

Dieta del sapito rayado *Atelopus cruciger* (Amphibia: Anura: Bufonidae) en el tramo central de la cordillera de La Costa, Venezuela

Maria L. González, J. Celsa Señaris y Argelia Rodríguez-Contreras

Resumen. Se describe la dieta del sapito arlequín *Atelopus cruciger*, especie en peligro crítico de extinción, con base en el análisis del contenido estomacal de 91 ejemplares recolectados entre los años 1950 y 1980 en 20 localidades del tramo central de la cordillera de La Costa en Venezuela. Se encontró un total de 3056 presas agrupadas en 21 categorías, destacándose el recurso Formicidae como fundamental y Coleoptera como accesorio, seguidos en importancia por larvas de insectos y ácaros. Aparecen diferencias en la dieta entre sexos, encontrándose una mayor equidad y diversidad en los machos pero una mayor riqueza de presas en las hembras; para ambos sexos la dieta es más diversa durante la época de lluvias. Igualmente se observaron diferencias estacionales en la dieta, acentuándose durante la sequía como resultado de un aumento en el consumo dípteros, himenópteros y colémbolos por parte de los machos. No se observaron diferencias en la dieta entre las poblaciones estudiadas del tramo central de la cordillera de La Costa, a excepción de la localidad más occidental de la distribución de la especie, donde hubo un mayor consumo de ortópteros. Esta información resulta imprescindible para las futuras acciones de conservación *ex situ* de esta especie amenazada.

Palabras clave. Dieta. Índice de importancia relativa (IIR). *Atelopus cruciger*. Anuro en peligro de extinción. Venezuela.

Diet of the harlequin toad *Atelopus cruciger* (Amphibia: Anura: Bufonidae) in the Cordillera de La Costa, Venezuela

Abstract. We describe the diet of *Atelopus cruciger*, a critical endangered species, based on the analysis of the stomach contents of 91 specimens collected between 1950 and 1980 in 20 localities of the central section of the Cordillera de la Costa in Venezuela. We found 3056 items belonging to 21 prey categories, where the most important are Formicidae and Coleoptera, followed by the larvae of insects and mites. The results show differences in diet between sexes, being greater equity and diversity in males, but more richness prey in females; for both sexes have more diverse diet during the rainy season. Likewise, the diet of *A. cruciger* shows seasonal differences, accentuated during the drought as a result of increased consumption of Diptera, Hymenoptera and springtails by males. We don't observed differences between the studied populations in the central section of the Cordillera de La Costa, with the exception of the westernmost distributional locality of the species, where was a greater use of Orthoptera. This information is essential for the future actions of *ex situ* conservation of this endangered harlequin toad.

Key words. Diet. Index of relative importance (IRI). *Atelopus cruciger*. Endangered amphibian. Venezuela.

Introducción

Desde la década de 1980, las poblaciones de las ranas arlequines neotropicales del género *Atelopus* han disminuido alarmantemente. De las 92 especies descritas tres han sido clasificadas como “Extintas”, 70 “En Peligro Crítico” (cuatro de ellas posiblemente extintas), seis “En Peligro”, cinco “Vulnerables”, cuatro con datos insuficientes y otras tres aún no han sido evaluadas (La Marca *et al.* 2005, Coloma *et al.* 2010). En Venezuela nueve de las diez especies conocidas están categorizadas “En Peligro Crítico” y la otra, *A. vogli*, se considera extinta (La Marca 2008, Rodríguez y Rojas-Suárez 2008, www.iucnredlist.org consultada el 17 de julio del 2011). Según reportes anecdóticos y registros de museo muchas de las ranas arlequines venezolanas fueron muy abundantes hasta mediados de la década de los 80, momento en que, al igual que en otras regiones de Suramérica, comenzaron a notarse disminuciones poblacionales drásticas (La Marca y Reinthaler 1991).

El primer *Atelopus* venezolano considerado en peligro fue el sapito rayado *A. cruciger*, especie ampliamente distribuida en la cordillera de La Costa, con registros en 33 localidades desde los 30 a 2200 m s.n.m, en cinco estados al norte de Venezuela (Manzanilla y La Marca 2004, La Marca *et al.* 2008). Los últimos ejemplares de museo datan del año 1986 (Bonaccorso *et al.* 2003) y, a pesar de los esfuerzos de búsqueda realizados, la especie no fue reencontrada sino 18 años después, en febrero de 2003 (Eliot 2003, Manzanilla y La Marca 2004, Rodríguez-Contreras *et al.* 2008).

Este “reencuentro” trajo consigo muchas interrogantes, además de ofrecer nuevas esperanzas para su preservación, haciendo imperativa la planificación y ejecución urgente de estrategias para su conservación, tanto *in situ* como *ex situ* (La Marca *et al.* 2008, Lampo *et al.* 2011). La recopilación y generación de información detallada y precisa sobre los aspectos de su biología y ecología constituyen requerimientos básicos para el desarrollo de estos planes y estrategias.

En este sentido un aspecto biológico prioritario para los planes de conservación *ex situ*, pero aun muy poco conocido, es la dieta de *A. cruciger*. Tratando de llenar este vacío de información, en este trabajo presentamos los resultados obtenidos de un estudio de dieta basado en análisis de contenidos estomacales de ejemplares de museo colectados entre 1950 y 1980, en distintas localidades de la cordillera de La Costa.

Materiales y Métodos

Dado el estatus crítico de conservación del sapito rayado *Atelopus cruciger*, este estudio se realizó con ejemplares depositados en la colección de Herpetología del Museo de Historia Natural La Salle (MHNLS) recolectados entre los años 1950 y 1980. Se seleccionaron 91 ejemplares (tomando en cuenta su sexo, localidad y fechas de colecta) para realizar el análisis de sus contenidos estomacales. La muestra utilizada está compuesta por estómagos extraídos de 46 machos y 45 hembras, todos adultos, provenientes de 20 localidades en el tramo central de la cordillera de la Costa (estados

Aragua, Carabobo, Cojedes, Distrito Capital, Miranda y Yaracuy) (Figura 1, Anexo 1). Adicionalmente se analizaron los contenidos estomacales de tres ejemplares encontrados muertos durante actividades de monitoreo llevadas a cabo entre 2006 y 2007 en el río Cata, Estado Aragua (A. Rodríguez-Contreras, datos no publicados) (Anexo 1). Debe tenerse en cuenta que las muestras utilizadas en este estudio no provienen de un muestreo diseñado para la caracterización exhaustiva de la dieta de esta especie sino, por el contrario, surge de la necesidad de contribuir al conocimiento de la biología de un taxón actualmente en peligro crítico de extinción.

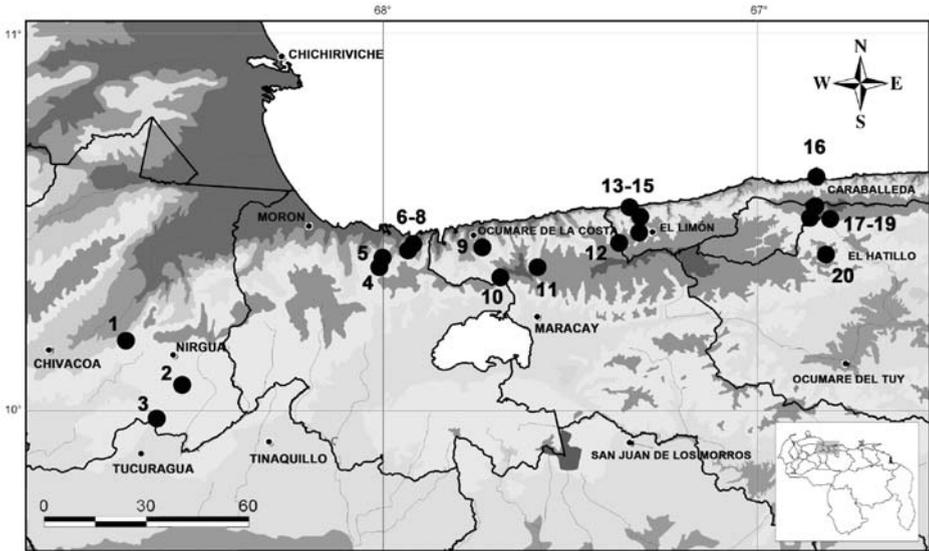


Figura 1. Localidades de recolección de los ejemplares de *Atelopus cruciger* utilizados en este estudio. 1: Sorte, 2: Fila La Blanquera, cerro Azul, 3: Quebrada La Lapentera; 4-5: alrededores San Esteban; 6-8: Patanemo y alrededores; 9: río Cata; 10-11: carretera vía Choróní; 12-15: localidades varias en la hacienda El Limón; 16: Caraballeda; 17: Parque Nacional El Ávila; 18: quebrada Los Conotos; 19: El Edén; 20: La Unión, El Hatillo.

Una vez extraídos los estómagos y estimada porcentualmente su llenura, se empleó un microscopio estereoscópico Leica MS 5 para separar, contabilizar e identificar las presas, por lo menos, hasta el nivel de orden. En el caso del orden Hymenoptera se separó y contabilizó aparte la familia Formicidae debido a su alta frecuencia de aparición y contribución numérica y volumétrica en el total de las muestras analizadas. El análisis del contenido estomacal se realizó siguiendo los métodos de frecuencia de aparición y de composición porcentual numérica (o importancia numérica), los cuales explican la distribución de cada ítem en la muestra estudiada y la importancia relativa de cada uno de ellos en el contexto de toda la dieta (Marrero 1994). De igual forma, se determinó el porcentaje volumétrico de las presas y el número de individuos consumidos por ítem.

Con el fin de conocer la contribución de cada ítem a la dieta, se calculó el Índice de Importancia Relativa (IIR) basado en la suma de los porcentajes de la frecuencia de aparición, numérica y volumétrica de cada presa, dividido entre tres (Powell *et al.* 1990). Así mismo, y para establecer la jerarquía entre los ítems, se aplicó al valor de IIR el Índice de Jerarquización (IJ) que toma en cuenta el valor más alto de IIR y calcula el porcentaje de todos los demás valores a partir de él. Si el porcentaje del ítem se encuentra entre 100% y 75% se considera “fundamental”, si se está entre 75% y 50% se considera “secundario”, si está comprendido entre 50% y 25% es “accesorio” y, finalmente, si está por debajo de 25% es considerado “accidental” (Aun y Martori 1998).

La diversidad de las presas, tanto por machos y hembras como por época climática, se determinó con el índice de Shannon (H') y la equidad con el índice de Pielou (J) (Krebs 1989); la riqueza fue el número de ítems consumidos por cada sexo en cada época. El tamaño mínimo de la muestra se calculó de acuerdo con la curva de saturación de presas.

Con el fin de determinar diferencias en la llenura estomacal entre sexos (machos/hembras) por época, se realizó una ANOVA de una vía utilizando el programa PAST 2.1 (Hammer *et al.* 2001). Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para discriminar posibles diferencias entre localidades, utilizando el programa MVSP 3.0 (Kovach 1998), separando los datos por sexo, localidad y épocas climáticas: en uno se incluyeron los ejemplares colectados en época de sequía (entre diciembre y marzo) y en el otro los colectados en época de lluvia (entre abril y noviembre). Igualmente se hizo un análisis de tabla de contingencia utilizando el estadístico chi cuadrado (X^2) como herramienta de decisión para evaluar diferencias en la dieta entre los sexos, calculándose el coeficiente V de Cramer (V_{cramer}) para medir su magnitud. Por último se desarrolló un análisis de residuales estandarizado para conocer cuales ítems establecen las diferencias entre sexos independientemente de su importancia relativa (IIR).

Resultados

Del total de estómagos analizados (91) sólo tres se encontraron totalmente vacíos (3,3%), dos de ellos pertenecientes a hembras (2/45) y uno a un macho (1/46) correspondientes, en ambos casos, a ejemplares recolectados durante la época de lluvias. En general los machos presentaron la menor llenura estomacal durante la época seca y la mayor en lluvias, relación que se invierte en las hembras (Tabla 1). De los 88 estómagos con contenido algo más del 38% presentaron una llenura superior al 75%, sin observarse diferencias estadísticamente significativas entre sexos ($F= 0,012$; $P= 0,914$) o entre épocas ($F= 0,111$; $P= 0,740$), ni tampoco entre sexos por época ($F= 0,193$; $P= 0,662$).

En total se encontraron 3.056 presas completas o porciones identificables de ellas en los estómagos con contenido, distribuidas en un total de 21 ítems (Tabla 2). Según

Tabla 1. Número de estómagos analizados de *Atelopus cruciger* con diferente llenura estomacal (entre paréntesis porcentaje en función del total de la muestra), segregados por sexo y época climática (S= sequía, LL= lluvia), además del promedio de llenura (\bar{X}) y la desviación estándar (DE) (N= número total de individuos examinados).

Llenura estomacal (%)	Hembras		Machos	
	LL	S	LL	S
1-25	1 (6%)	1 (4%)	0 (0%)	5 (15%)
26-50	4 (25%)	7 (27%)	4 (31%)	10 (30%)
51-75	2 (13%)	10 (38%)	4 (31%)	7 (21%)
76-100	9 (56%)	8 (31%)	5 (38%)	11 (33%)
$\bar{X} \pm DE$ (N)	60,8 \pm 33,9 (18)	61,5 \pm 23,6 (27)	62,9 \pm 26,7 (14)	58,1 \pm 27,6 (32)

Tabla 2. Recursos alimentarios encontrados en los estómagos analizados de *Atelopus cruciger* (N= número total de presas; %N= porcentaje del ítem en el total de las presas; F= número de estómagos que contuvieron la presa, %FA= porcentaje de la frecuencia de aparición del ítem; V= volumen total de cada ítem; %V= porcentaje del volumen del ítem en el volumen total; IIR= índice de importancia relativa; IJ= índice de jerarquización de las presas).

ITEMS	N	%N	F	%FA	V	%V	IIR	IJ
Insecta								
Coleoptera	283	9,3	71	80,7	1717	22,0	37,3	65,0
Collembola	62	2,0	22	25,0	58	0,7	9,3	16,1
Dermaptera	9	0,3	5	5,7	35	0,5	2,1	3,7
Diptera	80	2,6	27	30,7	283	3,6	12,3	21,4
Ephemeroptera	3	0,2	2	2,3	19	0,2	0,9	1,5
Hemiptera	64	2,1	35	39,8	262	3,4	15,1	26,3
Homoptera	9	0,3	7	8,0	96	1,2	3,2	5,5
Hymenoptera								
Formicidae	1687	55,2	77	87,5	2306	29,5	57,4	100,0
Otros	102	3,3	46	52,3	359	4,6	20,1	35,0
Larvas	324	10,6	52	59,1	742	9,5	26,4	46,0
Lepidoptera	5	0,2	3	3,4	20	0,3	1,3	2,2
Megaloptera	5	0,2	5	5,7	11	0,1	2,0	3,5
Orthoptera	29	1,0	20	22,7	1261	16,1	13,3	23,1
Psocoptera	4	0,1	4	4,6	21	0,3	1,7	2,9
Thisanoptera	8	0,3	4	4,6	13	0,2	1,7	2,9
Thysanura	3	0,1	2	2,3	7	0,1	0,8	1,4
Arachnida								
Acarina	330	10,8	52	59,1	217	2,8	24,2	42,2
Araneae	19	0,6	14	15,9	214	2,7	6,4	11,2
Pseudoescorpionida	14	0,5	8	9,1	50	0,6	3,4	5,9
Diplopoda	13	0,4	5	5,7	115	1,5	2,5	4,4
Gastropoda	3	0,1	2	2,3	8	0,1	0,8	1,4
Total	3056							

las curvas de saturación del número acumulado de presas ocurre una estabilización a partir del estómago analizado N° 38, tanto para los machos como para las hembras, resultado que nos indica que el tamaño de la muestra utilizado parece ser suficiente recogiendo adecuadamente la variedad de presas utilizadas por los adultos del sapito rayado (Figura 2).

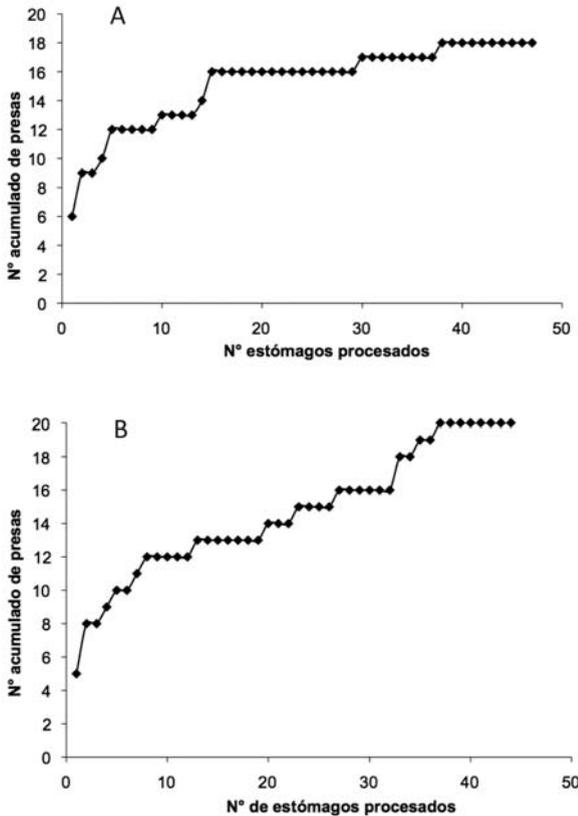


Figura 2. Curvas de acumulación de presas en los estómagos analizados de *Atelopus cruciger* (A= ♂; B= ♀).

Según los valores generales obtenidos del IIR los recursos más importantes en la dieta del sapito rayado *Atelopus cruciger* son las hormigas (Formicidae) y los coleópteros (Coleoptera), seguidos por larvas de insectos y ácaros. Formicidae aparece como el único recurso “fundamental” y Coleoptera como el único ítem “secundario”, según lo indican los valores del índice de jerarquización (IJ). Las larvas de insectos (45,6%), los ácaros (41,7%), los himenópteros no Formicidae (34,5%) y los hemípteros (26%) son recursos “accesorios”, mientras que el resto pueden considerarse como “accidentales” de acuerdo al IJ (Tabla 2).

Las hormigas son el recurso más importante tanto por su frecuencia de aparición (en el 85% de los estómagos analizados), como por su contribución numérica y volumétrica. Por su parte los coleópteros estuvieron presentes en el 78% de los estómagos, y su aporte es mayoritariamente volumétrico y no numérico. Los ácaros y las larvas de insectos fueron encontrados en algo más de la mitad de los estómagos analizados, y tienen un aporte numérico sustancial pero valores modestos en su volumen. En contraste, los ortópteros tienen una contribución volumétrica elevada pero en número bajo y relativamente poco frecuente en las muestras analizadas, mientras que himenópteros no Formicidae, hemípteros, dípteros y colémbolos son mucho más frecuentes pero numérica y voluméricamente poco significativos en el contexto general de la dieta de *A. cruciger* (Tabla 2). La figura 3 ilustra esquemáticamente el aporte relativo de cada recurso según los métodos utilizados, así como su IIR.

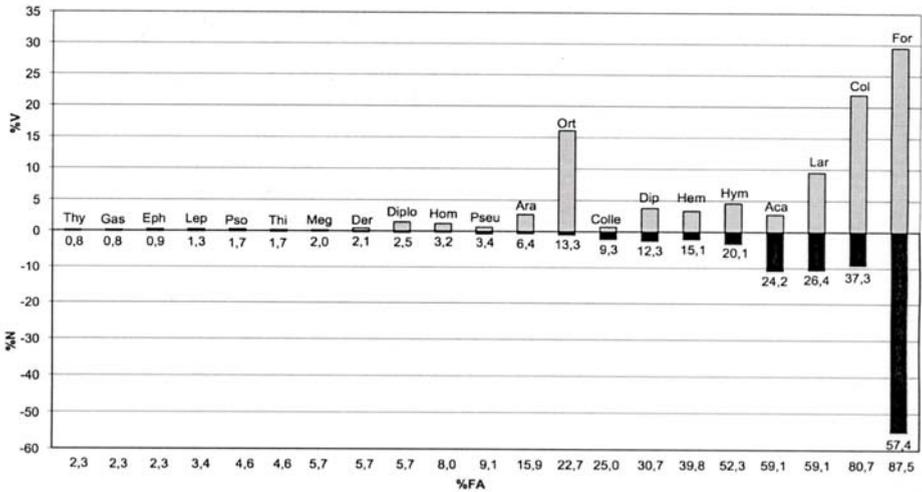


Figura 3. Contribución del porcentaje numérico (%N) y del porcentaje volumétrico (%V) de cada ítem encontrado en los estómagos analizados de *Atelopus cruciger*, con respecto al porcentaje de la frecuencia de aparición (%FA). El índice de importancia relativa (IIR) se presenta debajo de cada columna.

Al revisar estos resultados generales discriminados por sexo se observa que todas las categorías de presas (21 ítems) fueron encontradas en los estómagos de las hembras, mientras que en los machos la riqueza total fue de 18 ítems, estando ausentes los Thysanura, seudoescorpiones y gastrópodos (Anexo 2). La tabla 3 sintetiza la riqueza, diversidad y equidad de la dieta de los adultos de *A. cruciger*, por sexo y por época climática. Así, la diversidad de presas es mayor en los machos que en las hembras como resultado de una mayor equidad en el consumo de los recursos por parte de los primeros y a pesar que la riqueza de ítems es mayor en hembras, tanto en lluvia como en sequía. Para ambos sexos la dieta fue más diversa durante la época de lluvias.

Según el análisis de componentes principales (ACP) no hay diferencias en la dieta entre las diferentes poblaciones de *Atelopus cruciger* estudiadas, salvo un grupo de individuos conformado por la mayoría de las muestras (18 de 24 estómagos) de las localidades de Cerro Azul y Sorte (localidades 1, 2 y 3 de la figura 1), ubicadas en el extremo occidental de la distribución de la especie. En estos se observó una predilección por el recurso Orthoptera (Figura 4) y de los cuales el 65% consumió casi exclusivamente este ítem.

Discusión

Pese a la alta abundancia poblacional que tuvieron algunas ranas arlequines antes de la década de los 80, existen muy pocos estudios sobre sus hábitos alimentarios y, en general, sobre su historia natural y ecología. Sólo se cuenta con estudios generales de dieta en unas pocas especies del género, principalmente en *Atelopus ingnescens* de Colombia (Gómez y Ramos 1982) y *A. carbonerensis* en Venezuela (Durant y Dole 1974, Piñero y Durant 1993), además de datos puntales de *A. Boulengeri*, *A. halihelos*, *A. planispina*, *A. sernai* y *A. varius* (Duellman y Lynch 1988, Ruíz-Carranza y Osorno-Muñoz 1994, Toft 1981). Según estos autores las dietas de dichas especies son relativamente uniformes, en todos los casos dominadas por hormigas, y complementadas por insectos adultos y sus larvas, principalmente de Coleoptera, Collembola, Diptera, Homoptera, Hymenoptera y arácnidos (ácaros). En el caso particular de la rana de La Carbonera en los Andes venezolanos, *Atelopus carbonerensis*, Durant y Dole (1974) señalan que Coleoptera y Formicidae representan el 60% de la dieta de la especie (complementada con larvas de mariposas, dípteros y ácaros), destacando diferencias en la cantidad de alimento consumido entre machos y hembras.

Los resultados obtenidos en este estudio para *Atelopus cruciger* se asemejan a la información anterior, en cuanto a la preponderancia de hormigas y coleópteros en la alimentación de las ranas arlequines. A pesar de esta relativa uniformidad en los recursos utilizados, podrían existir diferencias en la composición y abundancia de las presas consumidas dependiendo de la especie, su tamaño corporal, sexo, estacionalidad climática o localidad. Así, por ejemplo, Toft (1981) menciona que *A. varius* es un especialista de hormigas con un ancho bucal relativamente pequeño; por su parte Dole y Durant (1974) consideran que los machos de *A. carbonerensis* consumen predominantemente ítems más pequeños y que, a su vez, tienen menores cantidades en sus estómagos que las hembras de mayor tamaño. Nuestros resultados no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la llenura estomacal, ni entre sexos ni en diferentes épocas climáticas, sin embargo ciertamente hay mayor número de presas en los estómagos de las hembras que en machos especialmente durante la época de lluvias. Otro aspecto interesante que se desprende de las diferencias halladas en el consumo de recursos, se refiere al uso casi exclusivo de ortópteros por los individuos de la población de Cerro Azul en el Estado Cojedes. Si bien esto puede deberse a diferencias en los recursos disponibles en esta localidad “extrema” de la distribución

de *A. cruciger*, también puede guardar relación con aspectos intrínsecos de la especie y tener implicaciones taxonómicas. Las ranitas de Cerro Azul tienen un tamaño corporal ligeramente superior al resto de las poblaciones estudiadas, una relación ancho/largo de la cabeza diferente, además de una coloración en preservativo con tonalidad verdosa que las hace inconfundibles con el resto de las poblaciones (Josefa Celsa Señaris, datos sin publicar), características que bien pudieran sugerir que se trata de una entidad taxonómica diferente a *A. cruciger*. En este sentido es necesario profundizar los muestreos en este ramal de la cordillera de La Costa venezolana, ya bien para caracterizar adecuadamente la dieta de esta población como desde el punto de vista sistemático y de conservación.

El monitoreo de una población remanente de *Atelopus cruciger* en la vertiente norte de la cordillera de La Costa llevado a cabo entre 2006 y 2007 (A. Rodríguez-Contreras, datos sin publicar; Lampo *et al.* 2011) apuntan a un uso diferencial del ambiente entre machos y hembras, como había sido sugerido por Sexton (1958). En los transectos estudiados los machos son observados casi exclusivamente a orillas de las quebradas mientras que las hembras, por lo general, se las ha visto en el bosque, salvo en los momentos de reproducción cuando se acercan al cuerpo de agua para el amplexo y oviposición. Esta diferencia entre sexos en el uso temporal del espacio podría explicar algunas de las diferencias encontradas en relación a las presas consumidas entre ellos.

La composición de la dieta en los anfibios puede tener expresiones en otros ámbitos de la historia de vida como, por ejemplo, la toxicidad o defensa química contra depredadores y/o microorganismos. Si bien algunas especies de anfibios sintetizan sus propias defensas químicas, en algunos casos estas son adquiridas de fuentes externas que pueden incluir relaciones simbióticas con otros organismos o ser obtenidas de sus fuentes alimenticias (Mebs 2002). Las especies que secuestran sus defensas químicas son dependientes de recursos alimentarios específicos, como es el caso de las “ranas venenosas”, que las obtienen del consumo de artrópodos, especialmente hormigas y ácaros (Saporito *et al.* 2007, 2009, 2011). En la piel de varias especies del género *Atelopus* se ha encontrado tetradoxina (TTX) y otras sustancias análogas o derivadas de la TTX solo conocidas en este grupo de ranas, como la zetekitoxina y chiriquitoxina (Fuhrman *et al.* 1969, Hanifin 2010, Lötters 1996, Yotsu-Yamashita y Tateki 2010, Yotsu-Yamashita *et al.* 2004), cuya toxicidad es extremadamente potente. Se desconoce el origen de estos alcaloides tóxicos en la piel de los *Atelopus*, y una posibilidad es que provengan de procesos de secuestro similares a otros grupos de anfibios (p. j. dendrobátidos) quienes, al igual que las ranas arlequines, basan su dieta principalmente en hormigas y ácaros. Sin embargo la mirmecofagia, especialización alimentaria ampliamente extendida en anuros, no necesariamente implica toxicidad (Mebs *et al.* 2010). Se requieren estudios adicionales para entender la biosíntesis y evolución de estas sustancias en *Atelopus*, así como su papel ecológico.

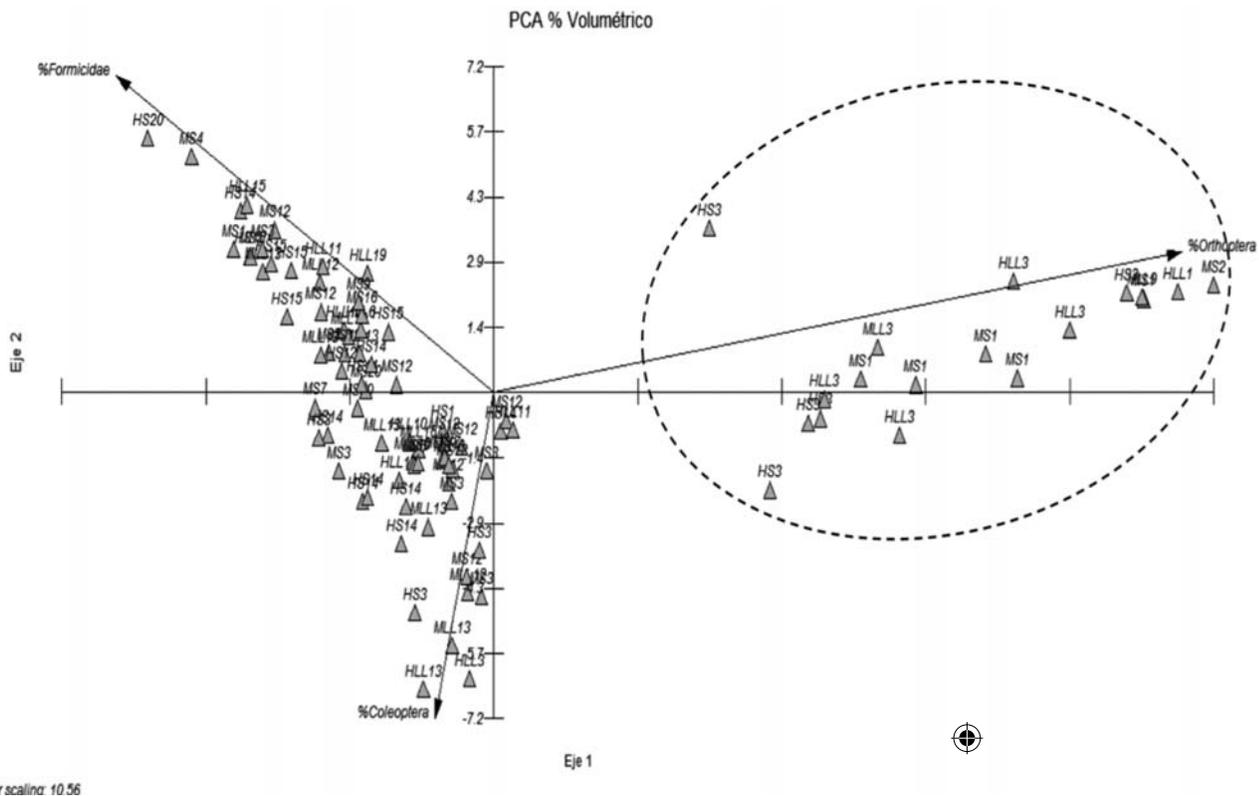


Figura 4. Análisis de componentes principales (PCA) del porcentaje volumétrico de los ítems, mostrándose los ejes 1 y 2 que retienen el 66% de la información original; las flechas muestran los tres ítems mejor representados en los ejes (Orthoptera, Formicidae y Coleoptera). En el círculo punteado se agrupan las muestras que se separan debido al consumo de Ortópteros. La nomenclatura de los códigos esta conformada por sexo (H= ♀, M= ♂), época climática (S= Sequía, LL= Lluvia) y numeración de localidades de colecta (Ver Figura 1).

Bibliografía.

- AUN, L. Y R. MARTORI. 1998. Reproducción y dieta de *Liolaemus koslowskyi* Etheridge 1993. *Cuadernos de Herpetología* 12(1): 1-9.
- BONACCORSO, E., J. M. GUAYASAMIN, D. MÉNDEZ Y R. SPEARE. 2003. Chytridiomycosis as a possible cause of population declines in *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae). *Herpetological Review* 34: 331-334.
- COLOMA, L. A., W. E. DUELLMAN, A. ALMENDÁRIZ, S. R. RON, A. TERÁN-VALDEZ Y J. M. GUAYASAMIN. 2010. Five new (extinct?) species of *Atelopus* (Anura: Bufonidae) from Andean Colombia, Ecuador and Perú. *Zootaxa* 2574: 1-54.
- DUELLMAN, W. E. Y J. D. LYNCH. 1988. Anuran amphibians from the cordillera de Cutucu, Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 140: 125-142.
- DURANT, P. Y J. W. DOLE. 1974. Food of *Atelopus oxyrhynchus* (Anura: Atelopodidae) in a Venezuelan cloud forest. *Herpetologica* 30: 183-187.
- ELIOT, J. L. 2003. This frog didn't croak. *National Geographic*. 204: (página no numerada).
- FUHRMAN, F. A., G. J. FUHRMAN Y H. S. MOSHER. 1969. Toxin from skin of frogs of the genus *Atelopus*: Differentiation from dendrobatid toxins. *Science* 165: 1376-1377.
- GÓMEZ, L. Y A. RAMOS. 1982. Contenido estomacal de *Atelopus ignescens* (Cornalia) de Nariño y Putumayo, República de Colombia. *Memorias de la Sociedad Ecuatoriana de Ecología* 1: 163-165.
- HAMMER, Ø., D. A. T. HARPER Y P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1): 9 pp.
- HANIFIN, C. T. 2010. The chemical and evolutionary ecology of tetrodotoxin (TTX) Toxicity in terrestrial vertebrates. *Marine Drugs* 8: 577-593.
- KOVACH, W. L. 1998. MVSP. A Multivariate Statistical Package for Windows. Versión 3.0. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales. U.K.
- KREBS, C. J. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row Publishers, New York. 654 pp.
- LAMPO, M., J. C. SEÑARIS, A. RODRÍGUEZ-CONTRERAS, F. ROJAS-RUNJAIC Y C. Z. GARCIA. 2011. High Turnover Rates in Remnant Populations of the Harlequin Frog *Atelopus cruciger* (Bufonidae): Low Risk of Extinction? *Biotropica* doi: 10.1111/j.1744-7429.2011.00830.x
- LA MARCA, E. 2008. Sapito arlequín amarillo de Maracay, *Atelopus vogli*. Pp. 201. En: J. P. Rodríguez y F. Rojas-Suárez (eds.), *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. Provita y Shell Venezuela, S. A., Caracas, Venezuela.
- LA MARCA, E. Y H. P. REINTHALER. 1991. Population changes in *Atelopus* species of the Cordillera de Mérida, Venezuela. *Herpetological Review* 22: 125-128.
- LA MARCA, E., K. R. LIPS, S. LÖTTTERS, R. PUSCHENDORF, R. IBÁÑEZ, J. V. RUEDA-ALMONACID, R. SCHULTE, C. MARTY, F. CASTRO, J. MANZANILLA-PUPPO, J. E. GARCÍA-PÉREZ, F. BOLAÑOS, G. CHAVES, J. A. POUNDS, E. TORAL Y B. E. YOUNG. 2005. Catastrophic population declines and extinctions in Neotropical Harlequin Frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica* 37: 190-201.
- LA MARCA, E., J. MANZANILLA Y J. C. SEÑARIS. 2008. Sapito rayado, *Atelopus cruciger*. Pp. 194. En: J. P. Rodríguez y F. Rojas-Suárez (eds.), *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S.A., Caracas, Venezuela.
- LÖTTTERS, S. 1996. The Neotropical Toad Genus *Atelopus*. Checklist, biology, Distribution. M. Vences & F. Glaw Verlags GbR. Köln, Germany. 142 pp.

- MANZANILLA, J. Y E. LA MARCA. 2004 ("2002"). Museum records and field samplings as sources of data indicating population crashes for *Atelopus cruciger*, a proposed critically endangered species from the Venezuelan coastal range. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* (62)157: 5-30.
- MARRERO, C. 1994. Métodos para cuantificar contenidos estomacales en peces. Publicación Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Guanare, Venezuela. 37 p.
- MEBS, D. 2002. Venomous and Poisonous Animals. Medpharm Sci. Publ., Stuttgart.
- MEBS, D., M. JANSEN, G. KÖHLER, W. POGODA Y G. KAUERT. 2010. Myrmecophagy and alkaloid sequestration in amphibians: a study on *Ameerega picta* (Dendrobatidae) and *Elachistocleis* sp. (Microhylidae) frogs. *Salamandra* 46(1): 11-15.
- PIÑERO, J. B. Y P. DURANT. 1993. Dieta y hábitat de una comunidad de anuros de selva nublada en los Andes meridionales. *Ecotrópicos* 6: 1-9.
- POWELL, R., J. S. PARMELEE, M. A. RICE Y D. D. SMITH. 1990. Ecological observations of *Hemidactylus brooki haitianus* Meerwath (Sauria: Gekkonidae) from Hispaniola. *Caribbean Journal of Science* 26: 67-70.
- RODRÍGUEZ-CONTRERAS, A., M. LAMPO Y J. C. SEÑARIS. 2008. Rediscovery of *Atelopus cruciger* (Anura: Bufonidae) with notes on its current status in the Cordillera de La Costa, Venezuela. *Oryx* 42(2): 301-304.
- RODRÍGUEZ, J. P. Y F. ROJAS-SUÁREZ (Eds.) 2008. Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Tercera Edición. Provita y Shell Venezuela, S. A., Caracas, Venezuela. 364 pp.
- RUÍZ-CARRANZA, P. M. Y M. OSORNO-MUÑOZ. 1994. Tres nuevas especies de *Atelopus* A. M. C. Duméril & Bribron 1841 (Amphibia: Bufonidae) de la Cordillera Central de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 19: 165-179.
- SAPORITO, R. A., M. A. DONNELLY, R. NORTON, H. M. GARRAFFO, T. F. SPANDE Y J. W. DALY. 2007. Oribatid mites as a new and significant source of alkaloids in poison frogs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(21): 8885-8890.
- SAPORITO, R. A., T. F. SPANDE, H. M. GARRAFFO, Y M. A. DONNELLY. 2009. Arthropod alkaloids in poison frogs: A review of the 'dietary hypothesis'. *Heterocycles* 79(1): 277-297.
- SAPORITO, R. A., R. A. NORTON, N. R. ANDRIAMAHARAVO, H. M. GARRAFFO Y T. F. SPANDE. 2011. Alkaloids in the mite *Schelolibates laevigatus*: Further alkaloids common to oribatid mites and poison frogs. *Journal of Chemical Ecology* 37(2): 213-218.
- SEXTON, O. 1958. Observations on the life history of a Venezuelan frog, *Atelopus cruciger*. *Acta Biológica Venezuelica* 2: 235-242.
- TOFT, C. A. 1981. Feeding ecology of Panamanian litter anurans: patterns in diet and foraging mode. *Journal of Herpetology* 15: 139-144.
- YOTSU-YAMASHITA, M Y E. TATEKI. 2010 First report on toxins in the Panamanian toads *Atelopus limosus*, *A. glyphus* and *A. certus*. *Toxicon* 55(1): 153-156
- YOTSU-YAMASHITA, M., Y. H. KIM, S. C. DUDLEY JR., G. CHOUDHARY, A. PFAHNL, Y. OSHIMA. Y J. W. DALY. 2004. The structure of zetekitoxin AB, a saxitoxin analog from the Panamanian golden frog *Atelopus zeteki*: a potent sodium-channel blocker. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101(13): 4346-4351.

Anexo 1. Material examinado en el estudio de la dieta de *Atelopus cruciger*. (MHNLS= Museo de Historia Natural La Salle)

Estado Aragua: MHNLS 1077 (♀), Rancho Grande, 15 de abril de 1955; MHNLS 1485 (♀), Rancho Grande, 30 de diciembre de 1958; MHNLS 4327 (♀), Rancho Grande (1100 m s.n.m.), 07 de octubre de 1965; MHNLS 5542 (♀), carretera a Choroni (1640 m s.n.m.), 16 de mayo de 1971; MHNLS 6864 (♀), carretera a Choroni, 06 de agosto de 1977; MHNLS 20621 (♂), Río Cata, aguas arriba de la represa, Municipio Ocumare de la Costa de Oro, 4 marzo 2006; MHNLS 20622 (♂), Río Cata, aguas arriba de la represa, Municipio Ocumare de la Costa de Oro, 15 junio 2006; MHNLS 20623 (♀), Río Cata, aguas arriba de la represa, Municipio Ocumare de la Costa de Oro, 20 enero 2007. **Estado Carabobo:** MHNLS 1907 y 1909 (♂), camino de Los Españoles, San Esteban (360 m s.n.m.) 18 diciembre 1965; MHNLS 1922 (♂), Las Quiguas, San Esteban (250 m s.n.m.), 18 de diciembre de 1965; MHNLS 6159 (♂), Hacienda Chacao, Bahía de Patanemo (150 m s.n.m.), 15 de febrero de 1974; MHNLS 6168 (♀), Río Santa Rita, Patanemo (200 m s.n.m.), 21 de abril de 1974; MHNLS 6200-6201 (1 ♀ / 1 ♂), Los Campamentos, Bahía de Patanemo (300 m s.n.m.), 08 de febrero de 1975. **Estado Cojedes:** MHNLS 8454 (♀), MHNLS 8456 (♂) y MHNLS 8458-8459 (♂), Quebrada La Lapentera, Cerro Azul, 03 de abril de 1980; MHNLS 8461 (♂) y MHNLS 8465 (♂), Quebrada La Lapentera, Cerro Azul, 30 de marzo de 1980. Distrito Capital: MHNLS 1321-1322 (♀), El Ávila (2100 m s.n.m.), 17 de junio de 1956; MHNLS 1706 (♂), El Ávila (1000 m s.n.m.), 01 de septiembre de 1965; MHNLS 1968 (♂), Las Cascadas, El Ávila (1200 m s.n.m.), 18 de octubre de 1967. **Estado Miranda:** MHNLS 176-177 (2 ♂ / 1 ♀), La Unión, El Hatillo (1150 m s.n.m.), 19 de febrero de 1950; MHNLS 761-762 (♀), quebrada Los Conotos, 22 de junio de 1952; MHNLS 4314 (♀), El Edén, 07 de junio de 1964. **Estado Vargas:** MHNLS 1416 (♂), Caraballeda, diciembre de 1957; MHNLS 2063-2064 (1 ♀ / 1 ♂), MHNLS 2067 (♂) y MHNLS 2072 (♂), El Limoncito, Hacienda El Limón, 07 de mayo de 1966; MHNLS 2345 (♀), Cagüita, carretera a Puerto Cruz, Hacienda El Limón, 07 de enero de 1967; MHNLS 3368 (♂), MHNLS 3376 (♂) y MHNLS 3380 (♂), El Limoncito, Hacienda El Limón (500 m s.n.m.), 22 de junio de 1968; MHNLS 3573 (♀), MHNLS 3575 (♀) y MHNLS 3579 (♀), Cagüita, Hacienda El Limón (350 m s.n.m.), 14 de enero de 1968; MHNLS 3662 (♀), MHNLS 3664 (♀) y MHNLS 3666 (♀), Cagüita, Hacienda El Limón (300 m s.n.m.), 13 de enero de 1968; MHNLS 3707 (♀) y MHNLS 3709 (♀), Cagüita, Hacienda El Limón (300 m s.n.m.), 15 de enero de 1968; MHNLS 3710 (♀), MHNLS 3712 (♀) y MHNLS 3715 (♀), El Limón (300 m s.n.m.), 28 de diciembre de 1967; MHNLS 4434 (♀), Hacienda El Limón (300 m s.n.m.), 28 de diciembre de 1967; MHNLS 4656 (♀), Suapo, Hacienda El Limón (160 m s.n.m.), 01 de junio de 1969; MHNLS 4768 (♂), MHNLS 4773 (♂) y MHNLS 4776 (♂), Las Llanadas, Hacienda El Limón (600 m s.n.m.), 01 de noviembre de 1969; MHNLS 4830 (♂) y MHNLS 4839 (♂), Las Llanadas, Hacienda El Limón (600 m s.n.m.), 15 de enero de 1970; MHNLS 4869 (♂), MHNLS 4882-4884 (♂), MHNLS 4887 (♂), MHNLS 4877-4879 (♂) y MHNLS 4892 (♀), Las Llanadas, Hacienda El Limón (600 m s.n.m.), 09 de febrero de 1970. **Estado Yaracuy:** MHNLS 788 (♀) y MHNLS 795 (♂), Sorte, Chivacoa (500 m s.n.m.), marzo de 1953; MHNLS 7520 (♀), MHNLS 7522-7523 (♀), MHNLS 7526 (♀), MHNLS 7529 (♂) y MHNLS 7531 (♂), Cerro Azul, Fila La Blanquera (1300 m s.n.m.), 26 de febrero de 1979; MHNLS 7543 (♂), Cerro Azul, Fila La Blanquera (1300 m s.n.m.), 27 de febrero de 1979; MHNLS 7549 (♂) y MHNLS 7555 (♂), Cerro Azul, Fila La Blanquera (1300 m s.n.m.), 28 de febrero de 1979; MHNLS 8136-8138 (♀), Cerro Azul, Fila La Blanquera, 30 de marzo de 1980; MHNLS 8142-8147 (5 ♀ / 1 ♂) y MHNLS 8150 (♀), Cerro Azul, Fila La Blanquera, 01 de abril de 1980; MHNLS 11944 (♂), Cerro Azul, Fila La Blanquera, quebrada Agua Fría, 31 de marzo de 1980.



Anexo 2. Recursos o ítems alimentarios encontrados en los estómagos analizados de *Atelopus cruciger* segregados por sexo y por época climática (N= número total de presas; %FA= porcentaje de frecuencia de aparición del ítem; %V= porcentaje volumétrico del ítem en el volumen total; %N= porcentaje numérico del ítem en el total de las presas; IIR= índice de importancia relativa, IJ= índice de jerarquización de las presas).

ITEM	N				%FA				%V				%N				IIR				IJ			
	LL		S		LL		S		LL		S		LL		S		LL		S		LL		S	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
INSECTA																								
Coleoptera	50	78	57	98	92,3	75,0	75,0	84,6	24,1	26,6	19,6	26,6	12,6	10,8	6,9	8,8	43,0	37,5	9,1	12,1	81,3	70,6	32,7	36,6
Collembola	4	24	27	7	30,8	25,0	28,1	19,2	1,5	4,5	2,3	2,6	1,0	3,3	3,3	0,6	11,1	10,9	1,9	1,1	21,0	20,6	7,0	3,5
Dermaptera	0	5	2	2	0,0	12,5	6,3	3,9	0,0	5,0	6,5	12,0	0,0	0,7	0,2	0,2	0,0	6,1	2,3	4,1	0,0	11,4	8,2	12,3
Diptera	13	23	33	11	23,1	25,0	40,6	26,9	17,0	5,8	5,7	19,2	3,3	3,2	4,0	1,0	14,5	11,3	3,4	6,8	27,3	21,3	12,1	20,7
Ephemeroptera	2	1	0	0	7,7	6,3	0,0	0,0	10,0	9,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,0	0,0	6,1	5,1	0,0	0,0	11,5	9,7	0,0	0,0
Hemiptera	17	13	20	14	46,2	31,3	43,8	38,5	11,2	6,6	6,4	1,4	4,3	1,8	2,4	1,3	20,5	13,2	3,1	1,0	38,8	24,9	11,1	3,1
Homoptera	1	1	6	1	7,7	6,3	12,5	3,9	10,0	5,0	20,0	0,5	0,3	0,1	0,7	0,1	6,0	3,8	7,0	0,2	11,3	7,2	25,1	0,6
Hymenoptera																								
Formicidae	135	405	440	707	100,0	75,0	84,4	92,3	24,7	28,2	29,0	34,5	34,1	55,9	53,3	63,6	52,9	53,0	27,7	33,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Otros	12	12	51	27	61,5	50,0	56,3	46,2	7,3	4,3	12,0	4,2	3,0	1,7	6,2	2,4	23,9	18,7	6,2	2,4	45,2	35,2	22,5	7,1
Larvas	95	39	95	95	76,9	37,5	59,4	61,5	14,6	12,2	18,9	9,6	24,0	5,4	11,5	8,5	38,5	18,4	10,4	6,2	72,7	33,8	37,4	18,9
Lepidoptera	1	0	3	1	7,7	0,0	3,1	3,9	10,0	0,0	5,0	5,0	0,3	0,0	0,4	0,1	6,0	0,0	1,8	1,7	11,3	0,0	6,5	5,2
Megaloptera	0	2	1	2	0,0	12,5	3,1	7,7	0,0	3,0	2,0	1,5	0,0	0,3	0,1	0,2	0,0	5,3	0,7	0,6	0,0	9,9	2,6	1,8
Orthoptera	2	8	7	12	15,4	37,5	18,8	23,1	75,0	62,5	75,8	46,8	0,5	1,1	0,9	1,1	30,3	33,7	25,6	16,0	57,3	63,5	92,5	48,6
Psocoptera	1	1	2	0	7,7	6,3	6,3	0,0	5,0	1,0	7,5	0,0	0,3	0,1	0,2	0,0	4,3	2,5	2,6	0,0	8,2	4,6	9,4	0,0
Thysanoptera	3	0	1	4	7,7	0,0	3,1	7,7	5,0	0,0	5,0	1,3	0,8	0,0	0,1	0,4	4,5	0,0	1,7	0,6	8,5	0,0	6,2	1,7
Thysanura	0	1	0	2	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	5,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	2,8	0,0	1,7	0,0	5,3	0,0	5,3
ARACHNIDA																								
Acarina	59	95	72	104	61,5	56,3	53,1	65,4	3,4	6,2	2,5	4,9	14,9	13,1	8,7	9,4	26,6	25,2	3,9	5,0	50,3	47,5	14,2	15,1
Araneae	0	3	9	7	0,0	12,5	21,9	19,2	0,0	8,0	22,4	8,2	0,0	0,4	1,1	0,6	0,0	7,0	7,9	3,0	0,0	13,1	28,5	9,1
Pseudoscorpionida	0	8	0	6	0,0	25,0	0,0	15,4	0,0	8,0	0,0	4,5	0,0	1,1	0,0	0,5	0,0	11,4	0,0	1,7	0,0	21,4	0,0	5,2
DIPLOPODA	1	2	0	10	7,7	6,3	0,0	7,7	40,0	7,0	0,0	22,7	0,3	0,3	0,0	0,9	16,0	5,6	0,0	7,9	30,2	8,5	0,0	23,9
GASTROPODA	0	3	0	0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0

Recibido: 03 marzo 2009
Aceptado: 01 octubre 2011

María L. González¹, J. Celsa Señaris², y Argelia Rodríguez-Contreras³

¹ Laboratorio Biología de Organismos, Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Apartado 21827, Caracas 1020-A, Venezuela. malu157@yahoo.es

² Museo de Historia Natural La Salle, Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Apartado 1930, Caracas 1010-A, Venezuela. celsisenaris@gmail.com. Dirección actual: Laboratorio de Ecología y Genética de poblaciones, Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Apartado 21827, Caracas, 1010-A, Venezuela. jsenaris@ivic.gob.ve

³ Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Apartado 47058, Caracas 1041-A, Venezuela. argelopus@yahoo.com