblaciones. Un incremento de la talla corporal de las hembras suele mejorar la fecundidad e incrementa el tamaño de las poblaciones. En un reciente trabajo realizado durante los últimos 18 años en una población francesa de la lagartija *Lacerta vivipara* se ha detectado el incremento de la talla corporal de los individuos, que los autores atribuyen al incremento de la temperatura ambiental durante el primer mes de vida de las lagartijas (Chamaille-Jammes et al. 2006).

En Columbretes, nosotros también hemos observado un incremento de la talla de los ejemplares adultos de ambos sexos (Tabla 7) entre 1985 y 2006. Durante ese periodo el tamaño corporal de los machos ha incrementado en 6.8 mm (ANOVA, $P < 0.001$) y el de las hembras en 5,4



mm (ANOVA, $P < 0.001$). El peso de los machos también ha incrementado en 1,8 g (ANOVA, $P < 0.01$), sin embargo el de las hembras se ha mantenido constante (Tabla 7). Hay que tener en cuenta al evaluar estos resultados que el número de años para los que se dispone de datos es muy bajo ($n=3$, Tabla 7). El aumento de la talla corporal podría estar debido a un periodo de actividad más prolongado como consecuencia del incremento de las temperaturas ambientales.

Tabla 7. Tamaño corporal de los adultos de *Podarcis atrata* durante diferentes años. Se indica el valor medio de la longitud cabeza cuerpo (Lcc) y el peso; el error estándar (ES) o la desviación típica entre paréntesis (SD), y el tamaño de muestra (N). También se indica la fuente de procedencia de los datos que corresponden a fechas anteriores al presente estudio y el año en que se realizó el estudio. Los huecos indican que no se registraron los datos. 1= Castilla et al. 1987, 2 = Castilla & Bauwens 1991b, 3 = Castilla & Bauwens 2000, 4= Castilla & Van Damme 1996.

		Tamaño corporal: Adultos de <i>Podarcis atrata</i>											
		Machos						Hembras					
Fuente	Año	Lcc (mm)	ES (SD)	N	Peso (g)	ES (SD)	N	Lcc (mm)	ES (SD)	N	Peso (g)	ES (SD)	N
Gen. Val. (1)	1985	60,8		36	6,4		28	57,4		32	4,4		20
Biol Cons. (2)	1989	65,3	(4)	76				61,7	(3,4)	47			
Copeia (3)	1992							62,9	0,7	102			
Copeia (3)	1993							62,3	1	25			
Copeia (4)	1994	66,5	0,6	22	7,8	0,4	22	63,6	1,05	12	4,6	0,3	12
Copeia (3)	1998							63,5	0,7	25			
presente estudio	2006	67.6	(2.8)	40	8.2	(0.97)	40	62.8	3.9	40	4.7	0.8	40



Estado de la cola

El estado de la cola (entera, regenerada o rota) es un índice que se utiliza para indicar si las presiones de depredación son altas o bajas; si los depredadores son eficaces, o también como indicador del comportamiento agresivo intraespecífico (Rand 1954, Turner et al. 1982 y otras referencias en Castilla & Bauwens 1997). La proporción de ejemplares adultos con colas regeneradas fue significativamente más alta en 1989 que en 2006, tanto para machos (χ^2 , $P < 0.01$) como para hembras (χ^2 , $P < 0.01$) (Tabla 8). Esto indica que se han debido producir cambios temporales en el comportamiento antidepredador de las lagartijas o que la composición de depredadores ha fluctuado. Como las muestras estudiadas se recogieron en las proximidades de las Casernas, es posible que el incremento de la actividad humana en 2006 en relación con 1989 haya alejado de la zona a los depredadores y por ello, las lagartijas en la actualidad han mostrado una frecuencia de colas rotas más baja. También es posible que en octubre (fecha de estudio para 1989) la presencia de aves migratorias de otoño hubiera incrementado los niveles de depredación sobre las lagartijas y el porcentaje de colas regeneradas de éstas. En 2006, el estudio se hizo en mayo-junio con un paso migratorio primaveral relativamente bajo.

Tabla 8. Estado de la cola de *P. atrata* durante diferentes años

	Estado de la cola de <i>P. atrata</i>							
	Machos		Hembras					
	1989 (n = 83)	2006 (n = 24)	1989 (n = 48)	2006 (n = 40)				
	n	%	n	%	n	%	n	%
Cola entera	9	11	10	42	6	13	17	43
regenerada	72	87	9	38	41	85	21	53
cola rota	2	2	5	21	1	3	2	5



Coloración ventral de los adultos

La variación en los patrones de coloración de los lacértidos puede modificar el comportamiento sexual de los individuos, los patrones de selección de pareja y el éxito reproductor. Por ello es importante documentar las fluctuaciones temporales en dichos parámetros morfológicos. Los resultados de este estudio (Tabla 9) han mostrado que la coloración ventral de los adultos se ha mantenido bastante constante en el tiempo, con una ligera tendencia de aumento hacia vientres más blancos en 2006 (21% vs 11% para los machos, y 33% vs 24% para las hembras). Una constancia a lo largo de los años en los patrones de coloración de los individuos, sugiere que tampoco han debido cambiar los patrones de selección sexual que podrían afectar sobre el éxito reproductor de la especie.

Tabla 9. Coloración ventral de los machos y hembras adultos de *P. atrata* durante el periodo 1989-1993 (Castilla & Bauwens 1996) y en 2006.

	Coloración ventral de <i>P. atrata</i>							
	Machos				Hembras			
	1989-1993 (n = 143)		2006 (n = 24)		1989-1993 (n = 253)		2006 (n = 40)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Blanco	16	11	5	21	62	24	13	33
Naranja claro	11	8	2	8	83	33	14	35
Naranja oscuro	40	28	7	29	68	27	8	20
Rojo	76	53	10	42	40	16	5	13



Proporción de sexos “Sex ratio”

El conocimiento de la proporción de sexos es un parámetro clave de la demografía de poblaciones animales y humanas. Ya se ha demostrado que un exceso de machos en poblaciones de lagartijas origina fuertes agresiones hacia las hembras causando una mayor mortalidad y disminución de su fecundidad, y estas tendencias pueden causar el riesgo de extinción de las poblaciones involucradas (Le Gailiard et al. 2005).

En Columbretes hemos encontrado diferencias entre zonas en el sex ratio de los individuos, a pesar de tratarse de zonas de reducidas dimensiones y muy próximas entre si. Hay zonas en donde la proporción de sexos no ha sido significativamente distinta de 1, mientras que en otras la proporción de machos ha doblado a la de hembras o viceversa (datos propios). La proporción de sexos en la población cuando se estudió entre 1984-1993 no difirió significativamente de 1, osea que había aproximadamente la misma cantidad de machos y hembras (Castilla & Bauwens 1997). Habría que profundizar sobre las consecuencias que podrían tener estas tendencias actuales sobre las tasas reproductivas y de mortalidad de la especie.

Temperaturas corporales de actividad

La termorregulación tiene una importancia fundamental para la ecología de los lacértidos, debido a que las temperaturas corporales afectan directamente sobre las capacidades fisiológicas y de performance a nivel de organismo e influyen directamente sobre el éxito reproductor y la supervivencia de los individuos (referencias en los trabajos, Castilla & Bauwens 1989, Bauwens et al 1995). En hábitats en donde la depredación constituye una causa de mortalidad elevada, el comportamiento de correr de forma óptima, y la capacidad fisiológica y comportamental de mantener unas temperaturas corporales adecuadas es crucial para la supervivencia de los individuos.

Los resultados de este estudio (Tabla 10) han indicado que las condiciones actuales de la isla permiten que los individuos termorregulen de forma precisa y eficaz para mantener unas temperaturas corporales que coinciden con las óptimas de funcionamiento, y que además coinciden con las temperaturas mantenidas en el pasado en la isla (Castilla & Bauwens 1991). No se han encontrado diferencias significativas en las temperaturas corporales medias mantenidas por las



lagartijas adultas durante los últimos 15 años de estudio. El supuesto cambio global no parece estar afectando sobre el mantenimiento de temperaturas corporales óptimas de funcionamiento fisiológico.

Tabla 10. Temperatura corporal de lagartijas adultas de *Podarcis atrata* durante diferentes años y estaciones. Se indica el valor medio, el error estándar (ES), el intervalo y el tamaño de muestra (N). También se indica la fuente de procedencia de los datos (autor y año de publicación), y el año y estación en que se realizó el estudio.

Temperatura corporal de <i>P. atrata</i>									
Autor	Fuente	Año	Estudio	Sexo	Media	ES	Intervalo	N	
Castilla & Bauwens	Oecologia	1991	1989	otoño	machos	34,2	0,3	26,6-39,3	94
Castilla & Bauwens	Oecologia	1991	1989	otoño	hembras	34	0,2	29,4-38,3	69
Bauwens et al.	Ecologia	1996	1993	otoño	M+H	33,9	---	----	193
Castilla	Proyecto	2006	2006	agosto	M+H	34,5	0,3	28,8-39,5	30

Biología reproductora

El tiempo de extinción de las poblaciones de aves o reptiles debería disminuir cuando incrementa el tamaño de puesta, y aumentar cuando éste disminuye (Saether et al 2005, Chamaille-Jammes et al. 2006). Por ello, el examen de las fluctuaciones temporales del tamaño de puesta en poblaciones vulnerables se considera imprescindible.

El seguimiento de la población reproductora de *P. atrata* en mayo-junio de 2006 ha indicado que el 45% de las hembras (n= 18 de 40) presentaban marcas ventrales recientes de cópula, y el 75% de las hembras estaban preñadas (n = 30 de 40). De las 30 hembras con huevos, 18 tenían folículos en desarrollo (60%), 10 tenían huevos oviductales (33%) y 2 tenían simultáneamente huevos y folículos (7%).

El tamaño medio de puesta de *P. atrata* en primavera de 2006 ha sido de 1,8 huevos (rango: 1-4), sin embargo en años anteriores fue superior (en 1992 de 2,8 huevos (rango: 1-4), y en 1993 de 3 (rango: 1-5) (Tabla 11). Una disminución del tamaño de puesta en esta especie vulnerable, que



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

además es caníbal podría tener consecuencias negativas sobre el tamaño de la población a largo plazo. Quizá solo se trate de una fluctuación anual originada por una disminución en la cantidad de alimento, pero podría deberse a otras causas. Habría que prestar atención al efecto que pudieran tener las arañas del género *Argiope* (importantes consumidoras de insectos) sobre la disponibilidad de presas para la lagartija endémica (Castilla et al. 2004, 2005).

El comportamiento caníbal sobre los huevos que se observó por primera vez en 1991 (Castilla 1995, Castilla & Van Damme 1996), se ha seguido observando en años posteriores (guardería del Parque, com. pers.), y se ha confirmado que se mantiene en 2006.

El tamaño de los jóvenes recién nacidos en 2006 no ha aumentado en comparación con los años anteriores (Tabla 12). Esto sugiere que el tamaño de los huevos no ha debido incrementar de forma proporcional al tamaño de las hembras, o bien que la disponibilidad de alimento para los jóvenes recién nacidos en verano (bastante seco y caluroso) no fue suficiente o más elevada que en años anteriores. Ante la ausencia de datos demográficos más precisos, la información disponible solo nos permite especular.



Tabla 11. Variación del tamaño de puesta de las hembras de *P. atrata* durante diferentes años y meses de estudio. Se indica la longitud media cabeza-cuerpo (Lcc) de las hembras, el error estándar (ES) y el tamaño de muestra (N); el tamaño medio de puesta (TP) e intervalo del número de huevos. Los datos para 1992, 1993 y 1998 proceden de Castilla & Bauwens 2000.

Año estudio	Mes	Lcc	ES	N	TP	Intervalo	ES	N
1992	mayo	63,6	0,5	70	2,9	1 - 5	0,1	70
	junio-julio	62,1	0,8	32	2,5		0,1	32
1993	mayo	62,1	1,1	11	3	1 - 4	0,2	11
	junio-julio	62,4	1	14	3		0,3	14
1998	mayo	63,6	0,6	16	3,1	1 - 4	0,2	16
	junio-julio	63,4	0,8	9	2,9		0,4	9
2006	mayo	62,8	0,9	30	1,8	1 - 4	0,1	30

Tabla 12. Tamaño corporal de los jóvenes recién nacidos de *Podarcis atrata* durante los meses de verano de diferentes años. En el año de estudio se indica si el trabajo se hizo bajo condiciones naturales en el campo (*), bajo condiciones semi-naturales (**), o en el laboratorio (^). Se indica el valor medio, el error estándar (ES) y el intervalo para la longitud cabeza cuerpo (Lcc), el peso y el tamaño de muestra (N). También se indica la fuente de procedencia de los datos de fechas anteriores (autor, revista y fecha de publicación).

Fuente			Tamaño corporal: Jóvenes de <i>Podarcis atrata</i>								
Autores	Revista & Año	Año estudio	Lcc (mm)	ES	intervalo		Peso (g)		intervalo		
					Lcc	N	ES	peso	N		
Castilla & Swallow	J. Herpet 1996	1993*	29,03	0.23	25-32	41	0.45	0,01	0.29-0.70	41	
Castilla & Swallow	J. Herpet 1996	1993**	28,05	0.36	25-31	21	0.51	0,01	0.43-0.60	41	
Castilla & Bauwens	Copeia 2000	1993^	29	0.2	27-32	31	0.52	0,01	0.43-0.73	55	
Castilla	Proyecto 2006	2006*	28,79	0.21	26-31	15	0.43	0,01	0.28-0.68	15	



Nuevas fuentes de recursos alimenticios

El cambio global está causando la desertización y la destrucción del hábitat de muchas especies silvestres del mundo. La sequía y las elevadas temperaturas originan la pérdida de los recursos alimenticios y están forzando a los animales a colonizar nuevos territorios y adaptarse para consumir presas poco habituales a las ya conocidas.

Durante el desarrollo del presente estudio se ha demostrado que *P. atrata* consume especies de crustáceos isópodos que viven en los acantilados junto al mar. Se trata del primer caso conocido para los reptiles españoles. Los acantilados rocosos sin vegetación son zonas poco favorables desde el punto de vista térmico y de protección ante depredadores para los lacértidos. No obstante, durante diferentes años y en diferentes islotes se ha observado la presencia de lagartijas adultas en las rocas a menos de un metro del agua. También se han observado jóvenes recién nacidos junto al mar.

En la zona supralitoral de Columbrete Grande, la cochinilla de mar (*Ligia italica*) es el isópodo más abundante, pero además y a diferencia de otros crustáceos, esta especie sube por las rocas hasta 15 metros sobre el nivel del mar, lo que favorece las interacciones depredador-presa entre lagartijas y crustáceos. En un estudio experimental realizado durante el desarrollo del presente Proyecto, se han encontrado diferencias entre machos y hembras de la lagartija *Podarcis atrata*, en el consumo de la cochinilla marina. Cerca del 90% de los machos ingirieron la presa, mientras que solo el 40% de las hembras lo hicieron. Durante el estudio, el 80% de las hembras estaban preñadas y puede que durante ese estado sean más selectivas al seleccionar sus presas.

En otras zonas desérticas del mundo con escasa productividad primaria (e.g., Perú, Baja California, Nueva Zelanda, Namibia) se ha descrito que los reptiles, escorpiones, escarabajos y otros invertebrados consumen isópodos, anfípodos, caracoles, cangrejos, algas marinas y otras presas de origen marino (Catenazzi 2005 a, b, Catenazzi et al. 2005). Los estudios se han realizado a través del examen de contenidos estomacales y de isótopos estables. Los valores de Carbono13 y Nitrógeno15 son más altos en los organismos marinos que terrestres, por ello resulta relativamente sencillo evaluar la contribución relativa de los recursos energéticos y nutrientes marinos o terrestres de los consumidores.



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

Aunque existe un claro flujo de nutrientes y energía entre las especies marinas y terrestres de diversas zonas del mundo (Towns 1975, Barrett et al. 2005, Polis & Hurd 1996), todavía no se dispone de ningún estudio que involucre a especies de reptiles europeos. Por ello, sería interesante explorar la importancia de las presas marinas en la dieta de la lagartija (*P. atrata*) y del escorpión (*Buthus occitanus*) de Columbretes. También habría que examinar bajo que condiciones estas interacciones son importantes para determinar la distribución de las especies y favorecer la supervivencia de los individuos y el mantenimiento de las sub-poblaciones.



OBJETIVO III

Resumen y Propuestas de Conservación

1. Las poblaciones de *Podarcis atrata* y su hábitat se encuentran en muy buen estado de conservación. En todas las islas, el tamaño poblacional se ha mantenido estable o con tendencia al incremento durante los últimos 20 años.
2. Los resultados de este estudio han indicado que la isla Columbrete Grande podría albergar una población de unos 25.000 ejemplares. En Mancolibre y Foradada se podría asentar una población de ca. 500 individuos respectivamente, y en Lobo de ca. 200 individuos.
3. El supuesto cambio global no está afectando a los adultos de *P. atrata*, en cuanto a que siguen manteniendo unas temperaturas corporales óptimas de funcionamiento fisiológico.
4. La especie endémica consume fauna marina (crustáceos). También es carroñera e ingiere restos de aves marinas y terrestres. Este comportamiento es muy beneficioso de cara a la supervivencia de la especie en el futuro. Ante la amenaza del cambio global, un elevado incremento de temperaturas podría originar el declive de la vegetación y de la fauna de invertebrados terrestres ectotermos muy sensibles a elevadas temperaturas. La eliminación del alimento terrestre podría ocasionar la extinción de especies consumidoras especialistas. Pero este no sería el caso para *P. atrata*.
5. La especie en sus cuatro poblaciones ha manifestado poseer unos niveles elevados de variabilidad genética (Castilla et al 1998), mantienen temperaturas corporales que coinciden con las óptimas de funcionamiento, poseen un tamaño corporal grande que indica que disponen de recursos tróficos suficientes, mantienen comportamientos adecuados para escapar de los depredadores y con bajos costes de pérdida de la cola (Tabla 1 y lista de referencias).



6. La disminución del tamaño de puesta y las elevadas diferencias en la proporción de sexos de los individuos en diferentes zonas son las únicas características de la biología de la especie que podrían tener consecuencias no deseadas sobre el tamaño de la población a largo plazo. Por ello, sería necesario confirmar si se trata de fluctuaciones anuales o si éstas características constituirán una tendencia general para las poblaciones futuras.
7. Hay que potenciar que la administración fomente y subvencione la realización de estudios científicos que permitan continuar con el seguimiento de las características demográficas de las poblaciones a largo plazo. Esta es la única forma de poder documentar pequeñas fluctuaciones e intentar ponerles remedio a tiempo.
8. Hay que procurar que se mantengan las condiciones actuales de máximo control de las actividades turísticas a largo plazo en la isla para evitar la erosión del suelo, la destrucción del hábitat, la recolección de ejemplares con fines científicos o de comercio. Hay que mantener la prohibición de no fumar o de hacer fuego para eliminar la basura.
9. Hay que exigir que se documente cualquier cambio que se produzca en la composición de depredadores y presas en las islas, así como la aparición de nuevas especies invasoras de plantas o animales.
10. Cuando se planifique la reconstrucción de las escalas de acceso a los desembarcaderos de las calas de Rosi y de España, hay que actuar con tremenda precaución para que sigan existiendo oquedades profundas bajo los ladrillos y cemento que proporcionan lugares frescos y adecuados para que la lagartija endémica realice sus puestas. Durante la época reproductora, la proporción de hembras en estas zonas es significativamente más alta que la de machos. Por ello, con la amenaza del Cambio Global y el incremento de las temperaturas y sequía del substrato, el mantenimiento de estos lugares frescos deberían cobrar gran importancia.



11. El tiempo de extinción esperado para *Podarcis atrata* no se puede modelizar en ausencia de datos demográficos recogidos a lo largo de muchos años. Además, el tiempo de extinción se estima para especies que sufren continuados descensos poblacionales. Pero este no es el caso para *P. atrata*. Bajo las condiciones presentes no parece que exista ningún riesgo inminente de extinción para ninguna de las poblaciones insulares de *P. atrata*, excepto que al tratarse de poblaciones muy pequeñas y sin potencial dispersivo, algún factor estocástico de elevada magnitud podría acabar de forma inmediata con la existencia de la especie.

12. como medida extrema de máxima precaución ante posibles factores estocásticos que son poco predecibles en el tiempo actual, se podría incrementar el número de islas con presencia de *Podarcis atrata*. Para ello habría que proceder con la introducción en la isla Ferrera de ejemplares procedentes de la isla principal Columbrete Grande, tal y como se sugirió hace 15 años (Castilla & Bauwens 1991).

13. Con la información disponible hasta el momento no se considera necesario que se deba proceder con ninguna actuación concreta, excepto la de mantener las condiciones y precauciones que ya se están llevando a cabo en el Parque Natural.



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

Agradecimientos

En este Proyecto ha colaborado la bióloga Marta Aguiló, de la Conselleria de Territori i Habitatge – VAERSA, Generalitat Valenciana, Valencia, los estudiantes de la Escuela Agraria de Solsona (DARP) Guim Llacuna y Javier Pérez, y Diego Kersting (MAPA).

Este estudio se ha podido llevar a término gracias a la concesión de un Proyecto de Investigación (Resolución del 22/02/2006 CTV) concedido por la Dirección General de Gestión del Medio Natural de la Consellería de Territorio y Vivienda (Generalitat Valenciana). A la colaboración de la Secretaria General de Pesca Marítima (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), a la colaboración de la guardería del Parque Natural, de las embarcaciones CATCAT y Clavel I, y de la Cruz Roja del Mar (Pep Perolet).



Referencias bibliográficas

Sobre estimas del riesgo de extinción de especies silvestres a través del seguimiento de poblaciones a largo plazo

- Bustamante, J. 1997. Predictive models for lesser kestrel *Falco naumanni* distribution, abundance and extinction in southern Spain. *Biological Conservation* 80: 153-160.
- Chamaille-Jammes, S; Massot, M; Aragon, P; Clobert, J. 2006. Global warming and positive fitness response in mountain populations of common lizards *Lacerta vivipara*. *Global Change Biology* 12: 392-402
- Hiraldo, F., Negro, J., Donázar, J. A., Gaona, P. 1996. A demographic model for population of the endangered lesser kestrel in southern Spain. *J. Applied Ecology* 33: 1085-1093.
- Lande, R. Engen, S., Saether, B-E, Filli, F. Matthysen, E., Weimerskirch, H. 2002. Estimating density dependence from population time series using demographic theory and life history data. *The American Naturalist* 159: 321-337
- Lane S.J. & Alonso J. C. 2001. Status and extinction probabilities of great bustard (*Otis tarda*) leks in Andalucía, southern Spain. *Biodiversity & Conservation* 10: 893-910.
- Kery, M. 2002. Inferring the absence of a species- a case study of snakes. *J. Wildlife Management* 66: 330-338.
- Okinger, E., Hammarstedt, O., Nilsson, S.G., Smith, H.G. 2006. The relationship between local extinctions of grassland butterflies and increased soil nitrogen levels. *Biological Conservation* 128: 564-573.
- Saether, B-E, Engen, S., Islam, A., McCleery, R., Perrins, C. 1998. Environmental Stochasticity and extinction risk in a population of a small songbird, the great tit. *The American Naturalist* 151: 441-450.
- Saether, B-E, Engen, S., Matthysen, E. 2002. Demographic characteristics and population dynamical patterns of solitary birds. *Science* 295: 2070-2073.



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

- Saether, B-E, Engen, S., Moller, A., Weimerskirch, H., et al. (+ 22 autores). 2004. Life-history variation predicts the effect of demographic stochasticity on avian population dynamics. *The American Naturalist* 164: 793-802.
- Saether, B-E, Engen, S., Moller, A., et al. (+ 14 autores). 2005. Time to extinction of bird populations. *Ecology* 1986: 693-700.
- Williams, N.S., Morgan, J.W., McDonnell, M.K., McCarthy, A. 2005. Plant traits and local extinctions in natural grasslands along an urban-rural gradient. *J. Ecology* 93: 1203-1213.

Sobre estimas de la fecha de extinción de especies silvestres desaparecidas

- McInery, G.J., Roberts, D.L., Davy A.J., Cribb P.J. 2006. Significance of sighting rate in inferring extinction and threat. *Conservation Biology* 20: 562-567
- Reed, J.M. 1996. Using statistical probability to increase confidence of inferring species extinction. *Conservation Biology* 10: 1283-1285
- Roberts, D. 2003. When did the dodo become extinct? *Nature* 426: 245
- Roberts, D., Kitchener, A.C. 2006. Inferring extinction from biological records: Were we too quick to write off Miss Waldron's Red Columbus Monkey (*Ptilocolobus badius waldronae*)? *Biological Conservation* 128: 285-287.
- Solow, A. R., Roberts, D. 2003. A non parametric test for extinction based on a sighting record. *Ecology* 1984: 1329-1332
- Solow, A. R. 2005. Inferring extinction from a sighting record. *Mathematical Biosciences* 195: 47-55
- Solow, A. R., Roberts, D., Robbirt, K. 2006. On the Pleistocene extinctions of Alaskan mammoths and horses. *PNAS* 103: 7351-7353.



Otras referencias de interés comentadas en este trabajo

- Barrett, K., Anderson, W. B., Wait, A. D., Grismer, L. L., Polis, G. A. and Rose, M. D. 2005. Marine subsidies alter the diet and abundance of insular and coastal lizard populations. - *Oikos* 109:145-153
- Brooks, T.M., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., et al (+ 8 autores). Habitat loss and extinction in the hotspots of biodiversity. *Conservation Biology* 16: 909-923.
- Catenazzi A, Carrillo J, Donnelly MA. 2005. Seasonal and geographic eurythermy in a coastal Peruvian lizard. *COPEIA* (4): 713-723
- Catenazzi A. 2005 a. The /Ulva /connection: Marine resources subsidize terrestrial consumers in coastal Peru. *Integrative and Comparative Biology* 45 (6): 975-975.
- Catenazzi, A. 2005 b. Identifying ecosystem processes that maintain biodiversity in coastal Peru. In: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Success stories in implementation of the programmes of work on dry and sub-humid lands and the global taxonomy initiative. CBD Technical Series No. 21, pp. 37-39.
- Cooper, W. E. 2006. Risk factors affecting escape behaviour by Puerto Rican *Anolis* lizards. *Can. J. Zool.* 84: 495-504.
- Courchamp, F., Sugihara, G. 1999. Modeling the biological control of alien predator to protect island species from extinction. *Ecological Applications* 9: 112-123.
- Goodman, RM; Echternacht, AC; Burton, FJ. 2005. Spatial ecology of the endangered iguana, *Cyclura lewisi*, in a disturbed setting on Grand Cayman. *Journal of Herpetology* 39: 402-408.
- Harris, J., Sá-Sousa P. 2002. Molecular Phylogenetics of Iberian wall lizards (Podarcis): Is Podarcis hispanica a species complex? *Molecular Phylogenetics and Evolution* 23: 75-81.
- Le Gailiard, JF; Fitze, PS; Ferriere, R; Clobert, J. 2005. Sex ratio bias, male aggression, and population collapse in lizards. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102: 18231-18236.
- Martínez-Abraín, A. & Oro, D. 2005. Seguimiento de las aves nidificantes en la reserva natural de las islas Columbretes. Generalitat Valenciana-CSIC, informe inédito.



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

- Pertoldi, C., Garcia-Perea, R., Godoy, J.A., Delibes, M., Loeschcke, V. 2006. Morphological consequences of range fragmentation and population decline of the endangered Iberian lynx (*Linx pardinus*). *J. Zoology* 268: 73-86.
- Pinho, C., Ferrand, N. Harris, J. 2006. Reexamination of the Iberian and North African *Podarcis* (*Squamata: Lacertidae*) phylogeny based on increased mitochondrial DNA sequencing. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 38: 266-273
- Polis, G. A., Hurd, S. D. 1996. Allochthonous input across habitats, subsidized consumers, and apparent trophic cascades: Examples from the ocean-land interface. - In: Polis, G. A. and Winemiller, K. (eds), *Food webs. Integration of patterns and dynamics*. Chapman & Hall, pp. 275-285.
- Raup, D.M. 1991. *Extinction. Bad genes or bad luck?* W. W. Norton & Company. New York
- Saether, B-E, Engen, S., Moller, A., et al. (+ 14 autores). 2003. Climate variation and regional gradients in population dynamics of two hole-nesting passerines. *Proc. Royal Soc. Lond. B* 270: 2397-2404.
- Tellería, J. L. 1986. *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Ed. Raíces, Madrid. 278 pp.
- Towns, D. R. 1975. Ecology of the black shore skink, *Leiolopisma suteri* (*Lacertilia: Scincidae*), in boulder beach habitats. - *N. Zeal. J. Zool.* 2: 389-408.



Referencias sobre *Podarcis atrata* y estudios en los que está implicada

- Bauwens, D., Garland, T. Castilla, A.M., Van Damme, R. (1995). Evolution of sprint speed in lacertid lizards: morphological, physiological, and behavioral covariation. *Evolution* 49 (5), 848-863
- Castilla, A.M., Jiménez, J., Lacomba, I. (1987): Los reptiles de Columbretes. pp. 181-194, in *Islas Columbretes. Contribución al estudio de su medio natural*. L.A. Alonso Matilla, J.L. Carretero & A.M. Garcia-Carrascosa (eds.), Generalitat Valenciana, Valencia.
- Castilla, A.M., Bauwens, D. (1991a): Thermal biology, microhabitat selection, and conservation of the lizard *Podarcis hispanica atrata*. *Oecologia (Berlin)*, 85: 366-374.
- Castilla, A.M., Bauwens, D. (1991b): Observations on the natural history, present status, and conservation of the insular lizard *Podarcis hispanica atrata*. *Biological Conservation*, 58: 69-84.
- Castilla, A.M. (1994). A case of melanism in a population of the endangered lizard *Podarcis hispanica atrata*. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de las Baleares*, 1994: 175-179
- Castilla, A.M., Gallén, M., Tena, V.L., Verheyen, R. (1994). Nueva técnica de captura de lacértidos para trabajos científicos. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 5: 32-33
- Castilla, A.M. & Jiménez, J. (1995). Relationships between fisheries activities and movement patterns of the Audouin's gull *Larus audouinii* in the Mediterranean sea. *Colonial Waterbirds* 18 (1):108-112
- Castilla, A.M. (1995). Intensive predation of artificial Audouin's gull nests by the yellow-legged gull in Columbretes islands. *Colonial Waterbirds* 18 (2):226-230
- Castilla, A.M. (1995a): Interactions between lizards *Podarcis hispanica atrata* and scorpions (*Buthus occitanus*). *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de las Baleares*, 38: 47-50.
- Castilla, A.M. (1995b): Conspecific eggs and juveniles in the diet of the insular lizard *Podarcis hispanica atrata*. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de las Baleares*, 38: 121-129.
- Castilla, A.M., Swallow, J. (1995): Artificial egg-laying sites for lizards: A conservation strategy. *Biological Conservation*, 72: 387-391



- Castilla, A.M., Swallow, J. (1996): Thermal dependence of incubation duration under a cycling temperature regime in the lizard, *Podarcis hispanica atrata*. *Journal of Herpetology*, 30: 247-253
- Van Damme, R., Castilla, A.M. (1996). Chemosensory predator recognition in the lizard *Podarcis hispanica*: effects of predator pressure relaxation. *Journal of Chemical Ecology*, 22: 13-22
- Swallow, J., Castilla, A.M. (1996): Home range area in the lizard *Podarcis hispanica atrata*. *Herpetological Journal*, 6:100-102
- Bauwens, D; Hertz, P. E. & Castilla, A.M. 1996. Thermoregulation by a lacertid lizard: the relative contribution of different behavioural mechanisms. *Ecology*, 77: 1818-1830.
- Castilla, A.M. (1996): Temperature selection for egg incubation by the lizard *P. hispanica atrata*. *Herpetological Journal*, 6:133-136
- Castilla, A.M., Van Damme, R. (1996): Cannibalistic propensities in the lizard *Podarcis hispanica atrata*. *Copeia*, 1996 (4): 991-994
- Castilla, A.M. & Bauwens, D. 1996: La lagartija de Columbretes: Biología y conservación de *P. hispanica atrata*. Ed. Consellería de Medio Ambiente, Generalitat Valenciana, Valencia, Spain. 190 pp. ISBN: 84-482-1340-8.
- Herrel, A., Van Damme, R., De Vree, F. 1996. Sexual dimorphism of head size in *Podarcis hispanica atrata*: testing the dietary divergence hypothesis by bite force analysis. *Netherlands Journal of Zoology*, 46: 253-62.
- Van Damme, R., Aerts, P. Van Hooydonck, B. 1997. No trade-off between sprinting and climbing in two populations of the lizard *Podarcis hispanica* (Reptilia: Lacertidae). *Biol. J. Linn. Soc.*, 60: 493-503.
- Van Damme, R., Aerts, P. Van Hooydonck, B. (1998): Variation in morphology, gait characteristics and speed of locomotion in two populations of lizards. *Biol. J. Linn. Soc.*, 63: 409-27.
- Castilla, A.M., Labra, A. (1998): Predation and spatial distribution of the lizard *Podarcis hispanica atrata*: an experimental approach. *Acta Oecologica*, 19: 107-114



MINISTERIO
DE EDUCACION
Y CIENCIA



CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

- Castilla, A.M., Fernández-Pedrosa, V., Harris, J.D., González, A. Latorre, A., Moya, A. (1998a): Mitochondrial DNA divergence suggests that *Podarcis hispanica atrata* (Squamata: Lacertidae) from the Columbretes islands merits specific distinction. *Copeia*, 1998 (4): 1037-1040
- Castilla, A.M., Fernández-Pedrosa, V., Backeljau, T., González, A. Latorre, A., Moya, A. (1998b): Conservation genetics of insular *Podarcis* lizards using partial cytochrome b sequences. *Molecular Ecology*, 7: 1407-1411
- Castilla, A.M, Gosa, A., Galán, P., Pérez-Mellado, V. (1999): Green tails in *Podarcis* lizards: do they influence the intensity of predation? *Herpetologica*, 55 (4):530-7.
- Castilla, A.M. (2000): Among-islet variation in color, morphological and scalation characters in *Podarcis atrata* from the Columbretes Archipelago, Mediterranean sea. *Journal of Herpetology*, 34 (1): 142-146.
- Castilla, A.M., Bauwens, D. (2000): Reproductive characteristics of the lacertid lizard *Podarcis atrata*. *Copeia*, 2000 (3): 748-756.
- Castilla, A.M. (2000): La lagartija y otras maravillas de las islas Columbretes. pp. 78-80, in *Islas Columbretes, X Aniversario Reserva Marina Contribución al estudio de su medio natural*. L.Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General de Pesca Marítima.
- Castilla, A.M. 2002. *Podarcis atrata*. Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. pp 238-239
- Castilla, A.M., Pons,G.X, Escobar, J.V. 2004. Consideraciones ecológicas y biogeográficas del género *Argiope* (*Arachnida*, *Araneae*) en las Islas Columbretes (Castellón, España). Boletín de la Sociedad de Historia Natural de las Baleares 47:101-110
- Castilla, A.M., García, R., Verdugo, I., Pons, G.X, Escobar, J.V. 2005. Primeros datos sobre la ecología y comportamiento de las arañas *Argiope lobata* y *A. bruennichi* de una población que ha colonizado recientemente las islas Columbretes (Mediterráneo, España). Boletín de la Sociedad de Historia Natural de las Baleares nº 48: 61-69



Castilla, M., Aurora., Aguiló, Marta, LLacuna, Guim, Pérez Javier. 2006. La lagartija *Podarcis atrata* y el escorpión *Buthus occitanus* en las islas Columbretes: ¿presa fácil o enemigo venenoso? Primer Congreso Internacional de Herpetología en el País Vasco; IX Congreso Luso-Español; XIII Congreso Español de Herpetología (AHE).

Castilla, M., Aurora., Aguiló, Marta, LLacuna, Guim, Kersting, Diego. 2006. Comportamiento trófico de la lagartija de Columbretes (*Podarcis atrata*) frente a dos especies de crustáceos isópodos, la cochinilla terrestre (*Armadillo officinalis*) y la cochinilla marina (*Ligia italica*). Primer Congreso Internacional de Herpetología en el País Vasco; IX Congreso Luso-Español; XIII Congreso Español de Herpetología (AHE).

Artículos de periodismo sobre *P. atrata* y el Parque Natural

- Castilla, A. M. 1992. La lagartija de Columbretes en el Consejo de Europa. Periódico Mediterráneo, Castellón, 18 de mayo de 1992.
- Castilla, A. M. 1992. Biólogos internacionales estudian la lagartija de Columbretes. Periódico Mediterráneo, Castellón, 13 de octubre de 1992.
- Castilla, A.M. 1993. Nueva carta marina para las Islas Columbretes. Periódico Mediterráneo, Castellón, 19 de septiembre de 1993.
- Castilla, A.M. 2002. El equipo de biodiversidad del Centre Tecnològic Forestal de Catalunya participa en el Proyecto de declaración del Parque Nacional de las Islas Columbretes. Periódico Celsona, 31 mayo 2002
- Castilla, A.M. 2005. Colonització de les Illes Columbretes per aranyes i el seu efecte sobre espècies de fauna endèmica amenaçada. Celsona, nº 429, agosto, pp 29
- Castilla, A.M. 2006. L'escola agraria actua contra l'extinció d'espècies amenaçades. Celsona 472: 27, junio 2006
- Castilla, A.M. 2006. Les espècies endèmiques de fauna silvestre lluiten per la seva supervivència. Celsona 481: 24, septiembre 2006.
- Castilla, A.M. & Catenazzi, A. 2007. Los reptiles pueden buscar alimento en el mar ante la amenaza del cambio climático. Periódico del Museo Nacional de Ciencias Naturales nº 1 (enero-marzo), pp 4.