

## Alteraciones morfométricas en hembras juveniles de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) cuando varía el consumo de proteína y energía

Cristina Guadalupe Sánchez Méndez<sup>1</sup>

 0000-0001-9229-6803

Roberto López Pozos<sup>1</sup>

 0000-0002-1702-6448

Héctor Santiago Romero<sup>1</sup>

 0000-0002-9430-1001

José Antonio Martínez García<sup>2</sup>

 0000-0002-0791-7888

Germán David Mendoza Martínez<sup>2</sup>

 0000-0002-8613-6464

José Luis Arcos-García<sup>1\*</sup>

 0000-0002-6058-0487

<sup>1</sup>Universidad del Mar,

Puerto Escondido Campus,

Puerto Escondido, Mixtepec,

Juquila, Oaxaca, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana,

Unidad Xochimilco,

Departamento de Producción Agrícola y Animal,

Medicina Veterinaria y Zootecnia.

**\*Autor para correspondencia**

Email address:

[jarcos@zicatela.umar.mx](mailto:jarcos@zicatela.umar.mx).

### Resumen

Como animal ectotermo, la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) come alimentos diversos y su crecimiento no es constante; por lo tanto, su ganancia de peso y crecimiento longitudinal son bajos. En esta investigación se estudiaron los cambios morfométricos de la iguana negra a temperatura ambiente. Se probaron diferentes porciones de proteína cruda y energía metabolizable. Se utilizaron 30 hembras juveniles con peso promedio de  $124.4 \pm 61.1$  g. A cada hembra se le mantuvo en una jaula individual con un bebedero y un comedero semiautomáticos. Su alimentación consistió en la combinación de proteína cruda (29.4 y 33.4 %) y tres variantes de energía metabolizable: 2.49, 2.55 y 2.7 Mcal/kg. Las variables evaluadas fueron peso vivo (mg), perímetro, diámetro y longitud corporal (mm). Las variables asociadas al consumo de alimento fueron: materia seca (mg), proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM). Se empleó un diseño de bloques completos aleatorizados con arreglo factorial  $2 \times 3$ , donde el criterio de bloqueo fue el peso de las iguanas. Para observar las diferencias entre tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey. Hubo diferencias ( $P < 0.0500$ ) en el ancho de la cabeza y el diámetro base de la cola por efecto del factor energía. Los tratamientos de 29.4 PC y 2.55 EM, y 33.4 PC y 2.55 EM mostraron mayor ( $P < 0.0500$ ) consumo de materia seca, proteína y energía. Debido a la alimentación también se registró aumento en algunas variables morfométricas. Las hembras juveniles crecieron mejor con la combinación alimenticia de: 33.4 y 2.55 (PC–EM).

**Palabras clave:** Ambiente; Medidas; Nutrición; Reptiles; Termorregulación.

Recibido: 2023-08-03

Aceptado: 2024-01-22

Publicado: 2024-06-26

Información y declaraciones adicionales  
en la página 15

© Derechos de autor 2024

Cristina Guadalupe Sánchez *et al.*

acceso abierto 



Distribuido bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución 4.0 Internacional (CC-BY 4.0)

### Cómo citar este artículo:

Sánchez Méndez CG, López Pozos R, Santiago Romero H, Martínez García JA, Mendoza Martínez GD, Arcos-García JL. Alteraciones morfométricas en hembras juveniles de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) cuando varía el consumo de proteína y energía. Veterinaria Mexico OA. 2024;11. doi: 10.22201/fmvz.24486760e.2024.1250.

## Contribución del estudio

El consumo de proteína cruda y energía metabolizable en hembras juveniles de iguana negra modifica algunos parámetros morfométricos. Este trabajo analizó los cambios morfométricos de la iguana negra, cuando se les alimentó con diferentes cantidades de proteína cruda y energía metabolizable mientras se les mantuvo a temperatura ambiente en clima cálido subhúmedo. De este estudio se sugiere que, si un individuo pierde peso es porque las reservas de energía que acumuló durante el día, en el primer tercio de su cola, es utilizada cuando está en reposo para crecimiento o para mantener su metabolismo. Cuando estos animales reposan a temperatura ambiente pueden consumir su energía por intercambio de calor con el ambiente. Los resultados muestran que los niveles de energía acumulados y los utilizados son variables. Por lo tanto, se recomienda alimentar a la iguana negra con una proporción de 33.40 % de PC y 2.55 Mcal de EM.

## Introducción

En algunas comunidades de México, la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) se caza como fuente de alimentación.<sup>(1)</sup> Se puede producir en sistemas de crianza en cautiverio.<sup>(2)</sup> Sin embargo, hasta la fecha no se tiene información suficiente sobre la nutrición de la especie, que proporcione bases sólidas para el manejo de *C. pectinata* en cautiverio en sus diferentes etapas de crecimiento y desarrollo.<sup>(3–10)</sup> Para la ecología, es importante conocer tanto la nutrición de la fauna como el manejo de estos animales para entender la supervivencia y productividad de cada población, así como para estimar la capacidad de la carga nutricional.<sup>(1, 8–11)</sup>

La iguana negra en vida silvestre consume diferentes alimentos de acuerdo con la etapa fisiológica y su ontogenia; por ejemplo, cuando es una cría (del nacimiento hasta el año de edad), come principalmente insectos, en la etapa juvenil, cambia y se alimenta de tejidos vegetales, finalmente, como adulto, consumirá vegetales.<sup>(4)</sup> No obstante, se considera que las iguanas son omnívoras y el consumo de alimento está en función de la disponibilidad, ya sea que se encuentren bajo cuidado humano o en vida silvestre.<sup>(5)</sup> Lo anterior indica que la ingesta de proteína cruda (PC) y energía metabolizable (EM) cambian con la edad, las crías consumen alimentos con alto contenido de PC y EM, mientras que en los adultos disminuye.<sup>(5, 6)</sup> En iguanas adultas en vida silvestre, el alimento debe aportar 14.50–25.50 % de PC, y 2.193–2.703 Mcal/kg de EM.<sup>(1, 3, 4)</sup>

En crías se han realizado estudios utilizando alimento con alto contenido de proteína cruda: 12.80 % y 50.1 %, así, se sabe que las iguanas crecen mejor cuando se les alimenta con un alto contenido de proteína cruda.<sup>(4, 6–9)</sup> También en crías, se evaluó el consumo de lisina. El análisis arrojó resultados positivos en peso y longitud; así como en el consumo de alimento: disminuyó la digestibilidad y la conversión alimenticia.<sup>(10)</sup> Lo anterior indica que las necesidades de proteína y aminoácidos son más elevadas que las de los concentrados para gallinas y conejos.<sup>(7)</sup> No obstante, se han registrado resultados contradictorios en el crecimiento de las variables morfométricas en *C. pectinata*.<sup>(6, 12)</sup> Resultados que sugieren que la temperatura ambiental juega un papel importante en el metabolismo de los ectotermos como la iguana.<sup>(4)</sup> Se ha demostrado cómo la temperatura ambiental

influye en el crecimiento, ya que a partir de los 35.4 °C las iguanas crecieron más que cuando la temperatura ambiental fue menor.<sup>(8)</sup>

De 36 a 39 °C, los microorganismos degradadores de alimento de diversas especies animales tienen actividad metabólica eficiente, lo que beneficia a ambos.<sup>(13)</sup> Para que los microorganismos degradadores de alimento tengan una actividad adecuada, la temperatura corporal debería ser similar a la de otras especies<sup>(13)</sup> o mayor a 30 °C durante la actividad.<sup>(14)</sup> Aunque, bajo cuidado humano, *C. pectinata* crece de forma más adecuada entre 35–40 °C.<sup>(8, 14)</sup> A una temperatura ambiente de 28 °C, la temperatura rectal de las iguanas es de 28.7 °C, es decir, la rectal es ligeramente mayor que la ambiental.<sup>(15)</sup> A esta temperatura (28 °C), los procesos metabólicos de las iguanas son ineficientes, por lo tanto, las iguanas requieren asolearse.

Entonces, concentraciones diferentes de PC y EM en el alimento de *Ctenosaura pectinata* no son suficientes para mantener el crecimiento continuo debido a que el rango de temperatura promedio ambiental del trópico subhúmedo es 28–30 °C y el proceso metabólico de la iguana a esa temperatura es menos eficiente, lo que implicará pérdidas o ganancias de peso intermitentes durante el periodo de estudio. El objetivo de esta investigación fue ponderar si se modificaba la morfometría de hembras juveniles de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en el trópico subhúmedo de la región de la costa, al alimentarlas con diferentes concentraciones de PC y EM.

## Materiales y métodos

### Declaración de ética

El presente trabajo fue aprobado por la Jefatura de Posgrado y no requirió la aprobación del Comité Institucional de la Universidad del Mar. Las prácticas realizadas en las iguanas durante el estudio, tales como la alimentación, el pesaje de los animales y su manejo son acciones de rutina. Las instalaciones del Centro de Conservación y Reproducción de Iguanas de la Universidad del Mar tienen permiso con clave: INE/CITES/DGVS-CR-IN-0668-OAX./00 y Número de Registro Ambiental: CCRSY2006711.

### Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Conservación y Reproducción de Iguanas de la Universidad del Mar (CECOREI-UMAR), localizado en el kilómetro 128.1 de la Carretera Federal 200, tramo Pinotepa Nacional-Puerto Escondido. Se localiza a 15° 55' 23.1" N y 97° 09' 05" W, con elevación de 12 msnm,<sup>(16)</sup> con clima A(w), que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación pluvial varía de 731.90 a 2 054 mm, con un rango de temperatura anual entre 28 y 30 °C.<sup>(17)</sup>

### Ejemplares

Se utilizaron 30 hembras juveniles de la especie *Ctenosaura pectinata* de dos años y medio de edad, individuos que entrarían a la etapa reproductiva y era necesario

registrar el comportamiento en el crecimiento y almacenamiento de reservas energéticas. Las hembras se mantuvieron en condiciones de cautiverio, cuyo peso vivo promedio era  $124.35 \pm 61.14$  g, una longitud hocico-cloaca de  $16.29 \pm 2.10$  cm. Sin mutilaciones o lesiones y visualmente en buen estado de salud.

### *Jaulas y duración del experimento*

Se utilizaron jaulas individuales de  $45 \times 45 \times 45$  cm, forradas con tela de criba con apertura de malla de 0.5 cm. El techo de las jaulas era mixto, dividido en dos secciones: una proporcionaba sombra y la otra permitía el paso de la radiación solar.<sup>(9)</sup> Dentro de las jaulas, se habilitaron bebederos y comederos semiautomáticos, fabricados con tubos de PVC de 13.97 cm de diámetro y 20 cm de largo.<sup>(12)</sup> Se utilizaron tapetes de plástico en el piso de la jaula para evitar pérdidas de alimento y asegurar que las iguanas no se lesionaran. Las iguanas tuvieron dos periodos: 1) de adaptación a las jaulas y a las dietas de 15 días<sup>(10)</sup> y 2) de recopilación de datos de 87 días, por cuestiones ambientales adversas.

### *Ambiente y alimentación*

Las iguanas se mantuvieron en jaulas individuales a la intemperie bajo las condiciones ambientales del área de experimentación. En el día, las hembras se podían asolear o estar a la sombra libremente, así aumentaban o disminuían su temperatura corporal de acuerdo con sus necesidades. En las noches y los días nublados, solo dependían de la variación en la temperatura ambiental. Se les proporcionó alimento y agua todos los días a las 8:00 h. A cada animal se le alimentó según el tratamiento que le correspondiera. La limpieza y desinfección de jaulas, comederos y bebederos se realizó cada siete días.

### *Tratamientos*

Se utilizaron seis dietas basadas en estudios previos (Cuadro 1).<sup>(1, 3, 5-7)</sup> Se combinaron dos concentraciones de PC (29.4 y 33.4 %) con tres de EM (2.49, 2.55 y 2.70 Mcal/kg de alimento). La crianza de iguanas con alimentos concentrados de maíz, soya, salvado de trigo o heno de alfalfa, ha dado buenos resultados.<sup>(7-11)</sup> Las dietas fueron formuladas con el complemento "Solver" del paquete Exel®.<sup>(18)</sup> Los valores de PC se obtuvieron por medio de la metodología de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales,<sup>(19)</sup> la energía bruta (EB) se obtuvo con apoyo de la bomba calorimétrica (Parr 6100 CALORIMETER), la energía metabolizable (EM) se calculó por medio de la fórmula:

$$EM = \frac{(\% EM \times EB)}{100}$$

y para obtener el porcentaje de la dieta que se metaboliza (% de EM), se utilizó la ecuación:  $EM (\%) = -13.199 + 1.055 (\% \text{ digestibilidad})$ .<sup>(13)</sup>

**Cuadro 1.** Composición de la dieta con diferente nivel de PC y EM en hembras juveniles de *Ctenosaura pectinata*) criadas a temperatura ambiente

Dieta (PC-EM)	Inclusión de materia prima en la dieta (%)					
	Pasta de soya	Maíz	Sorgo	Salvado de trigo	Heno de alfalfa	Aceite
29.4-2.49	56.45	5.00	18.13	15.00	0.00	0.00
29.4-2.55	59.01	23.70	5.00	6.74	0.00	0.00
29.4-2.70	61.07	14.03	5.00	7.00	0.00	7.37
33.4-2.49	61.79	0.50	0.50	17.67	15.00	0.12
33.4-2.55	69.57	14.37	5.00	5.88	0.00	0.00
33.4-2.70	72.57	13.44	2.00	1.00	0.00	5.72

El 100 % de las dietas se completó con fósforo, calcio, metionina, lisina y vitaminas de acuerdo con la formulación.

PC (Proteína Cruda) = (%)

EM (Energía Metabolizable) = (Mcal/kg)

### Variables evaluadas

El cambio de peso de las iguanas (peso final-peso inicial) se determinó con una balanza granataria (Noval, modelo MB-2610 con aproximación de 0.1 g); además, con el apoyo de los análisis de los alimentos, se evaluaron el consumo diario de materia seca, la PC (mg/animal/día) y el consumo de EM (cal/animal). Para medir las longitudes ( $\mu\text{m}$ /animal/día) hocico-cloaca (de la punta de la boca hasta la cloaca), total (de la punta de la boca hasta la punta de la cola), de la pierna, la pelvis, el largo y el ancho de la cabeza, el perímetro del tórax y del abdomen; y el diámetro base de la cola, la cadera y la pierna, se utilizó un vernier digital (CALIPER 0-150 mm  $\pm$ 0.10 mm) y una cinta métrica (marca DAVEVY  $\pm$ 0.10 mm).<sup>(10, 12, 20)</sup>

También calculamos la condición corporal promedio (CC) de las hembras de iguana negra con la fórmula:

$$CC = \frac{\text{peso de la iguana (g)}}{\text{volumen de la iguana (mL)}}$$

calculamos este último por el desplazamiento de agua en un tubo de PVC graduado.<sup>(21)</sup> Obtuvimos el punto de equilibrio energético y proteico de acuerdo con el consumo de alimento, y la ganancia y la pérdida de peso. Con un termómetro-higrómetro digital (modelo HTC-1) que se colocó a la mitad de la distribución de las jaulas, tomamos lecturas de la temperatura ambiental y la humedad relativa cada hora, todos los días, día y noche, durante un mes.

### Modelo experimental

Utilizamos un diseño de bloques completamente aleatorizados con arreglo factorial 2x3, donde un factor fue el nivel de PC y, el otro, los niveles de EM. Repetimos cinco veces cada tratamiento. El criterio de bloqueo estuvo dado por el peso vivo de las iguanas. Posteriormente, empleamos la prueba de Tukey para observar diferencias entre los tratamientos. La covariable fue el peso inicial de las iguanas cuando se sospechó que afectaban los resultados, de ese modo se disminuyó el error experimental. Para obtener la cantidad de PC y EM que deben de consumir las

iguanas para no perder ni ganar peso y para conocer el porcentaje de variabilidad en ganancia o pérdida de peso que explica el consumo, analizamos la regresión lineal entre el cambio de peso vivo y los consumos entre PC y EM por medio del procedimiento SAS.<sup>(22)</sup> No fue de nuestro interés obtener una ecuación de predicción que explicara la ganancia de peso en función del consumo.

## Resultados

No interactuaron EM×PC ( $P > 0.0500$ ). Aunque se varió la cantidad de PC y EM, la respuesta no cambió, fue siempre a misma. (Cuadro 2). Excepto en dos variables por efecto de la EM: 1) el ancho de la cabeza fue mayor ( $P = 0.0235$ ,  $F = 2.67$ ) en 2.7 Mcal en relación con los niveles 2.49 y 2.55 Mcal, con valores de 12.84, 6.09 y 6.61  $\mu\text{m}/\text{animal}/\text{día}$  respectivamente y 2) el diámetro base de la cola fue mayor ( $P = 0.0474$ ,  $F = 2.38$ ) con 2.55 y 2.70 de energía en relación con el nivel 2.49, con valores de 12.02, 11.09 y -3.31  $\mu\text{m}/\text{animal}/\text{día}$ .

Hubo diferencias ( $P < 0.0500$ ) en las variables relacionadas con el consumo diario de MS, PC y EM. Las mejores combinaciones de proteína y energía fueron 29.4–2.55 y 33.4–2.55, que proporcionan 27.11 % de PC y 3120.7 cal/g de alimento consumido. Sin embargo, fue similar ( $P > 0.0500$ ) la condición corporal con valor promedio de 0.841 g/mL (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** EM y PC en la dieta de hembras juveniles *Ctenosaura pectinata* criadas a temperatura ambiente

Variables	Factores			
	EM	PC	EM×PC	F <sup>1</sup>
Consumo de materia seca	0.2710	0.6774	0.3115	1.08
Consumo de proteína	0.2161	0.6665	0.2247	1.03
Consumo de energía metabolizable	0.2089	0.6238	0.2902	1.24
Peso	0.3202	0.4730	0.2547	1.16
Longitud de la cabeza	0.0687	0.9110	0.0798	2.33
Ancho de la cabeza	0.0235	0.9415	0.1254	2.67
Longitud hocico cloaca	0.4527	0.5715	0.0716	1.57
Longitud total	0.8044	0.9800	0.0577	1.38
Perímetro del tórax	0.4873	0.9229	0.4719	0.61
Perímetro abdominal	0.2675	0.5534	0.7271	0.76
Diámetro de base de la cola	0.0474	0.2934	0.1720	2.38
Diámetro de la cadera	0.8614	0.7720	0.3074	0.57
Diámetro de la pierna	0.3545	0.3407	0.3239	1.09
Longitud de la pierna	0.0860	0.5693	0.4666	1.47
Longitud de la pelvis	0.1383	0.8795	0.6399	1.05
Condición corporal	0.4249	0.8961	0.4929	0.65

<sup>1</sup>Valores de F.

PC (Proteína Cruda) = (%)

EM (Energía Metabolizable) = (Mcal/kg)

**Cuadro 3.** Crecimiento en hembras juveniles *Ctenosaura pectinata* alimentadas con diferentes cantidades de PC y EM, y criadas a temperatura ambiente

Dieta (PC-EM)	Consumo diario			Condición corporal (g/mL)
	MS (mg)	PC (mg)	EM (cal)	
29.4-2.49	782.2 <sup>ab</sup>	226.3 <sup>b</sup>	2 480.8 <sup>ab</sup>	0.853
29.4-2.55	1 086.3 <sup>a</sup>	319.96 <sup>a</sup>	3 347.9 <sup>a</sup>	0.856
29.4-2.70	546.4 <sup>b</sup>	162.52 <sup>b</sup>	1 730.5 <sup>b</sup>	0.813
33.4-2.49	723.9 <sup>ab</sup>	234.96 <sup>ab</sup>	2 227.1 <sup>ab</sup>	0.840
33.4-2.55	1 035.9 <sup>a</sup>	255.53 <sup>a</sup>	3 274.9 <sup>a</sup>	0.853
33.4-2.70	756.6 <sup>ab</sup>	253.7 <sup>ab</sup>	2 421.7 <sup>ab</sup>	0.830
Promedio	821.86	258.83	2 580.5	0.841
Probabilidad	< 0.0500	< 0.0500	< 0.0500	0.492
EEM <sup>1</sup>	80.58	25.24	346	0.008

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media. (n = 30).

<sup>a,b</sup>: Subíndices en la misma columna indican diferencia estadística (P < 0.0500).

PC (Proteína Cruda) = (%)

EM (Energía Metabolizable) = (Mcal/kg)

Las características externas de la iguana negra fueron similares (P > 0.0500) en los tratamientos evaluados para las variables peso, perímetro del tórax y abdomen, diámetro de cadera y pierna, así como longitud de la pierna y la pelvis, lo que demuestra alta variabilidad en ganancia con valores negativos y positivos. La combinación de tratamiento 29.4-2.55 (PC y EM), proporcionó mayor ganancia (P < 0.0500) de las longitudes hocico-cloaca y longitud total; aunque también, la combinación de 33.4-2.55 (PC y EM), mostró mayor (P < 0.0500) ganancia en el largo y el ancho de la cabeza: 3.6 y 3.3 veces respectivamente, en relación con otras combinaciones. La dieta 33.4-2.70 fue similar (P > 0.0500) a la dieta 33.4:2.55 (PC y EM), en el ancho de cabeza. El diámetro base de la cola fue menor (P < 0.0500) y negativo en la combinación PC-EM de 29.4-2.49 en relación con el promedio de los tratamientos 33.4-2.49 y 33.4-2.55 con un valor de 16.4 (µm/animal/día) (Cuadros 4 y 5).

**Cuadro 4.** Morfometría de hembras juveniles de *Ctenosaura pectinata* alimentadas con diferentes cantidades de PC y EM, y mantenidas en producción intensiva

Dieta (PC-EM)	Peso (mg/animal/día)	Pérdida o ganancia ( $\mu\text{m}/\text{animal}/\text{día}$ )				
		Largo cabeza	Ancho de la cabeza	Longitud hocico-cloaca	Longitud total	Perímetro del tórax
29.4-2.49	-191	3.6 <sup>b</sup>	4.2 <sup>b</sup>	0.0 <sup>b</sup>	-37.9 <sup>ab</sup>	-1.6
29.4-2.55	132.2	18.9 <sup>ab</sup>	8.0 <sup>ab</sup>	8.5 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	1.8
29.4-2.70	86.2	15.1 <sup>ab</sup>	9.6 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>ab</sup>	15.9 <sup>ab</sup>	1.6
33.4-2.49	61.1	13.3 <sup>b</sup>	3.6 <sup>b</sup>	0.0 <sup>b</sup>	-54.3 <sup>b</sup>	5.5
33.4-2.55	202.3	30.8 <sup>a</sup>	11.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>ab</sup>	-7.6 <sup>ab</sup>	11.5
33.4-2.70	130.6	18.8 <sup>ab</sup>	14.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	2.8
Promedio	70.2	16.7	8.5	3.5	-10.1	3.6
Probabilidad	0.3056	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	0.6542
EEM <sup>1</sup>	52.5	2.6	1.2	1.1	10.8	2.3

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media. (n = 30).

<sup>a,b</sup>: Subíndices en la misma columna indican diferencia estadística (P < 0.0500).

PC (Proteína Cruda) = (%)

EM (Energía Metabolizable) = (Mcal/kg)

**Cuadro 5.** Cambios en la morfometría de hembras juveniles de *C. pectinata* alimentadas con diferentes cantidades de PC y EM en producción intensiva a temperatura ambiente

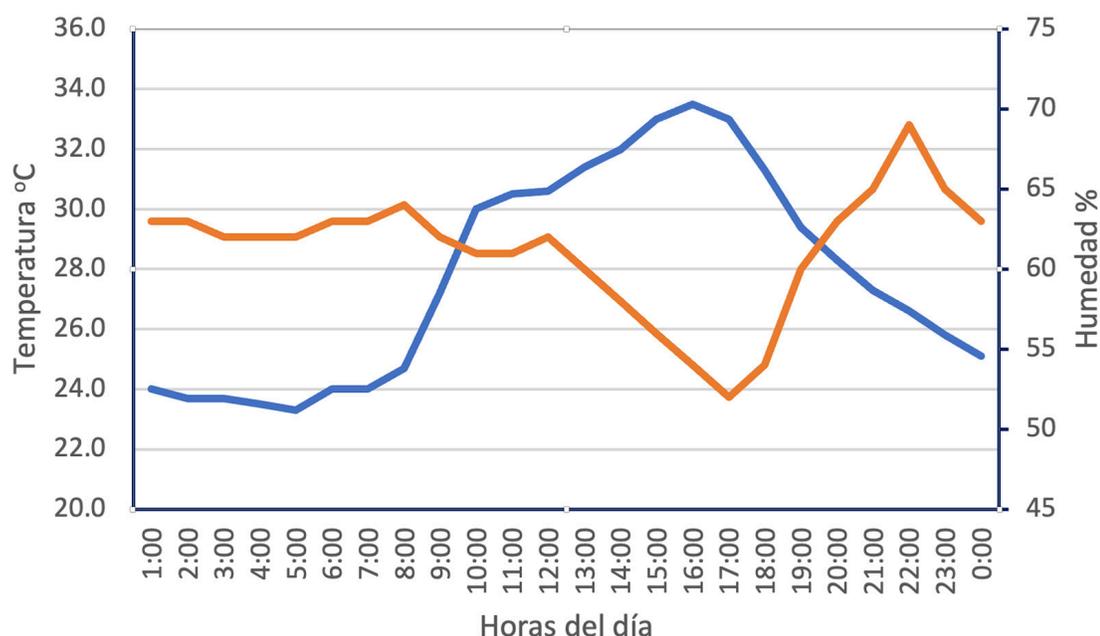
Dieta (PC-EM)	Pérdida o ganancia ( $\mu\text{m}/\text{animal}/\text{día}$ )					
	Perímetro abdomen	Diámetro base de la cola	Diámetro cadera	Diámetro pierna	Longitud pierna	Longitud pelvis
29.4-2.49	-1.61	-10.92 <sup>b</sup>	-8.41	-242.1	1.61	-11.4
29.4-2.55	1.38	4.3 <sup>ab</sup>	5.2	2.7	17.26	-1.22
29.4-2.70	-5.98	6.69 <sup>ab</sup>	4.97	5.7	24.76	2.34
33.4-2.49	0.69	17.35 <sup>a</sup>	3.33	-8.7	31.31	0.16
33.4-2.55	6.9	15.44 <sup>a</sup>	11.4	6.6	28.33	24.02
33.4-2.70	5.06	6.74 <sup>ab</sup>	-8.14	3.2	27.63	11.56
Promedio	1.07	6.6	1.39	-38.77	20.13	4.25
Probabilidad	0.6441	<0.0500	0.6666	0.4007	0.3002	0.3926
EEM <sup>1</sup>	2.27	32.96	4.14	39.24	3.49	4.87

<sup>1</sup>EEM: Error estándar de la media. (n = 30).

<sup>a,b</sup>: Subíndices en la misma columna indican diferencia estadística (P < 0.0500).

PC (Proteína Cruda) = (%)

EM (Energía Metabolizable) = (Mcal/kg)



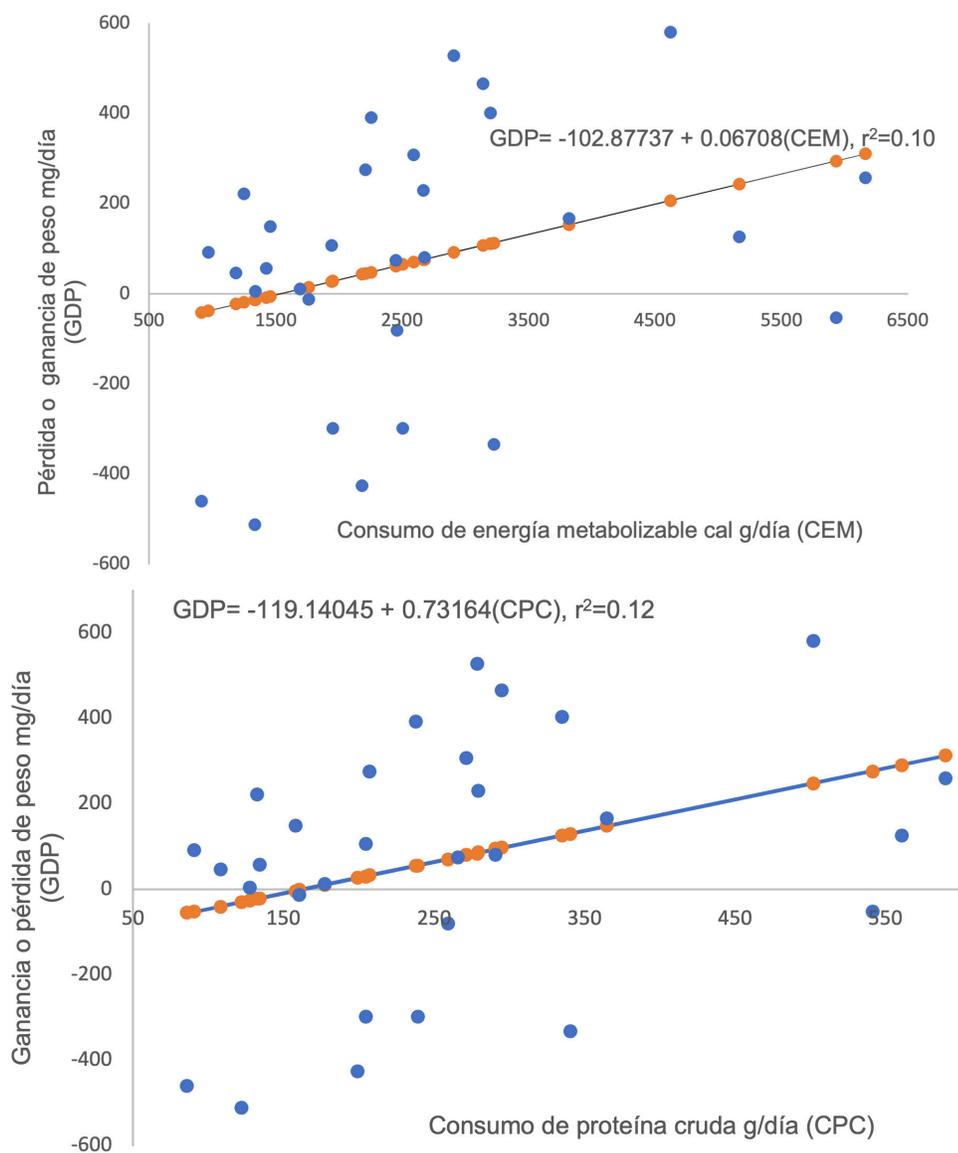
**Figura 1.** Variación promedio diaria de temperatura (línea azul) y humedad relativa (línea anaranjada) en clima tropical subhúmedo.

La temperatura del área de estudio fue de  $27.8 \pm 3.5$  °C (con un valor mínimo de 23.3 °C y máximo de 33.5 °C) y  $61.1 \pm 3.8$  % de humedad relativa (con valor mínimo de 52 % y máximo 64 %) respectivamente (Figura 1).

Se obtuvieron dos ecuaciones de predicción para la ganancia de peso en función del consumo de energía ( $P = 0.0826$ ,  $F = 3.24$ ) y proteína cruda ( $P = 0.0566$ ,  $F = 3.96$ ), cada una de ellas explica el 10 y 12 % de la ganancia o pérdida de peso respectivamente. Como las regresiones no son significativas, quiere decir que no son adecuadas para hacer predicciones; no obstante, indican los puntos de equilibrio energético y proteico cuando las iguanas ingieren 1533.65 cal de EM o 162.84 mg de PC al día, no pierden ni ganan peso. A mayor consumo de alimento, el exceso de energía o proteína se almacenará y se utilizará para crecer o ganar peso, en caso contrario, un consumo menor provocará que las iguanas dejen de crecer o ganar peso (Figura 2).

## Discusión

El nivel de energía metabolizable de la dieta con 2.7 Mcal/kg de alimento estimula que las iguanas mantengan un crecimiento continuo del ancho de la cabeza; mientras que, a concentraciones de EM menores en la dieta, no se registra crecimiento y tampoco pérdida del diámetro de la cabeza. Por lo tanto, se sugiere como medida adecuada del crecimiento continuo, el ancho de la cabeza. Por otra parte, los niveles de energía de 2.7 y 3.1 Mcal/kg son adecuados porque les permiten almacenar energía en forma de grasa en la base de la cola, así como lo indican Cupul-Magaña et al.<sup>(23)</sup> y Martín,<sup>(24)</sup> lo que indica que, con estos niveles de energía, se cubren las necesidades nutricionales de mantenimiento y crecimiento.



**Figura 2.** Cambio de peso de *Ctenosaura pectinata* en relación con el consumo de energía metabolizable y proteína cruda, en crianza a temperatura ambiente.

Sin embargo, el nivel de energía de 2 Mcal/kg no cubre las necesidades de mantenimiento de las iguanas, lo que se muestra como pérdida de grasa al medir el diámetro de la base de la cola, porque las iguanas pierden peso. La energía metabolizable requerida en las hembras de iguana juveniles concuerda con el requerimiento de EM de las iguanas adultas, ya que estas últimas necesitan menos EM: 2.193–2.703 Mcal/kg de alimento,<sup>(1,3)</sup> porque ya no crecen más. Para alcanzar un nivel adecuado de crecimiento en las iguanas, no es suficiente la EM, también se requiere de proteína y actividad física.

Las proteínas son constituyentes esenciales que intervienen en el rendimiento del crecimiento, la calidad de los músculos y la salud de los animales.<sup>(25)</sup> No obstante, el desarrollo del músculo y el hueso durante el crecimiento están influidos por la gravedad y la actividad física, ya que la inactividad o inmovilización da lugar a

la reducción del desarrollo muscular y al debilitamiento de los huesos.<sup>(26)</sup> Para que las iguanas puedan tener actividad física y fortaleza de los huesos, además de consumir energía y proteína es necesario que la temperatura ambiental sea adecuada para que puedan realizar sus actividades diarias.<sup>(13)</sup>

Los diferentes niveles de proteína en las dietas afectaron las variables evaluadas; por lo tanto, la relación de EM y PC que contiene un alimento son importantes, ya que determinan el crecimiento.<sup>(27)</sup> Dicha relación debe ajustarse según la incidencia de factores como el sexo, la edad y las condiciones ambientales.<sup>(28)</sup> El consumo de proteína en iguanas adultas es el 20 % de su ingesta diaria.<sup>(1,3)</sup> En las juveniles del presente experimento fue de 27.1 % y, en crías de varios meses de edad, es mayor que en individuos juveniles. Se considera que de preferencia consumen insectos.<sup>(4)</sup> Entonces, entre más pequeña la iguana más PC requiere. Este requerimiento disminuye conforme se acerca al estado adulto.<sup>(29)</sup> A pesar de ello, se sabe poco sobre las necesidades nutricionales de la iguana bajo cuidado humano, tanto para el crecimiento adecuado como para la buena salud.<sup>(5-11,30)</sup>

El consumo de nutrientes se relaciona con la condición corporal (CC). Esta condición ha sido poco estudiada en *C. pectinata*, a diferencia de otras especies en las que se ha evaluado con más detalle.<sup>(31)</sup> Aunque sí se tienen registros sobre la CC en hembras adultas reproductivas,<sup>(21)</sup> donde se mencionan cuatro categorías: extremadamente delgado, delgado, excelente y excesivamente corpulento. De acuerdo con lo anterior, las hembras juveniles evaluadas en la presente investigación muestran una CC de extremadamente delgadas. Lo que sugiere que, para cada etapa fisiológica, se debe calcular su índice y se requiere una mayor cantidad de mediciones que la hasta hoy registrada para una valoración adecuada.

La caracterización morfométrica de los individuos, es importante para la conservación de la especie y para mejorar su crecimiento. El cambio de las características morfométricas de un animal depende de bases genéticas y de factores ambientales: como la alimentación, el estado de salud, los efectos climatológicos.<sup>(20, 32)</sup> El manejo de la iguana bajo cuidado humano o en vida silvestre implica que las medidas longitudinales varíen. Porque con frecuencia la iguana pierde parte de la cola como mecanismo de supervivencia por mal manejo o contra depredadores.<sup>(5)</sup>

Los cambios morfométricos de la iguana se producen a diferente velocidad de crecimiento hasta alcanzar el tamaño determinado por genética y por nutrición. Así, el tejido óseo ocupa el segundo lugar en alcanzar su tasa máxima de crecimiento.<sup>(33-35)</sup> Por ello, sería adecuado usar el ancho de la cabeza como medida del crecimiento, ya que producirá cambios casi imperceptibles, positivos y nunca negativos. En cambio, el almacenamiento de músculo y grasa en la hembra juvenil a través del tiempo, puede ser positivo o negativo, y esto resulta en una medida inadecuada a través del tiempo.

El crecimiento óseo requiere de actividad anabólica basada en la síntesis proteica,<sup>(36)</sup> también está influenciado por la vitamina D, ya que estimula la absorción del calcio y fósforo, para lo cual la exposición a la radiación ultravioleta es imprescindible.<sup>(37, 38)</sup> El hueso es un tejido dinámico cuyo crecimiento varía en respuesta a factores internos (genéticos, moleculares, celulares, hormonales) y externos (nutricionales, patológicos y actividad física).<sup>(33)</sup> En la iguana negra del presente trabajo, se registró que el largo y ancho de la cabeza, la longitud hocico-cloaca y el largo de la pierna, crecieron de forma continua; lo que significa que la cantidad de radiación solar fue la adecuada, pues creció sin malformaciones óseas.

La cantidad de grasa acumulada en un organismo es otro factor que genera cambios en las medidas morfológicas. La grasa cumple muchas funciones; sin duda, la más importante es la de servir de reserva y almacén de energía para que la iguana sobreviva a un eventual período de escasez de alimento.<sup>(39)</sup> En los saurios, cerca del 60 % de la energía obtenida por el consumo de alimento es almacenada en forma de grasa, principalmente en la cola, en los órganos mesentéricos del abdomen y a lo largo del dorso.<sup>(23, 24)</sup> Los perímetros del tórax y el abdomen no han sido evaluados en la iguana negra como en otras especies, donde el objetivo es medir el máximo crecimiento.<sup>(40, 41)</sup> Posiblemente, porque la iguana puede incrementar el volumen del tórax y el abdomen a voluntad; además, puede disminuir la grasa acumulada.<sup>(42)</sup>

En la iguana, se ha puesto mayor énfasis a la morfometría de la cola. El grosor disminuye cuando la iguana ocupa la grasa para crecer en longitud<sup>(42)</sup> o para mantener la temperatura corporal. García-Alix et al.<sup>(43)</sup> indican que el ancho y largo de la cabeza están determinados por genética, medioambiente y anatomía, como el grosor de la piel, el tejido y el hueso. Los factores genéticos del presente estudio estuvieron controlados de manera adecuada, debido a que la selección se llevó a cabo aleatoriamente. Desde el punto de vista anatómico, las estructuras óseas no crecen con la misma intensidad, lo que origina un crecimiento diferencial.<sup>(44)</sup> Lo cual indica que *C. pectinata* durante la etapa juvenil puede aprovechar los nutrientes para el crecimiento del ancho y largo de la cabeza preferentemente sobre otros huesos.<sup>(6)</sup>

El crecimiento de la cabeza es una característica sexual secundaria; en las hembras es más pequeña que en los machos; además es dura. Por ello, le sirve como mecanismo de defensa contra depredadores. Se sabe que las hembras no son tan territoriales como los machos y es poco probable que compitan con otras hembras por territorio, alimento o en la etapa reproductiva.<sup>(45)</sup>

En general, los resultados aquí analizados sugieren que el intercambio de calor entre el área superficial de las iguanas y el ambiente, influyeron sobre el consumo de alimento, la pérdida y la ganancia de peso. Lo anterior se basa, en que el consumo de EM y PC explican en promedio el 11 % de la variación de la ganancia o pérdida de peso; además de que el manejo fue similar en todo el proceso experimental. Los animales satisfacen sus requerimientos nutricionales por consumo voluntario: factor que determinará el crecimiento adecuado.<sup>(46)</sup> Por ello, es necesario determinar el factor que tiene alto impacto en la alimentación de *C. pectinata*.

El factor clave a considerar fue la temperatura ambiental.<sup>(8)</sup> Bajo esta condición, se llevó a cabo un experimento con el mismo rango ambiental que el presente estudio, pero siempre a una temperatura específica. Como resultado se obtuvo que la temperatura ambiental mayor a 34.5 °C indujo una ingestión de alimento de 0.51 % en relación con el peso vivo (PV) de la iguana; mientras en el presente estudio fue de 0.66 % del PV. Lo que indica que a mayor temperatura ambiental, el consumo de alimento se altera positiva o negativamente, dependiendo del estrés de la iguana.

Ahora bien, mientras desarrollábamos el experimento, pasó el huracán Agata, lo que disminuyó el tiempo y la intensidad de la radiación solar. En los días soleados, las iguanas se asolearon de forma intermitente, se movieron más y consumieron más alimento que en los días nublados, donde las iguanas se mantenían inmobilizadas. La iguana disminuye su actividad, consumo y digestión cuando la

temperatura ambiental es baja, modifica su metabolismo.<sup>(47,48)</sup> En la iguana, como ectotermo, se tiene que considerar el equilibrio proteico y energético del alimento, así como el equilibrio energético con el ambiente, ya que de ello depende el correcto desarrollo fisiológico. El equilibrio energético de la iguana se logra cuando la energía consumida iguala la energía liberada en forma de deyecciones y al calor liberado por radiación, convección o conducción.<sup>(49)</sup>

Al tomar en cuenta el punto de equilibrio, si la energía liberada por la iguana al entorno es superior a la energía consumida, entonces se enfriará y utilizará la energía metabólica para sus procesos vitales de mantenimiento (metabolismo basal) y posiblemente perderá grasa y peso. Así como ocurrió en los tratamientos evaluados a excepción del 33.4-2.55 (PC-EM). En consecuencia, se utilizan las reservas corporales de energía para funciones de mantenimiento del metabolismo para resistir la baja temperatura ambiental.<sup>(50)</sup> Por otra parte, si la energía liberada por la iguana al entorno es inferior a la consumida, la iguana permanecerá caliente.

Por ello, una vez que alcanza el equilibrio energético gracias a una adecuada relación alimenticia PC-EM (33.4-2.55), puede usar el exceso de energía metabolizable para ganar masa muscular, crecer en longitud, reproducirse y como reserva en forma de grasa. Ahora, para que la iguana utilice la energía como ganancia,<sup>(51)</sup> habrá de estar en confort y para ello necesita mantener una temperatura corporal entre 35 y 40 °C.<sup>(7, 50)</sup> Así, para mantener la temperatura corporal en climas con fluctuación de temperatura amplios (26 a 38 °C), la iguana tendrá que asolearse por periodos intermitentes, como indica el comportamiento de la especie.<sup>(4)</sup>

No obstante, durante las noches y los días nublados, la temperatura ambiental baja y no es posible que esta especie regule su temperatura corporal, por eso usa madrigueras,<sup>(5)</sup> lugar que le proporciona el microclima nocturno adecuado. Sin embargo, la limitada capacidad de los ectotermos para regular su temperatura corporal los hace especialmente vulnerables a los cambios de temperatura del ambiente.<sup>(52)</sup> Razón por la cual es necesario proporcionar en el alimento la cantidad de proteína y energía suficientes para soportar dichos cambios de temperatura, sin que adelgacen.

Aunque las iguanas presentan un umbral de tolerancia térmica amplio, que les permite alcanzar la temperatura corporal óptima para su actividad o función;<sup>(53)</sup> hay que cuidar el rango térmico crítico, donde se ven afectadas por el estrés fisiológico con efectos subletales o hasta la muerte.<sup>(54)</sup> En ambientes oscilantes de calor y frío, la especie en estudio dispone de diversas estrategias adaptativas tanto etológicas (posición y movilidad) como fisiológicas (hormonales, enzimáticas y metabólicas) para reducir la tasa de intercambio de calor y aclimatarse hasta ciertos niveles de temperatura.<sup>(52)</sup> Lo anterior se logra con la radiación solar que posiblemente sea el factor más importante en la sincronización del reloj circadiano, que da paso a las diferentes actividades en los animales controlando procesos como la expresión de genes, los patrones de comportamiento y principalmente el metabolismo de los alimentos, ya que es el encargado de producir nutrientes y energía para los procesos fisiológicos de las iguanas.<sup>(55, 56)</sup>

## Conclusión

Bajo las condiciones ambientales en las que se llevó a cabo el experimento, la hembra juvenil de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) requiere una alta cantidad de energía metabolizable de 2.7 Mcal/kg de alimento para su óptimo funcionamiento. Sin embargo, la combinación 33.4 % de proteína cruda y 2.55 Mcal de EM/kg de alimento genera un mejor crecimiento del diámetro de la base de la cola, y del largo y ancho de la cabeza. El ancho y largo de la cabeza son dos características que ayudan a determinar el crecimiento de esta especie sin que se reflejen cambios negativos. La iguana juvenil con un peso vivo entre 55.5 y 355.6 g necesita consumir 163 mg de proteína cruda y 1 534 cal de energía metabolizable diarios para no perder ni ganar peso en el trópico subhúmedo.

## Disponibilidad de datos

El conjunto de datos originales utilizados en esta investigación están depositados y disponibles para su descarga en el repositorio de SciELO Dataverse.

## Conflicto de interés

Declaramos que no tenemos conflicto de interés.

## Contribuciones de los autores

Conceptualización, Manejo de datos y análisis de datos: C. Sánchez, J Arcos.

Escritura, revisión, edición y aprobación de la versión final del manuscrito: C. Sánchez, R López, H. Santiago, J. Martínez, G Mendoza, J Arcos.

## Referencias

1. Zurita-Carmona ME, Aguilar-Valdez BC, González-Embarcadero A, Mendoza-Martínez GD, Arcos-García JL. Composición de la dieta, consumo de proteína y energía en iguana negra, *Ctenosaura pectinata* Wiegmann, 1834, y densidad poblacional en Santos Reyes Nopala, Oaxaca. *Universidad y Ciencia*. 2009;25:103–109.
2. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre. CDMX; 2017. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/uma-unidades-de-manejo-para-la-conservacion-de-la-vida-silvestre>
3. Vélez-Hernández L, Cobos-Peralta MA, Arcos-García JL, Contenido de alimento y metabolismo ceco-cólico en el tracto digestivo de poblaciones silvestres de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en Morelos, México. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 2012;44(3):217–224.
4. Durtsche RD. Ontogenetic variation in digestion by the herbivorous lizard *Ctenosaura pectinata*. *Physiological and Biochemical Zoology*. 2004;77(3):459–470. doi: 10.1086/383502.
5. Arcos GJL, López PR. La iguana negra. Fundamentos de reproducción, nutrición y manejo. DF, México: Optime Impresos; 2009. 164 pp.
6. Alarcón-Henao JF, López-Pozos R, Arcos-García JL, Santiago-Romero H, De-la-Cruz-Chacón I. Evaluación de dietas con diferente proporción de harina de insectos para incrementar la productividad en crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). En: MMA Peralta, SJF Ruan, CI de la Cruz, de BEP Diez, MM Castro, MBA Than, editores. *Estudios sobre la biodiversidad tropical mexicana: conservación y aprovechamiento sustentable*. Chiapas, México: UNICACH; 2021. 425.
7. Arcos-García JL, Reynoso RVH, Mendoza MGD, Hernández SD. Identificación del sexo y medición del crecimiento en iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en las etapas de cría y juvenil. *Veterinaria México*. 2005;36(1):53–62. <https://veterinariamexico.fmvz.unam.mx/index.php/vet/article/view/130>
8. Arcos-García JL, Reynoso VH, Mendoza MGD, Clemente SF, Tarango ALA, Crosby GMM. Efecto del tipo de dieta y temperatura sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). *Revista Científica, FCV-LUZ*. 2005;XV(4):338–344.
9. Méndez-Sánchez CG, López-Pozos R, Santiago-Romero H, Machorro SS, García-Grajales J, Arcos-García JL. Uso de diferentes niveles de proteína cruda en la dieta de crías de *Ctenosaura pectinata* (Sauropsida:Squamata, Iguanidae) en cautiverio. *Revista Ciencia y Mar*. 2022;XXVI(78):3–14.

10. Ortíz GJJ, Arcos-García JL, Germán DMM, Plata PFX, Mascorro GF, Ruelas IG. Effect of lysine addition on growth of black iguana (*Ctenosaura pectinata*). Zoo Biology. 2013;32(3):277–280. doi: 10.1002/zoo.21011.
11. Zaragoza HC, Mendoza MGD, Ibarra ZS, Crosby GMM, Clemente SF, Aguilar VB. Composición de la dieta de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en el noroeste del Estado de México, México. Veterinaria México. 2004;35(3):215–223.
12. Méndez SCG. Requerimiento de proteína en crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) criadas en cautiverio (Tesis de Licenciatura). Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido, México; 2021.
13. Mendoza MGD, Hernández GPA, Plata PFX, Martínez GJA, Arcos GJL, Lee RHA. Nutrición Animal Cuantitativa. CDMX, México: Universidad Autónoma Metropolitana; 2022. 581 pp.
14. Agudelo G. Efecto de la temperatura sobre el metabolismo de *Gonotodes albogularis* (sauria:gekkonidae). Momentos de Ciencia. 2011;8(1):27–32.
15. Allison CA, Tandora DG. Use of a Non-Contact temperature reader for measuring skin surface temperatures and estimating internal body temperatures in lizards. Herpetological Review. 1997;28(1):32–33.
16. Google Earth. Localización del proyecto en la comunidad de Bajos de Chila. 2021. <https://www.google.com.mx/maps/@15.9102246,-97.1355988,2648m/data=!3m1!1e3>
17. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Geografía y medio ambiente. Climatología. Mapas. México; 2021. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Mapa>
18. Solver Excel. Microsoft Office Professional Plus (versión 3.2). 2016.
19. AOAC Official Methods of Analysis. 17th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. 2000.
20. Félix OMR. Estructura genética y endogamia poblacional de iguana negra, *Ctenosaura pectinata*, (Reptilia:Squamata:Iguanidae) en cautiverio (tesis de maestría). CDMX, México: Universidad del Mar, Puerto Escondido, Oaxaca; 2016.
21. Arcos-García JL, Núñez OJ, García GJ, Rueda ZR del P, Romero HS, López PR. Body condition index in breeding black iguana females (*Ctenosaura pectinata*) in captivity. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. 2020;52(2):349–359. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/3025/2192>
22. Statistical Analysis System. SAS Education Analytical Suite for Windows (Release 9.2). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2010.
23. Cupul-Magaña FG, Hernández-Hurtado H. Nota sobre el crecimiento de *Crocodylus acutus* en cautiverio. Revista Biomédica. 2002;13(1):69–71.
24. Martín J. 2002. Evolución de estrategias antidepredatorias en reptiles. En: M Sole, editor. Evolución: La Base de la Biología. Granada, España: Proyecto Sur; 2002.
25. Zeng QF, Cherry P, Doster A, Murdoch R, Adeola A, Applegate T. Effect of dietary energy and protein content on growth and carcass traits of Pekin ducks. Poultry Science. 2015;94(3):384–394. doi: 10.3382/ps/peu069.
26. Schoenau E. El sistema muscular es el impulsor del desarrollo esquelético. Annales Nestlé. 2006;64(2):55–62. doi: 10.1159/000094908.
27. Melo-Ruiz VM, Cremieux JC, Rodríguez-Diego JG, Villoch A. Ganancia de peso, talla y sobrevivencia en *Crocodylus moreletii* (Crocodylia:Crocodylidae) alimentados con extractos de tres tipos de insectos. Revista de Salud Animal. 2018;40(2):1–5.

28. Sossa C, Barahona R. Comportamiento productivo de novillos pastoreando en trópico de altura con y sin suplementación energética. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 2015;62(1):67–80. doi: 10.15446/rfmvz.v62n1.49386.
29. Elizondo-Salazar JA. Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. 1. Energía metabolizable. *Agronomía Mesoamericana*. 2008;19(1):115–122.
30. Wilkinson SL. Reptile wellness management. *Veterinary Clinics North Am Exotic Animal*. 2015;18(2):281–304. doi: 10.1016/j.cvex.2015.01.001.
31. Correa-Orozco A, Uribe-Velásquez LF. La condición corporal como herramienta para pronosticar el potencial reproductivo en hembras bovinas de carne. *Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín*. 2010;63(2):5607–5619.
32. Zamora-Abrego JG, Zuñiga-Vega JJ, Ortega-León AM. Ecología del crecimiento de una lagartija del género *Xenosaurus* Peters 1861 (Squamata: Xenosauridae) en la Reserva de la Biosfera, Sierra Gorda, Querétaro, México. *Revista Chilena de Historia Natural*. 2012;85(3):321–333.
33. Cañas JJ, Galeano E, Ruiz-Cortés T, Cerón-Muñoz M. Crecimiento ponderal de terneros Gyr x Holstein desde el nacimiento hasta los siete meses de edad. *Revista colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2007;20(4):578–579.
34. Antonelli M, Rosas C, Rojas M. Desarrollo de los miembros en los vertebrados. *Revista Internacional de Morfología*. 2012;30(4):1512–1519.
35. Martínez-Maza C. Fósiles bajo el microscopio: datos histológicos para reconstruir el desarrollo y el modo de vida de los vertebrados a través de la evolución. En: XIII Encuentro de jóvenes investigadores en paleontología. Cercedilla, España; 2015.
36. Shapiro F, Forriol F. El cartílago de crecimiento: biología y biomecánica del desarrollo. *Revista Ortopedia y Traumatología*. 2005;49(1):55–67.
37. Garzón AD, Roa MA, Ramírez AM. Factores que influyen en el crecimiento endocondral: experimentos y modelos. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*. 2008;22(1).
38. Martínez-Silvestre A, Lavín S, Cuenca R. La bioquímica sanguínea en clínica de reptiles. *Consulta de Difusión Veterinaria*. 2013;200:31–40.
39. Formiguera X. Monografías humanitas. *Obesidad: un reto sanitario de nuestra civilización*. España: Fundación Medicina y Humanidades Médicas; 2004.
40. Hernández-Espinoza DF, Oliva-Hernández J, Pascual-Córdova A, Hinojosa-Cuéllar JA. Descripción de medidas corporales y composición de la canal en corderas pelibuey: estudio preliminar. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 2012;21(1):24–31.
41. Contreras JL, Cordero AG, Curasma J, Enríquez D, Vilcapaza L, Gutiérrez N, del Solar J. Caracterización biométrica y estimación del peso corporal en bovinos criollos en la comunidad de Chuñuranra-Huancavelica (Perú). *Archivos de Zootecnia*. 2021;70(271):246–250. doi: 10.21071/az.v70i271.5505.
42. Ardila-Robayo MC, Barahona-Buitrago AL, Bonilla-Centeno PO, Cárdenas-Rojas DR. Evaluación del crecimiento en *Crocodylus intermedius* nacidos en la estación de biología tropical “Roberto Franco” de Villavicencio. *Revista Académica Colombiana Científica*. 1999;23(Suppl esp):425–435.
43. García-Alix A, Sáenz De PM, Martínez S, Salas-Hernández J. Utilidad del perímetro cefálico en el recién nacido para anticipar problemas en el neurodesarrollo. *Revista de neurología*. 2004;39(6):548–554.

44. Condori G, Ayala C, Renieri C, Rodríguez T, Martínez Z. Crecimiento alométrico en camélidos sudamericanos. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*. 2018;48–53.
45. Alvarado DJ, Suazo OI. Las iguanas de México. Historia natural y conservación. Laboratorio de tortuga marina y biología de la conservación. Morelia, Michoacán, México: Facultad de Biología; 1996. 77 pp.
46. McDonald P, Edward RA, Greenhalgh JF, Morgan CA, Sinclair LA, Wilkinson RG. *Nutrición Animal*. Zaragoza, España: Acibia; 2013.
47. De la Ossa VJ, Vogt RC, Schneider L, de la Ossa LA. Influencia de la temperatura en el comportamiento alimentario de *Peltocephalus dumerilianus* (*Testudines podocnemidae*). *Revista MVZ Córdoba*. 2009;14(1):1587–1593.
48. Capula M, Rugiero L, Capizzi D, Franco D, Milana G, Luiselli L. Long-term, climate-change-related shifts in feeding frequencies of a Mediterranean snake population. *Ecological research*. 2016;31:49–55.
49. Daza-Pérez EP, Pérez-Miranda R. Termorregulación de lagartos en la formación de profesores de ciencias naturales y educación ambiental. *Ciencia & Educación*. 2011;17(3):663–678. doi: 10.1590/S1516-73132011000300009.
50. Vitt L, Caldwell J. *Herpetología: una introducción a la biología de anfibios y reptiles*. 4a ed. China: Academic Press; 2014.
51. Fajardo FV, Burguete M, González-Morales J. Calentamiento global y la fisiología de ectotermos: el caso de tres lacertilios mexicanos. *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*. 2020;27(3):1–10. doi: 10.30878/ces.v27n3a9.
52. Burraco P, Orizaola G, Monaghan P, Metcalfe NB. Climate change and ageing in ectotherms. *Global Change Biology*. 2020;26(10):5371–5381. doi:10.1111/gcb.15305.
53. Kovacevic A, Latombe G, Chown SL. Rate dynamics of ectotherm responses to thermal stress. *Proceedings of the Royal Society B*. 2019;286(1902):1–9. doi: 10.1098/rspb.2019.0174.
54. Rohr JR, Civitello DJ, Cohen JM, Roznik EA, Sinervo B, Dell AI. The complex drivers of thermal acclimation and breadth in ectotherms. *Ecology letters*. 2018;21(9):1425–1439. doi.org/10.1111/ele.13107.
55. Moran-Ramos S, Baez-Ruiz A, Bujis R, Escobar C. When to eat? The influence of circadian rhythms on metabolic health: are animal studies providing the evidence? *Nutrition Research Reviews*. 2016;29:180–193. doi:10.1017/S095442241600010X.
56. Xie X, Kukino A, Calcagno HE, Berman AM, Garner JP, Butler MP. Natural food intake patterns have little synchronizing effect on peripheral circadian clocks. *BMC biology*. 2020;18(1):1–11. doi: 10.1186/s12915-020-00872-7.