

Cariotipos de las principales serpientes coral (Elapidae: *Micrurus*) de Costa Rica.

por

José María Gutiérrez* y Róger Bolaños*

(Recibido para su publicación el 30 de octubre de 1978)

Abstract: We describe the karyotypes of the three most abundant coral snake species (Elapidae: *Micrurus*) in Costa Rica: *Micrurus nigrocinctus*, *M. alleni* and *M. mipartitus*. In *M. nigrocinctus* there are two karyotypic populations which correspond to two of the three subspecies described in our country. In *M. n. nigrocinctus* there are 26 chromosomes (16 macro- and 10 microchromosomes) and in *M. n. mosquitensis* 30 chromosomes (16 macro- and 14 microchromosomes) in the diploid set. Females from both populations are heteromorphic in the sixth chromosome pair. *M. alleni* has 34 chromosomes in the diploid set, with 20 macro- and 14 microchromosomes. In *M. mipartitus* the diploid set also has 34 chromosomes, but with 14 macro- and 20 microchromosomes. In all three species there is an evident secondary constriction in one pair of macrochromosomes.

El estudio de los cariotipos en las serpientes ha sido un instrumento muy útil para el esclarecimiento de las relaciones filogenéticas entre las diferentes familias, géneros y especies (Beçak, 1965; Beçak y Beçak, 1969; Singh, 1972). La familia Elipidae incluye una gran cantidad de serpientes venenosas ampliamente distribuidas en Asia, Africa, Australia y América (Klemmer, 1968; Cogger, 1971; Hoge y Romano, 1971). Se han descrito los cariotipos de ocho especies y subspecies de elapídeos: *Naja naja naja*, *Naja naja kaouthia* (Singh, 1972), *Naja naja atra*, *Bungarus multicinctus* (Nakamura, 1935), *Bungarus caeruleus* (Singh, Sharma y Ray-Chaudhuri, 1970), *Bungarus fasciatus* (Singh, 1974), *Micrurus lemniscatus carvalhoi* (Beçak y Beçak, 1969) y *Micrurus fulvius tenere* (Graham, 1977); estos informes muestran que tanto el número diploide como el patrón de heteromorfismo en los cromosomas sexuales presentan una gran variación, existiendo la necesidad de ampliar estos estudios a otras especies para profundizar en el conocimiento de las relaciones evolutivas dentro de esta familia.

En Costa Rica existen cuatro especies de la familia Elapidae, todas ellas pertenecientes al género *Micrurus*: *M. nigrocinctus*, *M. alleni*, *M. mipartitus* y *M. clarcki*. La primera es de amplia distribución en el territorio nacional (Taylor *et al.*, 1973; Savage y Vial, 1973). Peters y Orejas-Miranda (1970), en su revisión taxonómica, plantean la presencia en nuestro país de tres subspecies: *Micrurus nigrocinctus nigrocinctus*, presente en la región sud-este del Pacífico de Costa Rica; *M. n. mosquitensis*, en la región del Atlántico y *M. n. melanocephalus*,

* Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica.

anteriormente denominada *M. pachecoi*, con distribución en el sud-oeste del territorio nacional. Por su parte, Savage y Vial (1973) señalan que existen tres poblaciones dentro de esta especie: I) Pacífico sud-oeste; II) Pacífico nor-oeste y III) Zonas bajas del Atlántico, basándose en criterios morfológicos como recuento de escamas, número de anillos negros del cuerpo, ubicación del anillo nual y patrón de coloración de la cabeza; no obstante, estos autores encuentran evidencias de una intergradación entre estas poblaciones, anulándose por lo tanto la validez de la designación subespecífica para ellas.

Micrurus alleni presenta poblaciones tanto en el sector Atlántico como en el Pacífico del país, aunque su distribución no es tan amplia como la de *M. nigrocinctus* (Savage y Vial, 1973); Peters y Orejas-Miranda (1970) clasifican a la población del Pacífico como *M. a. yatesi* y a la del Atlántico como *M. a. alleni*, aunque Savage y Vial (1973) tampoco en este caso justifican la designación subespecífica por considerar que no refleja el proceso evolutivo subyacente. *Micrurus mipartitus* es una especie relativamente escasa en Costa Rica, con una sola subespecie: *M. m. hertwigi* (Peters y Orejas-Miranda, 1970); su distribución abarca diversas zonas del país, todas ellas ubicadas por abajo de los 1200 metros de altura (Taylor *et al.*, 1973; Savage y Vial, 1973). De *Micrurus clarcki*, la única coral cuyo cariotipo no hemos estudiado, sólo se ha encontrado un espécimen en nuestro país (Savage y Vial, 1973).

En el presente trabajo se describen los cariotipos de las tres serpientes de coral más abundantes en Costa Rica, *M. nigrocinctus*, *M. alleni* y *M. mipartitus*, tratando de ubicarlos en el contexto de la evolución cromosómica de la familia Elapidae; también se pretende, con base en el criterio citogenético, participar en el debate taxonómico relacionado con la subespeciación en *M. nigrocinctus*.

MATERIAL Y METODOS

El número de ejemplares analizados y su procedencia fueron los siguientes:

Micrurus nigrocinctus nigrocinctus: 15 ejemplares, 13 machos y 2 hembras.
Micrurus nigrocinctus mosquitensis: 12 ejemplares, 11 machos y una hembra.
 La procedencia de los ejemplares de ambas subespecies se resume en el Cuadro No 1 y en la figura No 1.

CUADRO 1

Procedencia de los ejemplares de *Micrurus* analizados en este trabajo

Especie	Procedencia y número de los ejemplares examinados
<i>Micrurus nigrocinctus nigrocinctus</i>	San José, La Uruca (9)*, San José, Escazú (3), San José, Santa Ana (1), Cartago, Central (1), Alajuela, Naranjo (1).
<i>Micrurus nigrocinctus mosquitensis</i>	Alajuela, Santa Rita de San Carlos (1), Cartago, Turrialba (1), Limón, Peshurst (7), Limón, Bri Bri (3).
<i>Micrurus alleni</i>	Alajuela, San Carlos (1), Limón, Peshurst (1).
<i>Micrurus mipartitus</i>	Limón, Talamanca (1).

* El número entre paréntesis indica la cantidad de ejemplares de cada lugar.

Micrurus alleni: Se examinaron dos ejemplares machos, provenientes de San Carlos y Limón.

Micrurus mipartitus: Se estudió un ejemplar macho procedente de Limón.

En el transcurso del estudio se utilizaron dos métodos para la obtención de los cariotipos:

- El descrito por Taylor y Bolaños (1975), basado en la inoculación *in vivo* de fitohemaglutinina (FHA) cruda, obtenida de semillas de *Phaseolus lunatus*, y la posterior detención de la mitosis *in vitro* con colchicina, efectuando luego el choque hipotónico con citrato de sodio al 1%, fijación con metanol: ácido acético (3:1) y coloración con Giemsa.
- La inoculación *in vivo* tanto de FHA cruda como de colchicina en las siguientes proporciones: FHA: 0,1 ml por cada 34 gramos de peso corporal y colchicina, 1 ml de una solución al 5% por cada 100 gramos de peso del ejemplar. Las serpientes se sangraron a las 48 horas, desarrollándose el resto del procedimiento de manera análoga al método anteriormente descrito.

Los cromosomas se agruparon por orden decreciente de tamaño y se clasificaron de acuerdo con la posición del centrómero, utilizando los parámetros descritos por Beçak (1965), así:

$$\text{Longitud relativa del cromosoma} = \frac{\text{Longitud del cromosoma} \times 200}{\text{Longitud total del genoma (2n)}}$$

$$\text{Relación de los brazos} = \frac{\text{Longitud del brazo largo}}{\text{Longitud del brazo corto}}$$

$$\text{Índice centromérico} = \frac{\text{Longitud del brazo corto}}{\text{Longitud del cromosoma}}$$

Los cromosomas se ubicaron dentro de tres grupos:

Metacéntricos: relación de los brazos $\leq 1,5$; índice centromérico $> 0,40$

Submetacéntricos: relación de los brazos entre 1,5 y 2,0; índice centromérico entre 0,33 y 0,4.

Acrocéntricos: relación de los brazos $\leq 2,0$; índice centromérico $< 0,33$

RESULTADOS

M. nigrocinctus: Presenta dos poblaciones cariotípicas claramente discernibles con base en el número de microcromosomas y en la posición del centrómero en el octavo par de macrocromosomas (Figs. 2, 3, 4, 5 y 8); por corresponder estas poblaciones a dos de las subespecies propuestas por Peters y Orejas-Miranda (1970) usaremos su nomenclatura en la descripción de los cariotipos:

- a) *M. n. nigrocinctus*: Al analizarse 89 placas metafásicas, se encontró que el número diploide es de 26, con 16 macro- y 10 microcromosomas. Los pares 2 y 3 de los macrocromosomas son metacéntricos, los pares 1,6 y 7 submetacéntricos y los pares 4,5 y 8 son acrocéntricos. Es notoria la presencia de una constricción secundaria en el brazo largo del primer par de macrocromosomas. Las hembras presentan el sexto par heteromórfico, siendo el Z submetacéntrico y el W acrocéntrico y más pequeño (Figs. 2, 3 y 8; Cuadro 2).
- b) *M. n. mosquitensis*: Se estudiaron 93 placas metafásicas que evidencian un cariotipo constituido por 30 cromosomas, siendo 16 de ellos macro- y 14 microcromosomas. En cuanto a la posición del centrómero, los pares 2 y 3 son metacéntricos, los pares 1, 6, 7 y 8 son submetacéntricos y los pares 4 y 5 son acrocéntricos. Al igual que la anterior población cariotípica, el primer par de macrocromosomas presenta una constricción secundaria y es evidente el heteromorfismo del sexto par en la hembra examinada que presentó un Z submetacéntrico y un W acrocéntrico (Figs. 4, 5 y 8; Cuadro 2).

M. alleni: Se analizaron 45 placas metafásicas y se obtuvo un número diploide de 34 cromosomas, con 20 macro- y 14 microcromosomas; sin embargo, los pares 9 y 10 se pueden catalogar como un grupo de tamaño intermedio entre los macro- y los micro. Los pares 2, 3, 6, 7, 9 y 10 son metacéntricos; el par 8 es submetacéntrico y los pares 1, 4 y 5 son acrocéntricos, notándose en el primer par una constricción secundaria. Por haber examinado sólo ejemplares machos, no se pudo detectar el heteromorfismo sexual (Figs. 6 y 9; Cuadro 2).

M. mipartitus: Se examinaron 41 placas metafásicas de un ejemplar macho y se observó un número diploide de 34 cromosomas, siendo 14 de ellos macro- y 20 microcromosomas. Los pares 1, 3, 4 y 5 son metacéntricos; los pares 2 y 6 son submetacéntricos y el par 7 es acrocéntrico, presentando el segundo par una constricción secundaria, aunque no tan notoria como en las dos especies anteriormente descritas. Al igual que en el caso de *M. alleni*, por haber estudiado sólo un ejemplar macho no se pudo observar la presencia o ausencia de heteromorfismo sexual (Figs. 7 y 9; Cuadro 2).

DISCUSION

El análisis de los cariotipos establece claras diferencias entre las tres especies estudiadas de elapídeos costarricenses, *M. nigrocinctus*, *M. alleni* y *M. mipartitus*. En las otras dos especies del género cuyos cariotipos han sido descritos, *M. lemniscatus* (Beçak y Beçak, 1969) y *M. fulvius* (Graham, 1977) también se aprecia este polimorfismo cromosómico.

En los ejemplares examinados de *M. nigrocinctus* se encontraron dos poblaciones cariotípicas claramente discernibles tanto por el número de microcromosomas como por la posición del centrómero en el octavo par de macrocromosomas (Figs. 1, 2, 3, 4, 5 y 8). Este fenómeno de variación cariotípica intraespecífica ha sido descrita de una serie de plantas y animales, entre los que destacan la lagartija mexicana *Sceloporus grammicus* (Iguanidae) con seis poblaciones cromosómicas diferentes y con zonas angostas de hibridización entre algunas de sus poblaciones (Hall y Selander, 1973); también se ha descrito este polimorfismo en el mamífero *Uroderma bilobatum* (Baker, Bleier y Atchley, 1976),

CUADRO 2

Medidas de los macrocromosomas de las especies de *Micrurus*

	Par	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Micrurus nigrocinctus nigrocinctus</i>	Longitud relativa (%)	20,3	14,9	13,1	12,7	11,5	10,9	9,0	7,2		
	Relación de los brazos	1,85	1,11	1,15	12,0	12,0	1,88	1,68	3,0		
	Índice centromérico	0,38	0,47	0,46	0,07	0,07	0,35	0,37	0,25		
<i>Micrurus nigrocinctus mosquitensis</i>	Longitud relativa (%)	20,3	14,9	13,1	12,7	11,5	10,9	9,0	7,2		
	Relación de los brazos	1,85	1,11	1,15	12,0	12,0	1,88	1,68	1,9		
	Índice centromérico	0,38	0,47	0,46	0,07	0,07	0,35	0,37	0,34		
<i>Micrurus alleni</i>	Longitud relativa (%)	13,9	13,8	13,5	11,4	10,7	10,3	9,8	6,3	5,5	3,8
	Relación de los brazos	9,02	1,27	1,31	3,22	2,21	1,24	1,13	2,00	1,32	1,45
	Índice centromérico	0,098	0,42	0,44	0,24	0,28	0,44	0,47	0,33	0,45	0,41
<i>Micrurus mipartitus hertwigi</i>	Longitud relativa (%)	23,6	21,2	17,3	11,8	10,9	8,43	6,74			
	Relación de los brazos	1,07	1,51	1,03	1,50	1,48	1,53	7,0			
	Índice centromérico	0,48	0,40	0,49	0,41	0,41	0,39	0,12			

lo mismo que en algunos artrópodos como *Didymuria violescens* (Craddock, 1975) y *Caledia captiva* (Shaw, 1976; Moran y Shaw, 1977). La importancia que tienen los rearrreglos cromosómicos como factor participante en el proceso de especiación en muchos grupos de animales ha sido destacada por diversos autores, entre ellos White (1968, 1969).

Savage y Vial (1973) basándose en una serie de criterios morfológicos señalan la presencia en nuestro país de tres poblaciones de *M. nigrocinctus*: Pacífico sud-oeste, Pacífico nor-oeste y zonas bajas del Atlántico; sin embargo, también apuntan evidencia de hibridación entre ellas, siendo por ende, dichas poblaciones parapátricas y no alopátricas. Estos autores encontraron ejemplares intermedios entre las poblaciones del Pacífico nor-oeste y del Pacífico sud-oeste; también presentan casos intermedios entre las poblaciones del Pacífico sud-oeste y el Atlántico. Sin embargo, en los ejemplares con patrón morfológico intermedio que pudimos examinar citogenéticamente no observamos ningún cariotipo híbrido y en todos estos casos el cariotipo corresponde a alguna de las poblaciones cromosómicas descritas en los resultados. Lo anterior no implica necesariamente que dichas zonas de tensión o hibridación no existan; es necesario estudiar ejemplares de otras regiones del país que no han sido contempladas en este informe con el fin de ver si aparecen nuevas poblaciones cromosómicas distintas de las descritas aquí; también se debe examinar un mayor número de serpientes de zonas intermedias para observar si existe alguna hibridación. La presencia de estas dos poblaciones cariotípicas dentro de *M. nigrocinctus* parece ser un indicador claro de un proceso evolutivo subyacente que hace válida la designación subespecífica; por ello las hemos denominado *M. n. nigrocinctus* y *M. n. mosquitensis*, utilizando la misma nomenclatura que aparece en la revisión de Peters y Orejas-Miranda (1970).

Los hallazgos aquí comentados abren una serie de interrogantes de gran interés. Una de ellas se refiere al significado evolutivo y genético de una variación en el número de microcromosomas. El tipo de información genética contenida en ellos no se conoce realmente; Comings, Avelino y Beçak (1973), trabajando con las serpientes *Liophis miliaris*, *Clelia occipitolutea* y *Boa constrictor*, encontraron que no había una relación directa entre el número de microcromosomas y la cantidad de ADN de hombro pesado, aunque plantearon la posibilidad de que cuando ese tipo de ADN está presente, se localiza especialmente en los microcromosomas. Por su parte, Singh, Purdom y Jones (1976) observaron en la serpiente asiática *Ptyas mucosus* que en el patrón de bandeo C casi todos los microcromosomas eran heterocromáticos y que el ADN satélite se ubica fundamentalmente en dichos cromosomas. Este tipo de ADN ha sido asociado con secuencias repetitivas de nucleótidos y se ha visto que en ratón está localizado en la heterocromatina constitutiva (Pardue y Gall, 1970; Jones, 1970). Sin embargo, mientras no se generalice el bandeo cromosómico y la caracterización y ubicación del ADN satélite en una mayor cantidad de serpientes no se puede postular nada con certeza.

Evolución cromosómica en la familia Elapidae: Incluidos los descritos aquí, se han analizado los cariotipos de 12 especies y subespecies de la familia Elapidae; estos datos se resumen en el Cuadro 3. Con ellos es posible llegar a una serie de conclusiones sobre la evolución cariotípica en la familia:

Las especies pertenecientes a los géneros *Micrurus* y *Bungarus* presentan entre sí más similitud que la existente entre ellas y las tres subespecies de *Naja naja*; lo anterior se evidencia especialmente por la presencia de una constricción secundaria en todos los cariotipos descritos de *Micrurus* y *Bungarus*, no así en los de *Naja* (Beçak y Beçak, 1969; Singh, Sharma y Ray-Chaudhuri, 1970; Singh, 1974;

CUADRO 3

Comparación entre los diversos cariotipos descritos de la familia Elapidae

Especie	2n (macro- + microcromosomas)	Presencia de constricción secundaria	Patrón	Cromosomas sexuales	Referencias
				Longitud relativa (%) del cromosoma Z en el cariotipo	
<i>Naja naja naja</i>	38 (16 + 22)	no	ZZ – ZW	11	Singh (1972)
<i>Naja naja atra</i>	38 (14 + 24)	----*	----	----	Nakamura (1935)
<i>Naja naja kaouthia</i>	38 (16 + 22)	no	ZZ – ZW	10	Singh (1972)
<i>Bungarus caeruleus</i>	44 (24 + 20)	Sí. En el primer par de cromosomas	Z ₁ Z ₁ Z ₂ Z ₂ -- Z ₁ Z ₂ W	12	Singh, Sharma y Ray-Chaudhuri (1970)
<i>Bungarus fasciatus</i>	38 (18 + 20)	Sí. En el primer par de cromosomas	ZZ – ZW	11	Singh (1974)
<i>Bungarus multicinctus</i>	36 (22 + 14)	---	---	----	Nakamura (1935)
<i>Micrurus lemniscatus carvalhori</i>	42 (22 + 20)	Sí. En el primer par de cromosomas	---	----	Beçak y Beçak (1969)
<i>Micrurus fulvius tenere</i>	32 (16 + 16)	Sí. En el primer par de cromosomas	ZZ – ZW	11	Graham (1977)
<i>Micrurus nigrocinctus nigrocinctus</i>	26 (16 + 10)	Sí. en el primer par de cromosomas	ZZ -- ZW	10,9	Presente trabajo
<i>Micrurus nigrocinctus mosquitensis</i>	30 (16 + 14)	Sí. En el primer par de cromosomas	ZZ – ZW	10,9	Presente trabajo
<i>Micrurus alleni</i>	34 (20 + 14)	Sí. En el primer par de cromosomas	----	----	Presente trabajo
<i>Micrurus mipartitus hertwigi</i>	34 (14 + 20)	Sí. En el segundo par de cromosomas	----	----	Presente trabajo

* En estos casos, no existen datos en las descripciones respectivas.

Graham, 1977). Las constricciones secundarias se han encontrado también en serpientes de la familia Hydrophiidae (Singh, 1972) y se han asociado con el ADN responsable de la codificación del ARN ribosomal (Pardue, 1974).

En cuanto a los cromosomas sexuales, la familia Elapidae presenta varios patrones, teniendo todos en común que el heteromorfismo, cuando se presenta, ocurre en las hembras. En *Naja naja naja* no se aprecia ningún par de cromosomas heteromórfico (Singh, 1972); sin embargo; Ray-Chaudhuri, Singh y Sharma (1971), estudiando el patrón de replicación del ADN en esta serpiente, identificaron al cromosoma W por su replicación temprana y vieron que se ubicaba en el cuarto par. No obstante, la subespecie *Naja naja kaouthia* sí presenta un claro heteromorfismo en el mismo par, siendo el Z submetacéntrico y el W acrocéntrico (Ray-Chaudhuri, Singh y Sharma, 1971). En *Bungarus* se han descrito los cariotipos de *B. multicinctus* (Nakamura, 1935), *B. caeruleus* (Singh, Sharma y Ray-Chaudhuri, 1970) y *B. fasciatus* (Singh, 1974). Esta última presenta el heteromorfismo en el cuarto par de cromosomas en las hembras (Singh, 1974), mientras que *B. caeruleus* ofrece un singular patrón múltiple de cromosomas sexuales ($Z_1Z_1 Z_2Z_2$ en los machos y Z_1Z_2W en las hembras). Por su parte, los informes de cariotipos de *Micrurus fulvius* y *M. nigrocinctus* muestran un patrón similar entre sí con el sexto par heteromórfico, siendo el Z submetacéntrico y el W acrocéntrico y más pequeño. No obstante este variado y amplio patrón de cromosomas sexuales en la familia Elapidae, hay un común denominador consistente en que el cromosoma sexual Z ocupa en todos los cariotipos entre el 10 y el 12% del juego cromosómico (Cuadro 3).

Por otra parte, la gran variación cromosómica apreciada en las especies del género *Micrurus* abre perspectivas muy interesantes para la aplicación del estudio citogenético en el esclarecimiento de las relaciones filogenéticas en este género. Se ha postulado la presencia muy generalizada de algunos mecanismos en la evolución de los cariotipos (Morescalchi, 1970); entre ellos tenemos las fusiones y fisiones céntricas y un tipo de translocación no recíproca que da como resultado la pérdida de microcromosomas. Utilizando estos criterios, *Micrurus lemniscatus carvalhoi* ofrece un cariotipo aparentemente más primitivo ya que todos sus macrocromosomas son acrocéntricos y presenta veinte microcromosomas (Beçak y Beçak, 1969); *M. fulvius tenere*, *M. alleni*, *M. mipartitus*, *M. n. nigrocinctus* y *M. n. mosquitensis* tienen patrones cromosómicos bastante relacionados entre sí; *M. fulvius tenere*, *M. n. nigrocinctus* y *M. n. mosquitensis* se diferencian en el número de microcromosomas y en la posición del centrómero en algunos macrocromosomas, destacándose el hecho de que la magnitud de la variación es muy similar entre las dos especies y entre las subespecies de *M. nigrocinctus*. Se puede postular, por otra parte, que existe una relación entre el primer par de macrocromosomas de *M. mipartitus* y los pares cuarto y quinto de *M. nigrocinctus* y *M. fulvius* ya que la suma del porcentaje que estos dos pares ocupan en el juego cromosómico total corresponde con el porcentaje del primer par en *M. mipartitus* y ésta tiene un par de macrocromosomas menos que las otras dos especies, de tal manera que esta diferencia pudo haber resultado de algún rearrreglo robertsoniano.

Sin embargo, para poder formar un cuadro integral se necesitan los estudios de una mayor cantidad de especies de corales. También es indispensable aplicar las técnicas de bandeado cromosómico, así como la caracterización del ADN de ésta y otras familias de serpientes para profundizar en la evolución del genomio de este grupo zoológico y para aclarar el papel que los rearrreglos cariológicos desempeñan en el proceso evolutivo.

AGRADECIMIENTOS

Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a los señores Alvaro Flores Badilla, Guillermo Flores Badilla, Gerardo Serrano Sánchez y Alejandro Solórzano López por su valiosa ayuda en el manejo de las serpientes. A la Sra. Hilda Herrera de Solera por el trabajo mecanográfico y al Dr. Pedro León por sus importantes sugerencias a lo largo de esta investigación. El trabajo fue financiado por la Universidad de Costa Rica y por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

RESUMEN

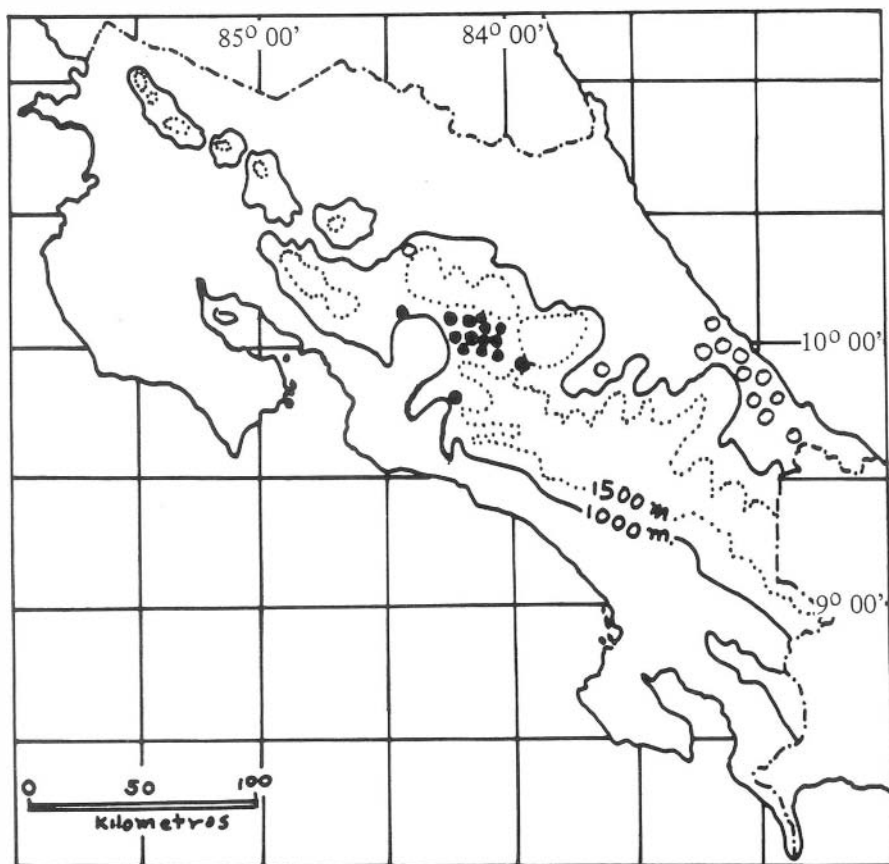
Se describen los cariotipos de las tres especies de serpientes coral (Elapidae: *Micrurus*) más abundantes en Costa Rica: *M. nigrocinctus*, *M. alleni* y *M. mipartitus*. *M. nigrocinctus* presenta dos poblaciones cariotípicas que corresponden con dos de las tres subespecies descritas en nuestro país: *M. n. nigrocinctus* tiene un número diploide de 26 cromosomas (16 macro- y 10 microcromosomas) y *M. n. mosquitensis* presenta 30 cromosomas (16 macro- y 14 microcromosomas) en su juego diploide. Las hembras de ambas poblaciones cariotípicas son heteromórficas en el sexto par de cromosomas. *M. alleni* tiene 34 cromosomas, con 20 macro- y 14 microcromosomas en su juego diploide. *M. mipartitus* también presenta 34 cromosomas, pero 14 de ellos son macro- y 20 son microcromosomas. En las tres especies se destaca la presencia de una constricción secundaria en un par de macrocromosomas.

REFERENCIAS

- Baker, R. J., W. J. Bleier, & W. R. Atchley
1976. A contact zone between karyotypically characterized taxa of *Uroderma bilobatum* (Mammalia: Chiroptera). *Syst. Zool.*, 24: 133-142.
- Beçak, W.
1965. Constituição cromossômica e mecanismo de determinação do sexo em ofídios sul-americanos. I. Aspectos cariotípicos. *Mem. Inst. Butantan*, 32: 37-78
- Cogger, H.G.
1971. The venomous snakes of Australia and Melanesia, p. 35-77. In W. Bücherl & E. Buckley (eds.). *Venomous animals and their venoms*. Vol. II: *Venomous vertebrates*. Academic Press, New York.
- Comings, D.E., E. Avelino, & W. Beçak
1973. Heavy shoulder DNA in snakes. *Cytogenet. Cell Genet.*, 12: 2-7.
- Craddock, E.M.
1975. Intraspecific karyotypic differentiation in the Australian Phasmatid *Didymuria violescens* (Leach). I. The chromosome races and their structural and evolutionary relationships. *Chromosoma (Berl.)*, 53: 1-24.
- Graham, G.
1977. The karyotype of the Texas coral snake, *Micrurus fulvius tenere*. *Herpetologica*, 33: 345-348.

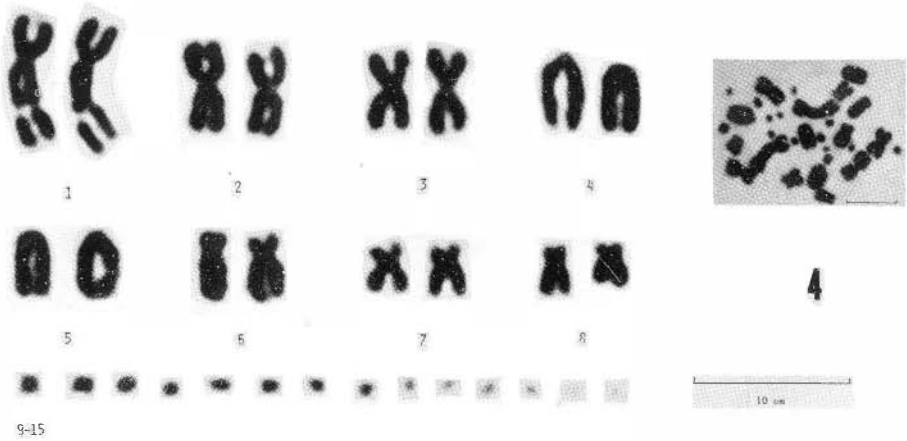
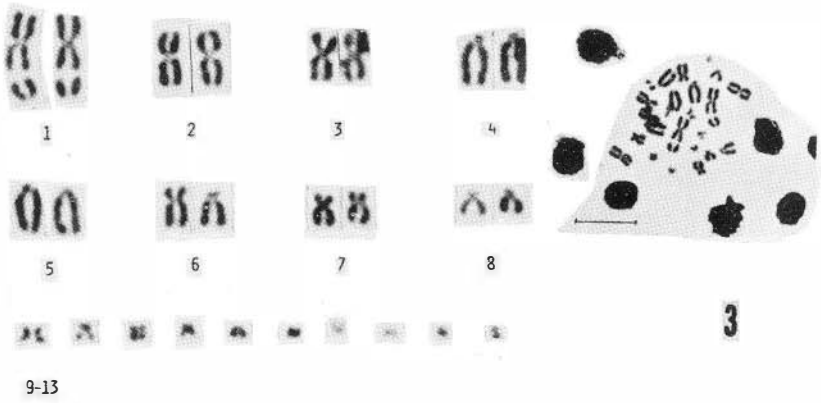
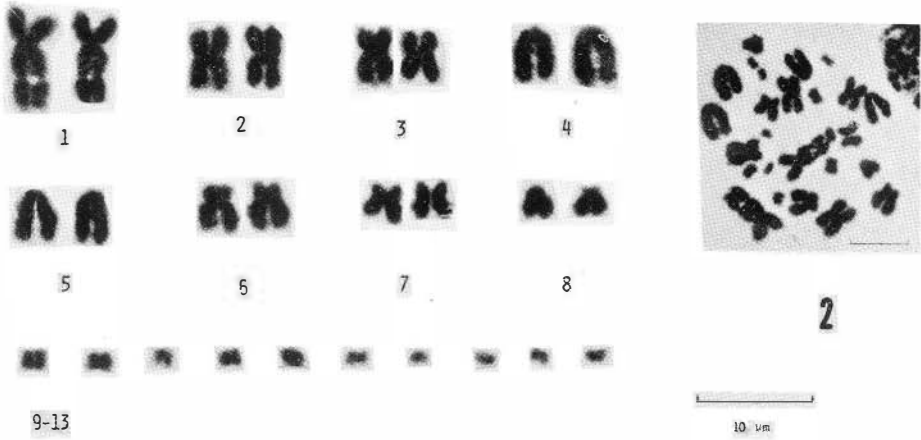
- Hall, W. P., & R. K. Selander
1973. Hybridisation of karyotypically differentiated populations in the *Sceloporus grammicus* complex (Iguanidae). *Evolution*, 27:226-242.
- Hoge, A.R., & S.A.R.W.D.L. Romano
1971. Neotropical pit vipers, sea snakes and coral snakes, p. 211-293. *In* W. Bücherl & E. Buckley (eds.). *Venomous animals and their venoms*. Vol. II: *Venomous vertebrates*. Academic Press, New York.
- Jones, K.W.
1970. Chromosomal and nuclear location of mouse satellite DNA in individual cells. *Nature*, 255:912-915.
- Klemmer, K.
1968. Classification and distribution of European, North African and North and West Asiatic Venomous Snakes, p. 309-325. *In* W. Bücherl, E. Buckley & V. Deulofeu (eds.). *Venomous animals and their venoms*. Vol 1: *Venomous vertebrates*. Academic Press, New York.
- Moran, C., & D. C. Shaw
1977. Population cytogenetics of the genus *Caledia* (Orthoptera: Acridinae). III. Chromosomal polymorphism, racial parapatry and introgression. *Chromosoma* (Berl.), 63: 181-204.
- Morescalchi, A.
1970. Karyology and vertebrate phylogeny. *Böll. Zool.*, 37: 1-28.
- Nakamura, K.
1935. Studies on reptilian chromosomes. VI. Chromosomes of some snakes. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser. B.*, 10: 361-402.
- Pardue, M. L.
1974. Localization of repeated DNA sequences in *Xenopus* chromosomes. *In* Cold Spring Harbor Symposia on quantitative biology. Vol. XXXVIII: *Chromosome structure and function*. Cold Spring Harbor Laboratory.
- Pardue, M. L., & J. G. Gall
1970. Chromosomal localisation of mouse satellite DNA. *Science*, 168: 1356-1358.
- Peters, J., & B. Orejas-Miranda
1970. Catalogue of the Neotropical Squamata: Part I. Snakes. Smithsonian Institution Press.
- Ray-Chaudhuri, S. P., L. Singh, & T. Sharma
1971. Evolution of sex-chromosomes and formation of W-chromatin in snakes. *Chromosoma* (Berl.), 33: 239-251.
- Savage, J. M., & J. L. Vial
1973. The venomous coral snakes (genus *Micrurus*) of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 21: 295-349.
- Shaw, D. D.
1976. Population cytogenetics of the genus *Caledia* (Orthoptera: Acridinae) I. Inter and intraspecific karyotype diversity. *Chromosoma* (Berl.), 54: 221-243.

Fig. 1. Procedencia de los ejemplares estudiados de *Micrurus nigrocinctus*. Cada punto representa un espécimen. Los puntos abiertos corresponden a la subespecie *M. n. mosquitensis* y los rellenos a *M. n. nigrocinctus*.

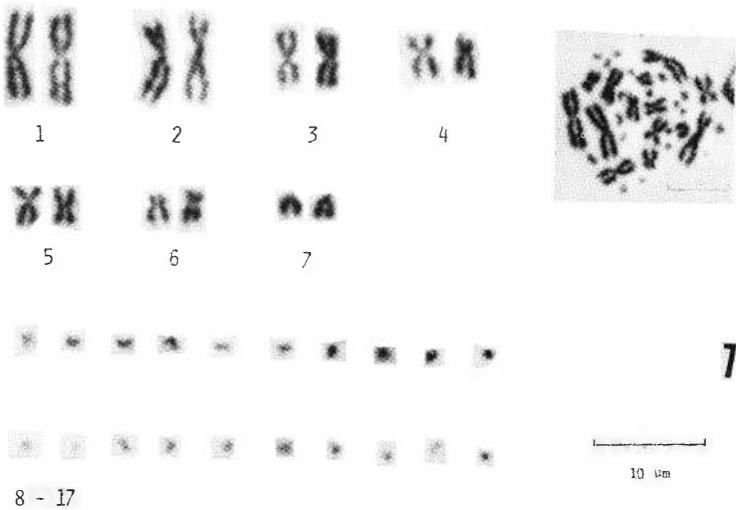
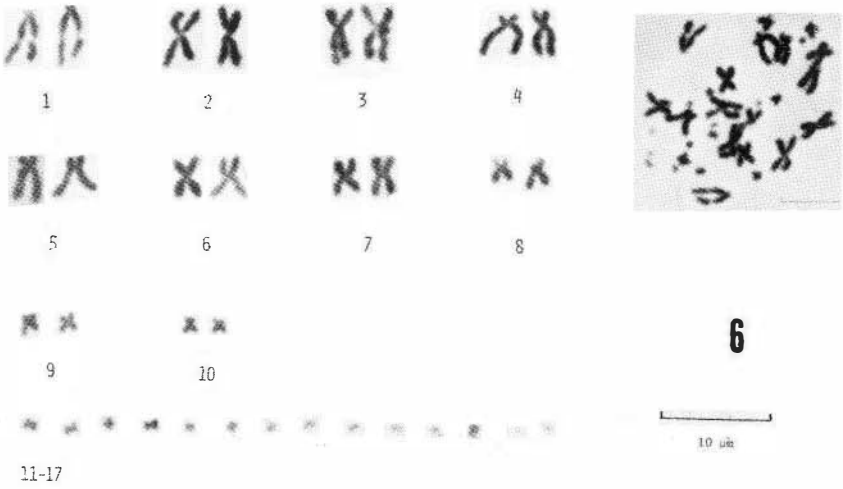
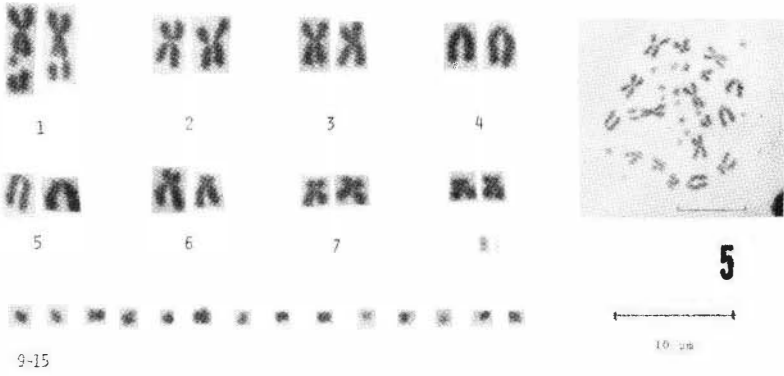


- Singh, L.**
1972. Evolution of karyotypes in snakes. *Chromosoma (Berl.)*, 38: 185-236.
- Singh, L.**
1974. Chromosomes of six species of Indian snakes. *Herpetologica*, 30: 419-429.
- Singh, L., L. E. Purdom, & K. W. Jones**
1976. The chromosomal localisation of satellite DNA in *Ptyas mucosus* (Ophidia: Colubridae). *Chromosoma (Berl.)*, 57: 177-184.
- Singh, L., T. Sharma, & S. P. Ray-Chaudhuri**
1970. Multiple sex-chromosomes in the common Indian krait *Bungarus caeruleus* Schneider. *Chromosoma (Berl.)*, 31: 386-391.
- Taylor, R., & R. Bolaños**
1975. Descripción de un método simple y económico para el estudio de cariotipos en serpientes. *Rev. Biol. Trop.*, 23: 177-183.
- Taylor, R. T., A. Flores, G. Flores, & R. Bolaños**
1973. Geographical distribution of Viperidae, Elapidae and Hydrophiidae in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 21: 383-397.
- White, M. J. D.**
1968. Models of speciation. *Science*, 159: 1065-1070.
- White, M. J. D.**
1969. Chromosomal rearrangements and speciation in animals. *Annu. Rev. Genet.*, 3: 75-98.
-

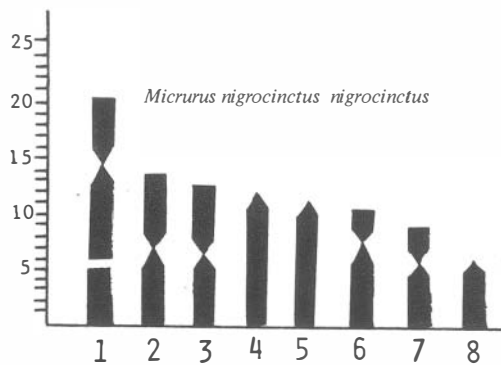
- Fig. 2. Cariotipo de *Micrurus nigrocinctus nigrocinctus*, macho ($2n = 26$).
- Fig. 3. Cariotipo de *Micrurus nigrocinctus nigrocinctus*, hembra, ($2n = 26$) con el sexto par heteromórfico, siendo el Z submetacéntrico y el W acrocéntrico.
- Fig. 4. Cariotipo de *Micrurus nigrocinctus mosquitensis*, macho ($2n = 30$).



- Fig. 5. Cariotipo de *Micrurus nigrocinctus mosquitensis*, hembra ($2n = 30$), con el sexto par heteromórfico, siendo el Z submetacéntrico y el W acrocéntrico.
- Fig. 6. Cariotipo de *Micrurus alleni*, macho ($2n = 34$).
- Fig. 7. Cariotipo de *Micrurus mipartitus hertwigi*, macho ($2n = 34$).

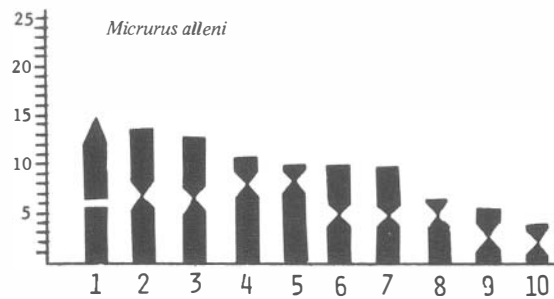


- Fig. 8. Idiograma de los cromosomas de las dos subespecies de *Micrurus nigrocinctus* cuyos cariotipos se describen en este trabajo. El eje vertical representa el porcentaje del par correspondiente en el genoma total.
- Fig. 9. Idiograma de los cromosomas de *Micrurus alleni* y *M. mipartitus*. El eje vertical representa el porcentaje del par correspondiente en el genoma total.



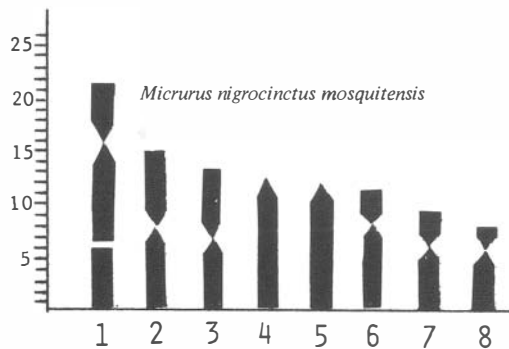
+ 5 pares de microcromosomas

8

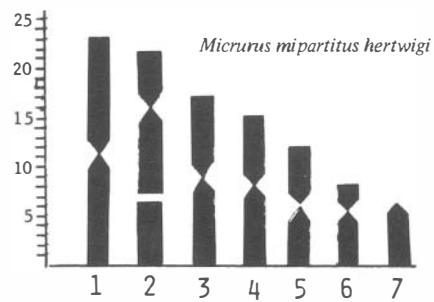


+ 10 pares de microcromosomas

9



+ 7 pares de microcromosomas



+ 7 pares de microcromosomas