

**BIOLOGÍA REPRODUCTORA Y ESTUDIO
POBLACIONAL DE LA SALAMANDRA
COMÚN EN EL PARQUE URBANO DE
URGULL (DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN)**

DIRECTOR TÉCNICO:

Alberto Gosá

AUTORES:

Elina Uotila
Ariñe Crespo-Diaz
Juan Martinez-Jorquera García
Iñaki Sanz-Azkue
Xabier Rubio Pilarte

DICIEMBRE DE 2009



ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Objetivos y justificación	4
3. Características de la especie.....	6
4. Área de estudio.....	7
5. Metodología	8
6. Resultados	11
6.1. Estudio poblacional.....	11
6.2. Caracterización del hábitat	15
6.3. Estrategia reproductora	20
7. Discusión	23
7.1. Estudio poblacional.....	23
7.2. Caracterización del hábitat	25
7.3. Biología reproductora.....	28
8. Conclusiones	32
Bibliografía.....	34
Anexo 1. Fotos de la caracterización de los hábitats	38



1. Introducción

Las poblaciones aisladas constituyen un laboratorio natural del que los científicos han venido extrayendo desde hace décadas una información decisiva para el conocimiento de las relaciones entre los organismos y su medio. Dependiendo de las condiciones, orígenes y duración del aislamiento dichas poblaciones alcanzan grados notables de singularidad, y muchas de ellas conforman especies endémicas sobre territorios de superficie reducida. Las islas son un escenario ideal para este tipo de fenómenos.

El Parque urbano del monte Urgull (Donostia-San Sebastián), una antigua isla que en los últimos 5000 años se conectó al continente mediante un tómbolo de aportes fluviales y arenosos (EDESQ, 2003), se comporta a ciertos efectos como un verdadero islote, puesto que está rodeado por el mar y la urbanización del Casco Viejo de la ciudad. Por ello, algunas poblaciones herpetológicas que habitan Urgull han desarrollado, por aislamiento y falta de contacto con otras especies equivalentes o filogenéticamente próximas, ciertas características ecológicas adaptadas a sus particulares condiciones ambientales. Es el caso conocido de la lagartija ibérica (*Podarcis hispanicus*), cuya población ha desarrollado en Urgull algunos patrones morfológicos de cierta singularidad (BEA *et al.*, 1986), aunque desde el punto de vista genético no se haya encontrado refrendo que le confiera un estatus especial (SANZ-AZKUE *et al.*, 2005).

El hábitat de Urgull no es óptimo para los anfibios, por la ausencia de cursos de agua y humedales superficiales con capacidad para la reproducción de este grupo de animales. El único anfibio encontrado en Urgull es la salamandra común (*Salamandra salamandra*), una especie localmente amenazada en la península Ibérica (PLEGUEZUELOS *et al.*, 2002), algunas de cuyas poblaciones han desaparecido en los últimos decenios por causas no del todo conocidas (BARBADILLO & GARCÍA-PARÍS, 1991; BARBADILLO *et al.*, 1998; MARTÍNEZ-SOLANO *et al.*, 2004; ZALDÍVAR, 2007). Su biología es compleja y presenta adaptaciones fisiológicas importantes (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004), dependiendo de las características ambientales imperantes en el ecosistema. La población del parque de Urgull se encuentra aislada del resto de poblaciones dispersas en parques o jardines periféricos de la ciudad de Donostia-San Sebastián (GOSÁ & BERGERANDI, 1998), o en montes litorales adyacentes (GARIN-BARRIO *et al.*, 2009).



Se desconoce la situación actual de la población de salamandra común en Urgull, nunca antes estudiada y de la que no se posee ningún dato. Para su supervivencia debe postularse razonablemente que haya podido desarrollar adaptaciones fisiológicas reproductoras a un medio ausente de masas de agua. La salamandra común es una especie que habitualmente desarrolla larvas en el interior del cuerpo de la hembra (estrategia ovovivípara), y en un momento determinado de su gestación ésta las pare en el medio acuático en una fase más o menos avanzada (las larvas respiran mediante branquias), donde terminan su ciclo de desarrollo hasta convertirse en animales terrestres (con respiración pulmonar y cutánea), presentando ya la morfología propia de los adultos. En el norte de la Península Ibérica se encuentran poblaciones de salamandra con estrategia reproductora vivípara (DOPAZO & ALBERCH, 1994; ALCOBENDAS *et al.*, 1996) por la que las hembras retienen las larvas en los oviductos, hasta que completan su metamorfosis en el interior del cuerpo. Esta estrategia posibilita la reproducción en biotopos desprovistos de masas de agua.

El desconocimiento de los parámetros caracterizadores de la población, su situación en un ambiente urbano intensamente utilizado por el público y la reciente aplicación de ciertos sistemas de gestión de los jardines y conservación de los edificios históricos y construcciones del lugar, potencialmente agresivos con el hábitat de la salamandra, son factores añadidos que hacen necesario iniciar el estudio ecológico de la población. La especie, por su origen biogeográfico y requerimientos selectivos de medios húmedos y umbríos, puede jugar un papel interesante en la península Ibérica como bioindicador del cambio climático.

2. Objetivos y justificación

El objetivo del estudio ha sido el de obtener la información necesaria para conocer los principales parámetros biológicos y ecológicos que caracterizan la población aislada de salamandra común en Urgull. Las tres áreas de investigación seleccionadas fueron las siguientes:

- Biología de la reproducción, a determinar mediante la caracterización del tipo de estrategia de reproducción (desarrollo de las crías) seguido por la población, la estima de la fecundidad de las hembras y de las tallas de las larvas (o juveniles).



- Caracterización del hábitat, por ser la componente del nicho ecológico con mayor trascendencia para la gestión de esta población. Conviene contar cuanto antes con estos datos para proponer medidas tendentes a la conservación del hábitat, de cuyo estado depende estrechamente una población concentrada en un área de pequeñas dimensiones.
- Estudio poblacional para conocer el estado del núcleo asentado en Urgull. Los principales parámetros objeto de estudio fueron el número de individuos adultos, su talla corporal, la proporción de sexos y la estructura demográfica de la población.

Conocer las características y estrategia vital de la población de salamandra de Urgull aportará una información valiosa para entender con mayor profundidad el funcionamiento de ciertos elementos que determinan las adaptaciones locales a unas circunstancias ambientales particulares. La alta plasticidad fenotípica manifestada por la salamandra en el conjunto de sus poblaciones europeas es un factor que puede ayudar a comprender y evaluar los mecanismos mediante los que ciertas especies hacen frente a situaciones de cambio más o menos drástico en el medio, como las producidas por el cambio climático. Los efectos de este fenómeno en enclaves provistos de cursos superficiales de agua podrían ser investigados a partir del conocimiento de la extensión y características de la modalidad reproductora vivípara en poblaciones que la utilizan, y Urgull se nos presenta como un caso favorable de estudio y posiblemente excepcional en la geografía vasca atlántica, donde abundan los cursos de agua corriente.

Un organismo de estas características puede ser un buen indicador para interpretar los efectos de este tipo de procesos, que actúan a escala global, así como para valorar la calidad ambiental y el estado de conservación del hábitat, dada la vulnerabilidad que manifiesta la especie en la península Ibérica a las variadas causas que lo están alterando, desde la introducción de depredadores a la propia destrucción física de sus lugares de reproducción (MARTÍNEZ-SOLANO *et al.*, 2004) o la afección que pudiera producirle ciertas enfermedades emergentes, como la quitridiomycosis fúngica, ya constatada en alguna población ibérica (BOSCH & MARTÍNEZ-SOLANO, 2003). La salamandra tiene una amplia distribución paleártica y sólo presenta poblaciones vivíparas, como posiblemente sea la de Urgull, en un número reducido de éstas. La situación insular, a efectos ecológicos, de esta población, localizada además en un medio urbano y territorialmente muy limitado, facilitan su estudio y la obtención de unos resultados que podrían ser contrastados en la amplia bibliografía acumulada



sobre la especie. Por otra parte, el estudio de la estructura poblacional y de la biología reproductora de la salamandra en este lugar contribuirá a valorar en su justa medida el patrimonio natural de la ciudad, en un enclave que presenta ciertas particularidades en su reducidísima comunidad herpetológica, por su aislamiento secular, y en un momento delicado en el que se están produciendo algunas actuaciones antrópicas que ponen en peligro las poblaciones más significativas de anfibios y reptiles de Urgull, entre las que se cuenta la de la salamandra.

3. Características de la especie

La salamandra común (*Salamandra salamandra*) es un anfibio urodelo de ámbito europeo con amplia distribución en la región Paleártica Occidental. Se extiende entre Portugal y los países bálticos y norte de Alemania; por el sur alcanza hasta Grecia. También presente en Asia Menor, llegando hasta Iraq. En la Península Ibérica ocupa toda la región cántabro-pirenaica, desde Galicia a Cataluña, y Portugal. En el centro de la Península la distribución se limita a los sistemas montañosos: las sierras del Sistema Central, Montes de Toledo, Sierra Morena y sierras Béticas. La especie muestra una alta variabilidad morfológica, y distintas estrategias reproductoras. Existen poblaciones con estrategias reproductoras ovovivíparas, vivíparas y mixtas (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004; DOPAZO & ALBERCH, 1994). Actualmente se reconocen 15 subespecies, de las cuáles nueve se encuentran en la Península Ibérica (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004). La subespecie que ocupa el País Vasco, Cantabria y Pirineos se denomina *S. s. fastuosa*, es de talla pequeña y con diseño dorsal rayado (figura 1). En Donostia-San Sebastián las citas de salamandra común son escasas. Además de Urgull se dispone de observaciones realizadas en regatas de Mendizorrotz y en otros parques urbanos, como Aiete (GARIN-BARRIO *et al.*, 2009).



Figura 1. Macho adulto de *S.s.fastuosa* y larva en fase acuática.

La Salamandra común es una especie terrestre que está estrictamente asociada a hábitats húmedos y sombríos, caracterizadora de los bosques caducifolios. Se encuentra preferentemente en montañas, pero en zonas costeras alcanza el nivel del mar, e incluso se conocen poblaciones insulares en Galicia. De hábitos terrestres, visita las masas de agua exclusivamente para depositar las larvas, excepto las poblaciones vivíparas, totalmente desvinculadas de éstas. Es una especie predominantemente nocturna, activa en noches lluviosas o con elevada humedad. La mayor parte del tiempo permanece refugiada en hábitats subterráneos, cavidades, galerías formadas por otros animales, o bajo musgo, piedras y troncos caídos. Sólo en días húmedos y lluviosos abandonan sus refugios en horas de luz. El rango óptimo de temperaturas del aire para desarrollar su actividad se sitúa entre los 6 y 14 °C. En el norte de la Península su período de actividad se inicia en otoño y se extiende hasta la primavera. Durante los meses más cálidos de verano las salamandras suelen permanecer inactivas en sus refugios subterráneos. Los apareamientos tienen lugar en otoño y los partos se prolongan desde entonces hasta la primavera. La base de su dieta está constituida por diferentes invertebrados.

4. Área de estudio

El Parque urbano del monte Urgull (UTM WN8297, 20-125 msnm), con una superficie de 194.000 m², está situado en Donostia-San Sebastián, junto al mar y la parte vieja de la ciudad. Antiguamente Urgull era un islote y debido a las alteraciones del nivel del mar ha estado conectado y desconectado al continente varias veces en su historia geográfica. Hace aproximadamente 5000 años se conectó con la costa por la



formación de un tómbolo, que quedó consolidado posteriormente por la construcción del casco urbano de la parte vieja. Hoy en día Urgull está aislado de otras zonas verdes de la ciudad, bordeado al sur por la urbanización de la ciudad. Además recibe un intenso uso público, por su localización céntrica y popularidad como atracción turística.

En Urgull existen diferentes hábitats, desde los húmedos y sombríos hasta otros secos y expuestos a insolación. La vegetación está constituida por especies tanto autóctonas como alóctonas, y sometida a una intensa gestión. En muchas partes la cobertura arbolada es densa, formada por pinos marítimos y árboles caducifolios, como fresnos, arces y plátanos. También crecen diversos arbustos, brezales, césped (continuamente segado) y presenta afloramientos rocosos con poca o ninguna vegetación.

5. Metodología

El registro de datos se realizó en muestreos nocturnos, iniciados en febrero de 2009 y extendidos hasta diciembre del mismo año, en jornadas seleccionadas por sus condiciones favorables a la actividad de las salamandras, es decir, en noches de lluvia débil o con humedad elevada y temperaturas comprendidas entre los 6 y 15 °C. Se muestreó quincenalmente, salvo en algunos meses de verano y otoño, en los que se hizo un solo registro por las continuadas condiciones climatológicas desfavorables para la actividad de la especie.

Por norma general, los muestreos fueron efectuados por dos o tres personas mediante recorridos por los hábitats más apropiados para la potencial presencia de salamandras, es decir, los más húmedos y sombríos, con profusión de musgo, hojarasca, helechos y muros de piedra provistos de cavidades. Los transectos duraron entre una y tres horas, dependiendo de la actividad de las salamandras y las condiciones climatológicas. Mediante el uso de focos se buscaron individuos sobre el suelo, entre la vegetación, en las grietas de las rocas, en cavidades de los muros o bajo piedras y troncos. En la ladera norte de Urgull, donde se dan las condiciones favorables para su presencia, se realizaron recorridos mensuales para estudiar el ciclo fenológico anual de la especie. Además, se visitaron todas las zonas accesibles y potencialmente adecuadas para la presencia de salamandra, al menos una vez



durante el estudio, para determinar la distribución de la especie en Urgull con el mayor detalle posible.

Los individuos observados se capturaron y trasladaron al laboratorio, anotándose las coordenadas del punto de encuentro. Allí se midió la longitud cabeza-cuerpo (entre el hocico y el borde posterior de la cloaca), con precisión de 0,1 mm, mediante un calibre digital y se pesaron los individuos con balanza digital (precisión de 0,01 g). El sexo de los individuos se determinó por los rasgos morfológicos de la cloaca y por el aspecto general del individuo. Los machos presentan los labios cloacales más prominentes y las patas relativamente más largas que las hembras, que, a su vez, suelen tener un aspecto más corpulento. Los individuos fueron fotografiados y marcados mediante amputación de falanges siguiendo un código, para su posterior identificación en caso de ser recapturados. El marcaje se realizó con tijeras quirúrgicas previamente desinfectadas con alcohol después de cada uso, y a las heridas se aplicó desinfectante (Cristalmina), para evitar infecciones. Las falanges amputadas se conservaron en alcohol absoluto y almacenaron individualmente en tubos Eppendorf para futuros análisis esqueletocronológico y genético. Los individuos se devolvieron al lugar de captura en el menor tiempo posible, normalmente la noche siguiente salvo algunas hembras que se consideraron en estado de gravidez, y que se mantuvieron en el laboratorio durante un tiempo variable para obtener información sobre la estrategia reproductora de la población. En tales casos la duración de la estancia fue de 1 a 7 semanas.

Las hembras grávidas se mantuvieron en el laboratorio en cajas de plástico (40 x 35 x 25 cm) con sustrato húmedo de musgo, piedras o ramas, provistas de una pequeña cubeta (15 x 15 x 4 cm) con agua (figura 2). Las cajas fueron revisadas diariamente para comprobar los posibles partos. Los animales fueron alimentados *ad libitum* con lombrices de tierra. Tras los partos los juveniles fueron contados diariamente, medidos y pesados. En algunos casos fueron además marcados. Las hembras y sus crías nacidas con el desarrollo completado (metamórficos) se devolvieron al sitio de captura un par de días después del nacimiento de la última cría. Cuando no se producían partos las hembras fueron devueltas al medio tras un mes de estancia en el laboratorio.



Figura 2. Para estudiar la estrategia reproductora se mantuvieron hembras en cajas con musgo, piedras, ramas y una cubeta de agua (en la cubeta se observan dos larvas acuáticas nacidas en el laboratorio).

El manejo y mantenimiento de los individuos, marcaje y recogida de datos biométricos se llevaron a cabo en el laboratorio del Departamento de Vertebrados de la Sociedad de Ciencias Aranzadi, siguiendo el protocolo establecido en el código DAPTF para su manipulación en condiciones de salubridad. Se transportaron en contenedores de plástico acondicionados al efecto, y mantuvieron un máximo de 14-48 horas (excepto las hembras grávidas) fuera de su medio, al que fueron después devueltos.

La caracterización de los hábitats se realizó por evaluación de las siguientes variables ambientales en las zonas donde se observaron las salamandras: 1) orientación, 2) pendiente, 3) unidad de vegetación dominante (caducifolio, mixto o pinar), 4) cobertura de los diferentes estratos de vegetación (arbolado, arbustivo, herbáceo y muscinal), 5) presencia de refugios, y 6) abundancia de hojarasca. Los mismos parámetros fueron igualmente evaluados en algunas zonas donde no se observaron salamandras. Dichas zonas fueron elegidas en todas las orientaciones de Urgull, de manera que se contó con, al menos, un lugar caracterizado por cada una de



las orientaciones. El conjunto territorial de Urgull fue, además, caracterizado en su ocupación del suelo, mediante fotos aéreas (del año 2008) y observaciones directas de campo. Los mapas de la caracterización del hábitat y de la distribución en Urgull fueron elaborados mediante ArcGIS 9.2.

La significación estadística de las variables biométricas fue analizada mediante pruebas de χ^2 , t de Student y U de Mann-Whitney con el programa SPSS 10.0.

6. Resultados

6.1. Estudio poblacional

Entre febrero y diciembre de 2009 se hicieron 26 muestreos en el Monte Urgull, durante los cuáles se capturaron 256 individuos de salamandra común (tabla I); 217 de ellos fueron marcados (84,8 %). Además se marcaron 61 metamórficos nacidos en el laboratorio. Sólo tres individuos marcados (dos hembras adultas y un adulto de sexo indefinido) fueron recapturados, todos ellos muy cerca de los sitios de su primera captura. De los partos de las hembras grávidas mantenidas en laboratorio se obtuvieron recién nacidos, que fueron liberados en los lugares donde fueron capturadas sus madres.

Tabla I. Individuos capturados y marcados durante los muestreos, por clase de edad y sexo.

* Nacidos en laboratorio.

	Machos adultos	Hembras adultas	Adultos indefinidos	Juveniles	Metamórficos *
Capturados	114	82	13	47	71
Marcados	97	74	9	37	61

Se observaron salamandras durante todos los meses, en número muy variable. En la mayoría de los muestreos se localizaron menos de diez salamandras; en algunos el número de individuos fue casi nulo y en otros, muy elevado (figura 3). Durante un muestreo en septiembre la densidad de individuos en un transecto en la ladera norte de 100 m de longitud y banda de observación de 2 m de anchura se obtuvo una tasa de 0,48 ind. / m de transecto. La densidad que se puede calcular con estos datos sería 2400 ind. / ha en la zona más favorable para la presencia de



salamandras en Urgull, durante el pico de actividad observado en septiembre. En noviembre y diciembre se observó únicamente uno o dos individuos en el mismo transecto. En algunos muestreos se detectaron más individuos de los que pudieron capturarse, en el interior de pequeñas cavidades de algunos muros, inaccesibles al observador. En noches de intensa actividad, a finales de agosto y septiembre, se encontraron números elevados de salamandras, cuya captura y contabilización fue imposible de realizar en su totalidad (figura 3).

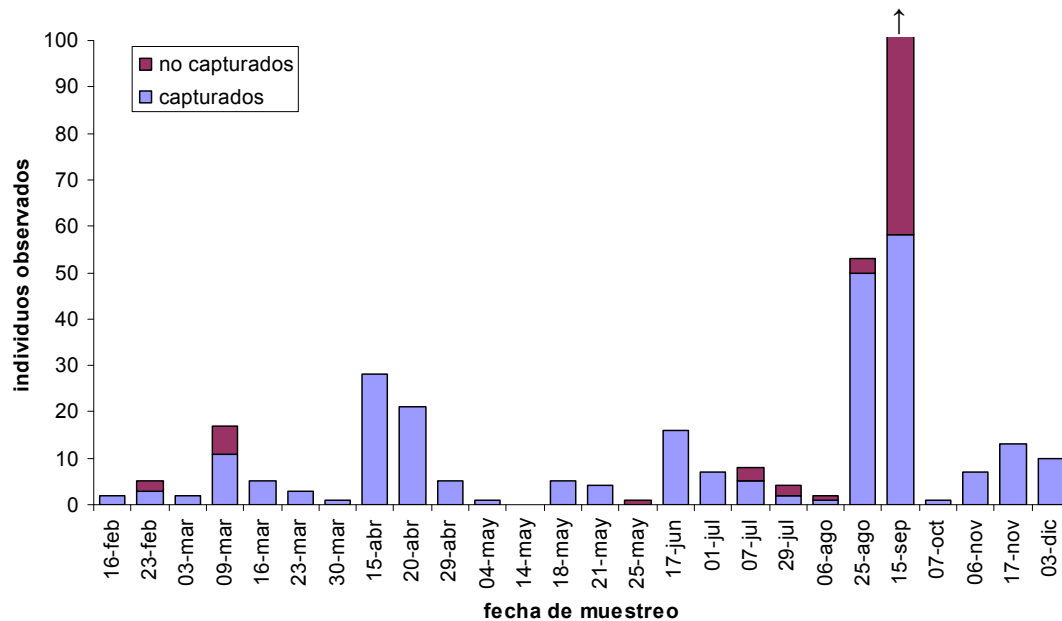


Figura 3. Número de individuos observados (capturados y no capturados) por muestreos. El 15 de septiembre fueron observados (pero no capturados) cientos de individuos (↑)

El ratio de sexos de los adultos marcados para el conjunto de muestreos, cuyo sexo se pudo determinar, fue de 1,39:1 favorable a los machos ($\chi^2 = 5,22$, $gl = 1$, $p < 0,05$). Las proporciones de los sexos variaron significativamente entre las épocas del año. En invierno y primavera se observó un mayor número de hembras (figura 4). Durante el verano y principios de otoño la situación se invirtió. En las noches de otoño, cuando el número de salamandras observadas fue mayor, la proporción de hembras era muy baja. La proporción de juveniles osciló fuertemente durante el año, en un rango de 0-0,35 (figura 5), presentando un patrón muy similar al de las hembras (figuras 4 y 5); es decir, la proporción de juveniles presentó dos picos, uno a finales de invierno y otro en otoño, siendo muy baja en verano.

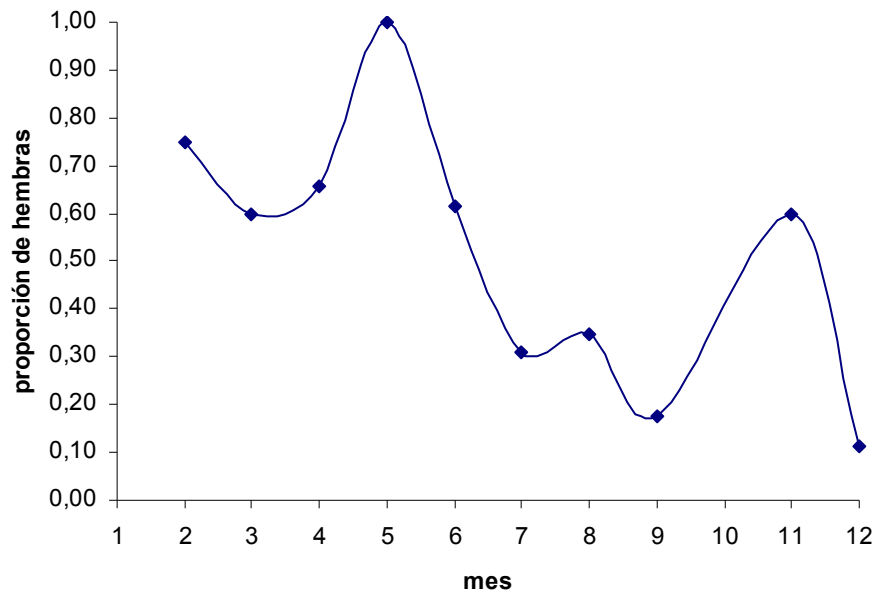


Figura 4. Proporción mensual de hembras observadas, con respecto al total de adultos observados cuyo sexo se pudo determinar (sin datos de octubre).

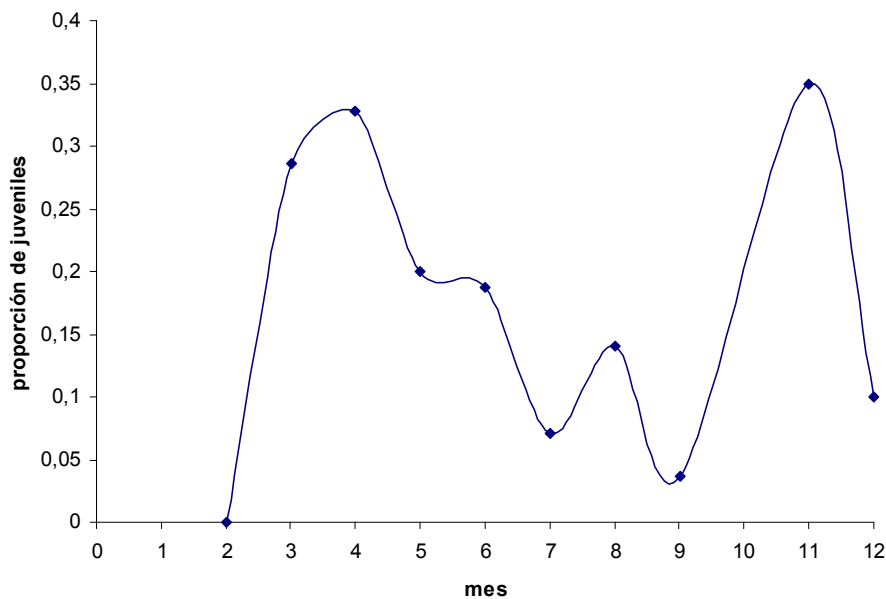


Figura 5. Proporción mensual de juveniles, con respecto al total de individuos observados (sin datos de octubre).

Las tallas (longitud cabeza-cloaca) de las hembras fueron ligeramente superiores a las de los machos, aunque las diferencias no resultaron significativas ($t=0,793$, $gl=175$, $p>0,05$). Los cuatro individuos más largos fueron hembras, y la diferencia entre la hembra más larga y el macho más largo fue de 9 milímetros. Sin embargo, las diferencias en peso, mayor en las hembras (incluidas las hembras



consideradas grávidas), fueron significativas (Mann-Whitney: $U=2428,5$, $p<0,01$) (tabla II).

Tabla II. Biometría (tallas y pesos por clases de edad y sexo) de la población de salamandras de Ulgull.

Clase	Talla (LCC, mm)			Peso (g)		
	Media	es	Rango (n)	Media	es	Rango (n)
Machos	90,33	1,04	67,3-110,0 (98)	16,83	0,50	6,44-31,45 (98)
Hembras	91,57	1,17	64,4-119,0 (79)	21,81	0,90	9,29-46,61 (79)
Juveniles	54,39	1,19	36,6-69,3 (38)	4,75	0,32	1,75-8,90 (38)

La estructura de la población en clases de tamaño corresponde a una distribución normal bimodal, caracterizada por la mayor presencia de juveniles con tallas de 50-60 mm y adultos de 80-100 mm. Los individuos con tallas inferiores a los 40 mm correspondieron a los juveniles metamorfoseados en 2009. Los individuos mayores fueron hembras con tallas próximas a los 120 mm (figura 6).

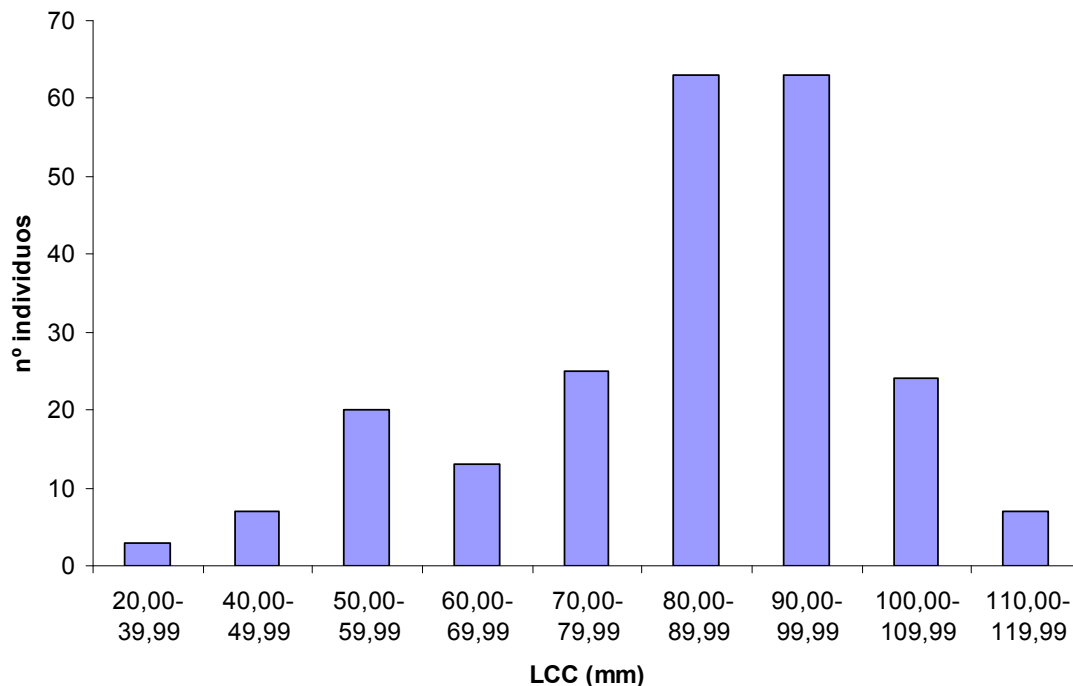


Figura 6. Estructura en clases de talla (LCC, mm) para el conjunto de la población marcada (machos y hembras) a lo largo de 2009.



6.2. Caracterización del hábitat

Se ha constatado que la salamandra común ocupa casi todos los hábitats húmedos y sombríos de Urgull, extendiéndose desde casi el nivel del Paseo Nuevo (extremo norte del lugar) hasta las partes más altas del Monte (figura 7).



Figura 7. Distribución de la salamandra en Urgull. En verde, zonas donde se observaron las densidades más altas. Puntos rojos: observaciones menos cuantiosas o puntuales de individuos. Las líneas moradas representan muretes de piedra con altas concentraciones.

Gran parte de Urgull (63 % de la superficie) presenta cobertura arbolada más o menos densa (tabla III, figura 8), con abundancia de hábitats sombríos y características variables en cuanto a humedad del suelo y sotobosque (tabla IV, figura 9). Las mayores densidades de salamandras se observaron en la ladera norte-noreste de Urgull (figura 7), con un número escaso de horas de sol, lo que aumenta en esa



zona la calidad de los hábitats, haciéndolos muy adecuados para la especie. La vegetación del estrato herbáceo es relativamente abundante, compuesta por musgo, herbáceas y helechos (tabla IV, figura 9). En el suelo se deposita gran cantidad de hojarasca y el arbolado, principalmente caducifolio o mixto con algunos pinos, es bastante denso, dando protección frente al viento. El microhábitat óptimo de la salamandra, donde se encuentran las mayores densidades, abunda en piedras, rocas, troncos y muros de piedra con presencia de cavidades, grietas y vegetación parietal (tabla IV), que proveen de refugios a la especie. En las zonas abiertas de césped no se observaron individuos, exceptuando en un día de septiembre de fuerte actividad. Lugares como el Cementerio de los Ingleses (número 7 en la figura 9), los alrededores de la Galería de Tiro (número 9 en la figura 9) y la parte baja cercana a la Batería de Bardoca (números 3-5 en la figura 9) son puntos donde se localizaron salamandras en la práctica totalidad de los muestreos.

Tabla III. Porcentaje de las unidades de ocupación del suelo en Urgull (véase cartografía en figura 8).

Tipo de hábitat	Ocupación (%)
Pinar con sotobosque	12
Arbolado mixto con sotobosque denso	14
Arbolado mixto con algo de sotobosque	30
Caducifolio con poco sotobosque	1
Matorral	1
Césped	6
Jardín	2
Acantilados con vegetación	10
Roquedo con arbolado mixto y hierbas	3
Roquedo con pinos y hierbas	3
Roquedo	3
Suelo urbanizado y edificaciones	14

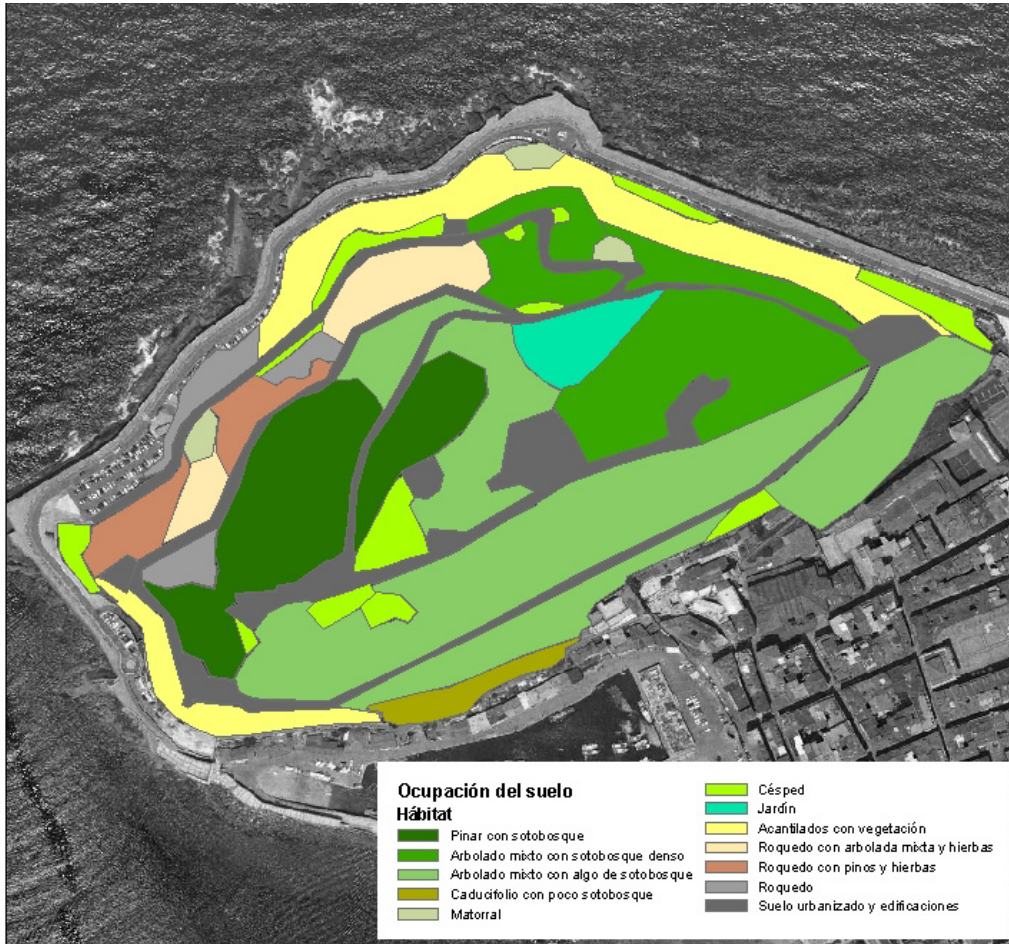


Figura 8. Distribución de las unidades de ocupación del suelo en Urgull.



Tabla IV. Caracterización de las unidades de ocupación del suelo en Urgull (véase cartografía en figura 9; Anexo 1).

Zona	Altitud (msnm)	Or.	Pendiente	Árboles cobertura	Arbustos cobertura	Estrato herbáceo cobertura	Musgo cobertura	Suelo	Refugios	Observaciones
1	30-50	NO	45°	pinos 75%		hierbas	0		pedras y muretes	zona seca
2	40-50	N	45°	mixto 75%	50%	hierbas	25%	rocas grandes	no hay piedras ni troncos	
3	40	N	0-20°	caducifolio 75%	50%	helechos 25%	25%	mucha hojarasca	muchas piedras y muretes con cavidades y vegetación	zona muy húmeda y umbría
4	45	N	0-20°	caducifolio 100%	50%	en algunas partes helechos	50%	hojarasca	muchas piedras y grandes rocas	zona muy húmeda y umbría
5	50	N	0-40°	caducifolio 75%	25%	algunos helechos	50%	hojarasca	muchas piedras y rocas con cavidades	
6	60-70	N	30-45°	mixto 100%	no hay	helechos 100%	25%	mucha hojarasca	muchas piedras, murete con muchas cavidades	
7	70-85	N	0-80°	mixto 50%	25%	hierba 75%	25%	un poco hojarasca	muchos muretes pequeños, rocas y piedras	se ha cortado árboles
8	85-100	NE	20-40°	mixto 75%	50%	helecho y hiedra 100%	10%		muchas acumulaciones de piedras, troncos y muretes	
9	75-105	NE	30-45°	mixto 75%	no hay	helechos 50%	25%	mucha hojarasca	muchas piedras y troncos	
10	45-90	SE	45-80°	caducifolio 100%	escasa	hierba	5%	mucha hojarasca	algunas paredes de rocas con cavidades y musgo	zona muy seca
11	65-105	S	70°	caducifolio 100%	no hay	algunas hierbas	0%	casi desnudo con hojarasca	pocos refugios	
12	65-95	S	30-45°	caducifolio y pinos pequeños 25%	no hay	hierba 100%	0%		pocos refugios	zona muy abierta, se ha cortado árboles
13	55-85	NO	30°	pinos 25%	25%	hierba	0%	un poco hojarasca	algunas rocas	zona bastante seca
14	15	N	30°	no hay 0%	25%	hierba 25%	0%	mucha roca	rocas con cavidades	abajo, al lado del Paseo Nuevo algunos charcos temporales
15	10-25	NE	0-40°	caducifolio 10%	10%	hierba 100%	0%		rocas grandes	

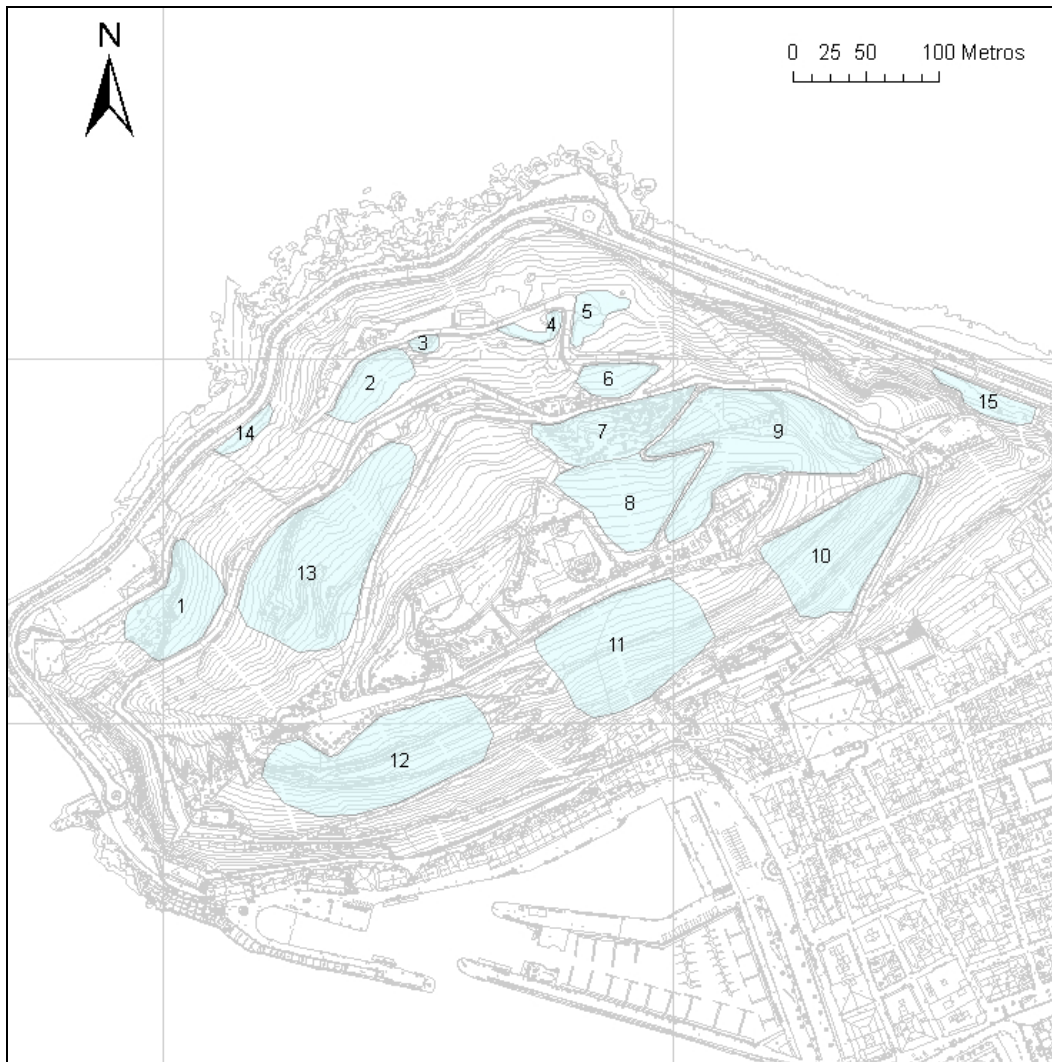


Figura 9. Hábitats caracterizadores de Urgull (véase leyenda de unidades en la tabla IV).

En la ladera noroeste, con baja abundancia de salamandras, la cobertura arbolada está constituida principalmente de pinos (figura 8). El sustrato se encuentra generalmente seco, con manto de hierbas y escasa presencia de piedras y troncos (tabla III). En la ladera sur se observó menor presencia de la especie que en la norte (figura 7). Todos los individuos detectados estaban en zonas orientadas a sureste, con densa cobertura arbolada (tabla III, figura 8). En la ladera sur-suroeste no se localizaron salamandras. Esta zona parece ser la más seca de Urgull (tabla III), lo que explicaría su ausencia o menor abundancia. En la ladera sur la presencia de musgo es muy baja, apareciendo tan sólo sobre algunas rocas y muretes. El estrato herbáceo está casi totalmente ausente en algunos puntos con cobertura arbolada muy densa (tabla III). Por otro lado, la ladera sur tiene mucha pendiente, por lo que en algunas zonas el muestreo resulta impracticable. En los acantilados de la ladera noreste (figura 8), también muy pendientes pero húmedos y umbríos, probablemente existen

salamandras, habiéndose observado un individuo en la base de estos cortados (figura 7).

En invierno y verano la práctica totalidad de los individuos observados se localizaron en refugios, bajo piedras o troncos y en las cavidades de los muros (figura 10). Durante la primavera las salamandras mostraron mayor actividad fuera de los refugios, detectándose sobre el musgo y piedras. En las noches lluviosas y templadas del otoño, la época de mayor actividad, la mayoría de los individuos observados se encontraron activos en la superficie. En la jornada de muestreo de septiembre, que presentó la densidad más alta de salamandras observada, se detectaron individuos en las carreteras asfaltadas y dos de ellos aparecieron atropellados.

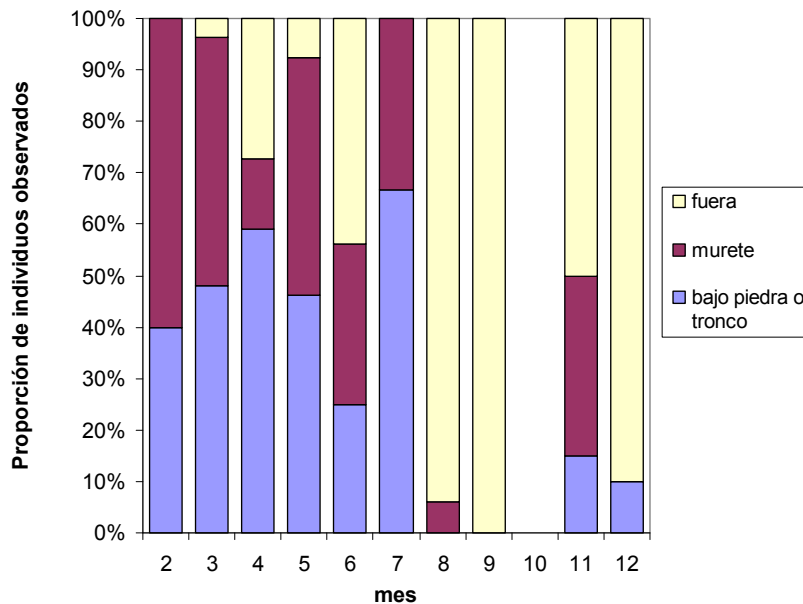


Figura 10. Frecuencia (%) mensual de los microhábitats utilizados por la salamandra (sin datos de octubre).

6.3. Estrategia reproductora

Hembras consideradas grávidas se observaron durante casi todo el año, pero únicamente las mantenidas en el laboratorio entre febrero y abril parieron. Además, una hembra capturada en diciembre de 2009 parió a finales de enero de 2010. Cinco hembras parieron crías metamorfoseadas (figura 11) y otras cuatro tanto crías metamorfoseadas como larvas acuáticas con branquias (tabla V). A partir de mayo las



hembras mantenidas en el laboratorio no parieron, salvo dos hembras capturadas a finales de agosto que soltaron huevos después de haber permanecido una semana en cautividad. Los dos últimos partos prematuros seguramente fueron causados por el estrés producido tras la captura y traslado al laboratorio. Los partos duraron uno o dos días y se produjeron aproximadamente una semana después de la captura o directamente durante la misma noche de ésta.



Figura 11. Una hembra con sus crías metamorfoseadas recién nacidas en el laboratorio.

El número de crías por hembra fue muy variable, siendo de 2 a 29 (larvas y metamórficos incluidos), y el de crías metamorfoseadas de 2 a 26 (tabla V). Los pesos y tallas (longitud cabeza-cloaca) de los metamorfoseados fueron igualmente variables, oscilando entre 0,2 - 0,7 g y 17 – 26 mm, respectivamente (tabla V). Entre las crías metamorfoseadas de una misma hembra la longitud y el peso variaron considerablemente. La mayor diferencia entre las tallas fue de 6 mm, y de 0,3 g entre los pesos. Ni los pesos ni las tallas estuvieron correlacionados con las tallas de sus madres.

Las hembras que parieron en el laboratorio fueron de tamaños diversos. La hembra menor midió 77,2 mm y la mayor 109,5mm (tabla V). La longitud media de

aquéllas ($94,06 \pm 2,74$ mm) no fue significativamente diferente ($t=-0,906$, $gl=77$, $p>0,05$) a la de las restantes hembras ($91,12 \pm 1,28$ mm).

En abril y a principios de julio se encontraron dos individuos metamórficos bajo piedra y uno sobre musgo durante los muestreos. Los de abril tenían el mismo tamaño (LCC: 24,34 mm y 24,84 mm; peso: 0,36 g y 0,34 g, respectivamente) que los metamórficos nacidos en laboratorio (tabla V). El metamórfico de julio fue netamente mayor (LCC: 38,90 mm y 1,06 g de peso).

Tabla V. Características de los partos producidos en laboratorio. Biometría de hembras y metamórficos.

Hembra	LCC hembra (mm)	Peso hembra (tras parir)	Fecha de captura	Fecha del parto	nº metamórficos	LCC media metamórficos \pm SE (min-max)	Peso medio metamórficos \pm SE (min-max)	nº larvas
1	99,8	25,73 (23,4)	16/02/2009	25/02/2009	2	22,62 \pm 1,62 (21,00-24,23)	0,40 \pm 0,10 (0,3-0,5)	
2	97,9	27,1 (18,5)	23/02/2009	02/03/2009	14	23,76 \pm 0,39 (19,77-26,15)	0,57 \pm 0,02 (0,4-0,7)	
3	88,7	21,01	09/03/2009	09/03/2009 11/03/2009	5	19,09 \pm 0,57 (18,34-20,21)	0,23 \pm 0,02 (0,2-0,27)	19
4	77,2	14	03/03/2009	11/03/2009 16/03/2009	9	20,58 \pm 0,81 (17,66-22,54)	0,29 \pm 0,03 (0,2-0,38)	4
5	96,1	27,64	09/03/2009	17/03/2009	2	18,02 \pm 0,06 (17,96-18,07)	0,25 \pm 0,01 (0,24-0,26)	15 (muertas)
6	89,7	(13,1)	16/03/2009	17/03/2009	11	22,38 \pm 0,50 (19,08-25,12)		
7	87,1	(14,4)	15/04/2009	15/04/2009	6	24,23 \pm 0,41 (22,61-24,84)	0,37 \pm 0,01 (0,34-0,42)	
8	89,2	(14,3)	15/04/2009	15/04/2009	6	24,58 \pm 0,48 (22,93-26,03)	0,41 \pm 0,04 (0,29-0,57)	
9	84,8	(23,61)	29/04/2009	29/04/2009				1(muerta) + huevos
10	109,5	40,98 (40,62)	25/08/2009	01/09/2009				6(1muerta) + huevos
11	103,7	30,26 (19,68)	25/08/2009	01/09/2009				14 (muertas)
12	105,1	38,43 (21,16)	03/12/2009	18/01/2010 -22/1/2010	26	24,77 \pm 0,24 (22,33-27,48)	0,46 \pm 0,01 (0,35-0,60)	3 (1 muerta)



7. Discusión

7.1. Estudio poblacional

A pesar de que Urgull es un hábitat poco favorable para los anfibios, por la falta de masas de agua superficiales, la población de salamandra común parece próspera. La densidad sería alta y su distribución amplia, apareciendo ejemplares repartidos desigualmente en numerosas zonas del Parque, siempre ocupando los biotopos más sombríos y húmedos. El estado de la población parece igualmente saludable, y su estructura demográfica es la correspondiente a una población bien establecida, representada por todas las clases de edad: juveniles, subadultos y adultos. El ratio de los sexos estaría cerca de 1:1, aunque el número de machos observados fue ligeramente superior al de hembras.

No se ha podido estimar el tamaño de la población de salamandras en Urgull, porque el esfuerzo estuvo dirigido principalmente a la detección de los lugares con presencia de la especie, que es muy variable en las diversas zonas del Parque, y exigiría un conocimiento previo de la misma, del que ahora disponemos para afrontar próximamente este análisis. De los más de 200 individuos marcados tan sólo tres de ellos fueron recapturados, lo que podría implicar altas tasas de densidad poblacional y la presencia de patrones de actividad individualizados. Las salamandras recapturadas mostraron buenas condiciones físicas y las heridas de las amputaciones del marcaje habían cicatrizado bien. La causa de la falta de recapturas no provendría, por tanto, del método de marcaje empleado, sino de la alta densidad de individuos y de sus ritmos individuales de actividad, que serían variables y relativamente heterogéneos. Los muestreos se repitieron con frecuencia en las zonas con presencia de salamandras. En la mayoría de éstos se observaron menos de 10 individuos, excepto en el pico de la actividad de la población, al inicio del otoño, cuando las salamandras aparecieron en superficie, alcanzando densidades relativas de 2400 individuos / ha. En otros estudios, las densidades más altas estimadas de salamandra común han sido de algunos centenares de individuos por hectarea (p.e. REBELO & LECLAIR, 2003a, véase también recopilación en GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004), pero en Estados Unidos, las densidades de otros urodelos terrestres han alcanzado niveles de miles de individuos por hectarea (véase recopilación en DAVIC & WELSH, 2004). La gran variación en las densidades observadas entre diferentes muestreos en Urgull indica que una parte importante de la población no fue contactada durante el trabajo de campo, porque



permaneció refugiada e inactiva, o porque los individuos se mostraban activos en la superficie durante un tiempo relativamente corto, aunque esta hipótesis es menos verosímil, dado que los muestreos se realizaron en un horario favorable para la actividad de la especie. Se conocen otras poblaciones de salamandra común que viven la mayoría del tiempo en hábitats subterráneos, cuyas recapturas a lo largo de un año son más infrecuentes que entre años diferentes (REBELO & LECLAIR, 2003a).

La gran densidad de salamandras en Urgull puede estar producida por la escasez de depredadores, y favorecida por su aposematismo. Los depredadores más comunes de la especie son las culebras de agua, víboras, turones, cernícalos y la urraca (véase recopilación en GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004), ninguno de los cuáles está presente en Urgull, salvo algunas aves que pueden hacer uso de la zona de forma irregular y los gatos que deambulan por el Parque. En Galicia se ha observado densidades muy altas de salamandra en una isla deshabitada, donde la presión de depredación es baja (CORDERO RIVERA *et al.*, 2007). Puesto que la estrategia reproductora dominante parece ser la vivípara, la depredación ejercida sobre una fase expuesta a la misma, como la larvaria, no existiría en Urgull. Por otra parte, el canibalismo larvario en los oviductos de las hembras, conocido para otras poblaciones vivíparas de salamandra común, que produce números menores de neonatos por hembra que en las poblaciones ovovivíparas (BUCKLEY *et al.*, 2007), podría considerarse igualmente como una de las causas que contribuyen a la alta densidad de la población, al aumentar teóricamente su *fitness*. La longevidad de las salamandras es alta, y la probabilidad de supervivencia en Urgull, ante la escasez de depredadores, resultaría potencialmente ampliada por esta conjunción de factores, frente a la de otras poblaciones en hábitats más naturales. En cautividad se conocen individuos de salamandra que han vivido más de 50 años, cuando en hábitats naturales las edades máximas se estiman entre 15 y 20 años (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004; REBELO & CAETANO, 1995). El estudio esqueletocronológico de la población de Urgull, cuyos resultados aún no están disponibles, aportará más información sobre su estructura de edades.

La proporción de machos encontrada ha sido ligeramente mayor que la de las hembras. Sin embargo, el ratio de sexos variaba durante el año, y en algunas épocas la proporción de éstas era superior a la de los machos. Las diferencias de actividad entre sexos probablemente provienen de su diferente biología. En invierno y en primavera las hembras se encontraron más activas, coincidiendo con la época en que la mayoría de las hembras mantenidas en el laboratorio parieron. En invierno-



primavera las hembras grávidas están activas, alimentándose y buscando lugares apropiados para el parto de las crías. En otoño se observaron pocas hembras, pero densidades muy altas de machos. En el norte de la Península Ibérica el otoño es la época de apareamientos de la salamandra, y los machos abandonan sus refugios de verano antes que las hembras (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004). La diferencia observada en las proporciones de los sexos puede ser causada por el pico de actividad de los machos. También podría contribuir a un ratio favorable a los machos su mayor longevidad, como se ha podido observar en una población de Portugal (REBELO & CAETANO, 1995).

Las tallas de ambos sexos son semejantes, si bien los individuos mayores encontrados resultaron ser hembras. El mayor peso registrado en éstas podría deberse al estado de gravidez de una parte de la muestra utilizada. Se detectaron hembras potencialmente grávidas a lo largo de todo el año, pero las observaciones son consecuentes con los datos que se tienen de la especie, referidos a la inexistencia de dimorfismo, si bien se sabe que las hembras suelen alcanzar tamaños ligeramente superiores a los machos (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004). Muchas veces las poblaciones incomunicadas en islas presentan tallas diferentes a las de las poblaciones más cercanas, debido a la desigual disponibilidad de recursos o presencia de depredadores y competidores (LOMOLINO, 2005). Por ejemplo, las salamandras que habitan en islas del archipiélago de las Cíes (Galicia) son de menor tamaño que las de las áreas costeras cercanas (CORDERO *et al.*, 2007). Por su parte, la población de lagartija ibérica (*Podarcis hispanicus*) en Urgull presenta tallas más grandes y aspecto más robusto que las poblaciones conespecíficas cercanas (BEA *et al.*, 1986). No se dispone de datos biométricos de las poblaciones de salamandra cercanas a Urgull, y apenas de sus características y estrategias reproductoras, que permanecen prácticamente desconocidas. En el futuro es necesario realizar estudios comparativos de las poblaciones de salamandra en torno a Urgull.

7.2. Caracterización del hábitat

Se ha observado que las salamandras están distribuidas por casi la totalidad del monte Urgull, ahí donde haya hábitats húmedos y sombríos, siendo algunas zonas más adecuadas para su presencia que otras. Las salamandras son animales ectodermos, dependientes de la temperatura y humedad ambientales para controlar su



metabolismo (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004). Una elevada humedad en el aire favorece la actividad de las salamandras. El denso arbolado con que cuenta la mayor parte de Urgull aumenta la superficie de zonas sombrías, con elevada humedad y protegidas del viento, factor que produce sequedad en el sustrato. La humedad y la sequedad del suelo son variables en Urgull, menor y mayor, respectivamente, en la cara sur del Monte. La ladera norte-noreste parece ser la zona más húmeda, donde se observó el mayor número de salamandras. En esta zona se detectaron a finales del verano altas densidades de individuos, incluso en las carreteras y lugares desprotegidos o sobre el césped. En algunos puntos se encontraron salamandras separadas entre sí por distancias de sólo uno o dos metros. La ladera norte se encuentra escasamente expuesta a la acción directa del sol, lo que posibilita la presencia de muchas zonas húmedas y sombrías. En esta zona el sotobosque es, en general, abundante, y está formado por helechos y herbazales; el suelo presenta grandes zonas cubiertas de musgo, que guardan la humedad requerida por el anfibio. En algunas zonas de la ladera sur de Urgull el sustrato se encuentra desprotegido del estrato muscinal. La cobertura vegetal de la ladera norte ofrecería, además, a las salamandras protección frente los depredadores.

Como era de esperar, la presencia de la especie en la ladera sur fue significativamente menor debido a la exposición desfavorable y la escasez de hábitats húmedos. Aunque el arbolado es denso en buena parte de la ladera sur, en algunos puntos el sotobosque está casi totalmente ausente. En tales zonas el suelo resulta muy seco. En la ladera sur se detectaron salamandras en las zonas orientadas al sureste, donde el estrato herbáceo está más desarrollado y el musgo cubre las rocas y muretes.

En general las salamandras suelen preferir los bosques caducifolios, pero pueden habitar otros tipos de bosque si la humedad es suficientemente elevada (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004). En Urgull se observaron en zonas dominadas por diferentes tipos de arbolado. En la ladera noreste, donde la densidad de individuos es mayor, la masa arbolada es principalmente caducifolia o mixta; pero también se localizaron salamandras en la ladera noroeste, cubierta de coníferas. Este lugar, menos húmedo que otros de la ladera norte por la baja cobertura vegetal, se encuentra más expuesto a los fuertes vientos provenientes del noroeste.

Otro aspecto determinante para la presencia de la salamandra es la disponibilidad de refugios. Los puntos donde se detectó la mayor densidad fueron



lugares con acumulaciones de piedras, troncos, muros antiguos bien provistos de grietas, cavidades y vegetación. Las salamandras pasan la mayor parte de su tiempo en los refugios, que sólo abandonan cuando las condiciones climatológicas son favorables (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004). Los muros y muretes parecen ser sus refugios habituales en Urgull. Especialmente en invierno y verano, se observó en las cavidades un elevado número de individuos. Es probable que la densidad en zonas interiores de éstas, inaccesibles a los observadores, sea mucho mayor. En el interior de los muretes las salamandras podrían disponer de un importante recurso trófico, por los invertebrados que allí habitan (moluscos, arácnidos, gusanos). En un estudio realizado en Portugal se ha observado que los muros de antiguas edificaciones son importantes refugios para esta especie (REBELO & LECLAIR, 2003a).

En la ladera norte-noreste la abundancia de refugios es alta. Especialmente en el Cementerio de los Ingleses, que cuenta con abundantes muretes, acumulaciones de piedras, rocas con cavidades y grietas, y fue uno de los lugares donde se observaron las más altas densidades de salamandras. La ladera sur apenas dispone de acumulaciones de piedras o troncos en el suelo, posiblemente por la fuerte pendiente existente. La presencia de muretes es, además, menor que en la ladera norte, los muros son mayores pero están orientados al sur, en lugares donde la humedad es muy baja. Por otra parte, las actuaciones de restauración y mantenimiento de las edificaciones realizadas en 2009 han eliminado la vegetación y cubierto las grietas entre las piedras de los muros y edificios antiguos, lo que ha afectado gravemente a una población densa y morfológicamente singular de la lagartija ibérica, por pérdida de su principal hábitat en el Parque (I. SANZ-AZKUE, comunicación personal). Si las obras de conservación en los muros se acometieran en los de la ladera norte sin duda se estaría produciendo una alteración semejante del hábitat, que afectaría esta vez a la población de salamandras. Si tales obras se llevaran a cabo debería tenerse en cuenta esta circunstancia, estableciéndose un protocolo de actuaciones que evitara el relleno total de las fisuras, permitiendo la permanencia de un porcentaje consensuado con los especialistas de hábitat mural útil para la salamandra y el resto de fauna y flora que habita en las paredes de las construcciones y los muros.

La aparentemente alta densidad de salamandras en Urgull puede estar desplazando a una parte de la población hacia hábitats no óptimos, en los que la supervivencia del anfibio puede verse dificultada. La falta de recapturas y las grandes diferencias entre los números de individuos observados entre muestreos consecutivos y en condiciones ambientales aparentemente similares, hacen pensar que las



salamandras de Urgull permanecen la mayoría del tiempo en hábitats subterráneos, resultando difícil su detección. Probablemente en jornadas favorables para la actividad de las salamandras, éstas hayan estado presentes en hábitats subóptimos, pero no han sido detectadas por haberse focalizado los muestreos en áreas de alta densidad de la especie. Esta circunstancia ha podido marcar los muestreos, numéricamente muy inferiores, realizados en zonas de la ladera sur. Otras zonas de Urgull, como los acantilados de la cara noreste, con laderas de fuerte pendiente, han sido por el momento imposibles de muestrear por su inaccesibilidad, pero deberán ser investigadas en campañas próximas.

El mantenimiento futuro de las salamandras en Urgull podría verse beneficiado por una gestión del Parque que permitiera la conservación de zonas menos intervenidas y de estructura más heterogénea. Áreas cubiertas de musgo, con abundante estrato herbáceo, hojarasca y acumulaciones de piedras, madera muerta y antiguos muretes ofrecerían a las salamandras los biotopos que requieren para su refugio, donde encontrarían una disponibilidad adecuada de recursos alimentarios. Ésta podría ser menor en lugares sometidos a rutinas periódicas, como los céspedes segados o los jardines intensamente gestionados. Especialmente en la ladera sur la presencia de árboles adquiere mucha importancia, porque generan hábitats umbríos en las zonas más intensamente soleadas. En algunos estudios se ha detallado la disminución de las poblaciones de salamandras tras la tala de árboles (p.e. SCHMIDT *et al*, 2005). Probablemente la mayor amenaza para la especie en Urgull sea una gestión de los jardines, con tala de arbolado incluida, que no tiene en cuenta la presencia de los pobladores naturales del enclave. También se encuentra pendiente de evaluación los potenciales efectos que pueda producir sobre la salamandra la fauna doméstica en el Parque, como los gatos.

7.3. Biología reproductora

En los partos de las hembras capturadas en Urgull acaecidos en el laboratorio se detectó una apreciable variación en el número de crías y el estado de desarrollo de las mismas, pero prácticamente en todos los partos (salvo en tres que fueron prematuros: hembras 9-11 en la tabla V) nacieron al menos algunas crías metamorfoseadas. En muchos partos la mayoría o todas las crías habían metamorfoseado en el interior de la hembra (en dos y en cinco partos,



respectivamente). El número total de crías metamorfoseadas nacidas fue de 71 (63 %), frente a 41 larvas acuáticas 41 (37 %). Todo ello hace pensar que la población de Urgull sigue una estrategia reproductora mayoritariamente vivípara, lo que podría esperarse dado que en Urgull no existen masas de agua, al menos superficiales. Esta ausencia constituiría un factor limitante para la reproducción ovovivípara de la población, que es la estrategia reproductora habitual de la salamandra común. El viviparismo de esta especie no es un verdadero viviparismo, en el sentido de que las hembras no producen ningún material especializado que sirva de alimento a las larvas que se desarrollan en su interior, lo que sí es el caso de la especie congénica *Salamandra atra*, que es obligatoriamente vivípara (WAKE, 1993). El viviparismo de la salamandra común genera situaciones de canibalismo intrauterino, puesto que las larvas depredan en los oviductos sobre huevos infértiles y larvas en estadios de desarrollo menos desarrollados. De esta manera algunos individuos consiguen metamorfosear antes del nacimiento (DOPAZO & ALBERCH, 1994; BUCKLEY *et al.*, 2007).

Cuatro hembras (tabla V, hembras 3-5 y 12) parieron, junto a crías metamorfoseadas, larvas menos desarrolladas, en estadios claramente dependientes del medio acuático. Se estimó que dos de estos partos fueron prematuros, por lo que no se pudo determinar el estadio de desarrollo en que hubieran podido ser paridas las larvas, en caso de que el desarrollo intrauterino hubiera seguido su curso condiciones normales. Una hembra parió 5 metamórficos y 19 larvas durante la misma noche de su captura, lo que sugiere que el parto pudo ser inducido por el estrés de su traslado al laboratorio. Otra parió dos metamórficos y 15 larvas acuáticas muertas, en lo que pudo ser también un parto prematuro a consecuencia del estrés o debido a la muerte anterior de las larvas, por causas desconocidas. Las crías metamorfoseadas de estas dos hembras tenían menor tamaño medio que las de las hembras que parieron solamente crías metamorfoseadas ($t=6,366$, $gl=41$, $p<0,001$). El estrés pudo ser la causa más probable de otros tres partos (abril y septiembre) en que las hembras parieron huevos y larvas acuáticas, todas o algunas de las cuáles estaban muertas (tabla V, hembras 9-11). El mismo fenómeno de partos prematuros causados por el estrés ha sido observado en salamandras de Galicia (VELO-ANTÓN *et al.*, 2007a). Los partos conjuntos de metamórficos y larvas en las dos hembras anteriormente comentadas pueden no considerarse prematuros, puesto que se hicieron después de permanecer una semana o más en cautividad, naciendo vivas casi todas las crías.

Una población de Cantabria de la misma subespecie (*S.s.fastuosa*) que la presente en Urgull presenta variabilidad en la estrategia reproductora de las hembras,



así como entre los estadios de desarrollo de las crías de una misma hembra (DOPAZO & ALBERCH, 1994), fenómeno detectado en el presente estudio. Las diferencias entre las crías pueden explicarse por el efecto de la competencia por los recursos entre las larvas en las vías oviductales. Las larvas más rápidamente desarrolladas acceden más fácilmente a los recursos (los huevos infértiles y los embriones/larvas menos desarrollados), aumentando sus posibilidades de supervivencia y de alcanzar la metamorfosis. El desarrollo más rápido de estas larvas puede terminar resultando en que la metamorfosis se produzca en el interior de las hembras (DOPAZO & ALBERCH, 1994; BUCKLEY *et al*, 2007). Este fenómeno puede explicar el amplio rango de variación observado en los tamaños de las crías de una misma hembra, comprobado en este estudio.

El número de crías por hembra observado en el estudio ha sido muy variable. La mayoría de las hembras parieron entre 2 y 15 crías, salvo dos (hembras 3 y 12, tabla V) que superaron las 20, aunque una de ellas pudo tener un parto prematuro (véase arriba). Esta variabilidad puede ser causada por diferentes razones, que afectan al *fitness* de las hembras. Las hembras mayores podrían parir un número superior de larvas, porque accederían a un mayor número de recursos, si bien no pudo probarse la correlación entre las tallas de las hembras y el número de crías. Aparte de por las diferentes dotaciones génicas de las hembras, las diferencias encontradas podrían derivarse del modo de reproducción utilizado por la población de Urgull. Las hembras de poblaciones vivíparas suelen parir entre 1-15 metamórficos y las de poblaciones ovovivíparas entre 30-60 larvas (véase recopilación en BUCKLEY *et al.*, 2007). Las hembras que más retienen las larvas probablemente paren crías más desarrolladas, pero en menor número, y las que mantienen sus larvas en el oviducto un tiempo inferior paren crías menos desarrolladas pero en cantidad superior. Puesto que se desconoce el tiempo de retención de las larvas y el estadio exacto de desarrollo de las crías (sólo se ha diferenciado en el estudio los estadios acuático y terrestre), no se puede determinar las causas de las diferencias observadas en el número de crías paridas. Además, es posible que algunas hembras ya hubieran parido crías antes de su captura, puesto que los partos observados en el laboratorio duraron entre uno y dos días, y pueden durar mucho más, hasta un mes (REBELO & LECLAIR, 2003b). También es posible que algunas hembras no parieran en el laboratorio todas las crías contenidas en sus oviductos, puesto que se devolvieron al medio un par de días después de producir la que fue considerada como última cría.



Los partos de crías en diferentes estadios de desarrollo pudieran deberse a que el viviparismo en la población de Urgull es todavía un fenómeno relativamente joven. Este fenómeno ocurre en islas de Galicia separadas del continente después del último periodo glacial (hace aproximadamente 8000 años) (VELO-ANTÓN *et al.*, 2007b). Por otra parte, en Urgull pueden existir masas de agua subterráneas donde al menos una parte de la población de hembras sobreviva pariendo larvas acuáticas. Se conocen poblaciones de salamandra en que las larvas completan su desarrollo en puntos de agua subterráneos (MANENTI *et al.*, 2009). En Urgull, antiguo fortín militar, existen túneles y galerías subterráneas que todavía no han sido muestreados por el equipo investigador. Es posible la existencia en ellos de puntos de agua producidos por las infiltraciones del terreno, que permanecen bajo condiciones ambientales húmedas y templadas relativamente estables durante todo el año. Puesto que las estrategias ovovivípara y vivípara son posibles, podría existir un gradiente entre ambas modalidades (GALÁN, 2007; DOPAZO & ALBERCH, 1994). Una parte de la población podría seguir la estrategia ovovivípara o mixta (depositando larvas acuáticas en las aguas subterráneas), y otra parte la vivípara, con un reducido intercambio de individuos entre ambos grupos, por lo que estaríamos contemplando la posible existencia de dos subpoblaciones en Urgull. En Alemania se ha descrito indicios de emparejamiento selectivo en poblaciones de salamandra común con diferentes hábitos de reproducción en cuanto al hábitat (regata o charca) donde depositan las larvas (STEINFARTZ *et al.*, 2007). Para determinar exactamente la estrategia reproductora de la población de salamandras en Urgull es imprescindible contar con muestras recabadas en las galerías subterráneas del Parque.

La estrategia vivípara en la población de Urgull puede ser una adaptación a la falta de masas de agua, o ser debida a que los individuos que colonizaron inicialmente el lugar y posteriormente quedaron aislados provenían de poblaciones vivíparas. El viviparismo es infrecuente en urodelos; solamente ocurre en algunas especies de la familia Salamandridae. La estrategia de reproducción más frecuente en la salamandra común es el ovoviviparismo, pero en el norte de la Península Ibérica existen poblaciones vivíparas, la mayoría pertenecientes a las subespecies *S.s.bernardezi* y *S.s.fastuosa*, aunque en los últimos años se han encontrado poblaciones vivíparas de otras subespecies (VELO-ANTÓN *et al.*, 2007b).

Excluyendo Urgull, en el término municipal de Donostia-San Sebastián se cuenta con escasas citas de salamandra común (GARÍN-BARRIO *et al.*, 2009). En algunas regatas de Mendizorrotz se ha observado en los últimos años algunas larvas.



La escasez de su presencia podría responder a su rareza en la zona o a un esfuerzo insuficiente de prospección. Pero puede darse también la circunstancia de que no se hayan localizado larvas en las regatas porque las poblaciones sean vivíparas o presenten una estrategia intermedia; es decir, que las hembras paran un número reducido de larvas en estado de desarrollo muy avanzado con una fase acuática muy corta (DOPAZO & ALBERCH, 1994), lo que haría difícil la detección de la presencia de la especie. Este tipo de reproducción se ha observado en zonas de contacto entre poblaciones vivíparas y ovovivíparas (GALÁN, 2007).

De todas maneras salamandra común es una especie que muestra una elevada plasticidad y variabilidad fenotípica, tanto en morfología como en comportamiento y reproducción (GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2004). Parece que en las salamandras la transición del ovoviviparismo al viviparismo puede suceder de un modo rápido y fácil, y darse también en áreas donde existen puntos de agua aparentemente adecuados para la reproducción de la especie (DOPAZO & ALBERCH, 1994; GARCÍA-PARÍS *et al.*, 2003; VELO-ANTÓN *et al.*, 2007b). El modo de reproducción habitual en la salamandra común es el ovoviviparismo, manteniéndose las larvas en el oviducto de las hembras durante un tiempo mayor que en el oviparismo, la estrategia más común en urodelos. Por tanto, en el viviparismo la retención de las larvas requiere algo más de tiempo, sin exigir cambios radicales en la fisiología (BUCKLEY *et al.*, 2007). En el caso de la población de Urgull, se desconoce si la estrategia reproductora es mayoritariamente vivípara por la plasticidad fenotípica o por adaptación fisiológica. Es decir, si el modo de reproducción está regido por las condiciones del terreno, lo que provoca que las hembras paran crías metamorfoseadas debido a la ausencia de masas de agua, mientras que parirían larvas acuáticas si existieran dichas masas, o si el modo de reproducción está controlado por los genes y en todos los casos las hembras prolongarían los partos hasta que se metamorfosearan las crías. Para poder contestar a estas cuestiones se hace necesario diseñar experimentos en condiciones controladas de laboratorio.

8. Conclusiones

1. La población de salamandra común de Urgull es densa y parece estar bien estructurada.



2. La ladera norte-noreste es la zona más adecuada en Urgull para albergar las poblaciones, pero otras áreas de menor calidad ambiental mantienen núcleos con menor número de efectivos.
3. La salamandra común ocupa una gama de hábitats umbríos y húmedos en Urgull, pero los que mantienen las mayores densidades se caracterizan por la densa cobertura arbolada y de sotobosque, con presencia de musgo, helechos y gran variedad de refugios, tales como acumulaciones de piedras, troncos y muros.
4. La relativa singularidad de la población de Urgull, todavía no constatada en otras poblaciones cercanas, obliga a extremar las medidas para su conservación. Dicha población debe tenerse en cuenta en los planeamientos y actuaciones de recuperación del patrimonio arquitectónico, y dar a su hábitat un tratamiento acorde con la necesidad de asegurar la persistencia de un elemento valioso y representativo del patrimonio natural del término municipal.
5. Se requiere la ampliación del conocimiento del funcionamiento y características de la población de Urgull, en orden a comparar sus posibles diferencias con otras poblaciones de su entorno. El caso de la salamandra de Urgull ofrece oportunidades inmejorables para investigar fenómenos microevolutivos y ecológicos, tales como la diferenciación genética de las poblaciones y la adaptación de la especie a condiciones subóptimas en su medio.
6. Si los partos producidos en condiciones de laboratorio indican que la estrategia reproductora de la población es mayoritariamente vivípara o intermedia, las posibilidades todavía abiertas a la detección de núcleos que pudieran seguir un gradiente de estrategias aconsejan la continuación de la investigación en áreas todavía no prospectadas del Parque, como los enclaves subterráneos de túneles y galerías, en cuyos eventuales puntos de agua pudieran estar produciéndose partos de larvas acuáticas.



Bibliografía

ALCOBENDAS, M., DOPAZO, H. & ALBERCH, P. 1994. Geographic variation in allozymes of populations of *Salamandra salamandra* (Amphibia: Urodela) exhibiting distinct reproductive modes. *Journal of Evolutionary Biology*, 9: 83-102.

BARBADILLO, L.J. & GARCÍA PARÍS, M. 1991. Problemas de conservación de los anfibios en España. *Quercus*, 62: 20-25.

BARBADILLO, L.J., LACOMBA, J.I., PÉREZ-MELLADO, V., SANCHO, V. & LÓPEZ-JURADO, L.F. 1998. *Anfibios y reptiles de la península Ibérica, Baleares y Canarias*. Editorial Planeta, S.A. 419 pp.

BEA, A., GOSÁ, A. GUILLAUME, C.P. & GENIEZ, P. 1986. *Podarcis hispanica sebastiani* (KLEMMER, 1964), *nomen novum pro Podarcis hispanica hispanica* (STEINDACHNER, 1870) del Monte Urgull e Isla de Santa Clara (San Sebastián, España). *Revista Española de Herpetología*, 1: 187-205.

BOSCH, J. & MARTÍNEZ-SOLANO, I. 2003. Chytrid fungus infection related to unusual mortalities of *Salamandra salamandra* and *Bufo bufo* in the Peñalara Natural Park, Spain. *Oryx*, 40: 84-89.

BUCKLEY, D., ALCOBENDAS, M., GARCÍA-PARÍS, M. & WAKE, M.H. 2007. Heterochrony, cannibalism, and the evolution of viviparity in *Salamandra salamandra*. *Evolution & Development*, 9 (1): 105–115.

CORDERO RIVERA, A., VELO-ANTÓN, G. & GALÁN, P. 2007. Ecology of amphibians in small coastal Holocene islands: local adaptations and the effect of exotic tree plantations. *Munibe Suplemento*, 25: 94-103.

DAVIC, R.D. & WELSH, H.H. JR 2004. On the ecological role of salamanders. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35: 405-434.

DOPAZO, H. & ALBERCH, P. 1994. Preliminary Results on Optional Viviparity and Intrauterine Siblingicide in *Salamandra salamandra* Populations from Northern Spain. *Mertensiella*, 4: 125-137.



EDESO, J.M. 2003. Geología y geomorfología. In: Gómez Piñeiro, J. & Sáez García, J.A. *Geografía e Historia de Donostia-San Sebastián*. Instituto Geográfico Vasco "Andrés de Urdaneta".

GALÁN, P. 2007. Viviparismo y distribución de *Salamandra salamandra bernardezi* en el norte de Galicia. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 18: 44-48.

GARCÍA PARÍS, M., ALCOBENDAS, M., BUCKLEY, D. & WAKE, D.B. 2003. Dispersal of viviparity across contact zones in Iberian populations of Fire Salamanders (*Salamandra*) inferred from discordance of genetic and morphological traits. *Evolution*, 57 (1): 129-143.

GARCÍA PARÍS, M., MONTORI, A. & HERRERO, P. 2004. *Amphibia, Lissamphibia*. En: Fauna Ibérica, vol. 24. Ramos, M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 640 pp.

GARIN-BARRIO, I., RUBIO, X., SANZ-AZKUE, I., CRESPO-DIAZ, A. & GOSÁ, A. 2009. Análisis preliminar de la diversidad biológica en el entorno natural de Donostia-San Sebastián. Herpetofauna. Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián.

GOSÁ, A. & BERGERANDI, A. 1998. Parque Urbano del Monte Urgull. En: *Inventario de las áreas importantes para los anfibios y reptiles de España*. Publicaciones del Organismo Autónomo Parques Nacionales, Colección Técnica. Madrid, pp. 191-192.

LOMOLINO, M.V. 2005. Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule. *Journal of Biogeography*, 32:1683-1699.

MANENTI, R., FICETOLA, G.F., BIANCHI, B. & DE BERNARDI, F. 2009. Habitat features and distribution of *Salamandra salamandra* in underground springs. *Acta Herpetologica*, in press.

MARTÍNEZ-SOLANO, I., BARBADILLO, L.J. & LAPEÑA, M. 2004. Impacto de las repoblaciones piscícolas sobre las poblaciones de anfibios. *Quercus*, 223: 28-32.

PLEGUEZUELOS, J.M., MÁRQUEZ, R. & LIZANA, M. (eds.). 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid, 587 pp.



REBELO, R. & CAETANO, M.H. 1995. Use of the skeletochronological method for ecodemographical studies on *Salamandra salamandra gallaica* from Portugal. En: Llorente *et al.* (eds.). *Scientia Herpetologica* 1995 :135-140.

REBELO, R. & LECLAIR, M.H. 2003a. Site Tenacity in the Terrestrial Salamandrid *Salamandra salamandra*. *Journal of Herpetology*, 37 (2): 440-445.

REBELO, R. & LECLAIR, M.H. 2003b. Differences in size at birth and brood size among Portuguese populations of the Fire Salamander, *Salamandra salamandra*. *Herpetological Journal*. 13: 179-187.

SANZ-AZKUE, I., GOSÁ, A. & GARCÍA-ETXEBARRIA, K. 2005. Origen y avance de las introducciones de lagartija de las Pitiusas (*Podarcis pityusensis*) en la costa cantábrica. *Munibe*, 56: 159-166.

SCHMIDT, B.R., FELDMANN, R. & SCHAUB, M. 2005. Demographic Processes Underlying Population Growth and Decline in *Salamandra salamandra*. *Conservation Biology*, 19 (4): 1149-1156.

STEINFARTZ, S., WEITERE, M. & TAUTZ, D. 2007. Tracing the first step to speciation: ecological and genetic differentiation of a salamander population in a small forest. *Molecular Ecology*, 16: 4550-4561.

VELO-ANTÓN, G., CORDERO RIVERA, A. & GALÁN, P. 2007a. Características ecológicas, evolutivas y estado de conservación de los anfibios del Parque Nacional de las Islas Atlánticas de Galicia. En: Ramírez, L. & Asensio, B. (eds.) 2007. *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2003-2006. Naturaleza y Parques Nacionales*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, pp. 195-208.

VELO-ANTÓN, G., GARCÍA-PARÍS, M., GALÁN, P. & CORDERO RIVERA, A. 2007b. The evolution of viviparity in holocene islands: ecological adaptation versus phylogenetic descent along the transition from aquatic to terrestrial environments. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45(4): 345-352.



WAKE, M.H. 1993. Evolution of Oviductal Gestation in Ampibians. *The Journal of Experimental Zoology*, 266: 394-413.

ZALDÍVAR, C. 2007. Atlas de distribución de los anfibios de La Rioja. *Foresta*, 35: 80-89.



Anexo 1. Fotos de la caracterización de los hábitats



Figura 12. Sotobosque abundante en la ladera norte.



Figura 13. Hábitat con mucho musgo y piedras en la ladera norte.



Figura 14. Acumulación de piedras y helechos en la ladera norte.



Figura 15. Cementerio de los Ingleses.



Figura 16 . Murete con grietas y vegetación entre las piedras donde se observaron numerosas salamandras, en la ladera norte.



Figura 17. Zona de pinares en la ladera noroeste.



Figura 18. Hábitat sin sotobosque y con fuerte pendiente en la ladera sur.



Figura 19. Acantilados en la ladera noreste, en cuya parte baja se observó una salamandra.