

UNA NUEVA ÁREA DE ELEVADA RIQUEZA DE ANUROS EN EL BOSQUE LLUVIOSO ATLÁNTICO DE BRASIL

JUAN CARLOS GUIX, GUSTAVO LLORENTE, ALBERT MONTORI,
MIGUEL ANGEL CARRETERO & XAVIER SANTOS

Dept. Biología Animal (Vertebrats). Fac. Biología. Univ. Barcelona.
Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona. España
e-mail: herpetologia@porthos.bio.ub.es

Key words: amphibians, Atlantic rainforest, Brazil, hotspot area, forest fragmentation, conservation.

INTRODUCCIÓN

Los anfibios de la Región Neotropical se hallan entre los más diversificados y menos conocidos del mundo. Hasta la fecha, se han catalogado en esta región (excluyendo las sinonimias) alrededor de 3.250 especies, repartidas en 16 familias (FROST, 1985; DUELLMAN, 1993; GLAW & KÖHLER, 1998; DUELLMAN, 1999), que representan el 68% de los anfibios conocidos. A estas cifras probablemente habría que añadir algunos centenares de especies que aún no han sido descritas, fundamentalmente leptodactílicos e hílidos.

Uno de los biomas de mayor diversidad florística y faunística de Sudamérica y con mayor tasa de endemismos es el bosque lluvioso atlántico de Brasil (DIXON, 1979; LYNCH, 1979; CRACRAFT, 1985; BROOKS & BALMFORD, 1996; DUELLMAN, 1999). Hasta finales del siglo XVI, esta pluvisilva tropical se distribuía por una franja de más de 3.000 km de longitud y 100-200 km de anchura, a lo largo de la costa este de Brasil, entre los estados de Rio Grande do Norte y el Rio Grande do Sul (HUECK, 1972). Dado que esta fue la región que recibió el primer impacto de la colonización europea (a mediados del siglo XVI), actualmente es uno de los biomas más amenazados del mundo (BROOKS & BALMFORD, 1996). Aunque la tala de este tipo de bosque está prohibida por el gobierno brasileño, aún hoy en día se produce esta actividad en extensas áreas de pluvisilva atlántica, tanto secundarias como maduras,

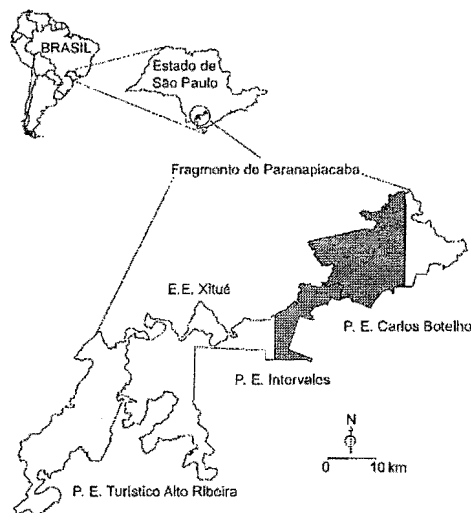


Figura 1. Localización del fragmento forestal de Paranapiacaba y del área de estudio.

para permitir el paso de carreteras, para plantación de eucaliptos y para cría de ganado. El resultado ha sido la reducción del área forestada a miles de fragmentos forestales de variadas dimensiones, separados por pastizales y plantaciones.

La primera prospección batracológica realizada en la Serra de Paranapiacaba, una de las zonas de pluvisilva atlántica mejor conservadas, data de la década de 1980 (véase BOKERMANN, 1966). Recientemente se han dado a conocer los primeros listados de especies de anuros de la región de la Sede del Parque Estadual Intervalos (BERTOLUCI, 1991) y del Parque Estadual de Carlos Botelho (GUIX *et al.*, 1994).

MATERIAL Y MÉTODOS

El fragmento forestal de Paranapiacaba (140.000 ha, rango altitudinal 22-1089 m) se compone de cuatro áreas protegidas contiguas de bosque lluvioso atlántico (P. E. de Carlos Botelho, P. E. de Intervalos, E. E. de Xitué and P. E. T. do Alto Ribeira) así como de propiedades privadas situadas en la Sierra de Paranapiacaba, estado de São Paulo, sureste de Brasil (Figura 1). En la actualidad, este fragmento (no confundirlo con la Reserva Biológica de Paranapiacaba - antiguamente Alto da Serra-) constituye una de las superficies continuas de bosque lluvioso atlántico de Brasil más extensas, y se halla rodeado por pastizales, áreas de cultivo (mayoritariamente plantaciones de plátanos y otros frutales) y zonas deforestadas.

Utilizando imágenes del satélite Landsat TM5 se estimó aproximadamente que un 65% del fragmento está cubierto por bosque lluvioso atlántico maduro y un 20% por bosques secundarios jóvenes. El 15% restante lo constituyen formaciones arbustivas y estepas altitudinales (situados en las cumbres de las montañas más elevadas), así como por mosaicos de plantaciones alóctonas situadas en los límites de los parques (p.e. *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp. y *Musa* spp.)

Entre 1987 y 1998, se recolectaron larvas, jóvenes y adultos de anuros a lo largo de un gradiente altitudinal de 22 m a 1089 m en un área preseleccionada de aproximadamente 30.000 ha, situada en la zona centro-oriental de dicho fragmento (entre 24° 03' y 24° 21' S y entre 47° 55' y 48° 12' W; Parques Estaduales de Intervalos y Carlos Botelho; Figura 1). Simultáneamente a la recolección las especies fueron fotografiadas y sus vocalizaciones grabadas. Los correspondientes especímenes testigo se hallan depositados en diferentes colecciones brasileñas: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo (MZUSP), Departamento de Zoologia, Universidade Estadual de Campinas (ZUEC) y Pontificia Universidade Católica de São Paulo en Sorocaba (PUC-SP, Sorocaba).

RESULTADOS

Se detectaron 54 especies de anuros pertenecientes a cuatro familias (Bufonidae, Centrolenidae, Hylidae y Leptodactylidae). Los Hílidos, seguidos de los Leptodactílidos, fueron las familias con mayor número de especies en el área de estudio (30 y 18 especies, respectivamente), mientras que Bufónidos y Centronélidos estuvieron representados por cuatro y dos especies, respectivamente (Tabla 1).

Familia	especies
BUFONIDAE	<i>Bufo crucifer</i> (2), <i>B. ictericus</i> (1), <i>B. margaritifera</i> (3), <i>Dendrophryniscus brevipollicatus</i> (4).
CENTROLENIDAE	<i>Hyalinobatrachium cf. eurygnathum</i> (5), <i>H. cf. uranoscopum</i> (6).
HYLIDAE	<i>Fritziana cf. fissilis</i> (33), <i>Gastrotheca microdiscus</i> (40), <i>Hyla arildae</i> (23), <i>H. albomarginata</i> (42), <i>H. albopunctata</i> , <i>H. albosignata</i> (25), <i>H. altera</i> , <i>H. bischoffi</i> (30), <i>H. circumdata</i> (27), <i>H. gr. circumdata</i> , <i>H. elegans</i> (28), <i>H. faber</i> , <i>H. semilineata</i> (29), <i>H. microps</i> , <i>H. minuta</i> , <i>H. pardalis</i> (38), <i>H. polytaenia</i> (39), <i>H. prasina</i> , <i>H. cf. berthelutzae</i> (22), <i>Hyla wernerii</i> (24), <i>Phyllomedusa cochranæ</i> (32), <i>P. distincta</i> (31), <i>S. brieri</i> (34), <i>S. cf. catharinae</i> (37), <i>S. flavoguttata</i> (26), <i>S. fuscovaria</i> (36), <i>S. hayii</i> (35), <i>Scinax</i> sp. (aff. <i>hayii</i>), <i>S. gr. rubra</i> , <i>Sphaenorhynchus cf. orophilus</i> (41).
LEPTODACTYLIDAE	<i>Adenomera marmorata</i> (9), <i>Crossodactylus aff. dispar</i> (11), <i>Cycloramphus eleutherodactylus</i> (10), <i>C. cf. rhyakonastes</i> (8), <i>Eleutherodactylus binotatus</i> (13), <i>E. guentheri</i> (15), <i>E. cf. hoehnei</i> (12), <i>E. aff. parvus</i> (14), <i>Eleutherodactylus</i> sp. (20), <i>Leptodactylus "ocellatus"</i> , <i>L. fuscus</i> , <i>L. cf. notoaktites</i> (7), <i>Physalaemus cuvieri</i> , <i>P. offersi</i> (17), <i>P. cf. maculiventris</i> (16), <i>P. cf. signifer</i> (18), <i>P. spinigerus</i> (19), <i>Proceratophrys boiei</i> (21).

Tabla 1. Lista de especies de anuros encontrados en el área central (30.000 ha) del fragmento forestal de Paranapiacaba (140.000 ha), sureste de Brasil. Los números entre paréntesis corresponden a la distribución altitudinal de las especies en la figura 2.

Distribución altitudinal

Los anuros hallados pueden dividirse en tres grupos según su rango altitudinal:

- 1.- Especies que sólo se han detectado en zonas elevadas (p.e. *Physalaemus offersi*, *Hyla arildae*, *H. albosignata*, *H. circumdata*, *Hyla elegans*, *H. bischoffi*)
- 2.- Especies que sólo se han detectado en zonas bajas (p.e. *Bufo margaritifer*, *Hyla semilineata*, *H. albomarginata*)
- 3.- Especies detectadas a lo largo de casi todo el gradiente altitudinal (*Bufo ictericus*, *B. crucifer*, *Adenomera marmorata*, *Eleutherodactylus guentheri*, *Phyllomedusa distincta*, *Scinax hayii*).

El número de especies detectadas exclusivamente en zonas elevadas (por encima de los 500 m de altitud) fue igual al número de aquellas exclusivas de las zonas más bajas (por debajo de los 500 m), 10 en cada caso (excluyendo las especies con tan sólo un registro de altitud; Figura 2).

Especies colonizadoras

Seis especies (11%) pueden considerarse como colonizadoras procedentes de formaciones vegetales semi-abiertas: *Hyla albopunctata*, *H. faber*, *H. minuta*, *Leptodactylus fuscus*, *Leptodactylus "ocellatus"* and *Physalaemus cuvieri*. Con excepción de *Hyla faber*, que ha logrado penetrar en zonas situadas en el interior del área núcleo (p.e. en las cercanías de la base São Pedro, Parque Estadual de Intervalos), todas ellas sólo han sido detectadas en las franjas marginales de los parques, en lugares donde la vegetación natural se halla bastante alterada.

La presencia de *Hyla faber* en el interior del fragmento de Paranapiacaba (p.e. junto a la base Alecrim) y en otras áreas boscosas del sureste de Brasil (véase también PERONI & GUIX, 1986; HEYER *et al.*, 1990, HADDAD & SAZIMA, 1992; GUIX *et al.*, 1994) está relacionada con la existencia de puntos de

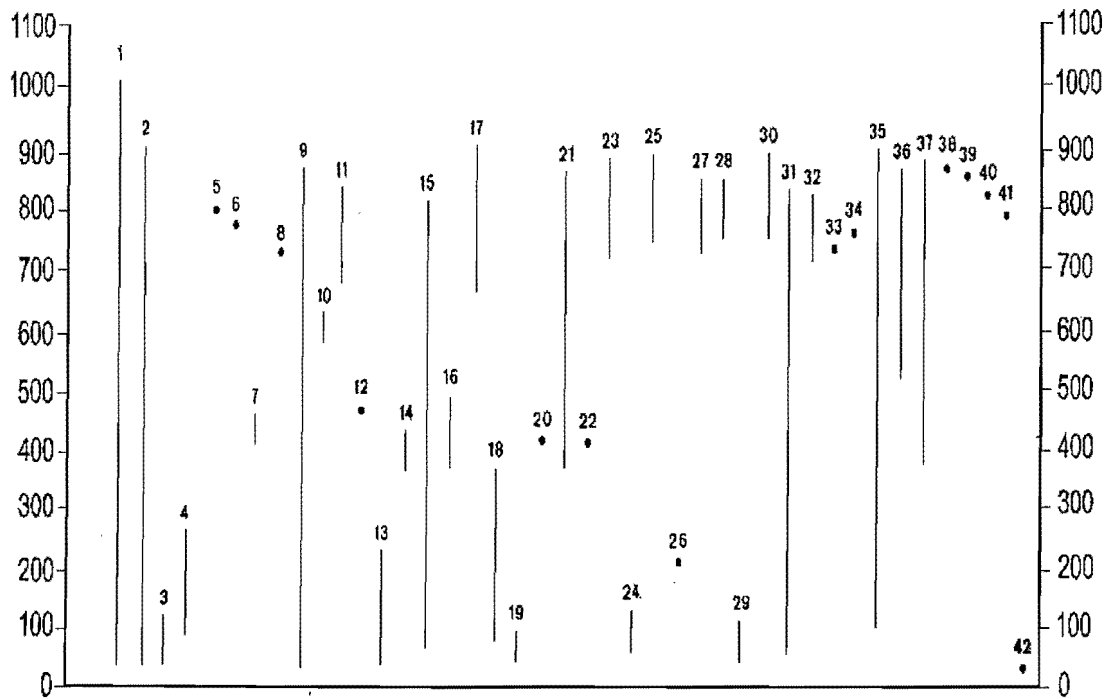


Figura 2. Distribución altitudinal de 42 especies de anuros en el área central del fragmento de Paranapiacaba (excluyendo las especies colonizadoras procedentes de zonas semi-abiertas situadas fuera del fragmento forestal). Las especies que sólo cuentan con un registro están representadas con un punto. Cada número corresponde a una especie (ver Tabla 1).

agua artificiales que utiliza para reproducirse (p.e. charcas junto a pistas forestales, lagunas artificiales y pequeñas presas). Así pues, se trata de una especie con gran capacidad de colonización en áreas naturales protegidas que posiblemente aproveche la apertura de pistas forestales, y la formación de charcas y lagunas, como "vía de entrada" en tales ambientes.

Otras especies de posible presencia

Basándose en la distribución de las especies, el hábitat que usan y la proximidad de las localidades tipo más cercanas, como mínimo otras 21 especies de anuros son de existencia probable en esta zona núcleo. Entre ellas estarían: Brachycephalidae: *Brachycephalus nodoterga*; Hylidae: *Fritziana ohausi*, *Osteocephalus langsdorffii*, *Scinax rizibilis*, *Thoropa miliaris*; Leptodactylidae: *Cycloramphus semipalmatus*, *Cycloramphus dubius*, *Hytodes asperus*, *Leptodactylus flavopictus*, *L. furnarius/gracilis*, *Megaelasia goeldii*, *Paratelmatobius gaigeae*; Ceratophryidae: *Ceratophrys aurita*; Microhylidae: *Myersiella microps* (véase otras especies de posible presencia en BERTOLUCI, 1991).

DISCUSIÓN

El número de representantes de anuros encontrados (54 especies) en el área central del fragmento forestal de Paranapiacaba (30.000 ha) es mayor que el inventariado para la totalidad del continente europeo (46 especies) y más de la mitad del de Estados Unidos de América y Canadá juntos (89 especies). Así pues, se trata de una de las áreas naturales protegidas de Sudamérica con más elevada riqueza de anuros (véase GUIX *et al.*, 1994 y referencias).

La elaboración de listados de especies de anuros en áreas de bosque lluvioso atlántico del sureste de Brasil no suele ser una tarea sencilla. Cada año cerca de 80 nuevas especies de anfibios son descritas en distintos continentes (UETZ, 2000), la mitad de ellas en la región Neotropical. Se están describiendo

nuevas especies de anfibios en el sureste de Brasil y diversos taxones han cambiado debido a una mejor comprensión de la distribución de estas especies. Es probable que algunas de las especies localizadas en el área de estudio sean nuevas para la ciencia y, por lo tanto, nuevos cambios de nomenclatura se producirán en un futuro.

Tradicionalmente, los estudios y la recolección de anuros del sureste de Brasil se han concentrado en las sierras litorales situadas entre las ciudades de São Paulo y de Río de Janeiro (BOKERMANN, 1966; FROST, 1985; HEYER *et al.*, 1990). Así pues, esta zona siempre ha sido postulada como una de las que contiene mayor riqueza de especies de anuros del mundo. Los presentes resultados sugieren que toda la franja de bosques lluviosos situado en la cordillera de más de 900 km de extensión, conocida en Brasil como "Serra do Mar", es una área de máxima diversidad de anfibios.

Entre las muchas teorías que se postulan para explicar esta gran diversidad neotropical, la de los "refugios pleistocénicos" (HAFFER, 1969; VANZOLINI & WILLIAMS, 1970) sigue siendo la más ampliamente debatida (véase BUSH, 1994; MARROIG & CERQUERA, 1997 y referencias). Basándose en estudios geológicos, paleontológicos y biogeográficos hoy día ya se han cartografiado más de 50 antiguos refugios pleistocénicos sudamericanos, la mayoría de ellos situados en la cuenca amazónica, junto a los Andes, y en la pluvisilva atlántica de Brasil. Desde el punto de vista biogeográfico, las antiguas zonas donde existían refugios se pueden reconocer debido a su elevada tasa de especies endémicas. En general, la alta densidad de especies y de endemismos está correlacionada positivamente con regiones cálidas, donde existen lluvias abundantes y bien distribuidas a lo largo del año (o sea poca o ninguna estacionalidad). Estas condiciones son especialmente propicias para la vida de los anfibios y podrían facilitar el surgimiento de especializaciones ecológicas así como modos particulares de reproducción (p.e. huevos depositados fuera del agua, desarrollo directo) que probablemente no serían posibles

en ambientes sujetos a variaciones climáticas extremas.

Aparte de los factores históricos, en nuestra área de estudio, esta gran diversidad podría haberse visto amplificada gracias a la existencia de un gradiente altitudinal amplio y por la existencia de una cobertura vegetal muy estructurada y compleja (p.e. gran diversidad de bromeliáceas que habitan desde el nivel del suelo hasta los estratos más elevados de la vegetación) que proporciona grandes posibilidades de refugios y de lugares de puesta.

Además, al comparar el listado de especies de la porción occidental del fragmento (junto a la Sede del P.E. Intervalos; véase BERTOLUCI, 1991) con el de la porción oriental (presente trabajo), puede apreciarse la existencia de un conjunto de especies comunes a ambas zonas, muchas de ellas colonizadoras, junto con otras especies características de biótotos forestales que, hasta el momento, sólo se han detectado una de las dos porciones. Aunque el estadio de conocimiento de estas poblaciones se halla aun en una fase preliminar, las supuestas diferencias entre las comunidades de anuros orientales y occidentales podrían estar relacionadas con sus características geológicas. Así, mientras la zona occidental es de dominio calcáreo, la oriental pertenece al dominio granítico, lo cual se refleja en las características físico-químicas de sus cursos y masas de agua.

Actualmente, sin embargo, la gran importancia de estas zonas se debe a razones conservacionistas. Cada día se talan y se queman extensas superficies de bosques tropicales primarios o maduros, especialmente en la Amazonia y en las vertientes litorales de Brasil. Esta situación está conduciendo a una crisis de extinción de especies posiblemente sin precedentes en la historia geológica del Planeta. El hecho de que las regiones tropicales húmedas presenten faunas muy diversificadas y especializadas a vivir en éstos ambientes, hace prever que el número de especies que se extinguirá será mucho mayor respecto a otras regiones. Si antiguamente los refugios pleistocénicos eran zonas de bosque más estables que funcionaban como centros de endemismo y de "exportación" de especies

hacia otras zonas, es lícito pensar que su preservación es prioritaria, respecto a otras áreas de bosque, para la conservación de la biodiversidad neotropical.

NOTA NOMENCLATORIAL

Se ha optado por utilizar el género gramatical de las especies de *Scinax* en femenino, considerando que pese a que esta palabra proviene del griego "skinax" (= ágil), que puede ser utilizado tanto en masculino como en femenino, WAGLER (1830) originalmente combinó *Scinax* con tres especies en femenino. Debe pues por ello prevalecer este género gramatical (Art. 30.1.4.2 del Código Internacional de Nomenclatura Zoológica; ICZN, 1999; pero véase también KÖHLER & BÖHME, 1996).

Agradecimientos. A la Fundação Florestal e Instituto Florestal de São Paulo por proporcionar el soporte logístico de los muestreos. A M. A. Alonso-Zarazaga por su asesoramiento en la nomenclatura. Al NMA-EMBRAPA por facilitarnos el acceso a imágenes de satélites de la serie Landsat. A M. Lizana e I. de la Riva por la revisión crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

- BERTOLUCI, J. A. (1991): *Partição de recursos associada a atividade reprodutiva em uma comunidade de anuros (Amphibia) de Mata Atlântica*. Tesis de Maestría. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- BOKERMANN, W. C. A. (1966): *Lista anotada das localidades tipo de anfíbios brasileiros*. Serviço de Documentação, RUSP. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- BROOKS, T. & BALMFORD, A. (1996): Atlantic forest extinctions. *Nature*, 380: 115.
- BUSH, M. B. 1994. Amazonian speciation: a necessarily complex model. *J. Biogeogr.* 21: 5-17.
- CRACRAFT, J. (1985): Historical, biogeography and patterns of differentiation within the South American avifauna: areas of endemism. pp. 49-84, in: Buckley, P.A. et al. (eds.). *Neotropical Ornithology*. Ornithological Monographs nº 36. The American Ornithological Union. Washington, D.C..
- DIXON, J. R. (1979): Origin and distribution of reptiles in

- lowland tropical rain forests of South America. pp. 217-240, in: Duellman, W.E. (ed.). *The South American herpetofauna: its origin, evolution and dispersal*. Monograph of the Museum of Natural History n° 7. University of Kansas. Lawrence.
- DUELLMAN, W. E. (1993): Amphibians species of the World: additions and corrections. *Univ. Kansas, Mus. Nat. Hist., Spec. Publ.*, 21: 1-372.
- DUELLMAN, W. E. (1999): Distribution patterns of Amphibians in South America. pp: 255-328, in: DUELLMAN, W. E. (ed.) *Patterns of Distribution of Amphibians, a global perspective*. The John Hopkins University Press. Baltimore & London.
- FROST, D. R. (ed.) (1985): *Amphibian species of the World. A taxonomic and geographical reference*. Allen Press and Assoc. Syst. Coll.. Lawrence.
- GLAW, F. & KÖHLER, J. (1998): Amphibians species diversity exceeds that of mammals. *Herpetol. Rev.*, 29: 11-12.
- GUIX, J. C.; NUNES, V. S. & MIRANDA, J. R. (1994): Autochthonous and colonizing species of frogs in "Carlos Botelho" state reserve, southeastern Brazil. *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.*, 5: 8-13.
- HADDAD, C. F. B. & SAZIMA, I. (1992): Anfíbios anuros da Serra do Japi. pp. 188 - 211, in: MORELLATO, L. P. C. (ed.). *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil*. Editora da UNICAMP - FAPESP, Campinas.
- HAFFER, J. (1969): Speciation in Amazonian forest birds. *Science* 165: 131-137.
- HEYER, W. R.; RAND, A. S.; CRUZ, C. A. G. DA; PEIXOTO, O. L. & NELSON, C. E. (1990): Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia, São Paulo*, 31: 231-410.
- HUECK, K. (1972): *Mapa de la vegetación de América del Sur* (1:8.000.000). Forstliche Forschungsanstalt München, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- ICZN (1999): *International code of zoological nomenclature*. Fourth Edition. International Trust for Zoological Nomenclature. The Natural History Museum. London.
- KÖHLER, J. & BÖHME, W. (1996): Anuran amphians from a region of Pre-Cambrian rock outcrops (inselbergs) in northeastern Bolivia with a note on the gender of *Skcnax* Wagler, 1830 (Hylidae). *Rev. fr. Aquariol.*, 23: 133-140.
- LYNCH, J. D. (1979): The amphibians of lowland tropical forests. pp. 189-215, in: Duellman, W.E. (ed.). *The South American herpetofauna: its origin, evolution and dispersal*. Monograph of the Museum of Natural History n° 7, University of Kansas. Lawrence.
- MARROIG, G. & CERQUEIRA, R. (1999): Plio-Pleistocene South American History and the Amazon lagoon hypothesis: a piece in the puzzle of Amazonian diversification. *J. Comp. Biol.* 2(2): 103-119.
- PERONI, M. A. & GUIX, J. C. (1986): Anuros da Serra do Japi - Estado de São Paulo, Brasil - algumas ocorrências (Amphibia). *Ciência e Cultura* (Suplemento) 38(7): 1009.
- UETZ, P. (2000): How many reptile species? *Herpetol. Rev.*, 31: 13-15.
- VANZOLINI, P. E. & WILLIAMS, E. E. (1970): South American anoles: the geographic differentiation and evolution of the *Anolis chrysolepis* group (Sauria, Iguanidae). *Arquivos de Zoologia, São Paulo*, 19: 1-298.
- WAGLER, J.G. (1830): *Natürliches System der Amphibien, mit vorangehender Classification der Säugthiere und Vögel*. J.G. Cotta. München, Stuttgart und Tübingen.

