



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

ORGANISMO
AUTÓNOMO
PARQUES
NACIONALES

ISLAS
CHAFARINAS
REFUGIO NACIONAL DE CAZA

Ecología y estado de conservación de la culebrilla mora (*Trogonophis wiegmanni*) en las Islas Chafarinas



Informe final. Mayo 2010.

El equipo investigador, las personas que además del investigador principal han participado en este proyecto, bien directamente en las campañas o como asesores o colaboradores, bien a través de la facilitación de información o asesoramiento en la consecución de los objetivos propuestos, ha estado compuesto por:

INVESTIGADOR PRINCIPAL:

Dr. José Martín Rueda

Profesor de Investigación del CSIC
Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
Departamento de Ecología Evolutiva
c/ José Gutiérrez Abascal, 2.
28006, Madrid
Teléfono: 914111328, Ext. 1221
e-mail: jose.martin@mncn.csic.es

Dra. Adegá Gonzalo Martínez

Investigadora Postdoctoral
Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
Departamento de Ecología Evolutiva
c/ José Gutiérrez Abascal, 2.
28006, Madrid
e-mail: agonzalo@mncn.csic.es

Dra. Nuria Polo Cavia

Profesora Ayudante LOU
Universidad Autónoma de Madrid
Departamento de Biología
Ciudad Universitaria de Cantoblanco,
28049 Madrid, Spain
e-mail: Nuria.Polo@uam.es

Dra. Pilar López Martínez

Investigadora Científica del CSIC
Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
Departamento de Ecología Evolutiva
c/ José Gutiérrez Abascal, 2.
28006, Madrid
e-mail: pilar.lopez@mncn.csic.es

Dr. Emilio Civantos Calzada

Investigador postdoctoral
Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)
c/ José Gutiérrez Abascal, 2.
28006, Madrid
e-mail: e.civantos@mncn.csic.es

Madrid, viernes 28 de Mayo de 2010

INDICE

1.- ANTECEDENTES	- 4 -
1.1.- Características de la especie.....	- 4 -
1.2.- Posición sistemática y distribución geográfica.....	- 5 -
1.3.- Estatus de conservación.....	- 6 -
2.- PLANTEAMIENTO GENERAL	- 7 -
3.- OBJETIVOS	- 8 -
4.- METODOLOGÍA GENERAL	- 9 -
4.1.- Muestreos de distribución.....	- 9 -
4.2.- Características morfológicas y estructura de la población.....	- 11 -
4.3.- Estado de salud.....	- 13 -
4.4.- Tratamiento estadístico de los datos	- 14 -
5.- RESULTADOS	- 15 -
5.1.- Distribución en las Islas Chafarinas.....	- 15 -
5.1.1.- Congreso.....	- 15 -
5.1.2.- Isabel.....	- 16 -
5.1.3.- Rey.....	- 17 -
5.1.4.- Características de las piedras utilizadas.....	- 22 -
5.2.- Biometría.....	- 24 -
5.2.1.- Dimorfismo sexual.....	- 25 -
5.2.2.- Variación entre islas.....	- 26 -
5.3.- Estructura de la población.....	- 28 -
5.3.2.- Variación estacional.....	- 29 -
5.3.2.- Sex ratio.....	- 29 -
5.3.3.- Proporción de juveniles y recién nacidos.....	- 30 -
5.4.- Estado de salud de los individuos.....	- 31 -
5.4.1.- Condición corporal.....	- 31 -
5.4.2.- Parasitación.....	- 33 -
5.5.- Resumen de los resultados más relevantes.....	- 35 -
6.- ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN	- 38 -
6.1.- Consideraciones de conservación.....	- 38 -
6.2.- Efectos por determinar.....	- 40 -
6.3.- Propuesta de protocolo de seguimiento de las poblaciones para su uso por personal adscrito al equipo de control y seguimiento del RNC Islas Chafarinas	- 42 -
7.- BIBLIOGRAFÍA	- 44 -

1. ANTECEDENTES

1.1. Características de la especie

Los anfisbenios son un grupo de reptiles adaptados a la vida subterránea (cuerpo alargado, ausencia de extremidades, visión reducida) cuya ecología es muy poco conocida. Esto se debe a que viven bajo tierra y se encuentran sólo ocasionalmente al levantar piedras o excavar. Se conocen unas 190 especies (Gans 2005), incluidas dentro de cuatro Familias (Anphisbaenidae, Bipedidae, Rhineuridae y Trogonophidae), y distribuidas principalmente por Africa, Oriente próximo y Sudamérica.

La culebrilla mora (*Trogonophis wiegmanni* Kaup 1830) es un anfisbenio de la Familia Trogonophidae. Apodo, con un cuerpo de aspecto vermiforme, pero robusto y



FIG. 1. Ejemplar adulto típico de *T. wiegmanni* de las Islas Chafarinas.

segmentado con unos 170 anillos, cada uno dividido a su vez en pequeñas escamas cuadrangulares y lisas (Fig. 1). La cabeza es pequeña, separada del cuerpo por un pequeño surco transversal, dividida en placas dispuestas simétricamente. Presenta dos ojos vestigiales escondidos bajo sendas placas y narinas totalmente rodeadas por la placa naso-rostral. Posee cola corta y cónica, sin que se observe división entre el tronco y la cola. No tiene poros precloacales. La coloración dorsolateral es bicolor: las escamas de cada anillo son amarillas, o violáceas, pardas o negras, formando un característico diseño ajedrezado. El vientre es uniforme de color amarillo o malva (según la subespecie). La cabeza es también de color uniforme más oscura o negra, y más negra en juveniles.

Es una especie fosorial (=minadora o subterránea) que pasa prácticamente toda su vida enterrada sin salir de sus galerías. Se alimenta de hormigas, termitas y otros insectos subterráneos. Vive en terrenos con suelos más o menos sueltos, pudiéndose encontrar bajo piedras o troncos caídos. Sólo unos pocos estudios han considerado la ecología de esta

especie entre ellos dos trabajos previos, realizados en las Islas Chafarinas por nuestro equipo de investigación, que examinaron la biología térmica y los patrones de selección de microhábitats de *T. wiegmanni* (López et al. 2002; Civantos et al. 2003). Un estudio antiguo examinó la biología reproductora de la especie en el norte de Africa a partir de unos pocos individuos (Bons y SaintGirons 1963).

1.2. Posición sistemática y distribución geográfica

La culebrilla mora es la única especie del género *Trogonophis* y también el único representante de la Subfamilia Trogonophinae en el Norte de Africa (Gans 2005). Es un anfisbenio endémico del Magreb. Su distribución se extiende desde el suroeste de Marruecos, Argelia y hasta el nordeste de Túnez, dentro del bioma mediterráneo, desde el nivel del mar y hasta los 1900 m (Bons y Geniez 1996) (Fig. 2). En Marruecos la especie ocupa los pisos bioclimáticos húmedo, subhúmedo, semiárido y árido. Se encuentra en regiones con precipitación superior a los 600 mm. Su límite meridional de distribución se encuentra en Sidi Ifni.

Las poblaciones de Ceuta, Melilla y las Islas Chafarinas son las únicas de esta especie en el ámbito del Estado español y la Unión Europea. Respecto a la distribución de la especie en las Islas Chafarinas se sabe que se encuentra presente en las tres islas (Mateo 1991; Civantos, 2000, 2004), pero no existen datos sobre su abundancia, tipos de hábitats utilizados en mayor abundancia, estructura de la población o estado de conservación de las poblaciones.

Se reconocen dos subespecies alopátridas, y no hay datos sobre la existencia de individuos intermedios entre estas dos subespecies:

- *T. w. elegans* (Gervais, 1835), con una coloración ventral malva o rosa clara. Se encuentra al oeste y norte del Atlas en Marruecos, excepto en las montañas más elevadas. También se encuentra en Ceuta (Mateo 1991; Mendoça y Harris 2007).

-*T. w. wiegmanni* Kaup 1830, caracterizado por presentar la zona ventral amarillenta. Se encuentra en Túnez, Argelia y los contrafuertes orientales del Rif y del Atlas Medio en Marruecos. Es la subespecie que se encuentra en Melilla y las Islas Chafarinas (Mateo 1991; Mendoça y Harris 2007).

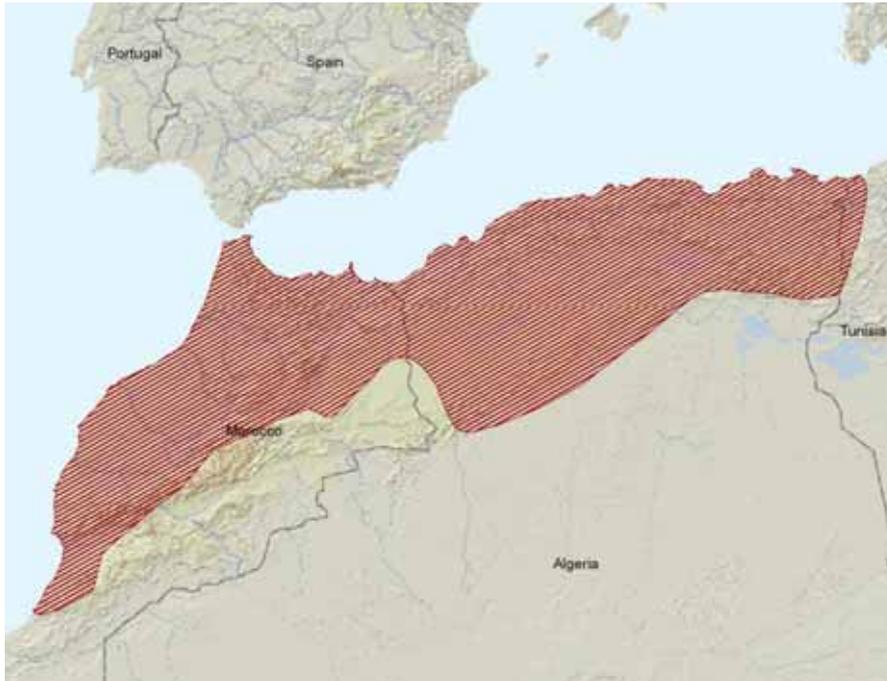


FIG. 2. Distribución geográfica de *Trogonophis wiegmanni* (tomado de Mateo et al. 2008)

1.3. Estatus de conservación

La especie ha sido calificada por la **UICN** como de “*Preocupación menor*” (“*Least concern*”, LC) teniendo en cuenta su amplia distribución, tolerancia de un amplio rango de hábitats, un tamaño de población presumiblemente alto, y porque no parece que sus poblaciones estén disminuyendo lo suficientemente rápido como para ser clasificada dentro de una categoría de conservación de más amenaza (Mateo et al. 2008; ver: <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/61589/0>). A nivel nacional aparece catalogada en el **Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España** como de “*Preocupación Menor*” (LC), esto es, en el grupo de las especies que sin estar aún amenazadas deben ser vigiladas (Pleguezuelos et al. 2002). Para la subespecie de Melilla y las Islas Chafarinas se propuso la categoría de “*Datos Insuficientes*” (DD) por la escasez de observaciones. En el **Catálogo Nacional de Especies Amenazadas** la culebrilla mora aparece definida como “*De interés Especial*” (ver más información en http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidadespecies_amenazadas/catalogo_especies/vertebrados_reptiles/pdf/ver420.pdf)

Se han considerado como **factores de amenaza** la urbanización, la degradación y la compactación del suelo por efecto del pisoteo de personas o vehículos, la pérdida de la cubierta vegetal con el consiguiente aumento de la erosión y el arrastre de suelos, y la muerte intencionada de individuos al confundirlos con serpientes venenosas.

Actualmente parece localmente abundante en el Norte de Africa, y presenta densidades aparentemente altas en las **Islas Chafarinas** (Civantos 2000, 2004). Sin embargo, sus hábitos subterráneos hacen que sea difícil hacer estimaciones fiables a partir de visitas ocasionales a una localidad, y ningún estudio ha examinado el grado real de conservación de las poblaciones de esta especie en ningún punto de su área de distribución.

2. PLANTEAMIENTO GENERAL

Sólo unos pocos estudios recientes han abordado la ecología de la culebrilla mora. Estos estudios han demostrado que la especie puede tener requerimientos ecológicos estrictos y sugieren que las alteraciones antrópicas del medio pueden afectar gravemente a sus poblaciones. Esto podría ser particularmente importante en las Islas Chafarinas, pues dada la naturaleza volcánica de las Islas, la disponibilidad de suelos desarrollados donde la especie pueda excavar y encontrar alimento, humedad y temperaturas adecuadas se halla limitada. Además, en visitas preliminares a las Islas se ha constatado la presencia de la especie en suelos de poca profundidad, donde los ejemplares quedan con frecuencia al descubierto accidentalmente dentro de las colonias de gaviota patiamarilla, la cual podría depredar sobre las culebrillas expuestas en la superficie. Así, el aumento de las poblaciones de gaviota podría afectar seriamente a las poblaciones de culebrilla mora. Por otro lado, algunas de las actividades humanas realizadas en las islas pueden afectar negativamente a la culebrilla mora si no se considera la posible presencia de esta especie, que normalmente pasa desapercibida, en los lugares donde se realizan.

El interés de conservación y científico de las poblaciones de culebrilla mora en las Islas Chafarinas demanda el desarrollo de un programa de seguimiento, conservación y gestión de dichas poblaciones. Así, con el fin de cubrir esta demanda, se ha realizado el presente estudio que examina la distribución, biometría, estructura de la población y los requerimientos ecológicos de la especie y constituye la primera evaluación del estado de salud y de conservación de las poblaciones de *T. wiegmanni* en las Islas Chafarinas.

3. OBJETIVOS

Con el objetivo general de profundizar en el conocimiento de la ecología de la culebrilla mora (*T. wiegmanni*) y así poder elaborar un programa de gestión y conservación de la especie en las Islas Chafarinas a largo plazo que asegure su supervivencia, se han planteado los siguientes objetivos concretos:

1. Distribución, abundancia y efectivo poblacional. Selección de hábitat y estado de conservación.

Se han recorrido exhaustivamente las tres islas para determinar la distribución detallada y los microhábitats que ocupa la especie en la actualidad, relacionando la cantidad de individuos encontrados con patrones de calidad del hábitat medidos en cada localización.

2. Características morfológicas y estructura de la población.

Se han realizado mediciones morfológicas y se ha procedido al sexado de todos los individuos encontrados con el fin de determinar las características biométricas, dimorfismo sexual, estructura de edades de la población, razón de sexos, productividad de individuos juveniles en relación al número de adultos, etc.

3. Estado de salud de los individuos.

No sólo es importante conocer la abundancia de individuos sino también su estado de salud. Así, se han tomado medidas biométricas indicadoras del estado de salud de los individuos, tales como la condición corporal. Si bien se desconocen por el momento los posibles parásitos de esta especie, se ha examinado también si existen parásitos internos (nematodos intestinales) y se han tomado muestras de sangre de las culebrillas con el fin de examinar parásitos intra- y extra-celulares asociados a las células sanguíneas. Los datos preliminares sobre la presencia de parásitos pretenden servir de base para diseñar futuros estudios y planes de seguimientos de la especie.

4. METODOLOGÍA

4.1. Muestreos de distribución.

Las Islas Chafarinas han sido visitadas por el equipo de investigación en dos campañas de una semana de duración cada una, realizadas del 15 al 23 de Septiembre de 2009, y del 10 al 17 de Marzo de 2010. Durante estas visitas se han muestreado las tres islas, y se han localizado y estudiado más de 370 individuos de *T. wiegmanni*.

Durante estos periodos de estudio se han recorrido exhaustivamente las tres islas para determinar la **distribución detallada y los microhábitats** que ocupa la especie en la actualidad. Se efectuaron recorridos sistemáticos por las tres islas, buscando culebrillas moras bajo las piedras debajo de las cuales se colocan para termorregular y buscar alimento (López et al. 2002; Civantos et al. 2003). Este método es la única forma efectiva de localizar ejemplares con facilidad sin alterar el medio. Las piedras eran levantadas y luego recolocadas con sumo cuidado en la misma posición en que se encontraban, sin alterar el hábitat, con el fin de no modificar las condiciones microclimáticas del medio subterráneo. Se ha procurado realizar muestreos cubriendo toda la superficie de las islas que pueden albergar potencialmente culebrillas moras. Es decir, se han excluido aquellas áreas con roca desnuda (“cantera”, acantilados y afloramientos rocosos) o pavimentadas (muelles y calles, y la superficie ocupada por construcciones) donde no hay suelo y por tanto no puede haber culebrillas. En el resto de la superficie las piedras son lo suficientemente abundantes para que no se produzcan sesgos en los muestreos.

La localización de cada individuo encontrado se determinaba con precisión mediante un GPS Garmin GPSmap 60CSx. Además se tomaron datos del tamaño de la piedra ocupada (ancho x largo x alto), y se midió la cobertura de vegetación arbustiva en los alrededores (distancia al arbusto más cercano en las cuatro direcciones cardinales). Se han levantado piedras de todo tipo y tamaño, y en todo tipo de localizaciones para evitar sesgos en estas medidas. Una muestra aleatoria de piedras fue también caracterizada con el mismo método para conocer la disponibilidad de estos recursos y compararlos con el uso que hacen las culebrillas. Otros datos más detallados sobre el uso y selección de microhábitats en Chafarinas han sido ya estudiados y descritos en un trabajo previo (Civantos et al. 2003).

Los **mapas de distribución** de *T. wiegmanni* en cada una de las Islas Chafarinas fueron realizados a partir de las localizaciones de los individuos determinadas con GPS y utilizando las ortofotos de las Islas (Escala 1:1.000), realizadas y publicadas por el Servicio

Geográfico del Ejército Español. Para su procesamiento se utilizaron los programas ArcGis 9.0 de ESRI y Adobe PhotoShop CS4 Extended.

Los datos de distribución se estandarizaron reflejándolos en cuadrículas de 1 hectárea (100 x 100 m) (Fig. 3), trazadas a partir de las cuadrículas UTM de 1 x 1 Km. De esta manera se consigue un grado de detalle de la distribución considerable. Cada punto negro representa la observación durante este estudio de al menos un individuo en la cuadrícula correspondiente, y representa la distribución actual estimada en las Islas Chafarinas.

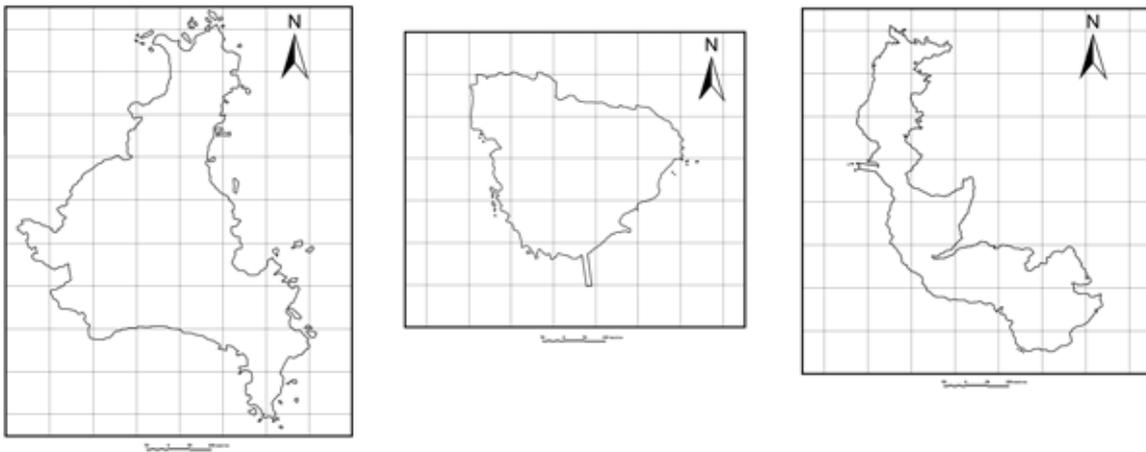


FIG. 3. Esquema de las cuadrículas de 100 x 100 m utilizadas para representar la distribución en cada isla.

Debido a la dificultad para detectar culebrillas, la distribución presentada puede infraestimar la distribución real de la especie en Chafarinas, pudiendo estar presente en cuadrículas en las que aún no ha sido localizada. Así, pues, la ausencia de puntos negros en las cuadrículas puede deberse a la ausencia de observaciones en un área que potencialmente puede albergar culebrillas. Sin embargo, la ausencia de observaciones puede también deberse a la presencia de microhábitats desfavorables, tales como acantilados, afloramientos rocosos o zonas pavimentadas, donde no hay suelo y por tanto donde nunca se podrían encontrar culebrillas.

El porcentaje de ocupación de cuadrículas se ha calculado en base al número de cuadrículas totales que abarca cada isla, y en base al número de cuadrículas con microhábitats potencialmente favorables para albergar culebrillas. El porcentaje de cuadrículas con presencia de la especie no indica exactamente la superficie ocupada por las culebrillas, pues, por un lado, muchas de las cuadrículas están ocupadas sólo en parte por superficie terrestre, estando ocupado el resto de la cuadrícula por superficie marítima. Por otro lado, la presencia de la especie en una cuadrícula no implica que su distribución sea continua en toda la

superficie de la cuadrícula, sino que al menos un individuo ha sido observado dentro de esa cuadrícula. Una idea más precisa y detallada de la superficie ocupada puede obtenerse a partir de los mapas en los que se ha representado con puntos rojos las localizaciones precisas de todos los individuos observados en este estudio. Sin embargo, por las razones mencionadas anteriormente, la ausencia de puntos rojos en determinadas áreas tampoco implica necesariamente que en estas áreas no esté presente la especie.

4.2. Características morfológicas y estructura de la población

Se han realizado mediciones morfológicas y se han sexado todos los individuos encontrados examinándose las características biométricas, el dimorfismo sexual, la estructura de edades de la población, la razón de sexos, la productividad de individuos juveniles en relación al número de adultos, etc. Cuando se localizaba un ejemplar de culebrilla mora en los recorridos por las Islas, se le capturaba vivo para tomarle en el campo las siguientes **medidas biométricas** (ver Fig. 4):

-**Longitud cabeza-cuerpo (LCC)**: longitud desde la punta del hocico hasta el inicio de la cloaca, medida con una regla metálica con una precisión de ± 1 mm.

-**Longitud de la cola**: longitud desde el inicio de la cloaca hasta la punta final de la cola, medida con una regla metálica con una precisión de ± 1 mm.

-**Longitud total**: suma de la longitud cabeza-cuerpo y la longitud de la cola.

-**Anchura, altura y longitud de la cabeza**: medidas con un calibre digital con una precisión de ± 0.01 mm.

-**Peso**: medido con una pesola con una precisión de ± 0.1 g.

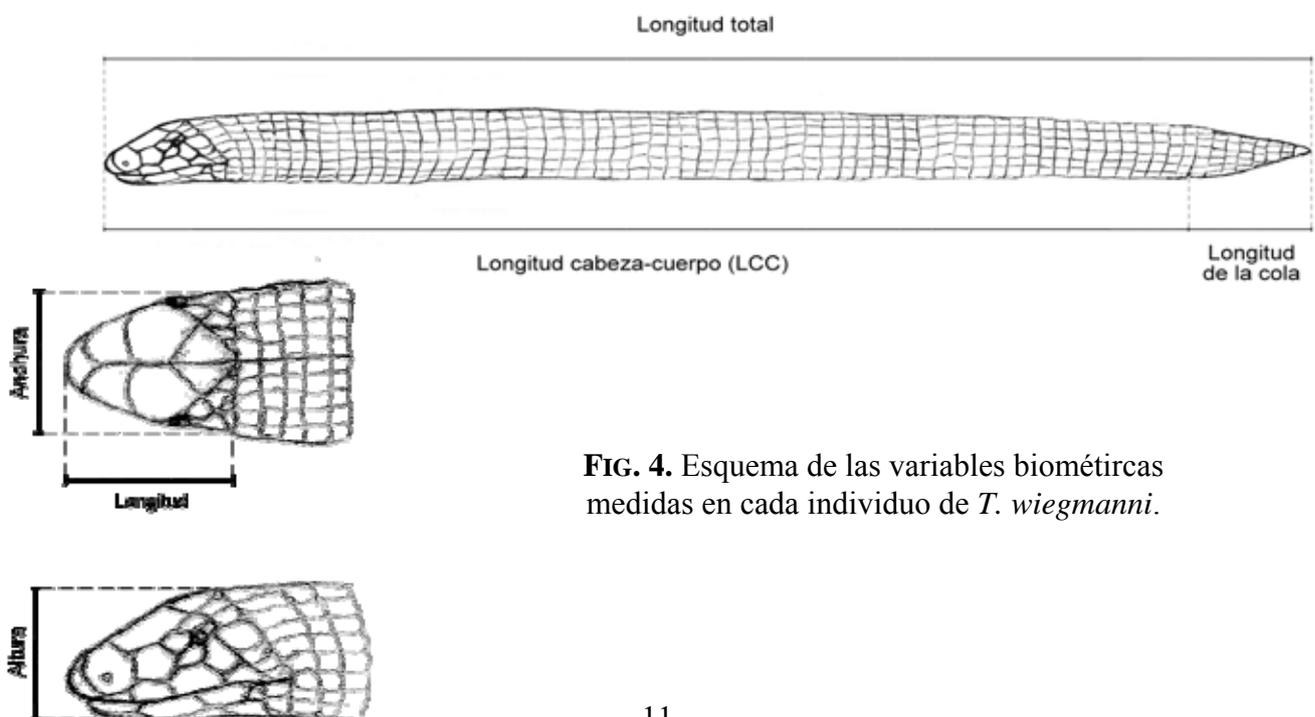


FIG. 4. Esquema de las variables biométricas medidas en cada individuo de *T. wiegmanni*.

Los individuos adultos eran sexados mediante la apertura con cuidado de la cloaca, determinándose la presencia/ausencia de dos pequeños hemipenes en el interior de la cloaca de los machos (Fig. 5). Este método rápido de sexado no había sido descrito hasta ahora. También se anotaba cualquier otra observación interesante (cicatrices, coloraciones anómalas, etc.). La mayor parte de los individuos fueron liberados, sin causarles daño alguno, en el mismo lugar de su captura inmediatamente después de tomar estas medidas (aprox. 1-2 min. después de la captura).

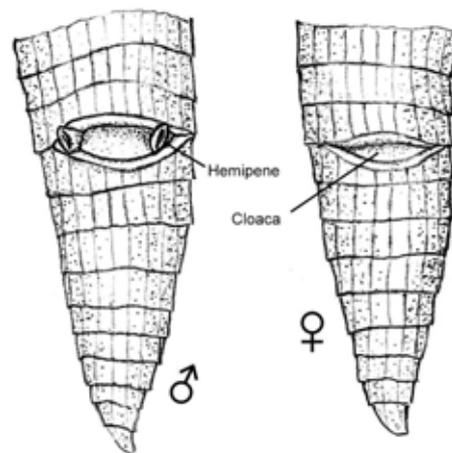


FIG. 5. Método de sexado de individuos adultos de *T. wiegmanni*

Una pequeña parte de los individuos capturados fue trasladada a la Estación Biológica de Parques Nacionales. Las culebrillas fueron alojadas durante un máximo de 3 días en terrarios de plástico individuales que contenían 3 cm de tierra. Estos ejemplares se capturaron con el objetivo de tomar muestras de sangre (ver más abajo) y de realizar un pequeño estudio piloto para intentar desarrollar un método de marcaje individualizado de los animales capturados que permita desarrollar en el futuro planes de seguimientos de las poblaciones a medio y largo plazo. El marcaje no ha sido estudiado hasta la fecha en anfisbénidos y, dado el estilo de vida subterránea de estos animales, el uso de algunos métodos de marcaje tradicionalmente usados en otros reptiles resulta inapropiado, pues las marcas se perderían con facilidad o impedirían la actividad normal de las culebrillas. Así pues, hemos utilizado diferentes métodos con carácter preliminar (elastómeros coloreados, tatuajes, etc.) para evaluar la efectividad de las marcas y su persistencia en el tiempo.

4.3. Estado de salud

No sólo es importante conocer la abundancia de individuos en las Islas sino también su estado de salud. Así, se van a tomar **medidas biométricas** indicadoras del estado de salud como la condición corporal. Esta medida se utiliza habitualmente como un índice de las reservas de grasa y una estimación de la condición física o estado nutricional de los individuos (Bonnet y Naulleau 1994). La condición corporal se calcula estadísticamente a partir de los residuos de la regresión lineal entre la longitud del cuerpo y el peso (ambas variables transformadas logarítmicamente). Así, los individuos con residuos positivos, son aquellos que tienen un peso mayor de lo esperado para su tamaño corporal y tienen por tanto una condición corporal más elevada, lo que en reptiles puede considerarse como una condición física más favorable.

Aunque por el momento se desconocen totalmente los parásitos de esta especie, se han conservado los parásitos intestinales internos (**nematodos intestinales**) que eran expulsados ocasionalmente con las heces con el fin de poder estimar los grados de parasitación de los individuos encontrados. Nematodos similares, exclusivos de la especie parasitada, han sido encontrados en otras especies de anfisbenios (Zapatero et al. 1990). Las muestras de estos nematodos están siendo actualmente examinadas por especialistas con el fin de identificarlos y describirlos adecuadamente. Estos datos básicos preliminares podrán ser utilizados en el diseño de futuros estudios

A una pequeña parte representativa de los individuos se les extrajo una gota de **sangre** de la vena caudal mediante una pequeña punción con una aguja esterilizada, recogiendo la sangre con un microcapilar heparinizado de 32 x 0.8 mm (Drummond Scientific Co.) (Fig. 6), y realizando un frotis sanguíneo en un portaobjetos de cristal. La zona de la punción era esterilizada antes y después de la extracción para evitar introducir gérmenes en los individuos. Este procedimiento no genera consecuencias negativas para las culebrillas que dejan de sangrar coagulando la punción inmediatamente y recuperan la actividad normal en pocos minutos. La gota de sangre era extendida en cristales portaobjetos para hacer un frotis



FIG. 6. Método de extracción de sangre de la vena caudal de *T. wiegmanni*.

sanguíneo. Los frotis se secaron al aire libre y se fijaron con etanol absoluto durante 10 min. Estos frotis fueron llevados a los laboratorios del Museo de Ciencias Naturales de Madrid, donde han sido teñidos con colorante Giemsa con una dilución 1:9 en tampón de fosfato salino (pH 7.2) durante 40 min., y examinados bajo el microscopio para buscar **parásitos intra- y extra-celulares asociados a las células sanguíneas**, como los encontrados habitualmente en otros reptiles.(por ej. Amo et al. 2004). Una mitad longitudinal del frotis sanguíneo se examinó en su totalidad con el objetivo de 200 aumentos para determinar la prevalencia de parásitos extraeritrocíticos. En la otra mitad del frotis, se examinaron 20 campos a 400 aumentos para detectar la presencia de parásitos intraeritrocíticos como por ejemplo hemogregarinas. Se determinó la prevalencia de infección como una variable categórica (presencia/ausencia). La intensidad de infección por parásitos intraeritrocíticos se determinó examinando el frotis a 1000 aumentos y determinando el número de células infectadas por cada 2000 eritrocitos (Merino y Potti 1995). De modo preliminar, se ha determinado la prevalencia e intensidad de parasitación en distintas localizaciones con diferentes estados de degradación ambiental. Los datos obtenidos de estas muestras se relacionarán con la calidad del hábitat, y servirán de base para compararlos con nuevos datos obtenidos en futuros seguimientos de la especie.

4.4. Tratamiento estadístico de los datos

Los datos de uso del hábitat, biometría y estado de salud fueron analizados con tests estadísticos convencionales paramétricos (ANOVAs, ANCOVAs, regresión lineal, etc.; Sokal y Rohlf 1995) y no-paramétricos (test de la χ^2 ; Siegel y Castellan 1988), utilizando los programas Statistica 6.0 y StatXact 3.1. En muchos casos, los datos fueron transformados logarítmicamente para cumplir con los requisitos de normalidad y homogeneidad de varianzas que exigen los tests paramétricos utilizados. Las comparaciones por pares a posteriori se realizaron mediante tests de Tukey. En todos los casos el nivel de significación estadística se estableció en $P < 0.05$.

5. RESULTADOS

5.1. DISTRIBUCION EN LAS ISLAS CHAFARINAS

Aunque se han encontrado individuos de *T. wiegmanni* en las tres islas, la distribución de las observaciones no es homogénea en todas las islas y existen diferencias en la densidad de población entre islas. En los Mapas 1a, 2a y 3a se han representado con puntos rojos todas las localizaciones precisas de individuos determinadas mediante GPS durante los muestreos de este estudio. En los Mapas 1b, 2b y 3b se indica la presencia de la especie en cuadrículas de 100 x 100 m. La ausencia de observaciones en una cuadrícula no necesariamente indica que la especie no está presente en ella (ver métodos para un análisis de las consideraciones sobre este tema). Estos mapas y las localizaciones se encuentran disponibles en varios archivos en el CD adjunto

5.1.1. Congreso

A pesar de las características aparentemente idóneas de esta isla para albergar *T. wiegmanni* (amplias extensiones de matorrales con suelos desarrollados, y abundancia de piedras), se han producido muchas menos observaciones que en las otras dos islas, a pesar de un esfuerzo similar de muestreo bajos piedras u otros objetos depositados sobre el suelo. Se han encontrado individuos en 7 de las 44 cuadrículas de 100 x 100 m en las que se divide la isla (15.9 %), y considerando sólo las zonas potencialmente favorables que han sido muestreadas, la especie se encuentra en 7 de las 29 cuadrículas (24.1 %) (Mapa 1). Las escasas observaciones se han repartido en los medios más característicos que ocupa la especie



FIG. 7. Ejemplo en Congreso de hábitat favorable para *T. wiegmanni* (en primer plano), y hábitat desocupado (al fondo) con suelo y piedras pero desprovisto de matorrales.

en las otras islas (Fig. 7). Se ha registrado también el hallazgo de indicios de la especie (mudas de la piel) para determinar su presencia. Sin embargo, algunas zonas de la isla, parecen totalmente desocupadas, a pesar de presenta microhábitats similares con suelos desarrollados y una densidad elevada de piedras que han sido muestreadas en detalle, como por ejemplo todo el extremo norte que carece de cubierta de matorrales (Fig. 7).

El motivo de esta ausencia o menor densidad es desconocido por el momento, pero razones potenciales podrían ser la ausencia de cobertura de matorrales (en la parte norte de la isla), depredación por la colonia de gaviota patiamarilla, competencia con y posible depredación por el eslizón *Chalcides ocellatus*, que es muy abundante en esta isla. La ausencia también podría deberse a razones históricas, si el mantenimiento a largo plazo de las poblaciones depende de la llegada de ejemplares desde la costa continental que son arrastrados por las crecidas del Muluya. La capacidad de los anfibios para colonizar de este modo zonas alejadas y separadas por amplias extensiones de mar es conocida. Por ejemplo, estudios de divergencia filogenética basados en ADN han indicado que las poblaciones de anfibios de América del Sur se originaron históricamente a partir de anfibios africanos cuando ambos continentes estaban ya separados, por lo que los anfibios debieron llegar a América arrastrados por las corrientes, flotando sobre restos de vegetación (Vidal et al. 2008). En el caso de las Chafarinas, Congreso es la isla que debe recibir menos influencia de las crecidas del Muluya, que potencialmente deben arrastrar ejemplares desde la costa africana hasta las Islas. Además, la isla está rodeada de acantilados que podrían dificultar la colonización posterior de las zonas interiores de la isla por las culebrillas.

5.1.2. Isabel

La especie ha sido encontrada en 15 de las 23 cuadrículas totales de la isla (65.2 %), o en 15 de las 18 cuadrículas con hábitat favorable (83.3 %) (Mapa 2). En esta isla, la alta superficie ocupada por edificaciones, calles pavimentadas, muelles, etc., impiden que estas áreas no puedan ser nunca ocupadas por *T. wiegmanni*, salvo de forma marginal, y sólo potencialmente, en los pocos restos de suelo que quedan en jardines, cunetas, etc. Sin embargo, la densidad de individuos es alta en las zonas que mantienen matorrales y suelos desarrollados, especialmente en el oeste de la isla. La especie es también abundante incluso en las proximidades de las casas (Fig. 8), o en zonas degradadas, como cerca del “basurero” de la zona oeste de la isla, donde se encuentran individuos no



FIG. 8. Ejemplo en Isabel de hábitat favorable para *T. wiegmanni* (en primer plano) al mismo borde de las construcciones.

sólo bajo piedras, sino también bajo planchas de uralita, maderas, tejas, y otros restos de edificaciones. Además, la especie está también presente en áreas aparentemente más transformadas y artificiales, como por ejemplo, bajo las “piedras encaladas” que marcan el



FIG. 9. Ejemplo en Isabel de hábitat más degradado donde *T. wiegmanni* es poco abundante o está ausente.

camino circular que rodea a la isla, donde se encuentra con facilidad y es abundante. No parece por tanto, que la alta presencia y actividad humana que soporta esta isla afecte inicialmente en gran medida a *T. wiegmanni* que ocupa zonas naturales o seminaturales de la isla (no obstante ver "conservación" para estimar el impacto de las actividades humanas sobre la especie). Sin embargo, al este de la isla hay un área más degradada y con poca cobertura de arbustos donde las culebrillas están ausentes o son muy escasas (Fig. 9).

5.1.3. Rey

La especie ha sido encontrada en 12 de las 28 cuadrículas totales de la isla (42.9 %), o en 12 de las 14 cuadrículas con hábitat favorable (85.7 %) (Mapa 3). Es en esta isla donde *T. wiegmanni* mantiene las mejores poblaciones de las Islas Chafarinas, favorecido por la presencia de los hábitats más adecuados y la mayor abundancia de piedras, alta cobertura de matorral y suelos profundos desarrollados en muchas partes de la isla (Fig. 10). En general, los individuos se encuentran en altas densidades, muchas veces en grupos de varios individuos debajo de la misma piedra, si esta posee un tamaño suficiente.



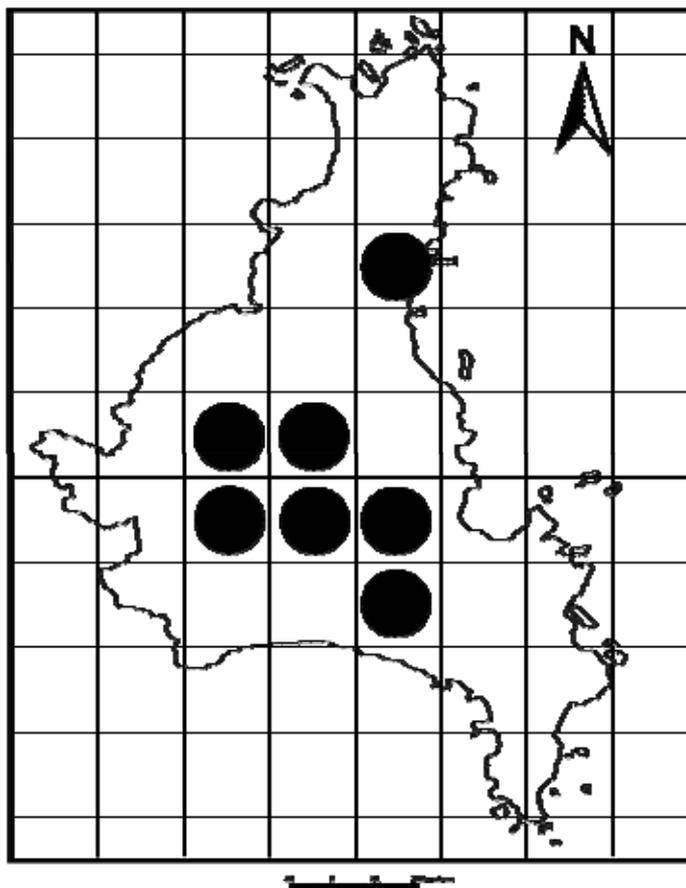
FIG. 10. Ejemplo de hábitat especialmente favorable para *T. wiegmanni* en la Isla de Rey.

Cabe destacar, sin embargo, la presencia de un área extensa de roca desnuda en el centro de la isla (ver imagen de la isla al fondo de la Fig. 9), que nunca podrá ser ocupada por la especie, y que podría actuar de barrera efectiva aislando totalmente las poblaciones del

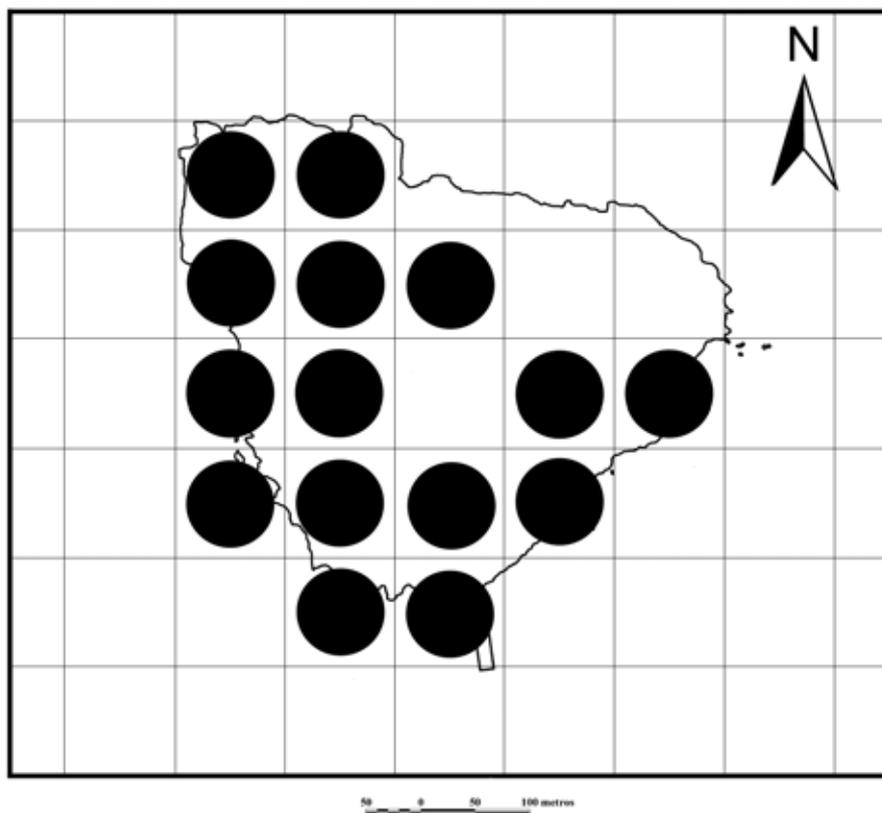
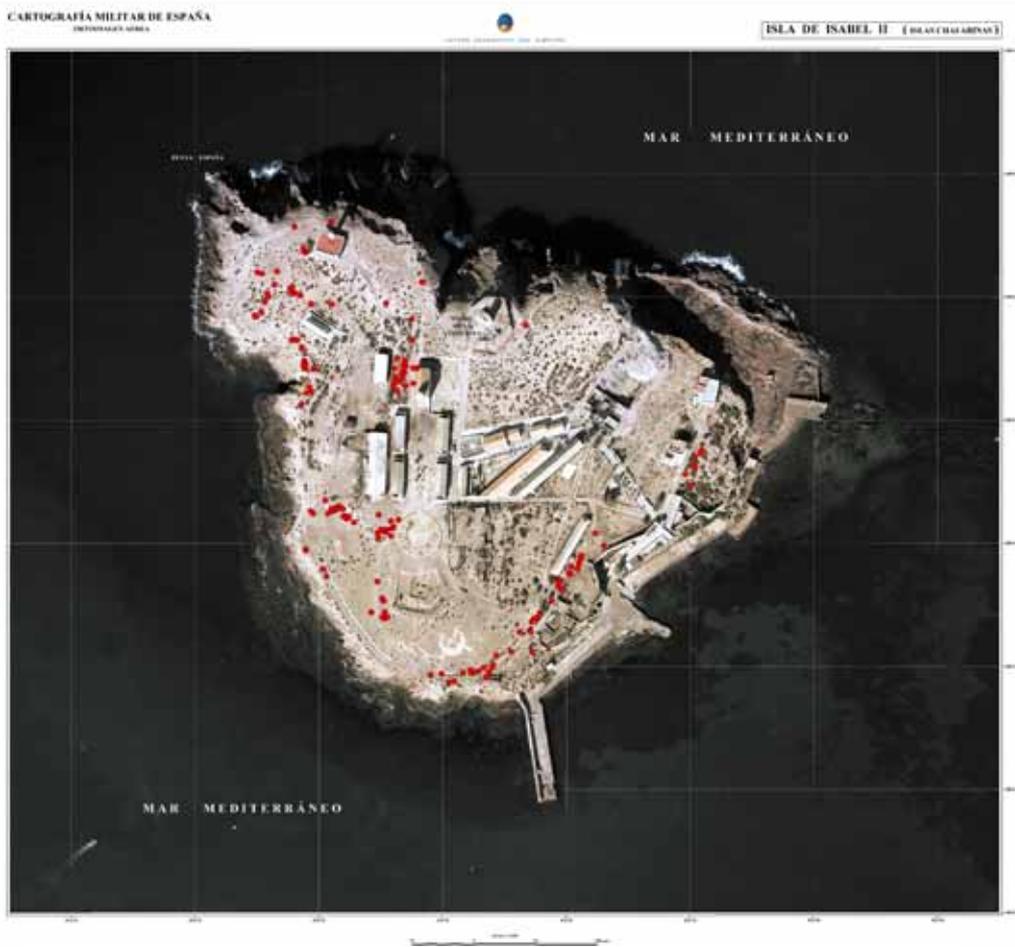
norte y del sur de la isla, que se comportarían como si de dos islas diferentes se trataran. Además, la especie parece ausente, o su presencia es tan escasa que no ha sido posible detectarla en pequeñas áreas que se encuentran aisladas del resto de las áreas favorables por zonas de roca desnuda.



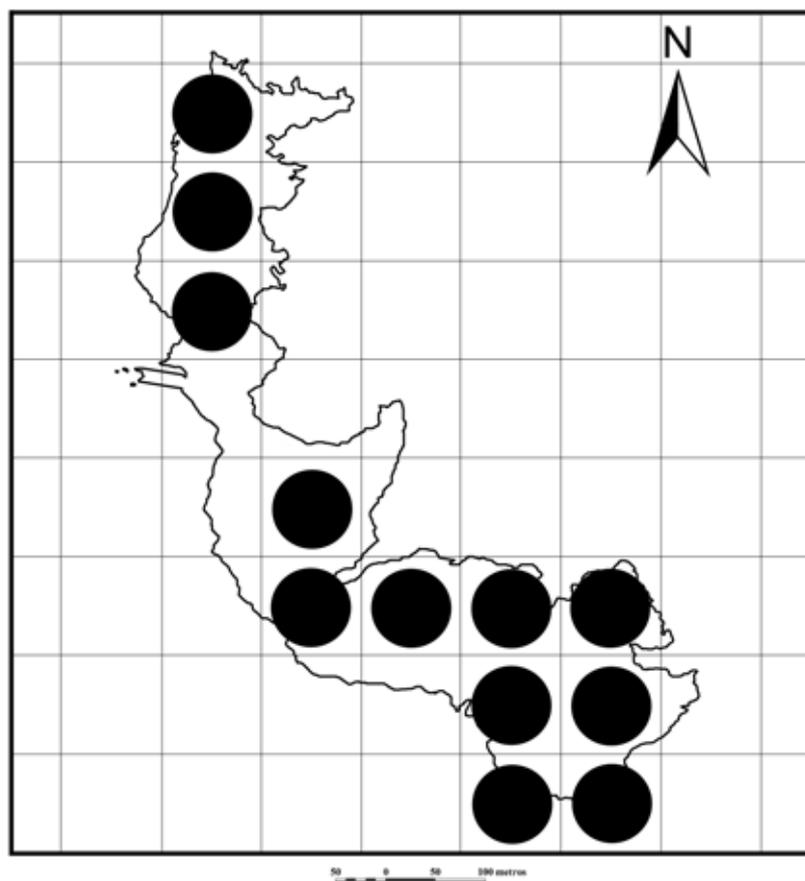
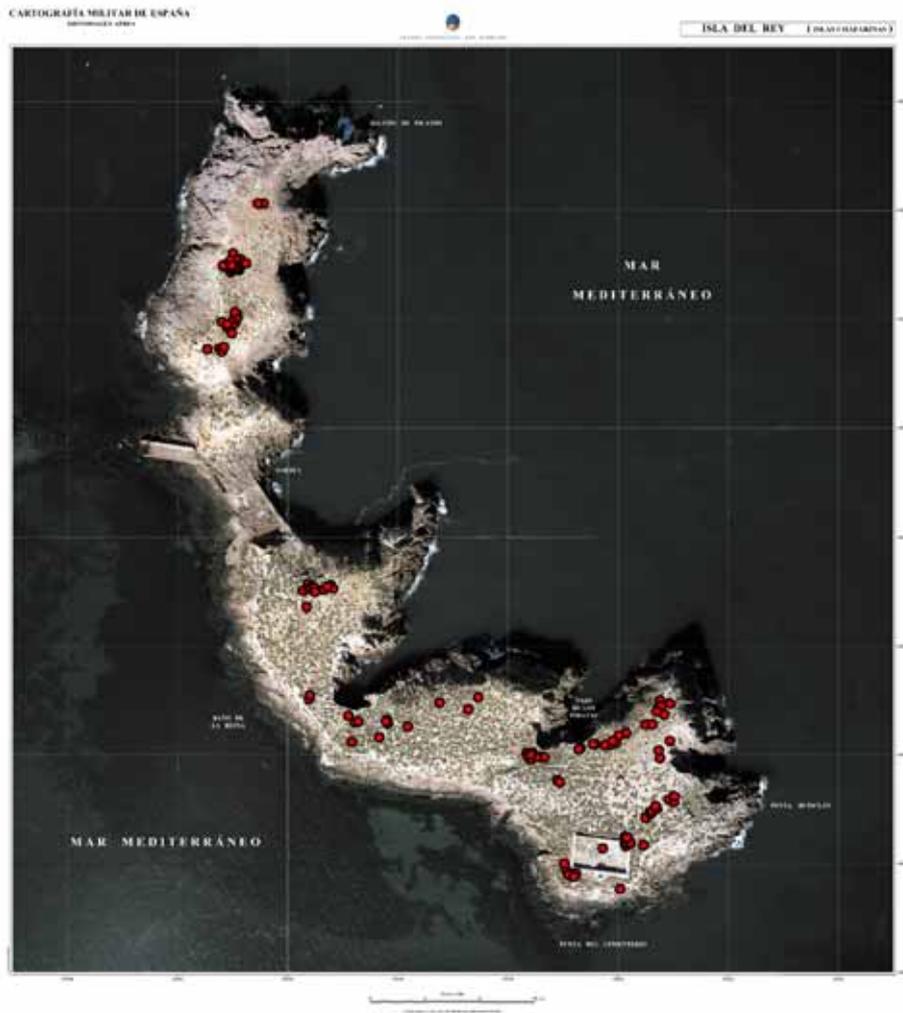
Sin embargo, la presencia de la colonia de Gaviota de Audouin no parece tener ningún efecto sobre *T. wiegmanni*, que es especialmente abundante bajo las piedras situadas en zonas despejadas dentro de los “cercados” construidos para el anillamiento de los pollos de esta gaviota (pero ver recomendaciones para la conservación respecto a estas áreas).



MAPAS 1a y 1b. Distribución de *Trogonophis wiegmanni* en la Isla de Congreso.



MAPAS 2a y 2b. Distribución de *Trogonophis wiegmanni* en la Isla de Isabel.



MAPAS 3a y 3b. Distribución de *Trogonophis wiegmanni* en la Isla de Rey.

5.1.4. Características de las piedras utilizadas

El **tamaño de las piedras** utilizadas por *T. wiegmanni* es significativamente diferente del tamaño de las piedras disponibles en el hábitat (MANOVA para las tres medidas de las piedras, azar vs. usadas: λ de Wilks=0.92, $F_{2,358}=14.74$, $P<0.0001$) (Tabla 1). Sin embargo, esta diferencia se explica exclusivamente por el hecho de que las culebrillas utilizan piedras de altura significativamente menor que las disponibles (ANOVA, $F_{1,359}=18.54$, $P<0.0001$) (Fig.11), mientras que no hay diferencias significativas respecto a la longitud y anchura de las piedras utilizadas y disponibles (ANOVA, longitud: $F_{1,359}=1.32$, $P=0.25$, anchura: $F_{1,359}=1.32$, $P=0.25$).

Consideradas en su conjunto, existen diferencias en el tamaño de las piedras entre islas (MANOVA, efecto isla: λ de Wilks=0.97, $F_{4,716}=2.66$, $P=0.032$), respecto a la longitud y anchura (ANOVA, $F_{2,359}=4.66$, $P=0.01$), pero no respecto a la altura ($F_{2,359}=1.89$, $P=0.15$). Sin embargo, las culebrillas mantienen sus preferencias en las tres islas (MANOVA, interacción azar x isla: λ de Wilks=0.99, $F_{4,716}=1.05$, $P=0.38$) usando piedras de longitud y anchura similares a las disponibles en cada isla, pero de altura menor que la disponible en todas las islas (Fig. 11).

Las piedras utilizadas por machos, hembras y juveniles son virtualmente de igual tamaño (MANOVA para las tres medidas de las piedras, λ de Wilks=0.99, $F_{6,730}=0.63$, $P=0.71$) (Tabla 1).

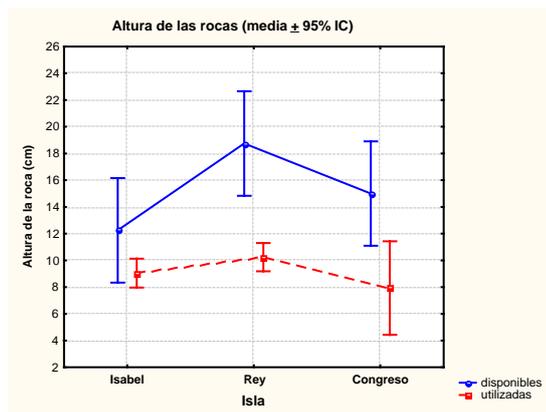


FIG. 11. Variación entre islas en la altura de las piedras disponibles y utilizadas por *T. wiegmanni*

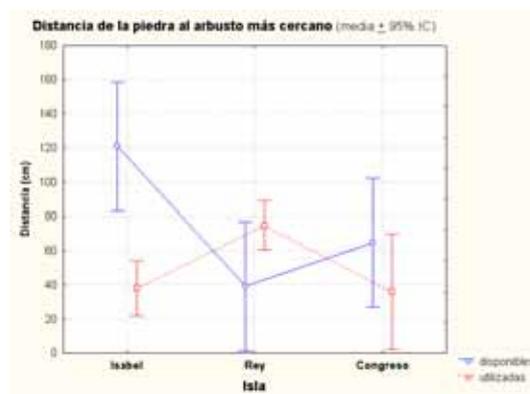
La **distancia mínima desde las piedras utilizadas por *T. wiegmanni* al arbusto más cercano** que proporciona cobertura difiere significativamente de la distancia mínima de las piedras disponibles (ANOVA, efecto azar vs. utilizada: $F_{1,194}=3.81$, $P>0.05$) (Tabla 1).

TABLA 1. Características de las piedras disponibles y utilizadas por *T. wiegmanni*

	Machos (n=124)	Hembras (n=134)	Juveniles (n=112)	Disponibles en el hábitat (n=36)
	<i>Media ± IES (rango)</i>	<i>Media ± IES (rango)</i>	<i>Media ± IES (rango)</i>	<i>Media ± IES (rango)</i>
Piedras:				
Longitud (cm)	26 ± 1 (9-65)	27 ± 1 (11-65)	25 ± 1 (10-75)	25 ± 4 (1-100)
Anchura (cm)	19 ± 1 (8-40)	19 ± 1 (7-42)	18 ± 1 (4-42)	20 ± 4 (3-45)
Altura (cm)	10 ± 1 (1-27)	10 ± 1 (1-35)	9 ± 1 (2-27)	15 ± 2 (2-55)
Distancia mínima al arbusto (cm)	60 ± 8 (0-200)	57 ± 8 (0-200)	46 ± 9 (0-200)	75 ± 13 (0-300)

En general, las culebrillas utilizan piedras que están más cerca de un arbusto de lo esperado. Sin embargo, y aunque considerando todas las piedras en su conjunto no hay diferencias entre islas (efecto isla: $F_{2,194}=1.91$, $P=0.15$), la relación entre distancia al arbusto de las piedras utilizadas y disponibles sí que varía entre islas (interacción azar vs. utilizada x isla: $F_{2,194}=8.29$, $P=0.0003$) (Fig. 12). Esto se explica porque en Isabel, donde las piedras disponibles están más lejos de los arbustos que en otras islas (i.e., la cobertura de arbustos es menor) las culebrillas siguen utilizando piedras más cercanas a los arbustos de lo esperado por azar (test de Tukey, $P<0.001$), mientras que en Rey ($P=0.50$) y Congreso ($P=0.87$) no hay diferencias (Fig. 12).

La distancia mínima desde la piedra al arbusto más cercano que proporciona cobertura no difiere entre sexos o edades (ANOVA, efecto del sexo-edad: $F_{2,177}=0.65$, $P=0.52$) (Tabla 1).

**FIG. 12.** Variación entre islas en la distancia al arbusto más cercano de las piedras disponibles y utilizadas por *T. wiegmanni*

5.2. BIOMETRÍA

Las medidas de los diferentes caracteres morfológicos medidos en adultos machos y hembras y en juveniles se presentan en la Tabla 2. Se indica para cada medida el valor de la media y el error estándar (ES) y el rango de variación observado en las muestras.

TABLA 2. Características biométricas de *T. wiegmanni* machos y hembras adultos y juveniles.

	Machos (n=127)	Hembras (n=139)	Juveniles (n=115)
	<i>Media ± IES (rango)</i>	<i>Media ± IES (rango)</i>	<i>Media ± IES (rango)</i>
Longitud total (mm)	157.5 ± 1.4 (124-192)	154.8 ± 1.4 (121-192)	93.7 ± 1.2 (67-121)
Lcabeza-cuerpo (LCC) (mm)	145.9 ± 1.3 (113-177)	144.1 ± 1.3 (112-175)	86.8 ± 1.1 (62-111)
Lcola (mm)	11.6 ± 0.2 (9-15)	10.8 ± 0.1 (7-17)	6.9 ± 0.1 (4-10)
Lcola/LCC	0.08 ± 0.01 (0.06-0.11)	0.07 ± 0.01 (0.05-0.09)	0.08 ± 0.01 (0.05-0.10)
Peso (g)	5.6 ± 0.2 (2.2-10.2)	4.8 ± 0.1 (1.8-8.3)	1.2 ± 0.1 (0.4-2.7)
Peso/Ltotal	0.04 ± 0.01 (0.02-0.06)	0.03 ± 0.01 (0.01-0.05)	0.01 ± 0.01 (0.01-0.02)
Longitud cabeza (mm)	6.07 ± 0.06 (3.64-7.58)	5.73 ± 0.05 (4.50-7.07)	4.46 ± 0.03 (3.68-5.42)
Anchura cabeza (mm)	5.09 ± 0.06 (3.50-6.95)	4.84 ± 0.05 (3.60-6.25)	3.67 ± 0.03 (2.73-4.59)
Altura cabeza (mm)	4.15 ± 0.05 (3.00-5.95)	3.88 ± 0.04 (2.60-4.73)	2.87 ± 0.03 (2.10-3.70)



Ejemplar de *T. wiegmanni* con el máximo de talla (Longitud total=192 mm) encontrado en los muestreos

5.2.1. Dimorfismo sexual

No hay diferencias significativas entre machos y hembras adultas respecto a su longitud corporal (ANOVAs; L_{total} : $F_{1,264}=1.90$, $P=0.17$; LCC: $F_{1,264}=1.10$, $P=0.30$) (Tabla 2). Sin embargo, los machos presentan colas de longitud absoluta significativamente mayor ($F_{1,264}=20.58$, $P<0.0001$) y son significativamente más pesados que las hembras ($F_{1,264}=13.28$, $P=0.0003$) (Tabla 2; Fig. 13).

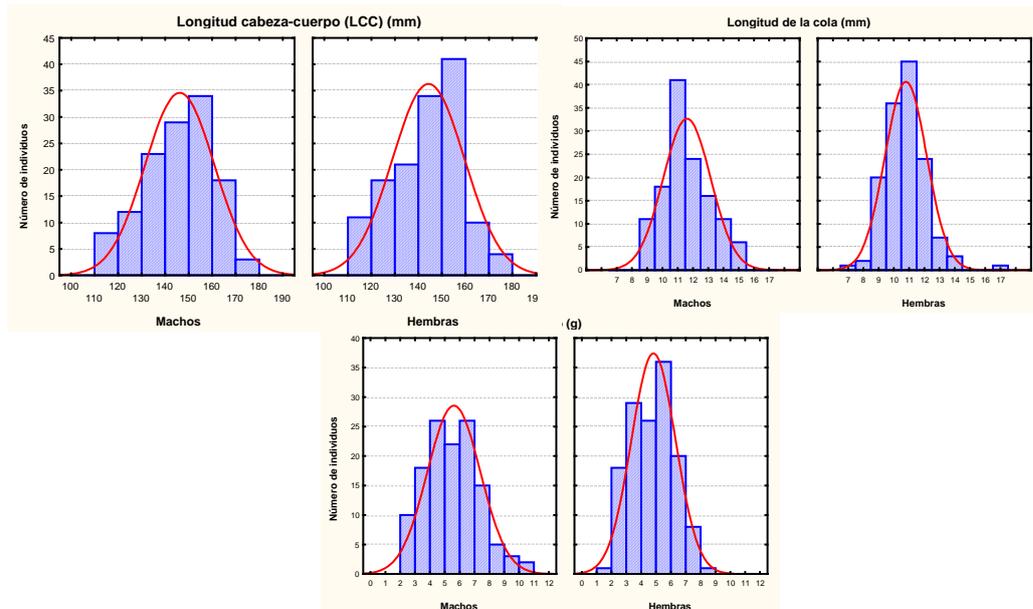


Fig. 13. Dimorfismo sexual en la longitud cabeza-cuerpo (LCC), longitud de la cola y peso.

Sin embargo, dado que los reptiles tienen crecimiento continuo durante toda su vida, las medidas de la cabeza y la cola, y el peso dependen del tamaño corporal general (i.e., individuos más largos tienen cabezas mayores). Así, el tamaño corporal está relacionado positiva y significativamente con el tamaño de la cola (Regresión lineal, $r=0.63$, $F_{1,264}=171.90$, $P<0.0001$), y de la cabeza (longitud: $r=0.66$, $F_{1,254}=194.65$, $P<0.0001$; anchura: $r=0.65$, $F_{1,264}=190.79$, $P<0.0001$; altura: $r=0.67$, $F_{1,264}=207.45$, $P<0.0001$), y con el peso ($r=0.87$, $F_{1,264}=808.56$, $P<0.0001$). Pero, si se elimina matemáticamente el efecto de la covariación con el tamaño corporal (LCC) mediante un ANCOVA, encontramos que para individuos de un tamaño determinado similar, los machos tienen cabezas significativamente más grandes (ANCOVAs, longitud cabeza: $F_{1,253}=28.19$, $P<0.0001$; anchura: $F_{1,253}=13.04$, $P<0.0004$; altura: $F_{1,253}=25.52$, $P<0.0001$), colas más largas ($F_{1,253}=25.08$, $P<0.0001$) y un peso mayor ($F_{1,263}=32.37$, $P<0.0001$) que las hembras (Fig. 14).

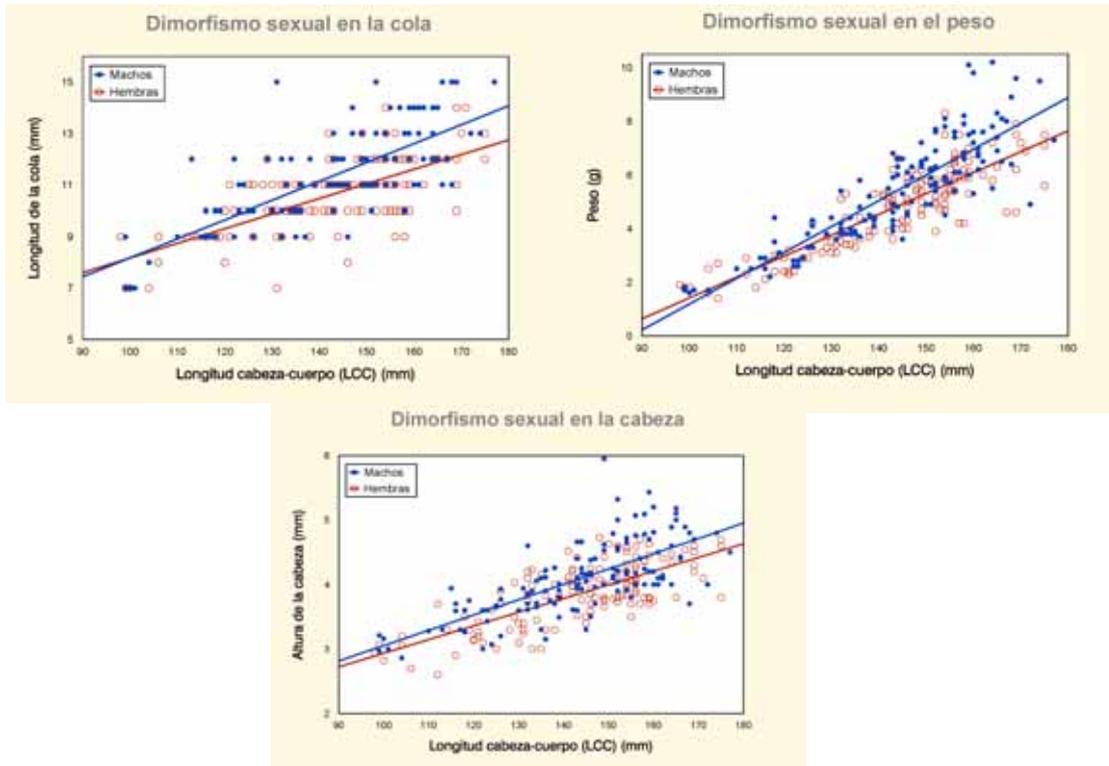


FIG. 14. Relación entre la longitud cabeza-cuerpo (LCC) y otras medidas morfológicas en machos y hembras

5.2.2. Variación de la biometría entre Islas

En adultos, no hay diferencias significativas entre islas en la LCC (machos: $F_{2,124}=1.30$, $P=0.28$; hembras: $F_{2,136}=0.10$, $P=0.91$), ni en el peso (machos: $F_{2,124}=0.78$, $P=0.46$; hembras: $F_{2,136}=0.17$, $P=0.84$) (Tabla 3). Sin embargo, los juveniles de la Isla de Rey son de menor tamaño (LCC: $F_{2,112}=5.94$, $P=0.0035$; test de Tukey: $P=0.0026$) y de menor peso ($F_{2,112}=5.67$, $P=0.0046$; test de Tukey: $P=0.0031$) que los de las otras dos islas, que no difieren en tamaño (tests de Tukey: $P>0.50$ en todos los casos) (Tabla 3; Fig. 15). Esto puede indicar que en Rey hay una proporción mayor de individuos juveniles que han nacido más recientemente (i.e., más pequeños), mientras que en las otras islas se acumularían juveniles de más edad, nacidos antes. Esto sugiere que el número de nacimientos sería mayor en Rey (ver también el apartado 5.3.3 sobre proporción de juveniles en la población).

TABLA 3. Comparación entre islas de la longitud cabeza-cuerpo (LCC) y el peso de adultos y juveniles de <i>Trogonophis wiegmanni</i>.						
	LCC (mm)			Peso (g)		
	<i>Congreso</i>	<i>Isabel</i>	<i>Rey</i>	<i>Congreso</i>	<i>Isabel</i>	<i>Rey</i>
Machos	154 ± 3	147 ± 2	144 ± 2	6.5 ± 0.9	5.6 ± 0.2	5.5 ± 0.2
Hembras	143 ± 7	145 ± 2	143 ± 2	4.6 ± 0.7	4.7 ± 0.2	4.9 ± 0.2
Juveniles	89 ± 6	90 ± 1	83 ± 2	1.2 ± 0.3	1.3 ± 0.1	1.1 ± 0.1

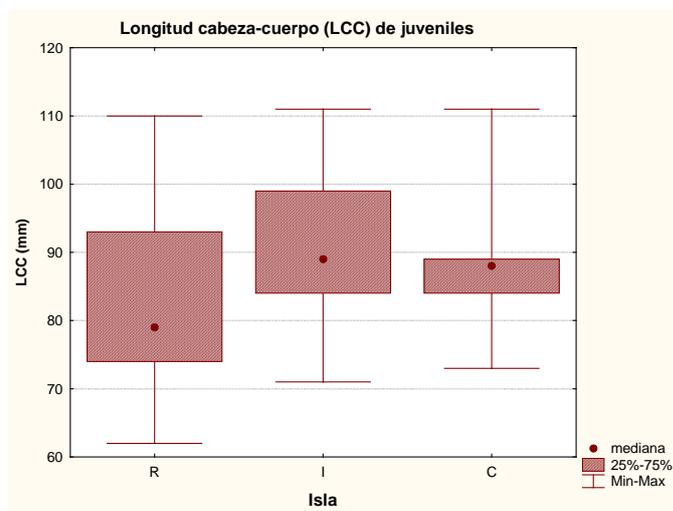


FIG. 15. Variación entre islas en la longitud cabeza-cuerpo (LCC) de juveniles.

5.3. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN

La frecuencia de individuos de cada clase de tamaño encontrados en los muestreos se representa en la Fig. 16. Puesto que en los reptiles la talla viene determinada en gran medida por la edad, y puesto que sólo se producen nacimientos de nuevos individuos durante una época concreta del año, cada nueva cohorte de individuos forma una campana de Gauss (i.e., una distribución normal de frecuencias) de tallas relativamente diferenciada de la cohorte anterior. De acuerdo a este patrón, pueden observarse claramente en la figura la presencia de al menos dos grandes clases de grupos de edad (i.e., dos crestas en la distribución de frecuencias que corresponden a juveniles no reproductores, a la izquierda, y adultos, a la derecha). La madurez reproductiva se alcanzaría con una LCC de entre 110 y 115 mm. Sin embargo, dentro cada uno de estos grupos principales se solapan individuos de distinta edad. Estos solapamientos reflejan, dos clases de edad al menos dentro del grupo de los juveniles (recién nacidos y nacidos en el año anterior), y posiblemente dos o más clases dentro del grupo de los adultos.

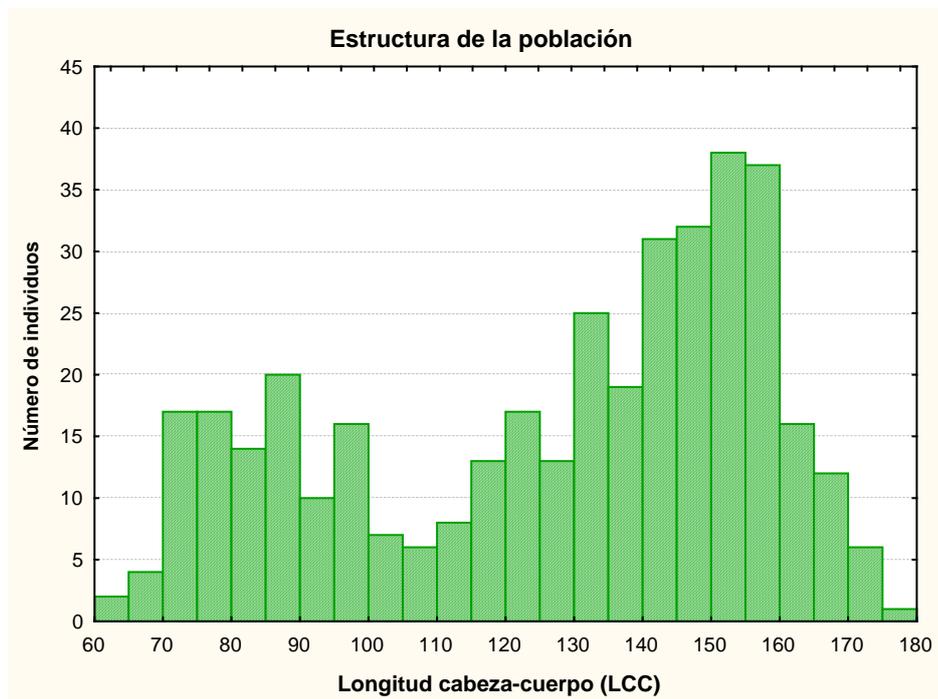


FIG. 16. Estructura de la población de *T. wiegmanni*

5.3.1. Variación estacional

Las frecuencias de individuos de cada talla correspondientes a las dos épocas de muestreo se representan en la Fig. 17. Puede observarse que en el muestreo de septiembre, hay individuos más pequeños (recién nacidos) dentro del grupo de los juveniles, mientras que en el mes de marzo, los juveniles son de mayor talla. Esto indica que los nacimientos tienen lugar exclusivamente a finales del verano (con LCCs aproximadas de entre 60 y 80 mm), y que los individuos recién nacidos van creciendo durante el resto del año pero no son maduros reproductivamente hasta años subsiguientes.

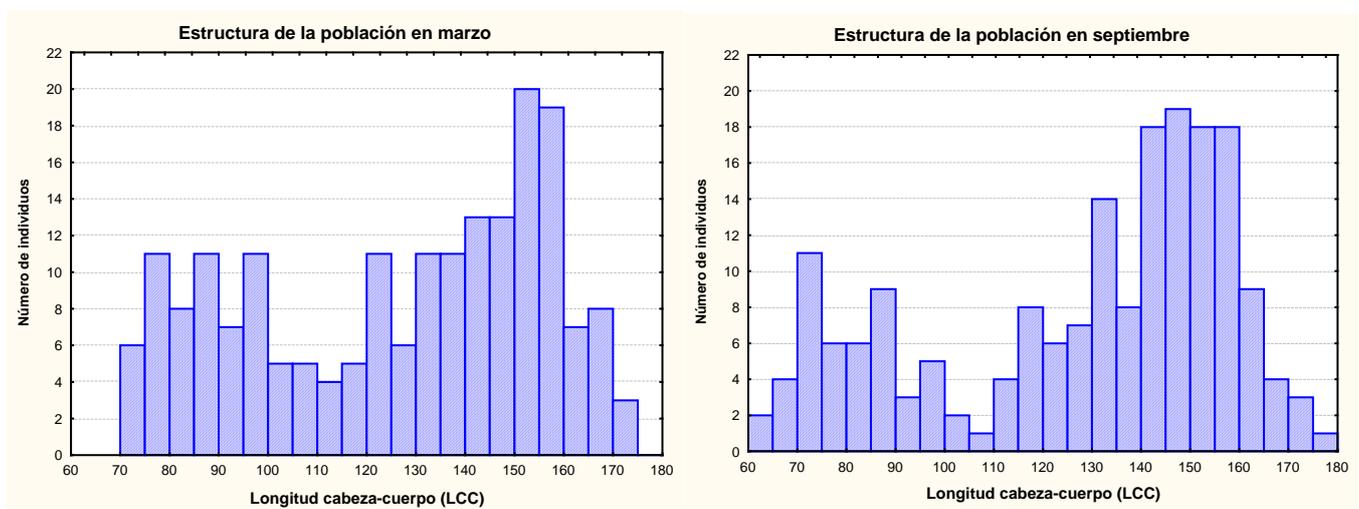


FIG. 17. Variación estacional de la estructura de la población

5.3.2. Sex ratio

De los individuos adultos encontrados un 47.8 % son machos y un 52.2 % son hembras, siendo, así, la sex-ratio de los individuos adultos de 1:1.09 (proporción de machos/hembras) (Fig. 18). Esta relación no difiere significativamente de una proporción teórica de 1:1 ($\chi^2=0.27$, 1 gl, $P=0.60$), por lo que es esperable que en la población real el número de machos sea igual al de hembras. La sex-ratio es similar para las poblaciones de las tres islas (Congreso: 1:1, $\chi^2=0.01$, $P=0.99$; Isabel: 1:1.16, $\chi^2=0.01$, 1 gl, $P=0.90$; Rey: 1:1.05, $\chi^2=0.26$, 1 gl, $P=0.61$), que no difieren significativamente entre ellas ($\chi^2=2.05$, 2 gl, $P=0.36$) (Fig. 18).

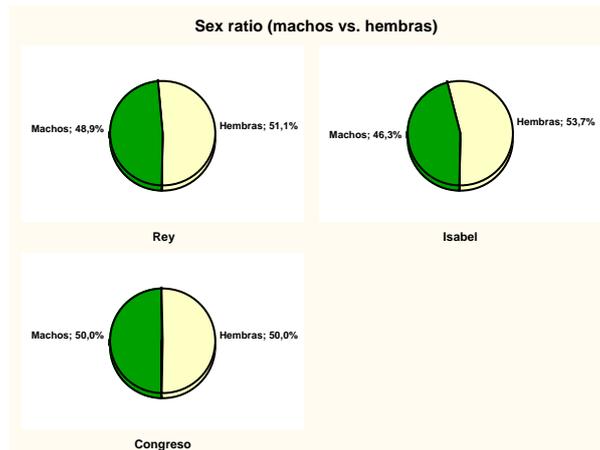


FIG. 18. Variación entre islas en la sex ratio (proporción machos/hembras)

5.3.3. Proporción de juveniles y recién nacidos

Los individuos juveniles (no reproductores) se caracterizan, además de por su menor talla (aprox. LCC<110 mm), por presentar coloraciones del cuerpo amarillentas más vivas y cabezas de color muy oscuro, negro o morado (Fig. 19). Un 30.2 % de los individuos encontrados son juveniles, siendo la relación entre el número de individuos juveniles y adultos de 1:2.31. Es decir, encontramos un individuo juvenil por cada 2.31 individuos adultos (Fig. 20). Esta relación es similar para las poblaciones de las tres islas (Congreso: 1:2.40; Isabel: 1:2.01; Rey: 1:2.56), que no difieren significativamente entre ellas ($\chi^2=0.80$, 2 gl, P=0.67) (Fig. 20).



FIG. 19. Ejemplar juvenil de *T. wiegmanni*

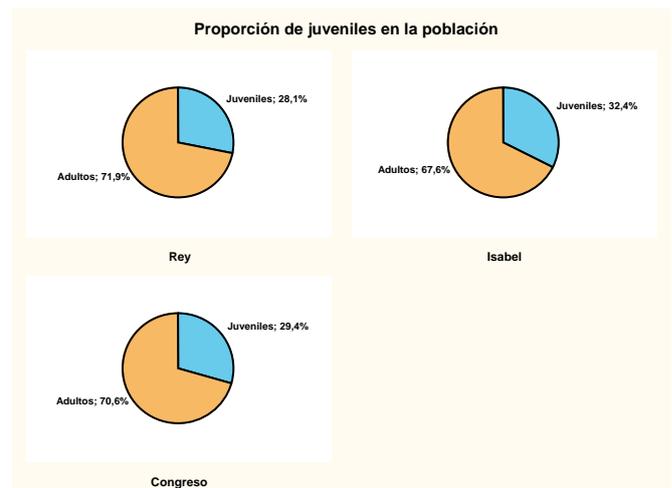


FIG. 20. Variación entre islas en la proporción de individuos juveniles en la población.

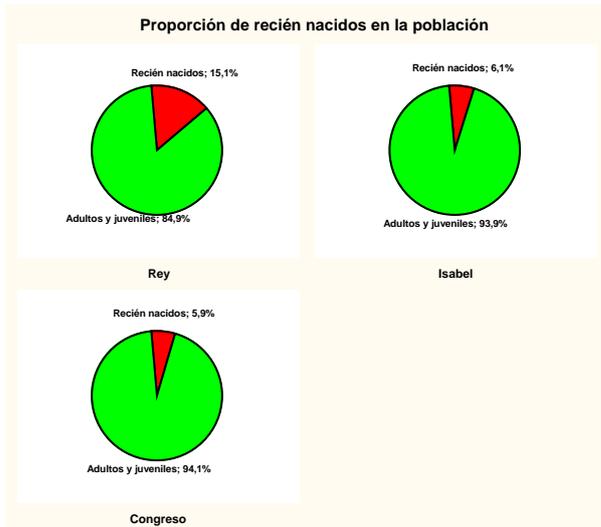


FIG. 21. Variación entre islas en la proporción de recién nacidos en la población.

Sin embargo, si consideramos sólo los juveniles de menor tamaño (i.e. recién nacidos con LCC < 80 mm), encontramos que la proporción respecto al resto de la población es de 1:8.7 (i.e., un 11.5 % de los individuos encontrados son recién nacidos), y esta proporción varía significativamente entre islas (Congreso: 1:16; Isabel: 1:15.8; Rey: 1:5.6; $\chi^2=8.98$, 2 gl, $P=0.011$) (Fig. 21). Así, en Rey la proporción de recién nacidos en la población es del 15.1 %, mientras que es sólo del 6.1 % en Isabel, y del 5.9 % en Congreso. Esto sugiere que la frecuencia de nacimientos es mayor en Rey que en las otras dos islas.

5.4. ESTADO DE SALUD DE LOS INDIVIDUOS

5.4.1. Condición corporal

La condición corporal es estimada como los residuos de la regresión entre peso y longitud cabeza-cuerpo (LCC) (ambas variables transformadas logarítmicamente). Este índice puede ser utilizado como un indicador del estado de salud, asumiendo que los individuos con residuos positivos (más pesados de lo esperado para su talla corporal) tienen una mejor condición corporal (el mayor peso viene en su mayor parte de una mayor reserva de grasa).

La condición corporal de las culebrillas varía significativamente entre sexos y edades (ANOVA bifactorial, efecto del sexo-edad: $F_{2,365}=5.61$, $P<0.004$) (Tabla 4; Fig. 22). Los machos tienen condiciones corporales más altas que las hembras (Test de Tukey: $P<0.0001$) y los juveniles ($P>0.003$), mientras que las hembras y los juveniles tienen condiciones corporales similares ($P=0.20$). Sin embargo, no se observa variación significativa en la condición corporal de los individuos entre islas (efecto isla: $F_{2,365}=1.85$, $P=0.16$) para ninguno de los sexos o edades (interacción sexo-edad x isla: $F_{4,365}=0.18$, $P=0.96$).

TABLA 4. Variación entre islas en la condición corporal (residuos*100)			
	<i>Congreso</i>	<i>Isabel</i>	<i>Rey</i>
Machos	+6.05 ± 9.38	+5.21 ± 2.32	+7.30 ± 1.89
Hembras	-6.55 ± 4.90	-7.42 ± 2.03	-2.35 ± 1.90
Juveniles	-5.69 ± 6.24	-2.39 ± 2.34	+0.56 ± 2.99

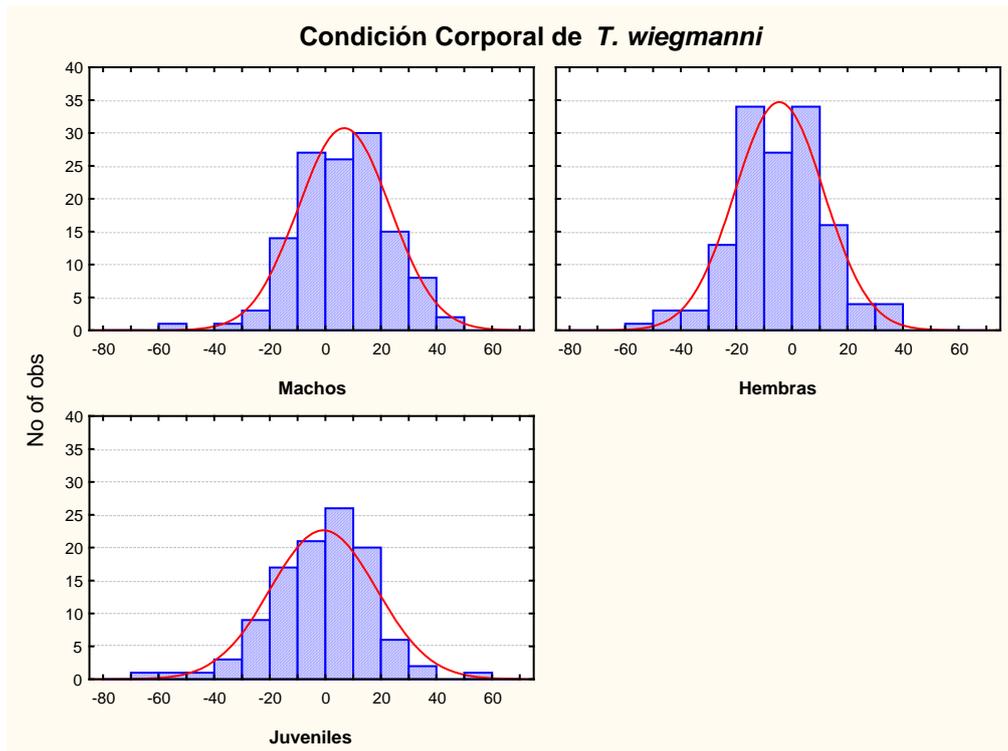


FIG. 22. Variación de la condición corporal (residuos*100) entre clases.

Variación estacional - Considerando el factor estacional en el análisis, la condición corporal de los individuos difiere significativamente entre sexos y edades (ANOVA bifactorial, efecto del sexo-edad: $F_{2,368}=14.24$, $P<0.0001$) (Tabla 5). Sin embargo, no se observa variación significativa en la condición corporal de los individuos entre muestreos (efecto fecha: $F_{1,368}=0.67$, $P=0.41$) para ninguno de los sexos o edades (interacción sexo-edad x fecha: $F_{2,368}=1.13$, $P=0.32$).

TABLA 5. Variación estacional en la condición corporal (residuos*100)		
	Marzo	Septiembre
Machos	+5.47 ± 1.97	+7.00 ± 2.11
Hembras	-4.02 ± 1.60	-5.91 ± 2.26
Juveniles	-3.02 ± 2.17	+1.75 ± 3.21

La variación observada entre individuos (algunos individuos presentan condiciones corporales positivas y otros negativas, puede ser utilizada para relacionar el estado de conservación de un área determinada con el estado de salud de los individuos que ocupan ese área. Además, las variaciones interanuales en la condición corporal de la población permitirán relacionar factores climáticos con el estado de salud de los individuos.

5.4.2. Parasitación

Se han encontrado **nematodos** expulsados en las heces en sólo unos pocos de los individuos de *T. wiegmanni* examinados (Fig. 23). Estos nematodos están siendo estudiados por especialistas para tratar de determinar la especie y el grupo taxonómico al que pertenecen, puesto que el conocimiento sobre nematodos parásitos de anfisbenios es muy escaso (Zapatero et al.,1988). No se descarta que el nematodo que hemos encontrado parasitando culebrillas sea una especie nueva no descrita por la ciencia.

Sin embargo, un estudio más riguroso de la intensidad de parasitación por nematodos requeriría sacrificar ejemplares de culebrilla para extraer los intestinos, o utilizar los excrementos para estimar la intensidad de parasitación a partir de la densidad de los huevos de nematodos encontrados en las heces. Para esto último, es preciso caracterizar primero los huevos de la especie de parásito, por lo que será planteado como tema de investigación en el futuro.

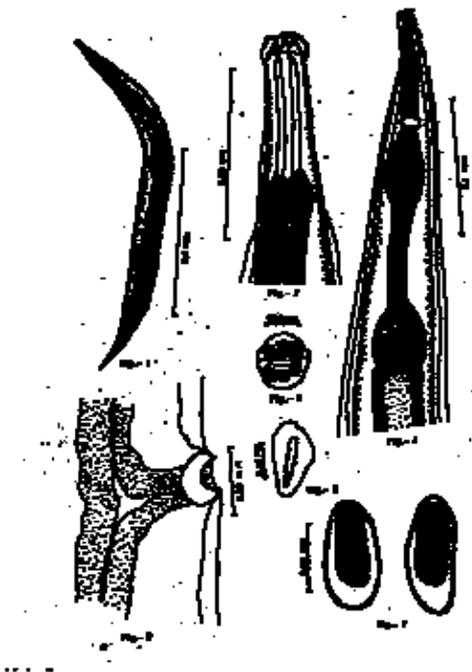


FIG. 23. Ejemplo de un nematodo parásito de anfisbenios “similar” a los encontrados en *T. wiegmanni*, que todavía están por clasificar.

En cuanto a los **parásitos sanguíneos**, la observación preliminar de los frotis sanguíneos ha permitido detectar la presencia de parásitos intracelulares en algunos individuos, similares a los que aparecen en otras especies de reptiles (Fig. 24). Sin embargo, se desconoce la identidad taxonómica de estos parásitos, lo que será estudiado por un experto en un futuro próximo.

A partir de estas muestras se pretende obtener índices preliminares de prevalencia (número de individuos parasitados) y de intensidad de parasitación (número de parásitos por número de células sanguíneas). Pero en próximas campañas, y una vez caracterizados los parásitos, se pretende realizar extracciones de sangre a más individuos de culebrilla, que ocupen diversos microhábitats para realizar un estudio más completo.

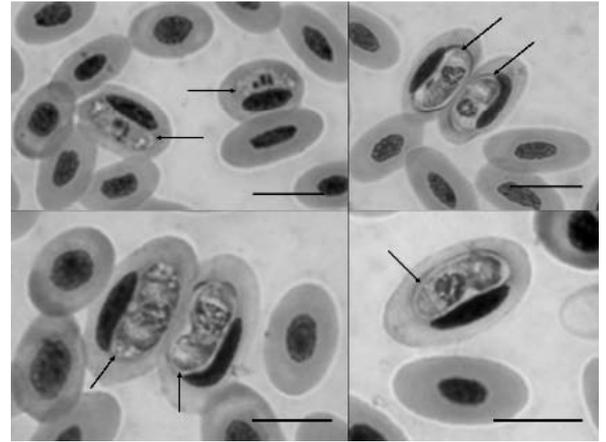


FIG. 24. Ejemplos de parásitos sanguíneos intracelulares (hemogregarinas) de reptiles “similares” a los encontrados en *T. wiegmanni*, aún por clasificar

5.5. RESUMEN DE LOS RESULTADOS MAS RELEVANTES

- Durante estas dos visitas (septiembre de 2009 y marzo de 2010) se han muestreado las tres islas, y se han localizado y estudiado más de 370 individuos de *T. wiegmanni*.

- En cuanto a la **distribución en las Islas Chafarinas**, *T. wiegmanni* se encuentra en las tres islas, pero su distribución no es homogénea en toda su superficie. Esto se explica porque debido a sus hábitos subterráneos, se encuentra ocupando hábitats con suelos desarrollados, con alta cobertura de matorrales y abundancia de piedras, pero nunca puede ocupar áreas de roca desnuda. Es relativamente abundante en las tres islas, pero las mejores poblaciones se encuentran en Rey, seguidas de las de Isabel, y por último Congreso donde la especie es menos abundante.

- Cabe mencionar algunas características particulares de la distribución de la especie en cada una de las islas. En particular, destacamos que en la **Isla de Congreso**, está ausente o es poco abundante, por razones de momento desconocidas, en muchas áreas aparentemente favorables. En la **Isla de Isabel**, la elevada presencia y actividad humana restringe el hábitat disponible por la especie, pero este factor no parece afectar en gran medida a las poblaciones de culebrillas que ocupan zonas naturales o seminaturales de la isla. En la **Isla de Rey**, la culebrilla mantiene sus mejores poblaciones, pero la presencia de un área extensa de roca desnuda en el centro de la isla puede actuar como barrera efectiva, aislando las poblaciones del norte y del sur de la isla. La presencia de la colonia de Gaviota de Auoduin no parece tener ningún efecto negativo, pues las culebrillas son muy abundantes en la zona de nidificación de las gaviotas.

- Las **pedras utilizadas** por las culebrillas son de menor altura que las disponibles y se encuentran situadas más cerca de la cobertura de un arbusto de lo esperado por azar. Esta tendencia es especialmente notable en Isabel, donde las pedras disponibles están más lejos de los arbustos que en otras islas (debido a que la cobertura de arbustos es menor). Por esta razón, muchas pedras no son utilizadas por las culebrillas en estas isla.

- En cuanto a la **biometría**, el presente estudio describe por primera vez para esta especie la existencia de **dimorfismo sexual** en varios caracteres morfológicos. Así, para individuos de un tamaño determinado similar, los machos presentan cabezas más grandes, colas más largas y un peso mayor que las hembras. Además, se ha desarrollado un método de

sexado rápido de los ejemplares en el campo, mediante el examen del interior de las cloacas que no había sido descrito hasta ahora.

- No se observan **diferencias en los tamaños** de los adultos entre islas. Sin embargo, los juveniles son de menor tamaño en Rey, lo que indica que hay una proporción mayor de recién nacidos en esta isla.

- Se puede observar en la población de culebrillas la presencia de al menos dos grandes **grupos de edad** (juveniles no reproductores y adultos). La madurez reproductiva se alcanzaría con una LCC de entre 110 y 115 mm. Sin embargo, dentro de cada uno de los grupos principales se solapan individuos de distinta edad. Esto indica, la existencia de al menos dos clases de edad dentro del grupo de los juveniles (recién nacidos y nacidos en el año anterior), y posiblemente dos o más clases dentro del grupo de los adultos.

- Dentro del grupo de los juveniles, en el muestreo de septiembre se encontraron individuos más pequeños (**recién nacidos**) mientras que en el muestreo de marzo, los juveniles encontrados son de mayor talla. Esto indica que los nacimientos tienen lugar exclusivamente a finales de verano (con LCCs aproximadas de entre 60 y 80 mm).

- La **sex-ratio** de los individuos adultos es de 1:1.09 (proporción de machos/hembras) lo que no difiere de una proporción teórica de 1:1. Es decir, esperamos que en la población real el número de machos sea igual al de hembras. Esta relación es similar en las tres islas.

- La proporción de **individuos juveniles** respecto a la de adultos es de 1:2.31 en las tres islas (i.e., un 30.2 % de los individuos encontrados es un juvenil). Pero, si consideramos únicamente los juveniles de menor tamaño (i.e. recién nacidos con $LCC < 80$ mm) se observa que un 11.5 % de los individuos son recién nacidos, difiriendo esta proporción entre islas y siendo mayor en Rey. Esto sugiere que la **frecuencia de nacimientos** sería mayor en Rey que en las otras dos islas.

- Los machos poseen **condiciones corporales** mayores que las hembras y los juveniles. Sin embargo, no hay variación significativa en la condición corporal de los individuos entre islas, ni tampoco influencia de la variación estacional. Las variaciones en la condición corporal que se registren en sucesivos años permitirán evaluar el estado de salud de la población en relación a las variaciones climáticas.

- Se han encontrado **nematodos intestinales parásitos** expulsados en las heces en sólo unos pocos de los individuos de *T. wiegmanni* examinados. Asimismo, se han encontrado también algunos **parásitos sanguíneos intracelulares**. Estos parásitos están siendo estudiados con más detalle en la actualidad.

Destacamos que los resultados presentados en esta memoria son preliminares y restringidos a un solo año de estudio. Algunos datos pueden variar considerablemente con la información obtenida con más años de estudio, en especial los referentes a la estructura de la población o el estado de salud, que pueden variar según las características de un año concreto. Parte de los estudios realizados y datos obtenidos han sido útiles sobre todo para poder diseñar nuevas metodologías de estudio, anteriormente inexistentes, y poder establecer que aspectos deben ser estudiados en el futuro. Por ello, consideramos que es necesario continuar los estudios realizados hasta el momento durante más campañas para profundizar en el conocimiento de la especie y en su posible problemática de conservación.

6. ESTRATEGIAS DE CONSERVACION

6.1. Consideraciones de conservación

El estado de conservación actual de las poblaciones de culebrilla mora en las Islas Chafarinas es aparentemente aceptable, pues la especie mantiene poblaciones de alta densidad, especialmente en las Islas del Rey e Isabel. La pérdida de hábitat -en especial la pérdida de suelo, piedras y cobertura arbustiva- puede representar la mayor amenaza para la especie en el futuro. Sin embargo, dado que la culebrilla mora puede pasar fácilmente desapercibida debido a sus hábitos subterráneos, existen una serie de **potenciales problemas que deberían ser considerados en relación a su “convivencia” con los seres humanos:**

- Las piedras son un recurso fundamental para las culebrillas. Debajo de ellas encuentran alimento y condiciones de humedad adecuadas, especialmente durante el verano, permitiendo su adecuada termorregulación. Además, las piedras constituyen refugio para otros herpetos de las islas (salamanquesas, eslizones, etc) y otros muchos invertebrados.

Debería por tanto **evitarse el levantar y mover piedras de su posición** (pues esto modifica las condiciones microclimáticas generadas bajo las mismas), o al menos poner cuidado en recolocarlas en su posición inicial sin alterar el suelo bajo ellas ni a su alrededor, y sin afectar a las culebrillas y otros animales que se encuentren bajo ellas. Este problema puede ser grave cuando se realizan labores de mantenimiento de caminos y otras construcciones. Por ejemplo,



Camino marcado mediante el desplazamiento y encalado de piedras.

actividades concretas que se han detectado durante este estudio y que pueden afectar a las culebrillas y a otros animales son el mantenimiento de las estructuras defensivas de las islas (bunkers, trincheras), la creación de caminos y “escudos” militares con piedras encaladas, y el uso de piedras para sujetar las estructuras (cercados) que rodean a la colonia de gaviota de Audouin en la Isla del Rey.

- El **mantenimiento del suelo** es también un problema especialmente grave en las Islas Chafarinas, donde las formaciones edáficas están poco desarrolladas debido a su naturaleza volcánica. Por ello, deberían evitarse o realizarse con cuidado las excavaciones

para extraer tierra destinada a nuevas construcciones o a fines tales como el llenado de sacos terreros utilizados en las posiciones defensivas que abundan por todo el perímetro de las Islas. Además, deberían controlarse la pérdida de suelo en aquellas zonas sujetas a un proceso de erosión más activo, probablemente mediante la repoblación de matorrales autóctonos que sujeten el suelo y permitan su desarrollo.

- La **cobertura de matorral** de las islas no habitadas parece adecuada para las poblaciones de culebrilla, permitiendo el mantenimiento de condiciones microclimáticas adecuadas en el suelo, especialmente durante el verano, cuando las altas temperaturas y la sequía pueden afectar gravemente a las culebrillas. La pérdida de esta cobertura en la Isla de Isabel puede limitar el hábitat disponible para las culebrillas. También en Congreso existe una zona amplia desprovista de matorral que no está ocupada por las culebrillas.

- Los **recorridos de visitantes por las islas** deberían restringirse en lo máximo posible a los caminos que existen ya trazados en la actualidad para evitar que el pisoteo compacte el suelo, aumente su erosión, y provoque el desplazamiento involuntario de piedras. Los visitantes deberían ser informados de la necesidad de tener cuidado con las piedras encontradas.

- Se recomienda la **realización de campañas de divulgación**, por medio de folletos, carteles, etc., que incluyan fotos de las culebrillas, destacando sus hábitos subterráneos e indicando que es una especie completamente inofensiva y no venenosa, y que se encuentra estrictamente protegida. Esto sería de gran interés para que los visitantes y en especial el personal “no biólogo” que trabaja en las Chafarinas, incluyendo las guarniciones militares, conozcan y sean conscientes del valor que tiene la presencia de esta especie en las islas. De esta manera podrían evitarse muertes accidentales provocadas al mover piedras, escarbar, etc., o intencionadas al considerarlas como especies peligrosas.

6.2. Efectos por determinar

Para una gestión adecuada de las poblaciones de culebrilla mora se precisa aún determinar y conocer los efectos de una serie de variables:



Colonia de gaviota patiamarilla en hábitat ocupado por *T. wiegmanni*

- Se necesita determinar el **efecto de las colonias de gaviota patiamarilla** sobre las culebrillas. Por una parte, es posible que exista depredación directa, lo que podría determinarse a partir de la presencia de restos de culebrillas en las egagrópilas de gaviota. Por otro lado, se sabe que los metales pesados de los excrementos de gaviotas tienen un efecto contaminante sobre el suelo en el que se asientan las colonias. Así, las elevadas concentraciones de fósforo y nitrógeno de los excrementos pueden inducir cambios en la composición y en la estructura de la vegetación y alterar la fauna edáfica (Otero 1998a,b). Esto puede afectar

gravemente a las poblaciones de los animales que viven bajo el suelo como la culebrilla, pudiendo explicar, por ejemplo, su ausencia en el extremo norte de la Isla del Congreso.

- El conocimiento sobre la distribución y el **estado real de las poblaciones** de culebrilla es todavía incompleto, debido a la dificultad para encontrar individuos en áreas donde la especie no ha sido aún localizada. En estos casos, es muy difícil asegurar si aún perduran pequeños remanentes, o si estas áreas nunca han sido ocupadas por la especie al haber sido siempre desfavorables, o si ha existido alguna causa que haya provocado la desaparición de las poblaciones y que pueda afectar al resto de las poblaciones.

- Se precisa conocer cómo afectan las **variaciones climáticas interanuales** a las poblaciones de culebrilla, especialmente a la proporción de nacimientos, la densidad de población, etc. Años de extrema sequía o altas temperaturas pueden previsiblemente afectar negativamente a la especie, lo que es realmente preocupante en un escenario actual de cambio climático en el que se prevé el aumento de las temperaturas y las sequías. Un año especialmente “malo” podría provocar extinciones locales de subpoblaciones de culebrilla, cuya recuperación natural sería muy costosa, puesto que en determinadas zonas de las islas

estas subpoblaciones se encuentran prácticamente aisladas debido a la ausencia de suelo y hábitat favorable que conecte las poblaciones en su totalidad.

- No sólo es preciso conocer cómo varían los efectivos poblacionales y la dinámica de las poblaciones, sino también las **variaciones en el estado de salud fisiológica** de los individuos. Esto requeriría de un seguimiento a más largo plazo, en el que se examinaran variaciones en las variables indicadoras como la condición corporal, o los niveles de parasitación, en relación a variables del hábitat, climatológicas, etc.

- Cuando el conocimiento sobre la ecología de la especie sea mayor podría abordarse la **“re población”** de aquellas áreas de las Islas que aún teniendo condiciones aparentemente favorables no albergan culebrillas, o donde son muy escasas. Esto podría realizarse a partir de ejemplares extraídos de las áreas con mayor densidad de población dentro de la misma Isla, pero siempre tras estar seguros que las condiciones en las áreas a repoblar son realmente favorables, y que la extracción de ejemplares no altera a la población de origen.

- Como conclusión final, destacamos que probablemente uno de los mayores problemas de conservación para esta especie, que pasa desapercibida en gran medida por sus hábitos subterráneos, es la **falta de conocimiento e información** sobre su ecología y la dificultad de percibir y estimar como se ven afectadas sus poblaciones si no es mediante la realización de estudios específicos. Por ello es necesario dar continuidad a los estudios realizados hasta el momento para generar información a más largo plazo, información imprescindible para conocer la viabilidad de la población de culebrillas en un futuro y, por lo tanto, para la toma de decisiones de manejo oportunas que permitan afrontar los problemas de conservación que puedan surgir.

6.3. Propuesta de protocolo de seguimiento de las poblaciones para su uso por personal adscrito al equipo de control y seguimiento del RNC Islas Chafarinas

La **metodología de censado** de la culebrilla mora en las Islas Chafarinas es sencilla, pudiéndose establecer en las tres islas unos transectos de muestreo permanentes que en el futuro puedan ser repetidos regularmente por el equipo de seguimiento, con el fin de obtener datos de variaciones relativas en la abundancia de individuos observados, que puedan ser comparados entre años y relacionados con datos de variaciones climatológicas, cambios en el estado de conservación del hábitat, etc.

El protocolo a emplear sería el levantamiento y recolocación meticulosa de un número determinado de piedras (entre 100 y 200 por transecto), de tamaño adecuado para que albergen culebrillas, pero seleccionadas más o menos al azar. Se han de capturar y medir en el campo todos los ejemplares de culebrilla encontrados, que deberían ser inmediatamente liberados en el mismo lugar de captura. Los censos deben realizarse en días soleados, durante la mañana o la tarde, evitando las horas de más calor en verano, y los días en los que las bajas temperaturas impidan la actividad de las culebrillas en otoño-invierno (en cualquier caso, las condiciones climáticas y las temperatura del aire y del suelo deben registrarse en cada muestreo como medida de control). Los censos deberían ser semanales en primavera y otoño, cuando la actividad de las culebrillas es mayor, y mensuales (aprovechando los días favorables) en el invierno y en los meses más calurosos del verano, cuando es previsible que las observaciones de individuos se reduzcan considerablemente.

De este modo, podría obtenerse un **índice de abundancia** por cada muestreo y conocerse los ritmos de actividad estacionales. La localización exacta de estos transectos podría ajustarse al trazado y los alrededores de los caminos que recorren las tres islas, o a los transectos que ya hay establecidos para censar otros herpetos. Por otra parte, los transectos servirían también para obtener índices de abundancia de otros reptiles que se refugian bajo las piedras (eslizonas, salamanquesas y lagartijas).

Si se establece en el futuro un sistema de marcaje efectivo de culebrillas, éstas podrían ser marcadas por científicos en las campañas de estudio, pero podrían ser identificadas con facilidad por el personal del equipo de seguimiento durante los transectos rutinarios. Lo que permitiría una mayor precisión en las estimas poblacionales.

La **toma de medidas biométricas** (longitud cabeza-cuerpo y peso, básicamente) y el sexado de los individuos encontrados también podría ser realizada por el equipo de seguimiento en el futuro, pero requerirá un entrenamiento previo sencillo para estandarizar la forma de tomar las medidas por diferentes personas. Estas medidas proporcionarán datos básicos sobre las variaciones en la estructura de la población y condición corporal de los individuos.

Por otra parte, la toma de **muestras sanguíneas, parásitos, etc.** requiere un entrenamiento más especializado y experiencia previa, por lo que debería ser realizada únicamente por científicos especialistas en visitas regulares a las islas durante la primavera y el otoño.



7. BIBLIOGRAFIA

- AMO, L., LÓPEZ, P. y MARTÍN, J. 2004. Prevalence and intensity of Haemogregarinid blood parasites in a population of the Iberian Rock Lizard, *Lacerta monticola*. *Parasitology Research* 94: 290-293.
- BONNET, X., y NAULLEAU, G. 1994. Utilisation d'un indice de condition corporelle (BCI) pour l'étude de la reproduction chez les serpents. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences- Series II Biologies* 317: 34-41.
- BONS, J. 1967. *Recherche sur la biogéographie et la biologie des Amphibiens et Reptiles du Maroc*. Tesis Doctoral, CNRS Montpellier.
- BONS, J. y GENIEZ, P.H. 1996. *Amphibiens et Reptiles du Maroc (Sahara Occidental compris): Atlas Biogéographique*. Asociación Herpetológica Española, Barcelona.
- BONS, J. y SAINT-GIRONS, H. 1963. Ecologie et cycle sexuel des amphisbeniens du Maroc. *Bulletin Société des Sciences Naturelles et physiques du Maroc* 43:117-159.
- CIVANTOS, E. 2000. Catalogación, distribución y abundancia de la herpetofauna de las Islas Chafarinas. En: *Control y seguimiento de ecosistemas en el RNC de las Islas Chafarinas*. Gómez López T. et al. (eds). Libro II. GENA SL– OAPN. Dirección General de la Naturaleza. Informe Inédito.
- CIVANTOS, E. 2004. Catálogo de reptiles de las Islas Chafarinas. En: *Servicio de apoyo al sistema de información, control y soporte logístico del R.N.C. Islas Chafarinas*. Gómez López, T. et al. (eds). GENA SL– OAPN. Dirección General de la Naturaleza. Informe Inédito.
- CIVANTOS, E., MARTÍN, J. y LÓPEZ, P. 2003. Fossorial life constrains microhabitat selection of the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. *Canadian Journal of Zoology* 81: 1839-1844.
- DOUMERGUE, F. 1901. *Essai sur le faune herpétologique de l'Oranie*. Fouque Ed. Orán.
- FAHD, S. 1993. *Atlas préliminaire des Reptiles du Rif*. Tesis Doctoral. Univ. Abdelmalek, Essaudi, Tetuan.
- FAHD, S. y PLEGUEZUELOS, J.M. 2001. Los reptiles del Rif (Norte de Marruecos) . II: anfisbenios, ofidios. Comentarios sobre la biogeografía del grupo. *Revista Española de Herpetología* 15: 13-36.
- GANS, C. 2005. Checklist and bibliography of the amphisbaenia of the world. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 289: 1-130.

- LÓPEZ, P. 2003. Culebrilla ciega - *Blanus cinereus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Carrascal, L. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
Disponible online en: <http://www.vertebradosibericos.org/reptiles/blacin.htm>
- LÓPEZ, P., CIVANTOS, E. y MARTÍN, J. 2002. Body temperature regulation in the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. *Canadian Journal of Zoology* 80: 42-47.
- MATEO, J.A. 1991. Los anfibios y Reptiles de Ceuta, melilla, Chafarinas, peñón de Vélez de la Gomera, Peñón de Alhucemas e islotes. *Revista Española de Herpetología* 5: 37-41.
- MATEO, J.A. 1997: Los anfibios y reptiles de Ceuta, Melilla, Chafarinas y los peñones de Alhucemas y Vélez de la Gomera. En: *Distribución y Biogeografía de los anfibios y Reptiles en España y Portugal*, J.M. Pleguezuelos (Ed.). Monogr. Herpetol., 3: 451-464.
- MATEO, J.A., JOGER, U., PLEGUEZUELOS, J., SLIMANI, T. y MARTÍNEZ-SOLANO, I. 2008. *Trogonophis wiegmanni*. In: IUCN 2010. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2010.1. <www.iucnredlist.org>.
- MENDONÇA, B. y HARRIS, D.J. 2007. Genetic variation within *Trogonophis wiegmanni* Kaup 1830. *Belgian Journal of Zoology* 137: 239-242.
- MERINO, S. y POTTI, J. 1995. High prevalence of hematozoa in nestings of a passerine species, the pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*). *Auk* 112: 1041-1043
- OTERO, X.L. 1998a. Influencia de la colonia de gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans* Pallas) sobre el contenido de nutrientes (amonio y fósforo) en los suelo de los acantilados del Parque Natural de las Islas Cies (SO de Galicia, NO de España). *Thalassas* 14: 57-62.
- OTERO, X.L. 1998b. Effects of nesting yellow legged gulls (*Larus cachinnans* Pallas) on the heavy metal content of soils in the Cies Islands (Galicia, North-west Spain). *Marine Pollution Bulletin* 36: 267-272.
- PLEGUEZUELOS J. M., MÁRQUEZ R.y LIZANA M. 2002. *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetologica Española (2ª impresión), Madrid, 587 pp.
- SCHLEICH, H.H., KÄSTLE, W. y KABISCH, K. 1996. *Amphibians and Reptiles of North Africa*. Koeltz Sci. Books. Koenigstein, Alemania.
- SIEGEL, S. y CASTELLAN, N.J. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. McGraw Hill. , New York.
- SOKAL, R.R., y ROHLF, F.J. 1995. *Biometry*. Freeman, New York.

- VIDAL, N., AZVOLINSKY, A., CRUAUD, C. y HEDGES, S.B. 2008. Origin of tropical American burrowing reptiles by transatlantic rafting. *Biology Letters* 4: 115-118.
- ZAPATERO, L. M., CASTAÑO, C., LÓPEZ, P. y MARTÍN, J. 1990. *Blanusia pseudorhabditis* n.gen. n.sp. (Nematoda: Cosmocercinae) parásito de *Blanus cinereus* (Vandelli, 1797), (Reptilia; Amphisbaenidae). *Revista Ibérica de Parasitología* 50: 281-288.