

Análisis de la ecomorfología de 23 especies de lagartos cubanos del género *Anolis*

ALBERTO R. ESTRADA y ALEJANDRO SILVA RODRÍGUEZ

RESUMEN

Un estudio de las medidas morfométricas de 23 especies de lagartos cubanos del género *Anolis* permitió evaluar una serie de índices propuestos con anterioridad para clasificar a estos lagartos en categorías de locomoción estrechamente relacionadas con el subnicho estructural que ocupan en sus hábitats característicos. Se propone un nuevo índice que permite precisar el patrón de locomoción más probable de una especie.

1. INTRODUCCIÓN

La relación existente entre la morfología de los animales y la utilización por los mismos de los recursos del ambiente, ha sido objeto de análisis en numerosos trabajos de ecología y evolución.

Para el género *Anolis*, se han realizado algunos estudios en este sentido. COLLETTE (1961) analizó algunas relaciones entre la morfología y la locomoción de anolinos de la Florida y La Habana. MOERMOND (1979) realizó un estudio morfométrico de siete especies de anolinos haitianos y relacionó el patrón más frecuente de locomoción de aquellas especies, con la morfología y las características del subnicho estructural ocupado por las mismas (altura, diámetro y distancia entre parches, y tipo de sustrato frecuentado). De esta forma, clasificó a las especies de anolinos haitianos en tres categorías o modalidades de locomoción. PÉREZ-BEATO (1982) utilizó uno de los índices de Moermond y propuso una simplificación del mismo.

Nuestro trabajo consiste en analizar los patrones más probables de locomoción de nuestras especies de *Anolis*, siguiendo la metodología de MOERMOND (1979) en cuanto a los aspectos morfométricos, y proponer un índice que permita, de forma más precisa, predecir, mediante el aná-

Manuscrito aprobado el 5 de marzo de 1984.

A. R. Estrada pertenece al Instituto de Zoología, de la Academia de Ciencias de Cuba. A. Silva Rodríguez pertenece al Centro de Investigaciones Biológicas.

lisis morfométrico, cuál es la modalidad más probable a la que una especie se ha adaptado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las dimensiones morfométricas utilizadas en el análisis fueron: largos del fémur, de la tibia, y del húmero derechos; longitud de la cola intacta, y la talla, considerada ésta como la longitud hocico-cloaca. Todas ellas se tomaron con un calibrador milimétrico vernier Helios (0,05 mm) sobre el cuerpo de los lagartos, como se indica en la Fig. 1.

Con las medidas se hallaron los valores de cuatro índices empleados por MOERMOND (1979): índice A, fémur-tibia/talla; índice B, tibia/fémur; índice C, húmero/fémur; índice D, cola/talla.

Las modalidades o categorías de locomoción planteadas son: saltadores, corredores, y reptadores. De acuerdo con estas categorías, el valor esperado de los índices debe comportarse así:

ÍNDICE A

Tanto especies saltadoras como corredoras tendrán los mayores valores, en comparación con las reptadoras, ya que el índice expresa la relación del miembro impulsor primario con respecto a la talla.

ÍNDICE B

Los valores menores del índice corresponden a las especies reptadoras, y los mayores a las saltadoras y corredoras. Esta relación compara la longitud de los elementos involucrados en el sistema de palancas de la pata trasera, esperándose que especies que ejecutan rápidos movimientos tengan una razón alta, y las más lentas, que se desplazan a través de perchas finas, presenten una menor razón.

ÍNDICE C

Las especies corredoras y reptadoras, de acuerdo con las características de su locomoción, tienen una alta proporción entre las longitudes de sus extremidades anteriores y posteriores. Este no es el caso de las especies saltadoras. La relación entre los elementos más largos de cada extremidad (anterior y posterior) sirve para estudiar el equilibrio entre las mismas.

ÍNDICE D

Este índice relaciona el largo de la cola con la talla del animal, tratando de dar una idea del papel que desempeña una cola larga en el equilibrio durante el desplazamiento de un lagarto entre perchas, por medio de saltos.

La información sobre el patrón de locomoción observado en el campo para las especies objeto de estudio, se constató a partir de la captura de 11 de ellas por los autores, así como de datos reportados en otros trabajos referentes a la conducta y locomoción de algunos anolinos cubanos (COLLETTE, 1961; GARRIDO, 1973, 1975 a,b,c , 1980; Silva, inédito¹). Además, se consideran las similitudes que presentan algunas especies de anolinos cubanos con las especies examinadas por MOERMOND (1979).

¹ "Utilización de recursos por dos especies de lagartos del género *Anolis* (Sauria: Iguanidae) en la estación ecológica Sierra del Rosario (Cuba)." Trabajo de Diploma, Facultad de Biología, Universidad de La Habana, 1980.

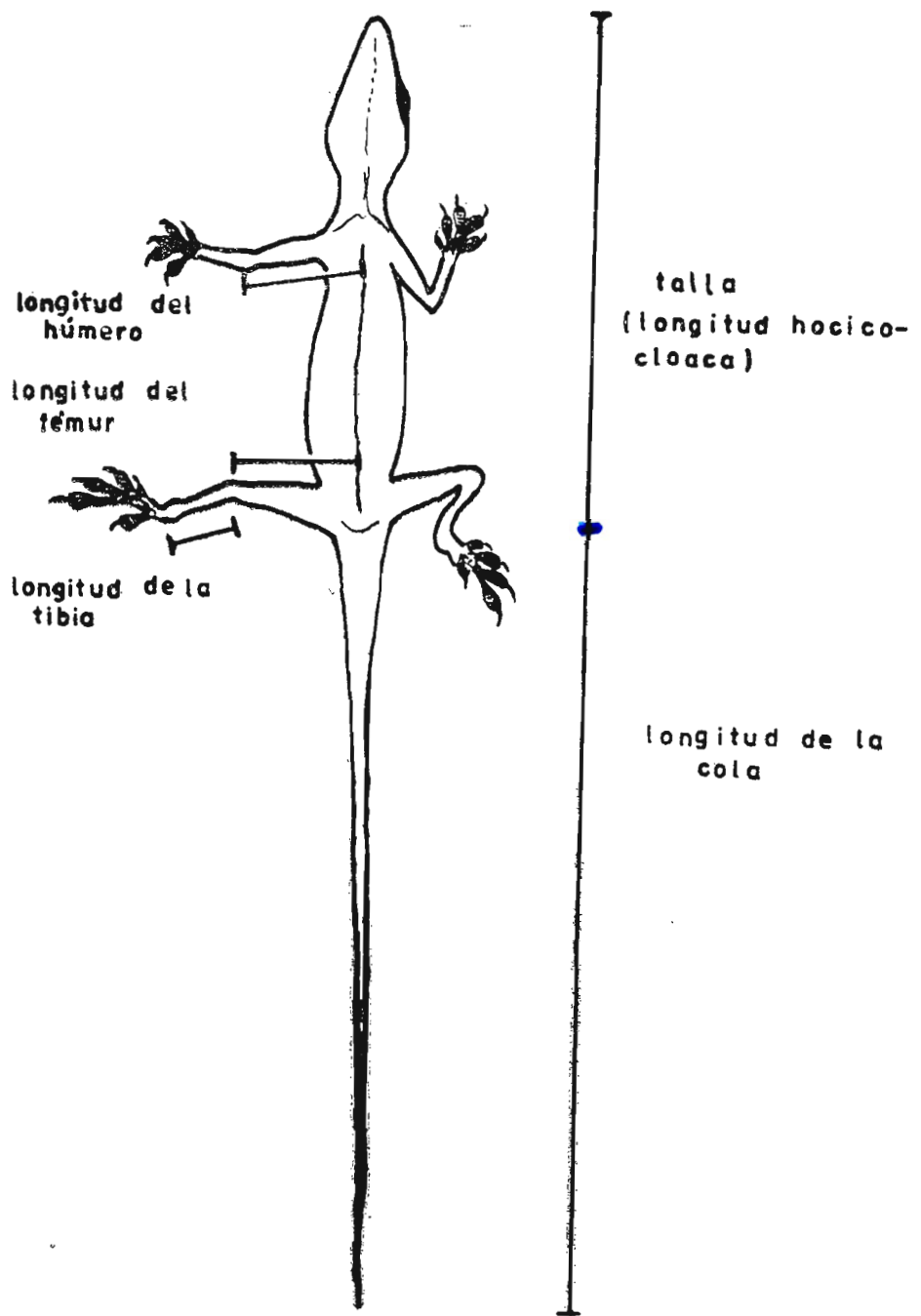


Fig. 1. Medidas morfométricas tomadas para el estudio.

TABLA 1. Relación de especies del género *Anolis* utilizadas en el análisis morfo-métrico.

No.	Especie	Talla ($\bar{X} \pm Sx$)	Conservación
1	<i>A. alutaceus</i>	34,63 \pm 0,31	0°C ^a
2	<i>A. bartschi</i>	64,53 \pm 1,55	"
3	<i>A. mestrei</i>	44,60 \pm 1,22	"
4	<i>A. allogus</i>	49,06 \pm 0,90	"
5	<i>A. lucius</i>	51,40 \pm 1,01	"
6	<i>A. sagrei</i>	46,90 \pm 1,23	"
7	<i>A. bremeri</i>	51,62 \pm 2,34	"
8	<i>A. homolechis</i>	44,34 \pm 1,78	"
9	<i>A. allisoni</i>	61,25 \pm 1,65	"
10	<i>A. porcatius</i>	63,07 \pm 1,76	"
11	<i>A. angusticeps</i>	38,54 \pm 0,68	"
12	<i>A. anfiloquioi</i>	36,86 \pm 0,96	Alcohol 70% ^b
13	<i>A. vanidicus</i>	33,87 \pm 0,47	"
14	<i>A. spectrum</i>	35,39 \pm 3,07	"
15	<i>A. cyanopleurus</i>	34,57 \pm 0,70	"
16	<i>A. clivicola</i>	42,04 \pm 0,65	"
17	<i>A. fugitivus</i>	31,85 \pm 0,51	"
18	<i>A. rubribarbus</i>	57,32 \pm 1,59	"
19	<i>A. ophiolepis</i>	31,92 \pm 0,67	"
20	<i>A. paternus</i>	42,33 \pm 0,63	"
21	<i>A. centralis</i>	37,82 \pm 1,78	"
22	<i>A. argillaceus</i>	38,97 \pm 1,05	"
23	<i>A. loysiana</i>	37,17 \pm 0,67	"

^a Ejemplares colectados por los autores.

^b Ejemplares obtenidos en las colecciones del IZACC.

Las 23 especies empleadas en el estudio se relacionan en la Tabla 1, señalándose la talla promedio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestran los valores promedio del índice A para las 23 especies estudiadas. Como se esperaba, los valores más altos correspondieron a las especies saltadoras (0,48-0,53) y corredoras (0,41-0,56), mientras que las especies reptadoras presentaron valores menores (0,35-0,43).

Otro tanto ocurre con el índice B (Tabla 3); los valores mayores se registraron para los individuos saltadores (0,82-0,88) y corredores (0,81-0,88), mientras que los valores para reptadores fueron menores (0,76-0,81).

Los mayores valores del índice C (Tabla 4) correspondieron a las especies reptadoras (0,71-0,76) y corredoras (0,65-0,75), conforme a lo esperado, y las saltadoras, por su parte, exhibieron una marcada desproporción entre sus extremidades (0,50-0,60).

La Tabla 5 relaciona los valores promedios del índice D, evidenciándose que las especies saltadoras alcanzaron los mayores valores (2,15-2,70).

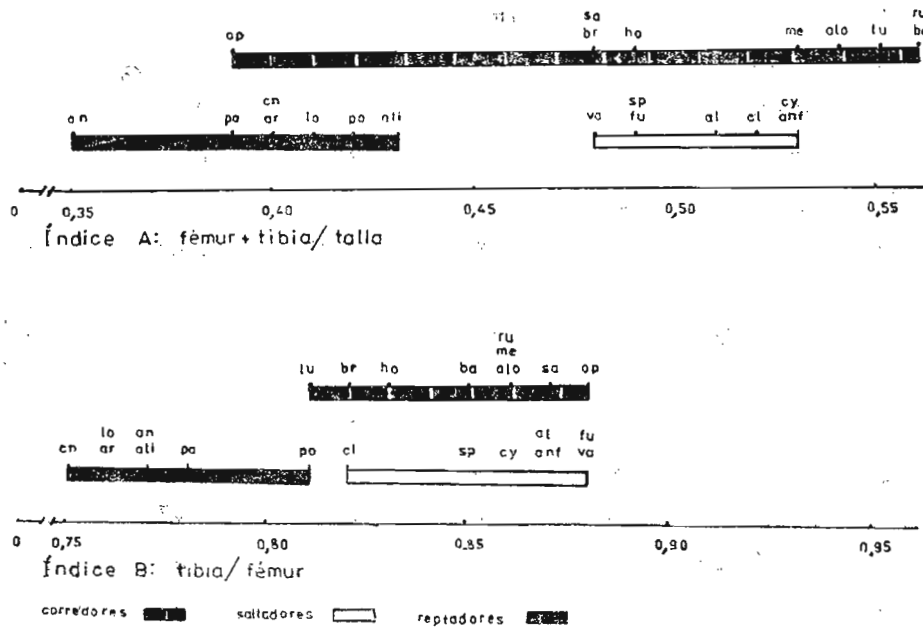


FIG. 2. Intervalos de solapamiento de los índices A (fémur + tibia/talla) y B (tibia/fémur): ali. *allisoni*, alo. *allogus*, al. *alutaceus*, an. *angusticeps*, anf. *anfiloquioidi*, ar. *argillaceus*, ba. *bartschi*, br. *bremeri*, cn. *centralis*, cl. *clivicola*, cy. *cyanopleurus*, fu. *fugitivus*, ho. *homolechis*, lo. *loysiana*, lu. *lucius*, me. *mestrei*, op. *ophiolepis*, pa. *paternus*, po. *porcatus*, ru. *rubribarbus*, sa. *sagrei*, sp. *spectrum*, va. *vanidicus*.

TABLA 2. Índice A: fémur+tibia/talla.

No.	Especie	N	\bar{X}	Sx	S	CV%
Saltadores						
1	<i>anfiloquioi</i>	13	0,53	0,008	0,030	5,7
2	<i>alutaceus</i>	37	0,51	0,003	0,020	3,9
3	<i>vanidicus</i>	21	0,48	0,004	0,020	4,1
4	<i>spectrum</i>	12	0,49	0,007	0,025	5,1
5	<i>cyanopleurus</i>	32	0,53	0,004	0,023	4,4
6	<i>clivicola</i>	25	0,52	0,003	0,018	3,5
7	<i>fugitivus</i>	11	0,49	0,005	0,019	3,9
Corredores						
8	<i>bartschi</i>	23	0,56	0,003	0,017	3,0
9	<i>rubribarbus</i>	20	0,56	0,004	0,020	4,1
10	<i>mestrei</i>	23	0,53	0,004	0,020	3,7
11	<i>allogus</i>	79	0,54	0,003	0,029	5,3
12	<i>lucius</i>	23	0,55	0,002	0,010	1,8
13	<i>sagrei</i>	29	0,48	0,003	0,019	3,9
14	<i>ophiolepis</i>	30	0,41	0,003	0,017	4,1
15	<i>bremeri</i>	26	0,48	0,003	0,017	3,5
16	<i>homolechis</i>	21	0,49	0,003	0,014	2,8
Reptadores						
17	<i>allisoni</i>	40	0,43	0,003	0,019	4,5
18	<i>paternus</i>	32	0,39	0,004	0,027	6,8
19	<i>angusticeps</i>	40	0,35	0,002	0,017	4,8
20	<i>porcatus</i>	28	0,42	0,003	0,017	4,0
21	<i>centralis</i>	38	0,40	0,003	0,021	5,8
22	<i>argillaceus</i>	27	0,40	0,003	0,019	4,7
23	<i>loysiana</i>	22	0,41	0,004	0,023	5,6

TABLA 3. Índice B: tibia/fémur.

No.	Especie	N	\bar{X}	Sx	S	CV%
Saltadores						
1	<i>anfiloquioi</i>	13	0,87	0,011	0,04	5,4
2	<i>alutaceus</i>	37	0,87	0,008	0,05	5,8
3	<i>vanidicus</i>	21	0,88	0,004	0,02	5,9
4	<i>spectrum</i>	12	0,85	0,008	0,03	4,0
5	<i>cyanopleurus</i>	32	0,86	0,007	0,04	5,1
6	<i>clivicola</i>	25	0,82	0,010	0,05	6,1
7	<i>fugitivus</i>	11	0,88	0,006	0,02	2,2
Corredores						
8	<i>bartschi</i>	23	0,85	0,006	0,03	3,5
9	<i>rubribarbus</i>	20	0,86	0,006	0,03	4,3
10	<i>mestrei</i>	23	0,86	0,006	0,03	3,4
11	<i>allogus</i>	79	0,86	0,004	0,04	5,3
12	<i>lucius</i>	25	0,81	0,006	0,03	3,7
13	<i>sagrei</i>	29	0,87	0,006	0,04	4,5
14	<i>ophiolepis</i>	30	0,88	0,012	0,07	7,9
15	<i>bremeri</i>	26	0,82	0,007	0,03	4,7
16	<i>homolechis</i>	21	0,83	0,006	0,03	3,6
Reptadores						
17	<i>allisoni</i>	40	0,78	0,004	0,03	3,8
18	<i>paternus</i>	32	0,79	0,007	0,04	5,0
19	<i>angusticeps</i>	40	0,78	0,007	0,05	6,4
20	<i>porcatus</i>	28	0,81	0,005	0,03	3,7
21	<i>centralis</i>	38	0,76	0,008	0,05	6,5
22	<i>argillaceus</i>	27	0,77	0,011	0,06	7,9
23	<i>loysiana</i>	22	0,77	0,010	0,05	6,4

TABLA 4. Índice C: húmero/fémur.

No.	Especie	N	\bar{X}	Sx	S	CV%
Saltadores						
1	<i>anfiloquioidi</i>	13	0,50	0,013	0,05	10,0
2	<i>alutaceus</i>	37	0,55	0,004	0,03	5,4
3	<i>vanidicus</i>	21	0,55	0,008	0,04	7,2
4	<i>spectrum</i>	10	0,55	0,011	0,04	7,2
5	<i>cyanopleurus</i>	32	0,55	0,007	0,04	7,2
6	<i>clivicola</i>	25	0,59	0,008	0,04	6,7
7	<i>fugitivus</i>	11	0,60	0,012	0,04	6,6
Corredores						
8	<i>bartschi</i>	23	0,65	0,006	0,03	4,6
9	<i>rubribarbus</i>	20	0,66	0,006	0,03	4,5
10	<i>mestrei</i>	23	0,67	0,006	0,03	4,4
11	<i>allogus</i>	79	0,70	0,004	0,04	5,7
12	<i>lucius</i>	25	0,66	0,008	0,04	6,0
13	<i>sagrei</i>	29	0,72	0,007	0,04	5,5
14	<i>ophiolepis</i>	30	0,75	0,012	0,07	9,3
15	<i>bremeri</i>	26	0,71	0,009	0,04	6,7
16	<i>homolechis</i>	21	0,70	0,006	0,03	4,2
Reptadores						
17	<i>allisoni</i>	40	0,71	0,004	0,03	4,2
18	<i>paternus</i>	32	0,73	0,008	0,05	6,8
19	<i>angusticeps</i>	40	0,73	0,006	0,03	4,9
20	<i>porcatus</i>	28	0,76	0,007	0,04	5,2
21	<i>centralis</i>	38	0,74	0,008	0,05	6,7
22	<i>argillaceus</i>	27	0,75	0,009	0,05	6,6
23	<i>loysiana</i>	22	0,76	0,008	0,04	5,2

TABLA 5. Índice D: cola/talla.

No.	Especie	N	\bar{X}	Sx	S	CV%
Saltadores						
1	<i>anfiloquioi</i>	10	2,54	0,06	0,22	8,6
2	<i>alutaceus</i>	24	2,53	0,02	0,12	4,9
3	<i>vanidicus</i>	14	2,38	0,05	0,22	9,2
4	<i>spectrum</i>	8	2,24	0,06	0,19	8,4
5	<i>cyanopleurus</i>	22	2,70	0,05	0,27	10,0
6	<i>clivicola</i>	14	2,15	0,05	0,21	9,7
Corredores						
7	<i>bartschi</i>	16	2,20	0,06	0,27	12,2
8	<i>mestrei</i>	14	1,64	0,03	0,12	7,3
9	<i>allogus</i>	45	1,43	0,01	0,12	8,3
10	<i>lucius</i>	15	1,87	0,05	0,20	10,6
11	<i>sagrei</i>	18	1,95	0,03	0,15	7,6
12	<i>bremeri</i>	18	1,68	0,04	0,18	10,7
13	<i>homolechis</i>	9	1,44	0,01	0,04	2,7
Reptadores						
14	<i>allisoni</i>	26	2,06	0,04	0,23	11,1
15	<i>paternus</i>	19	1,67	0,03	0,16	9,5
16	<i>angusticeps</i>	27	1,24	0,01	0,06	4,8
17	<i>porcatus</i>	6	2,02	0,04	0,11	5,4
18	<i>centralis</i>	28	1,77	0,03	0,17	9,6
19	<i>loysiana</i>	10	1,31	0,05	0,18	13,7

TABLA 6. Comparación de los intervalos de valores por categorías para los índices A, B, y C, entre anolinos haitianos y cubanos.

Categoría	Especies haitianas	Especies cubanas
Índice A		
Saltadores	0,56-0,63	0,48-0,53
Corredores	0,59-0,60	0,41-0,56
Reptadores	0,46	0,35-0,43
Índice B		
Saltadores	0,88-0,94	0,82-0,88
Corredores	0,90-0,93	0,81-0,88
Reptadores	0,87	0,76-0,81
Índice C		
Saltadores	0,56-0,61	0,50-0,60
Corredores	0,71-0,80	0,65-0,75
Reptadores	0,79	0,71-0,76

Si se comparan los resultados anteriores con los presentados por MOERMOND (1979) en siete especies haitianas, puede constatarse que en ambos casos los índices tienden a agruparse en tres conjuntos de valores que corresponden con las tres categorías de locomoción planteadas (Tabla 6). No obstante, estos intervalos por categorías tienen puntos de solapamiento para especies que, en realidad, tienen formas de locomoción bien diferentes (Figs. 2 y 3).

Esta situación nos obliga a cuestionar si en realidad estos índices expresan con claridad la existencia de los tres patrones de locomoción. Sin embargo, pensamos que de alguna forma la relación entre las longitudes de las extremidades anteriores y posteriores permite hallar un indicador del patrón de locomoción más probable para una especie del género *Anolis*.

Si consideramos a los elementos de las extremidades distribuidos a través de un gradiente de longitudes en el orden siguiente: cúbito-radio,

TABLA 7. Índice General de Locomoción (H/T).

No.	Especie	N	\bar{X}	Sx	S	CV%
Saltadores						
1	<i>anfiloquioi</i>	13	0,58	0,013	0,049	8,5
2	<i>alutaceus</i>	37	0,62	0,007	0,043	6,9
3	<i>vanidicus</i>	21	0,63	0,009	0,045	7,2
4	<i>spectrum</i>	12	0,64	0,013	0,048	7,4
5	<i>cyanopleurus</i>	32	0,64	0,007	0,040	7,4
6	<i>clivicola</i>	25	0,66	0,008	0,041	5,7
7	<i>fugitivus</i>	11	0,67	0,016	0,054	8,0
Corredores						
8	<i>bartschi</i>	23	0,76	0,008	0,040	5,2
9	<i>rubribarbus</i>	20	0,76	0,008	0,040	5,7
10	<i>mestrei</i>	23	0,78	0,006	0,031	4,0
11	<i>allogus</i>	79	0,79	0,005	0,050	6,4
12	<i>lucius</i>	25	0,80	0,005	0,026	3,3
13	<i>sugrei</i>	29	0,82	0,007	0,043	5,2
14	<i>ophiolepis</i>	30	0,84	0,010	0,060	7,8
15	<i>bremeri</i>	26	0,85	0,008	0,041	4,8
16	<i>homolechis</i>	21	0,86	0,009	0,043	4,9
Reptadores						
17	<i>allisoni</i>	40	0,90	0,004	0,030	4,1
18	<i>paternus</i>	32	0,92	0,015	0,080	4,4
19	<i>angusticeps</i>	40	0,92	0,006	0,038	4,1
20	<i>porcatus</i>	27	0,94	0,006	0,032	3,4
21	<i>centralis</i>	38	0,96	0,009	0,056	5,7
22	<i>argillaceus</i>	27	0,97	0,008	0,045	4,7
23	<i>loysiana</i>	22	0,98	0,008	0,040	4,7

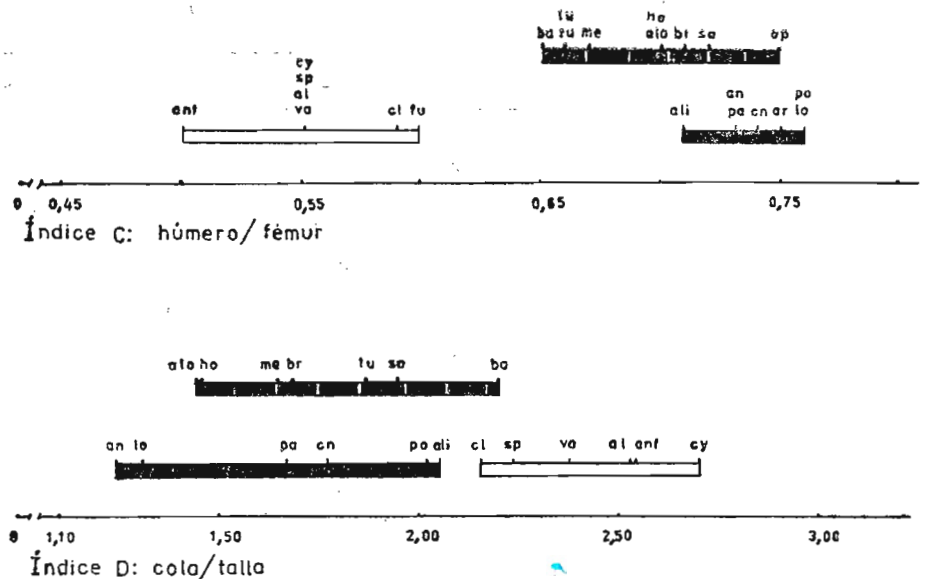


FIG. 3. Intervalos de solapamiento de los índices C (húmero/fémur) y D (cola/talla). Símbolos iguales que en la Fig. 2.

húmero, tibia, y fémur, podemos comprobar que el húmero y la tibia son los elementos de extremidades diferentes con mayor similitud en la gama de longitudes del gradiente. De esta forma, la razón de longitudes de estos elementos nos ha permitido evaluar cómo está expresada, en la diferencia morfométrica de las extremidades, la adaptación de los anolinos a una u otra modalidad de locomoción.

A esta razón la hemos denominado Índice General de Locomoción (húmero/tibia). En la Tabla 7 se relacionan los valores del Índice para las 23 especies estudiadas; los intervalos por categorías se comportaron como sigue: saltadores, 0,58-0,67; corredores, 0,76-0,86; reptadores, 0,90-0,98. Como puede demostrarse, estos intervalos no presentan solapamiento, correspondiendo a cada categoría un conjunto de valores característico (Fig. 4).

Como habíamos comentado en la introducción, PÉREZ-BEATO (1982) propuso una simplificación del índice A, esta simplificación consistió en una demostración geométrica plana del papel de la tibia en el desplazamiento lineal del sistema fémur-tibia. Este autor demuestra que la tibia no influye en tal desplazamiento y llama al índice simplificado Índice Femoral (IF).

Si tomamos los valores del índice A y eliminamos del numerador el factor tibia, el comportamiento del mismo es igual al del índice A en cuanto al solapamiento de valores, situación por la cual no incluimos el índice IF en los resultados. Finalmente, queremos destacar que el sis-

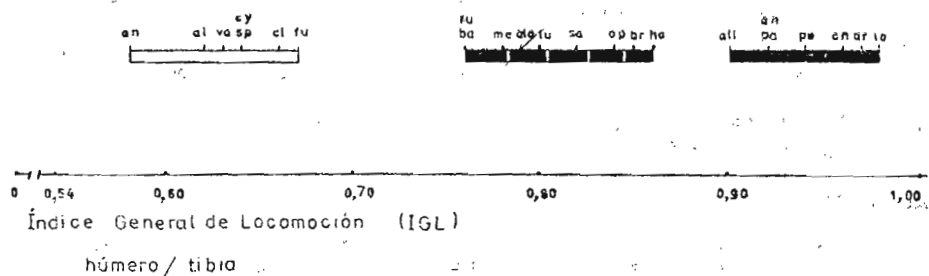


FIG. 4. Intervalos de valores del Índice General de Locomoción (IGL). Símbolos iguales que en las Figs. 2 y 3.

tema de palancas de las extremidades no debe ser analizado como un sistema geométrico plano, ya que el mismo interviene en un complejo repertorio de movimientos en tres dimensiones, que en el caso de los lagartos anolinos es el resultado de un exitoso proceso adaptativo. Tales simplificaciones no permiten la comprensión de las relaciones existentes entre la morfometría y la utilización de los recursos estructurales del ambiente.

4. RECOMENDACIÓN

El Índice General de Locomoción posibilita de manera práctica su utilización en los estudios evolutivos-ecológicos, especialmente en aquéllos que atienden a la utilización de los recursos estructurales del ambiente por las especies del género *Anolis*, a los niveles poblacional y comunitario.

RECONOCIMIENTO

Queremos expresar nuestro reconocimiento al Profesor Vicente Berovides, de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana, así como al compañero Orlando H. Garrido, por sus consejos y observaciones críticas.

REFERENCIAS

- COLLETTE, B. B. (1961): Correlation between ecology and morphology in anoline lizards from Havana Cuba and southern Florida. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 125:137-162.
- GARRIDO, O. H. (1973): Distribución y variación de *Anolis homolechis* Cope (Lacertilia: Iguanidae) en Cuba. *Poeyana*, 120:1-68.
- (1975a): Distribución y variación de *Anolis argillaceus* Cope (Lacertilia: Iguanidae) en Cuba. *Poeyana*, 142:1-28.
- (1975b): Distribución y variación del complejo *Anolis cyanopleurus* (Lacertilia: Iguanidae) en Cuba. *Poeyana*, 143:1-60.
- (1975c): Variación de *Anolis angusticeps* Hallowell (Lacertilia: Iguanidae) en Cuba y la Isla de Pinos. *Poeyana*, 144:1-18.
- (1980): Revisión del complejo *Anolis alutaceus* (Lacertilia: Iguanidae) y descripción de una nueva especie de Cuba. *Poeyana*, 210:1-41.

MOERMOND, T. C. (1979): Habitat constraints on the behavior, morphology, and community structure of *Anolis* lizards. *Ecology*, 60:1-28.

PÉREZ-BEATO, O. (1982): Medición de la habilidad de locomoción en lagartos, mediante el uso de un índice femoral. *Cien. Biol.*, 8:131-134.

ECOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF 23 SPECIES OF CUBAN
LIZARDS OF THE GENUS *ANOLIS*

ABSTRACT

Through a study of the morphometric values of 23 species of Cuban lizards of the genus *Anolis*, it was possible to evaluate different indexes formerly proposed for the classification of these lizards into locomotion categories closely related with the structural subniches they occupy in their characteristic habitats. A new index is proposed allowing recognition of the most probable locomotory pattern of a species.