

CICLO REPRODUCTIVO DE *PHYMATURUS FLAGELLIFER* (REPTILIA, TROPIDURIDAE)

Reproductive Cycle of *Phymaturus flagellifer* (Reptilia, Tropiduridae)

EVELYN M. HABIT* Y JUAN CARLOS ORTIZ**

RESUMEN

Se caracteriza el ciclo reproductivo de una población de *P. flagellifer* que habita en el Parque Nacional Laguna del Laja, Chile. Se capturaron 143 ejemplares entre octubre de 1986 y marzo de 1987, de los cuales 57 (31 hembras y 26 machos) fueron utilizados para determinar el ciclo reproductivo. Los machos fueron analizados realizando cortes histológicos de testículos y en las hembras midiendo los folículos ováricos, huevos y nonatos. Se determinó que la cópula ocurre entre febrero y marzo, cuando los machos se encuentran en el pico reproductivo. Entre abril y mayo comienza la hibernación, por lo que el nacimiento de los infantiles ocurre al año siguiente, entre enero y febrero. Además, se determina que algunas hembras dan a luz y no son fecundadas durante el mismo período, mientras otras copulan para dar a luz al año siguiente.

ABSTRACT

The reproductive cycle of a population of *Phymaturus flagellifer* from Parque Nacional Laguna del Laja, was characterized. We captured 143 individuals from October 1986 through March 1987, and 57 (31 females and 26 males) out over 143 were analyzed for establishing their reproductive stages. Males were analyzed by studying the spermatogenic stages and females by measuring ovaric follicles, eggs and embryos/fetuses. Fecundation period occurs during February - March, coinciding with the reproductive peak of the males. Hibernation begins during April - May, and the birth of infants takes place during January - February of the following year. However, it was found that some females give birth but do not get inseminated, but only after hibernation.

KEYWORDS: Reproduction. Viviparity. *Phymaturus flagellifer*. Chile.

INTRODUCCION

Los ciclos reproductivos en reptiles se encuentran estrechamente relacionados con factores ambientales (Duvall *et al.*, 1982). La reproducción de los lagartos en zonas templadas presenta ciclos estacionales característicos, con un período de acti-

vidad reproductiva en los meses de primavera y una de inactividad en los meses de otoño e invierno (Fitch, 1970; Heatwole, 1976; Fox, 1977). La estrategia reproductiva más común es la oviparidad, pero los lagartos pueden presentar estrategias de ovoviviparidad e incluso viviparidad, dependiendo de factores ambientales como la altitud, latitud, temperatura, precipitación, humedad y fotoperíodo (Guillette *et al.*, 1980; Guillette, 1982).

Phymaturus flagellifer es un lagarto altoandino, saxícola y herbívoro (Lamborot y Navarro, 1984), distribuido en Chile entre los 32° y 37° S. La población de *P. flagellifer* presente en el Parque Nacional Laguna del Laja habita bajo condiciones

*Centro EULACHile, Casilla 156C, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

**Departamento de Zoología, Universidad de Concepción, Casilla 240710, Concepción, Chile.

de clima muy severas durante el invierno (Ortiz, 1993), lo que implica que este tipo de lagartos presenta largos períodos de hibernación (Gregory, 1982). La actividad reproductiva queda restringida a un período corto, en el cual se debe desarrollar alguna estrategia reproductiva que les permita asegurar su descendencia. En el presente trabajo se da a conocer el ciclo reproductivo de *P. flagellifer*, de cuya reproducción poco o nada se conoce (Donoso Barros, 1966; Cei, 1986).

MATERIALES Y METODOS

Los ejemplares fueron capturados en el Parque Nacional Laguna de la Laja (VIII Región, 37° 20' S; 71° 18' O; 1.700 m.s.n.m.) durante los meses de octubre de 1986 a marzo de 1987. Paralelamente, se realizaron observaciones del comportamiento (Habit y Ortiz, en prensa), que permitieron determinar los períodos de actividad diarios y estacionales, así como la época en que se realiza la cópula.

El clima del Parque se caracteriza por presentar abundantes precipitaciones en forma de nieve entre junio y septiembre, alcanzando a 2.170 mm en un año normal. La temperatura media en invierno es de 0.3 °C (Ortiz, 1993).

Se capturó un total de 143 ejemplares (72 hembras y 71 machos), los cuales fueron medidos y pesados en terreno. De éstos, 57 individuos (31 hembras y 26 machos) fueron sacrificados para el análisis de su estado reproductivo, fijándose con inyección de formalina al 10% para luego ser conservados en alcohol al 70%. Estos fueron depositados en la colección herpetológica del Museo de Zoología de la Universidad de Concepción (MZUC).

Los datos obtenidos a partir de los 143 ejemplares que fueron medidos permitió determinar la relación longitud-peso y las clases de tamaño por sexo. Para ello los datos de longitud hocico-cloaca (mm) y peso (gr) fueron ajustados a un modelo de regresión multiplicativo para cada sexo. La comparación de las pendientes de regresión entre machos y hembras se realizó mediante la prueba *t* de Student (Zar, 1984).

El ciclo reproductivo de las hembras fue estudiado removiendo los ovarios y los oviductos. Los folículos en vitelogénesis, huevos oviductales y nonatos fueron contados y medidos con un vernier digital 0,001 mm de precisión. La madurez de los folículos se determinó en función de su tamaño, considerando a aquellos iguales o mayores a 3 mm como folículos maduros (Vitt, 1982; Rodríguez-

Ramírez y Lewis, 1991). El ciclo reproductivo y las clases de tamaño de las hembras se establecieron de acuerdo al tamaño de sus folículos o huevos, al estado de desarrollo en que éstos se encontraban y a su ubicación dentro del sistema reproductor (ovario u oviducto). Estos datos fueron complementados con el mes de recolección y la LHC. Paralelamente se realizaron experiencias de marcaje y recaptura de 10 hembras, las cuales fueron medidas (LHC) y pesadas en cada ocasión de recaptura, para verificar probables pérdidas de peso por alumbramiento, entre noviembre de 1986 y marzo de 1987, con un mínimo de dos capturas por hembra.

Para determinar el estado reproductivo de los machos se midió el eje mayor del testículo derecho, individualizándolo junto al epidídimo para luego realizar cortes histológicos de ambos. Los cortes de 7 μ m fueron teñidos con hematoxilina de Mayer y contrastados con floxina. La nomenclatura utilizada para la descripción de los estados espermatogénicos corresponde a la proporcionada por Mayhew y Wright (1970). Las clases de tamaño y ciclo reproductivo de los machos fueron establecidos en base al tamaño corporal, tamaño testicular, estado espermatogénico y fecha de recolección.

RESULTADOS

Relación Longitud-Peso

La relación longitud-peso de machos y hembras resultó altamente significativa ($r = 0.98$ y $r = 0.94$, $p < 0.0001$), (Fig. 1), mientras que las pendientes de regresión no fueron diferentes entre ambos sexos ($t = -0.506$, 137 g.l., $p > 0.05$).

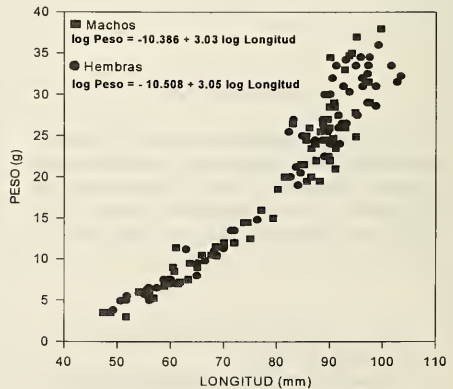


FIGURA 1. Relación longitud-peso de machos y hembras.

Estado reproductivo

Hembras: La longitud hocico-cloaca (LHC) fluctuó entre 42,9 y 100,1 mm. Las hembras menores a 84,7 mm LHC presentaron sólo folículos en los ovarios. De éstas, aquellas menores a 66,0 mm LHC tenían folículos transparentes y pequeños (0,75 a 2,00 mm de diámetro), mientras que las hembras entre 66,0 a 84,7 mm LHC presentaron folículos levemente más opacos pero no mayores a 3,00 mm de diámetro. Aquellas mayores a 84,7 mm presentaron folículos en vitelogenénesis, los que midieron hasta 4,8 mm. Las hembras mayores a 86,0 mm LHC presentaron huevos desarrollados y nonatos.

Las hembras con folículos en vitelogenénesis correspondieron a aquéllas capturadas en los meses de octubre, febrero y marzo. Ejemplares recolectados en octubre y diciembre presentaron huevos en el oviducto y los nonatos aparecieron sólo en hembras capturadas durante el mes de febrero (Tabla I).

Tabla I. Ubicación, número y talla de huevos y neonatos en los diferentes meses. N = número de hembras.

Fecha	N	Estado de Desarrollo	Rango de Tamaño (mm)	Posición	Nº por Hembra
Marzo	4	Folículo Vitelino	13.16-18.78	Ovario	2
Octubre	3	Folículo Vitelino	11.79-13.14	Ovario	2
	2	Huevo*	22.29-23.02	Oviducto	2
Diciembre	3	Huevo*	17.04-23.02	Oviducto	1 6 2
Febrero	3	Folículo Vitelino	1.00-13.00	Ovario	2
	2	Nonato	37,34-38,00**	Oviducto	1 6 2

*En los huevos en el oviducto se advierte la presencia de un embrión.

**Los nonatos fueron medidos enrollados dentro del oviducto.

Las hembras con nonatos presentaron muy pocos restos o ausencia de contenido estomacal, y sus estómagos se encontraban fuertemente comprimidos.

Tamaño potencial de la camada y época de nacimientos

El tamaño potencial de la camada de *P. flagellifer* es de una o dos crías. Ninguna hembra estudiada presentó más de dos huevos en desarrollo, y sólo uno o dos nonatos en los oviductos.

La época de nacimientos ocurre desde mediados de enero a fines de febrero, cuando se encuentran ejemplares infantiles en terreno, desde 48,7 a 52,0 mm LHC (con un promedio de peso de 3,8 g). Los nonatos encontrados en los oviductos de las hembras

de febrero midieron, una vez extendidos, entre 46,0 y 47,8 mm LHC. Además, dos de las hembras marcadas y recapturadas durante la segunda quincena de enero sufrieron pérdidas de peso de 7,5 y 11,2 g en un lapso de tres días (Fig. 2), que concuerda con el peso promedio de los tres nonatos encontrados en los oviductos (4,1 g).

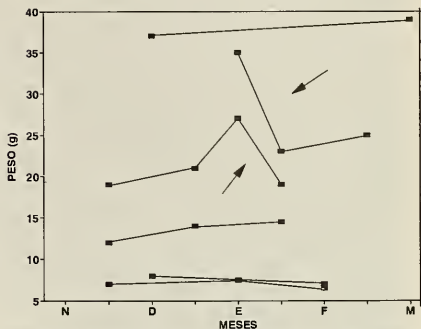


FIGURA 2. Registro del peso (gr) de 10 hembras marcadas y recapturadas entre enero y diciembre. La flecha indica las pérdidas de peso por alumbramientos.

Clases de tamaño de hembras

De acuerdo al estado reproductivo de las hembras analizadas, se establecen las siguientes clases de tamaño:

Clase I: Infantiles y juveniles: 48,0-65,0 mm LHC, con folículos menores a 2 mm de diámetro. Se consideran infantiles aquellos individuos que midieron entre 48,0 y 52,0 mm LHC y que corresponden a los individuos más pequeños encontrados. Aquellos individuos entre 53,0 y 65,0 mm LHC fueron designados como juveniles.

Clase II: Inmaduros: 66,0-84,9 mm LHC. Las hembras en esta clase de tamaño corresponden a aquéllas aún sexualmente inmaduras, con folículos entre 2 y 3 mm de diámetro.

Clase III: Adultos: > 85,0 mm LHC. Las hembras en clase de tamaño III son sexualmente maduras y son potencialmente reproductivas.

Machos: El tamaño de los machos fluctuó entre 53,5 y 103,2 mm LHC. El tamaño de las gónadas

varió de acuerdo al mes de muestreo y a la longitud hócica cloaca del ejemplar. Los individuos entre 53,5 y 80,0 mm de LHC, se caracterizaron por presentar testículos sin lumen en los túbulos seminíferos y rodeados por pocos fibroblastos. El epitelio germinal constó sólo de células de Sertoli y espermatogonias (Fig. 3.I). Por el contrario, todos los ejemplares mayores a 80,0 mm LHC presentaron algún estado espermatogénico entre los meses de octubre y marzo.

La media del tamaño testicular de machos adultos fue 5,34 mm en noviembre; 7,13 en diciembre; 7,06 mm en enero; 7,06 mm en febrero y 6,47 en marzo. Los machos con testículos menos desarrollados correspondieron a un ejemplar de marzo y uno de noviembre (100,40 mm LHC y 5,34 mm; 87,88 mm LHC y 4,00 mm, respectivamente).

Los estados espermatogénicos encontrados en los diferentes meses de muestreo fueron los siguientes. Los ejemplares de noviembre se encontraron en estado espermatogénico 2 (Fig. 3.II). En ellos los túbulos seminíferos se caracterizaron por la presencia de espermatoцитos primarios en el margen luminal y algunas espermatogonias en el borde interno. Tanto el lumen como las células columnares del epidídimo se encontraron poco desarrollados. Los machos recolectados durante el mes de diciembre alcanzaron estado espermatogénico 3 (Fig. 3.III), el que se caracterizó por la presencia de espermatoцитos secundarios en el borde del lumen. Además, las células de Sertoli, espermatogonias y espermatoцитos primarios se encontraron desde la base del túbulo hacia el lumen. Los individuos de enero presentaron estado 5 (Fig. 3.IV), en el que los túbulos seminíferos tienen espermátidas en metamorfosis en el margen luminal. El diámetro de los túbulos seminíferos se caracterizó por ser mayor al observado en machos de noviembre y diciembre. Los machos de febrero presentaron estado espermatogénico 6, o pico reproductivo (Fig. 4.I). En ellos, los túbulos seminíferos mostraron gran cantidad de espermatozoides tanto en el margen como dentro del lumen. Todos los restantes estados de las células germinales se encontraron presentes y con abundante cantidad de gametos maduros en el epidídimo (Fig. 4.II). En marzo, algunos machos aún presentaron estado 6, sin embargo, la mayoría se encontraron en estado 7 o regresión testicular temprana (Figs. 4.III y 4.IV). En ella los túbulos seminíferos se caracterizaron por una desorganización del epitelio germinativo y desechos celulares en el lumen.

Clases de tamaño de los machos

A partir de los datos de tamaño corporal, testicular y estado espermatogénico se establecen las siguientes clases de tamaño:

Clase I: Infantiles y juveniles: 48,7-64,9 mm LHC. Machos con testículos sin lumen en los túbulos seminíferos. Se consideran infantiles a los individuos entre 48,7 y 52,9 mm LHC, y juveniles aquéllos entre 53,0 y 64,9 mm LHC.

Clase II: Inmaduros: Individuos entre 65,0 y 79,9 mm LHC. Machos sexualmente inmaduros, con testículos sin lumen en los túbulos seminíferos.

Clase III: Adultos: >80,0 mm LHC. Machos sexualmente maduros y potencialmente reproductivos.

Ciclo reproductivo de *Phymaturus flagellifer* (Fig. 5)

De acuerdo a las observaciones realizadas en terreno y a la información obtenida del análisis gonádico se postula el siguiente ciclo reproductivo. La cópula ocurre durante el mes de febrero y comienzos de marzo, época en que fue observada en 12 oportunidades y los machos se encuentran en estado espermatogénico 6. Durante los meses de abril a junio, cuando los machos se encuentran en regresión testicular, y algunas hembras están fecundadas, comienza la hibernación, debido a la caída de nieve y bajas temperaturas.

La emergencia desde el estado de hibernación ocurre conjuntamente con los incrementos de la temperatura, durante el mes de octubre. Los machos adultos emergen en estado testicular 1 ó 2 para comenzar la espermatogénesis, la que se completará en febrero. Las hembras, en cambio, se dividen en dos grupos que emergen con estados reproductivos diferentes. Aquellas que fueron fecundadas en febrero de ese año presentan embriones en los oviductos (tal como las hembras encontradas en octubre), los que continuarán su desarrollo hasta enero o febrero del año siguiente, cuando ocurren los nacimientos. Las demás hembras corresponden a aquellas que se encontraban grávidas el verano anterior. Estas comienzan su vitelogénesis luego del alum-

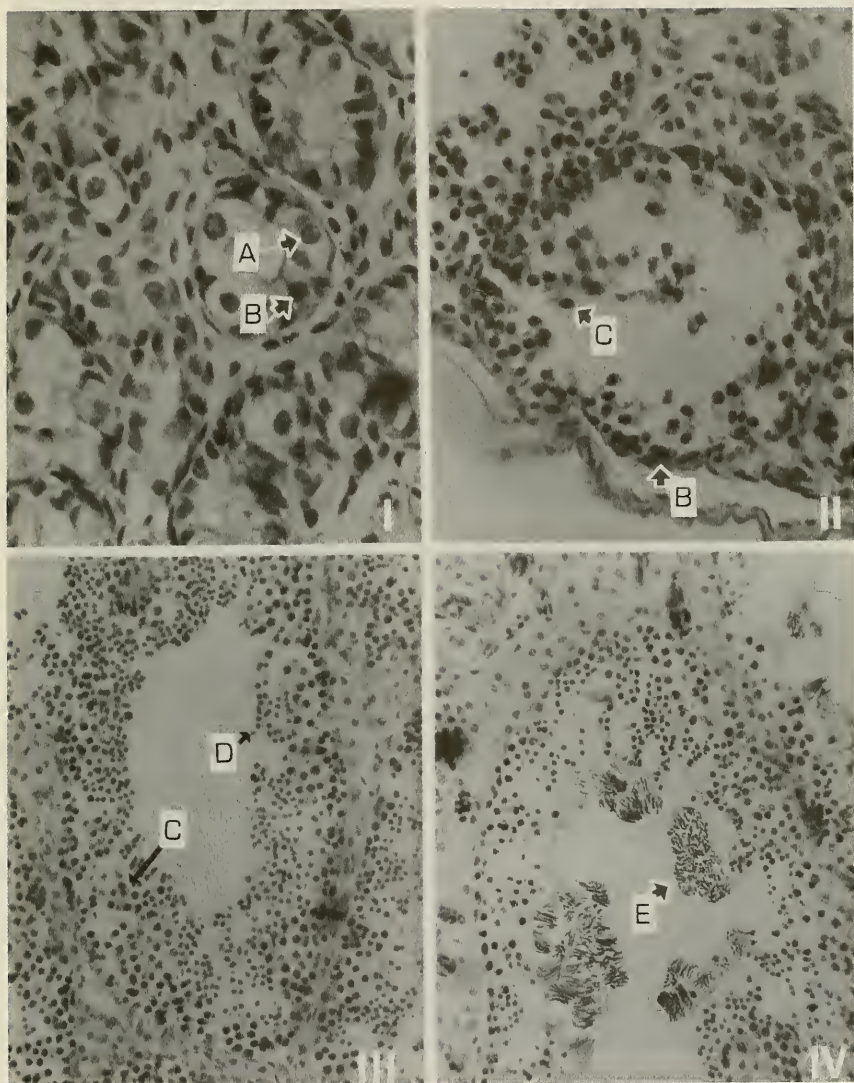


FIGURA 3. Cortes histológicos de túbulos seminíferos. I) Macho inmaduro; II) Estado espermatogénico 2; III) Estado espermatogénico 3; IV) Estado espermatogénico 5. Rótulos: A) núcleo célula de Sertoli; B) espermatogonia; C) espermatocito primario; D) espermatocito secundario; E) espermátidas en diferenciación.

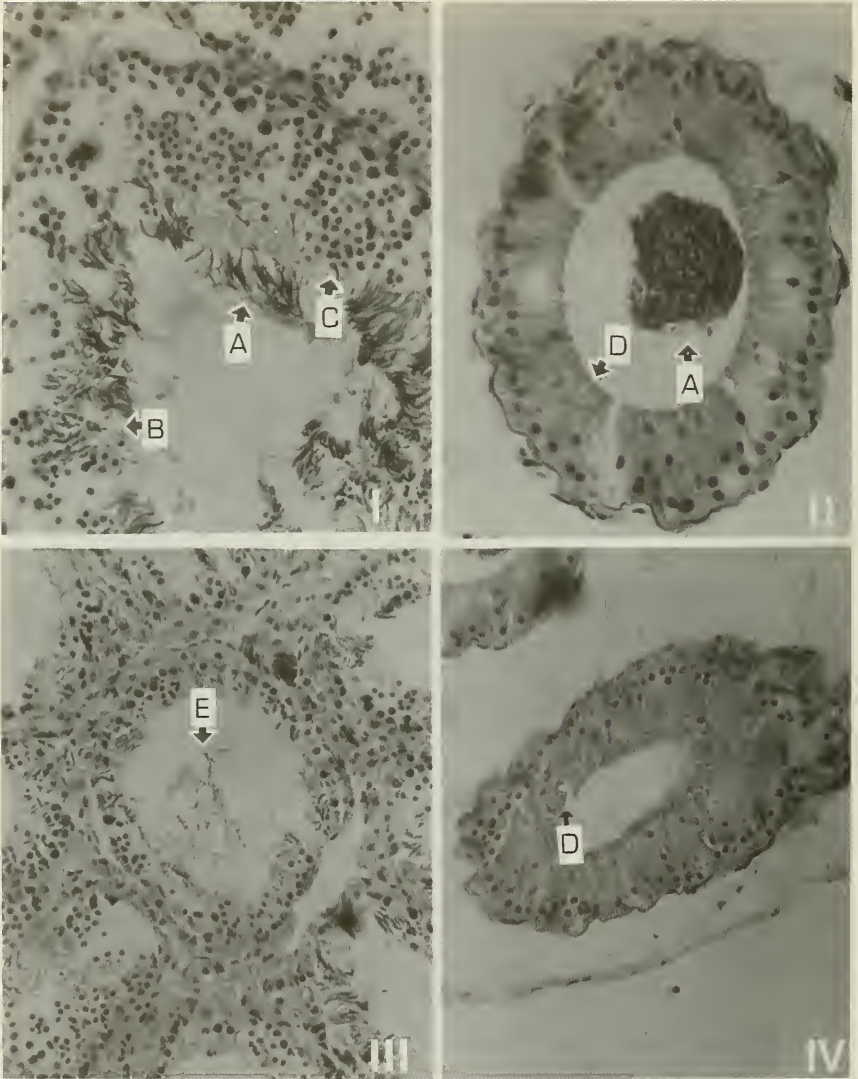


FIGURA 4. I) Túbulo seminífero en estado espermatogénico 6; II) Epidídimo en estado 6; III) Túbulo seminífero en estado espermatogénico 7; IV) Epidídimo en estado 7. Rótulos: A) espermatozoides; B) espermátidas; C) espermatoцитos secundarios; D) células columnares; E) desechos celulares.

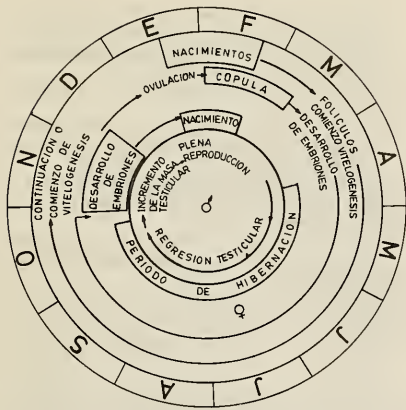


FIGURA 5. Ciclo reproductivo de *P. flagellifer*. Desde el exterior del círculo hacia adentro se indican los meses del año (iniciales), el ciclo de hembras y el ciclo de los machos.

bramiento (lo que se infiere a partir de los folículos vitelinos encontrados en hembras de marzo y octubre), pero pronto entran en hibernación. Por lo tanto, su estado reproductivo al emerger es el comienzo o continuación de la vitelogénesis.

DISCUSION

El ciclo reproductivo propuesto para *P. flagellifer* sugiere que las hembras no dan a luz todos los años, sino que año por medio. Este patrón no es común en reptiles, incluso para aquellos lagartos que habitan en condiciones similares, en los que la fecundación se produce al momento de la emergencia de la hibernación, tal como en *Sauromalus obesus* (Johnson, 1965). Ello podría ocurrir en *P. flagellifer* si se disminuyera el tiempo del desarrollo ovular y se depositara el vitelo antes de entrar en hibernación. Sin embargo, las hembras grávidas pasan por un período de inanición, debido a que sus estómagos se encuentran fuertemente comprimidos por la presión que ejercen los nonatos, obstaculizando su capacidad de alimentación. Por ello necesitan un lapso de recuperación y acumulación de reservas para el invierno luego de los nacimientos, y antes de entrar en hibernación. Por otro lado, a pesar de que en *P. flagellifer* la vitelogénesis puede comenzar previo a la hibernación, las hembras no pueden ser fecundadas a comienzos de primavera (septiembre-

octubre), ya que los machos se encuentran en esa época en estado espermatogénico 2. Considerando lo anterior, los huevos con embriones encontrados durante los meses de octubre y diciembre deben haber sido fecundados el verano anterior.

De igual forma, los machos presentan su estado de reproducción plena (estado 6) al tiempo de la ovulación de las hembras. Este período tiene una duración relativamente breve, lo cual es comparable a lo observado en *Liolaemus nigromaculatus kuhlmani* (Ortiz y Zunino, 1976), *Sceloporus scalaris* (Newlin, 1976) y *S. virgatus* (Ballinger y Ketels, 1983), todas con una sola postura al año, lo cual implica un menor esfuerzo reproductivo que en especies con múltiples posturas (Ballinger y Ketels, 1983). La breve época de cópulas de *P. flagellifer* está acompañada de un intenso despliegue de comportamientos territoriales y jerárquicos (Habit y Ortiz, 1995; Habit y Ortiz, en prensa). Ellos aseguran el encuentro de los machos con las hembras aptas para ser fecundadas y la protección de las hembras grávidas. Así, el corto período de reproducción es aprovechado para una actividad reproductiva que signifique un breve esfuerzo en la producción de gametos, pero un mayor esfuerzo en asegurar la fecundación y el nacimiento de los infantiles.

Por lo tanto, *P. flagellifer* produce una postura de 1 ó 2 individuos al año, reteniendo los huevos y asegurando la supervivencia del embrión, al contrario de lo que ocurre en especies que habitan en ambientes temperados (Andrews y Rand, 1974). Esta característica, más un período de gestación prolongada (1 año), sugieren que *P. flagellifer* es una especie viví para, tal como lo había mencionado Donoso Barros (1966). Dicha estrategia reproductiva, más una organización social, sugiere una adaptación especial de esta población a un hábitat altamente inhóspito.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción que financió parcialmente este estudio (Proyecto 92.38.24-1); a la Corporación Nacional Forestal (CONAF); al Laboratorio de Biología del Desarrollo de la Universidad de Concepción por su cooperación para realizar los cortes histológicos; a Pedro Victoriano y Héctor Ibarra por su ayuda en terreno y al Dr. Miguel Cristie por la revisión del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA

- Andrews, R. y A.S. Rand. 1974. Reproductive effort in anoline lizards. *Ecology* 55: 1317-1327.
- Ballinger, R.E. y D.J. Ketels. 1983. Male reproductive cycle of the lizard *Sceloporus virgatus*. *Journal of Herpetology* 17(1): 99-102.
- Cei, J.M. 1986. Reptiles del centro, centro-oeste y sur de la Argentina. Herpetofauna de las zonas áridas y semiáridas. Mus. Reg. di Sc. Nat. Torino. Monografía IV. Mendoza, Argentina. 527 págs.
- Donoso Barros, R. 1966. Reptiles de Chile. Ed. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 458 págs.
- Duval, D., L.J. Guillette, y R. Jones. 1982. Environmental control of Reptilian reproductive cycles. En: C. Gans (ed). *Biology of the Reptilia*. Academic Press. Vol. 13: 201-223.
- Fitch, H.S. 1970. Reproductive cycles in lizards and snakes. Univ. Kansas Mus. Nat. Hist., Lawrence.
- Fox, H. 1977. The urogenital system of reptiles. En: C. Gans (ed). *Biology of the Reptilia*. Academic Press. Vol 6: 1 157.
- Gregory, P. 1982. Reptilian hibernation. En C. Gans (ed). *Biology of the Reptilia*. Academic Press. Vol 13: 53-154.
- Guillette, L.J. 1982. The evolution of viviparity and placentation in the high elevation, mexican lizard *Sceloporus aeneus*. *Herpetologica* 38(1): 94-103.
- Guillette, L.J., R.E. Jones. K. Fitzgerald y H. Smith. 1980. Evolution of viviparity in the lizard genus *Sceloporus*. *Herpetologica* 36(3): 201-215.
- Habit, E. y J.C. Ortiz. 1995. Ambito de hogar de *Phymaturus flagellifer* (Reptilia, Tropiduridae). *Boletín Sociedad de Biología de Concepción*. Vol. 65. (En prensa).
- Habit, E. y J.C. Ortiz. (En prensa). Patrones de comportamiento y organización Social de *Phymaturus flagellifer* (Reptilia: Tropiduridae). *Actas del II Congreso Latinoamericano de Herpetología*. Mérida, Venezuela.
- Heatwole, H. 1976. *Reptile Ecology*. University of Queensland Press, St. Lucia.
- Johnson, S.R. 1965. An ecological study of the chuckwalla *Sauromalus obesus* Baird, in the Western Mojave Desert. *The American Midland Naturalist* 73(1): 129.
- Lambrot, M. y J. Navarro Suarez. 1984. Karyotypes and sex determination in *Phymaturus flagellifer* Molina (Iguanidae). *Herpetologica* 40(3): 258-264.
- Mayhew, W. y S. Wright. 1970. Seasonal changes in testicular histology of three species of the lizard genus *Uma*. *J. Morph.* 130: 163-186.
- Newlin, M.E. 1976. Reproduction in the bunch grass lizard, *Sceloporus scalaris*. *Herpetologica*. 32: 171-184.
- Ortiz, J.C. y S. Zunino. 1976. Ciclo reproductor de *Liolaemus nigromaculatus kuhlmani*. *An.Mus.Hist.Nat. Valparaíso*. 9: 127-132.
- Ortiz, J.C. 1993. Areas silvestres protegidas de la VIII Región. En: Una visión caledoscópica de los recursos naturales. 3: 49-68.
- Rodríguez-Ramírez, J. y A. Lewis. 1991. Reproduction in the Puerto Rican teiids *Ameiva exsul* and *A. wetmorei*. *Herpetologica* 47(4): 395-403.
- Vitt, L.J. 1982. Reproductive tactics of *Ameiva ameiva* (Lacertilia: Teiidae) in a seasonally fluctuating tropical habitat. *Can. J. Zool.* 60: 3113-3120.
- Zar, J. 1984. *Bioestatistical analysis*. 2th Edition. 718 págs.