

Uso de diferentes niveles de proteína cruda en la dieta de crías de *Ctenosaura pectinata* (Sauropsida: Squamata, Iguanidae) en cautiverio

Cristina Guadalupe Méndez-Sánchez, Roberto López-Pozos, Héctor Santiago-Romero, Sergio Machorro-Sámamo, Jesús García-Grajales & José Luis Arcos-García*

Resumen

La evaluación de diferentes niveles de proteína cruda en dietas de iguanas es importante para determinar el consumo y máximo crecimiento de la especie. Por lo que el presente experimento se realizó con el objetivo de evaluar diferentes niveles de proteína cruda, en la dieta de crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) mantenidas en condiciones de cautiverio. Se utilizaron 30 crías machos de *C. pectinata* de cuatro meses de edad, con peso promedio de 21.45 ± 5.48 g. Se mantuvieron en jaulas individuales con comedero y bebedero semiautomáticos. La experimentación se llevó a cabo en un área aislada, con una superficie de $4 \times 3 \times 3$ m, equipado con focos de luz infrarroja y un sistema de calefacción para mantener la temperatura constante. Se evaluaron cinco tratamientos con diferente nivel de proteína cruda: 20, 23, 26, 29 y 32%. Se analizaron las variables ganancia diaria de: peso, longitud total, longitud hocico cloaca, longitud de la cabeza y digestibilidad de materia seca. Se utilizó un diseño de bloques completos aleatorizados con cinco tratamientos y seis repeticiones. Se utilizó una prueba de Tukey para observar diferencias entre los diferentes tratamientos (SAS, 2010). Todas las variables se comportaron de la misma manera ($P > 0.05$); sin embargo, la cantidad de alimento consumido por iguana fue mayor ($P < 0.05$) para el tratamiento con 23% de proteína cruda en relación con la dieta con 32% de PC, con valores de 546.3 y 343.0 mg/día respectivamente. Se concluye que, a pesar de requerir más tiempo para analizar el efecto de los diferentes niveles de proteína cruda, se observó que se afectó el consumo de alimento en la iguana negra y las dietas evaluadas fueron adecuadas.

Palabras clave: *Ctenosaura pectinata*, iguana negra, nutrición, dietas, crecimiento.

Recibido: 08 de octubre de 2021.

Abstract

The study of distinct levels of crude protein in iguana diets is important to determine the consumption and maximum growth of the species. The following experiment was conducted to evaluate distinct levels of crude protein in the diet of black iguana (*Ctenosaura pectinata*) hatchlings maintained in captivity. Thirty four month old male *C. pectinata* hatchlings, with an average weight of 21.45 ± 5.48 g, were used. They were kept in individual cages with a semi-automatic feeder and drinker. The experiment was conducted in building material room with an area of $4 \times 3 \times 3$ m, equipped with infrared light bulbs and a heating system to maintain a constant temperature. Five treatments were evaluated with crude protein concentrations of 20, 23, 26, 29 and 32%. The following variables were analyzed: daily weight gain, total length, snout-vent length, head length and dry matter digestibility. A randomized complete block design with five treatments and six replicates was used. A Tukey test was used to see differences among the different treatments (SAS, 2010). All variables behaved in the same way ($P > 0.05$); however, the amount of food consumed by iguana was higher ($P < 0.05$) for the treatment with 23% crude protein in relation to the diet with 32% CP, with values of 546.3 and 343.0 mg/day, respectively. It is concluded that despite more requiring time to analyze the effect of the distinct levels of crude protein, it was observed that the of food intake in the black iguana was affected and the diets evaluated were adequate.

Key words: *Ctenosaura pectinata*, black iguana, nutrition, diets, growth.

Aceptado: 22 de agosto de 2022.

¹ Universidad del Mar campus Escondido. Km 3.5 carretera Puerto Escondido-Sola de Vega, Puerto Escondido 71980, Oaxaca, México.

* Autor de correspondencia: jarcos@zicatelamar.mx (JLAG)

Introducción

La iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), es una especie importante a nivel económico y cultural (Cortés-Gregorio *et al.* 2013, Barrios-Puente *et al.* 2014, Reyna *et al.* 2015, Zavala-Sánchez *et al.* 2018). Es una especie endémica de México, además de estar catalogada como amenazada en el Diario Oficial de la Federación y en el Apéndice II de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (DOF 2020; LGVS 2021, SEMARNAT 2020, CITES 2021). Estas características categóricas, indican que es necesario llevar a cabo conservación, aprovechamiento sustentable e investigación en las unidades de manejo de iguanas, para establecer el desarrollo de los sistemas de cría, que permitan la producción en cautiverio de manera eficiente y a su vez contribuyan a disminuir la caza clandestina y la potencial extinción de la especie (Arcos-García *et al.* 2002, Morales-Salud & Reynoso 2012, LGVS 2021, García *et al.* 2018). No obstante, algunos problemas que enfrenta la especie son: 1) la deforestación del hábitat, por las actividades antropogénicas (Arroyave *et al.* 2006, Yáñez-Moreta & Estupiñan 2016, Santiago-Romero *et al.* 2018), 2) la extracción elevada de iguanas del ambiente para consumo humano (Lira 2006), 3) el potencial reproductivo y de crecimiento de las iguanas es bajo, pero se puede incrementar (Arcos *et al.* 2002, Machorro *et al.* 2009, Franz *et al.* 2011, López-Rubalcaba *et al.* 2012, Ortiz *et al.* 2013), 4) alta mortalidad en el periodo de crías de las iguanas (Suazo & Alvarado 1994, González 2001) y 5) el tipo de dieta influye en el potencial genético y crecimiento de la especie (Arcos-García *et al.* 2005a, Vélez-Hernández *et al.* 2012). La dieta es un aspecto muy importante, porque los animales requieren energía y proteína para mantenerse vivos, crecer

y reproducirse; por ello, deben satisfacer esas demandas diarias, para sus funciones vitales; lo que se logra mediante la ingestión adecuada de la dieta diaria (Borrelli 2001, Ortiz *et al.* 2013). Para llenar las demandas nutricionales, la iguana negra consume diferente tipo de alimento en cada etapa de su vida, pasa de una ingesta a base de únicamente insectos, a una transición de insectos/tejidos vegetales, hasta el consumo único de vegetales en la etapa adulta (Durtsche 2000). Zurita-Carmona *et al.* (2009) estimaron las necesidades de proteína y energía que requieren las iguanas adultas en vida libre; sin embargo, en las crías y juveniles de la misma especie no se han obtenido trabajos que traten de evaluar diferentes niveles proteicos en las dietas. Por ello, se cree que la utilización de diferentes niveles de proteína cruda en la dieta de crías de iguana negra (*C. pectinata*), puede proporcionar bases para la determinación de las necesidades de la misma en la especie en estadio de cría, que es cuando requieren altos niveles proteicos al ser consumidores de insectos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de varios niveles de proteína cruda en la dieta de crías de *C. pectinata* criadas bajo condiciones de cautiverio, sobre las variables productivas.

Material y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Conservación y Reproducción de Iguanas de la Universidad del Mar (CECOREI-UMAR, Fig. 1), ubicado en el kilómetro 128.1 de la Carretera Federal Pinotepa Nacional-Puerto Escondido. Se localiza a 15°55'23.1" de latitud norte y 97°09'05" de longitud oeste, con elevación de 9 m snm (Earth Google 2021). Presenta un clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 22°C y mayor de

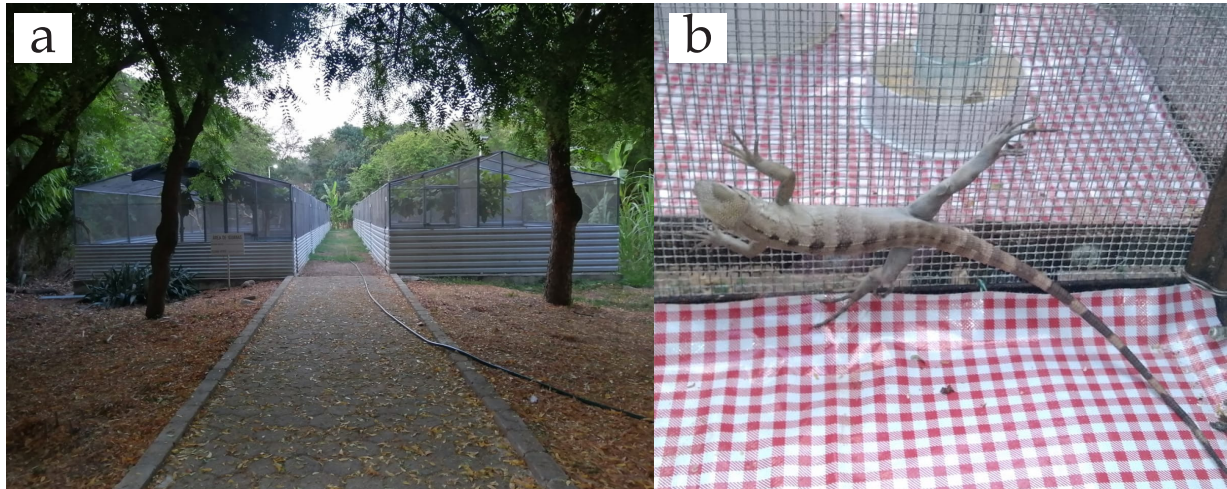


Figura 1. Instalaciones de la universidad del Mar (a) e iguanas utilizadas en jaulas individuales (b).

18°C durante el mes más frío. La precipitación media anual es de 500 a 2,500 mm y entre 0 y 60 mm durante el mes más seco, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual (García 2004, INEGI 2021).

Por el periodo de lluvias y para que no se afectara la termorregulación de las iguanas, el experimento se llevó a cabo en un área aislada térmicamente de 4 x 3 x 3 m de largo, ancho y alto, el cual fue equipado con focos de luz infrarroja (Exo-Terra heat Glo, 75 W); además, con un sistema de calefacción (Termovepotencia de 1500 W), que permitió mantener una temperatura constante de 32°C (Arcos-García *et al.* 2005a). También se monitoreo la humedad relativa que fue de 86.1% en promedio,

Se utilizaron 30 crías machos de *C. pectinata* (debido a que las hembras tienen respuesta diferente), de cuatro meses de edad, con peso promedio de 21.45 ± 5.48 g, con longitud hocico cloaca promedio de 8.92 ± 0.64 cm, longitud de cabeza promedio de 2.11 ± 0.27 cm y longitud promedio total de 31.30 ± 1.97 cm. Cada iguana estuvo alojada en una jaula individual hecha de madera con medidas de 45 x 45 x 45 cm de largo, ancho y altura. Las jaulas estuvieron forradas con tela de criba con

una apertura de malla de 0.25 cm² (Fig. 1b). Las jaulas contaron con bebederos y comederos semiautomáticos, que fueron construidos para desarrollar el presente experimento de acuerdo con experiencias previas.

Alimentación

Al inicio del experimento, las iguanas tuvieron un periodo de adaptación al manejo sometido durante la experimentación y a la alimentación de 15 días, tiempo que se considera adecuado, de acuerdo con otros trabajos de investigación (Arcos-García *et al.* 2007). Posteriormente fueron sometidas a un periodo de tiempo de 28 días de muestreo. Cada tercer día se proporcionó agua y alimento *ad libitum* (dependiendo del tratamiento evaluado) a la misma hora 9:00 h y se realizó la limpieza de las jaulas.

Tratamientos

Las dietas evaluadas consistieron en cinco tratamientos, cada una de ellas con diferente concentración de proteína cruda a razón de 20, 23, 26, 29 y 32% (Tabla I). Todas las dietas tuvieron el mismo contenido energético estimado de acuerdo con la metodología de Mendoza *et al.* (2022) con valor de 3305.8 kcal EM/kg de

alimento ofrecido. Las dietas estuvieron elaboradas con base en la mezcla de maíz y pasta de soya (por su disponibilidad y facilidad de mezclarse, además de ser la base que se utiliza para las dietas en la unidad de manejo).

Las dietas evaluadas se realizaron por medio de la aplicación solver del paquete Excel®. La dieta con 20% de proteína se consideró como el tratamiento testigo, debido a que es la cantidad de proteína que se ofrece a esta especie en las etapas de crías, juveniles y adultas, en el campo experimental de la Universidad del Mar (Arcos-García *et al.* 2020).

Se agregaron sales minerales (Tabla I) de la marca Fosforysal® 120 L, que contiene 120 g/kg P, 4.0 g/kg Zn, 2.0 g/kg Fe, 1.3 g/kg Cu, 0.08 g/kg I, 12.5 g/kg S, 120.0 g/kg Ca, 10.0 g/kg Mg, 4.0 g/kg Mn, 0.01 g/kg Co, 0.02 g/kg Se, 200.0 g/kg Sal. Las vitaminas proporcionadas (Tabla I), fueron de la marca comercial Vitafort A®, que contiene las vitaminas: A 125000 UI, D3 41500 UI, B12 500 mcg, E 40 UI, Riboflavina 90 mg, B1 100 mg, B6 50 mg, C 100 mg, K 100 mg, ácido pantoténico 100 mg, nicotinamida 400 mg, ácido fólico 3 mg.

Variables evaluadas

Las variables que se midieron fueron la

ganancia de peso diaria (mg anim-1) que se determinó por medio del pesaje de los animales, se restó el peso final menos el peso inicial dividido en 28 días de la prueba (Ortiz *et al.* 2013). El consumo promedio de alimento diario (mg anim-1) se obtuvo por medio de la resta del alimento ofrecido y el alimento rechazado entre el número de días de prueba (Cáceres & González 2015). La longitud diaria ($\mu\text{m anim-1}$) se midió en el mismo periodo que la ganancia de peso, usando tres variables: 1) longitud hocico cloaca (LHC); 2) longitud total, (LT: punta del hocico a la punta de la cola), ambas con una cinta métrica (marca CADENA, modelo MGA3619 de 3.6 m \pm 1.0 mm) y 3) longitud de la cabeza (LC), con un vernier plástico (modelo CVQ1315, de 150 mm \pm 0.1 mm). Para determinar la digestibilidad aparente in vivo de la materia seca (MS), se siguió la metodología utilizada por Ortiz *et al.* (2013).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos aleatorizados con cinco tratamientos y seis repeticiones. El criterio de bloque fue el rango de peso de las iguanas, con lo que se eliminó la variabilidad debido al peso y se dejó en igualdad de condiciones a los tratamientos (Ortega *et al.* 2021). Posteriormente se empleó la prueba de

Tabla I. Composición de los tratamientos utilizado durante la experimentación. Todas las dietas contenían 3305.8 kcal EM/kg de alimento (Mendoza *et al.* 2022).

Tratamiento	% de materia prima en la ración				
	Maíz	Pasta de soya	Vitaminas	Minerales	Porcentaje
T20	63.60	34.90	1	0.5	100
T23	55.42	43.08	1	0.5	100
T26	47.25	51.25	1	0.5	100
T29	39.07	59.43	1	0.5	100
T32	30.90	67.60	1	0.5	100

Tukey para observar diferencias entre las medias de los diferentes tratamientos. Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS (versión 2010).

Resultados

En la tabla II, se pueden observar los resultados registrados para las variables de estudio. No hubo diferencias ($P>0.05$) en el peso final, ni en la ganancia diaria de peso, por efecto de los diferentes niveles de proteína en las iguanas estudiadas, en la cual se registró un valor promedio de 252 mg con rango de 160 a 332 mg. La cantidad de alimento consumido por iguanas fue mayor ($P<0.05$) para el tratamiento con 23% de proteína cruda en relación con la dieta con 32%, con valores de 546 y 343 mg/día, respectivamente. La ganancia diaria de la longitud total no presentó diferencias ($P>0.05$) con valor promedio de 732 μm , con valores de 899, 952, 524, 786 y 500 μm para los tratamientos T20, T23, T26, T29 y T32, respectivamente. La ganancia diaria en longitud hocico cloaca

tampoco presentó diferencias ($P>0.05$) en los diferentes niveles proteicos de las dietas evaluadas con valor promedio de 253 μm en iguana negra hasta los de 28 días del periodo de prueba. La ganancia diaria de longitud promedio de la cabeza fue de 59 μm , no mostrando diferencias ($P>0.05$) por los diferentes tratamientos proteicos. En cuanto a la digestibilidad obtenida no se encontraron diferencias entre los diferentes tratamientos ($P>0.05$) con un promedio de 88.4%.

Discusión

Ganancia de peso

Arcos-García *et al.* (2007), reportaron una ganancia diaria de peso similar a la reportada en el presente trabajo, reportando una media entre tratamientos de 286 mg anim-1 en las mismas condiciones de tiempo. Así mismo, en otro estudio bajo condiciones posiblemente óptimas, Arcos-García *et al.* (2002) indicaron que *C. pectinata* crece lento; pero a pesar de

Tabla II. Diferentes niveles de proteína en el alimento de iguana negra sobre los parámetros productivos, durante los primeros 28 días de prueba.

Tratamiento	Tratamientos					Media
	T ₂₀	T ₂₃	T ₂₆	T ₂₉	T ₃₂	
Ganancia diaria de peso (mg)	323	303	160	332	160	252
Consumo de alimento (mg)	463 ^{ab}	546 ^a	359 ^{ab}	515 ^{ab}	343 ^b	445
Ganancia diaria de longitud total (μm)	8989	952	524	786	500	732
Ganancia diaria de longitud hocico cloaca (μm)	298	2912	182	2867	208	254
Ganancia diaria de longitud de la cabeza (μm)	44	122	27	66	36	59
Digestibilidad de la materia seca g/100g alimento	89	87	91	89	86	88
Peso inicial (g)	21.28	21.24	21.52	21.45	21.21	21.45
Peso final (g)	30.33	29.92	26.0	30.75	25.48	28.50

Tratamientos con diferente concentración de proteína cruda (PC) en la dieta: T20, 20% de PC; T23, 23% de PC; T26, 26% de PC; T29, 29% de PC, T32, 32% de PC.

^{ab} Literales diferentes dentro de la misma hilera indican diferencia estadística ($P<0.05$)

ello, reportan ganancias de peso diario de 300 mg anim-1. De tal manera que el crecimiento aparentemente lento es característico de la especie, ya que son animales ectotermos y con alta variabilidad genética (Arcos-García *et al.* 2002, 2005b). Es muy probable que la falta de diferencias de crecimiento en las crías de iguana del presente experimento se encuentre asociada a la duración del estudio que fue relativamente corto, por problemas ajenos al estudio y comparado con estudios previamente realizados (Arcos-García *et al.* 2002, 2005b).

El peso inicial de las iguanas en los tratamientos evaluados fue similar por efecto del bloqueo en el diseño experimental, a pesar de que la variación en el peso total fue aparentemente elevada (± 5.48 g), lo que indica que el error experimental se redujo y los tratamientos pudieron mostrar el efecto que provocan.

En los trabajos de Ortiz *et al.* (2013) y Arcos-García *et al.* (2012), se observa que al bloquear por peso (dentro de una misma camada) al momento de diseñar el experimento se disminuye el error experimental y se pueden encontrar diferencias en los estudios. Hemos observado que el bloqueo de las iguanas por peso no siempre es adecuado, por la alta variabilidad genética que tienen las iguanas y se enmascaran los beneficios al comparar a los tratamientos. Por lo anterior, es importante medir la ganancia de peso, ya que es útil en la selección de animales para generar mayor crecimiento, lo que provocaría que los animales permanezcan menos tiempo en las áreas de las unidades de manejo (Amaya *et al.* 2020).

Consumo de alimento

Arcos *et al.* (2007), compararon la alimentación en crías de *C. pectinata* mantenidas en

condiciones de cautiverio, probaron diferentes proporciones de insectos y vegetales y determinaron que el consumo de alimento fue similar, lo que posiblemente se debió a que las crías de iguana pudieron elegir entre comer insectos o vegetales de acuerdo con sus necesidades nutricionales, ya que el alimento siempre estuvo a libre acceso. Por ello, la diferencia inconsistente en el consumo de alimento, que se mostró solo entre los tratamientos 23 y 32, pero no en los tratamientos intermedios, en este estudio puede ser atribuida al contenido de proteína cruda utilizada en el presente estudio. Por tal motivo, en todos los tratamientos evaluados se encontraban iguanas pequeñas, medianas y grandes, por lo que el efecto del tratamiento quedaba enmascarado. Un problema que se ha observado en los iguanarios es que los dueños no tienen el cuidado de mantener nidadas de iguanas aisladas; por lo tanto, no es posible la elección de los posibles ejemplares para los estudios. Tampoco existen altas cantidades de crías para realizar una selección adecuada de unidades experimentales.

Aunado a lo anterior, McDonald *et al.* (2013) indican que el consumo voluntario de alimento es el factor más importante desde el punto de vista de la productividad, ya que todos los demás parámetros como son la ganancia de peso y el crecimiento en general dependen en forma directa del consumo.

Considerando las variables ambientales, la temperatura del ambiente es un factor importante que influye en el crecimiento de los reptiles (Piña & Larriera 2002). Las iguanas son animales que dependen del calor ambiental para la realización de sus actividades diarias. Lo cual fue demostrado en el estudio de Arcos-García *et al.* (2005a), quienes indicaron que el mejor crecimiento se observó a

temperatura entre 31.5 a 35.4 °C; diferencia que se pudo registrar al mes de haber iniciado el experimento. Las iguanas al ser animales ectotérmicos (Bertrand & Escrivá 2013), requieren de una temperatura corporal mayor a 30°C, para mantener su metabolismo activo. En este trabajo de investigación la temperatura ambiental estuvo dentro del rango recomendado.

Los ingredientes alimenticios de las dietas no explican la forma de comportamiento del consumo de alimento por parte de las iguanas. Tampoco es explicada por el nivel de energía metabolizable calculada ya que fue similar en todos los tratamientos y cae dentro del rango determinado en estudios en vida libre (Zurita-Carmona *et al.* 2009). De acuerdo con lo anterior en estudios alimenticios, es necesario que los estudios en cautiverio sean por lo menos tres meses de evaluación.

Ganancia diaria de la longitud

Se ha indicado que la medición de la longitud total tiene el inconveniente, de que las iguanas de manera natural van perdiendo parcial o totalmente la cola, en la extremidad más posterior a la cloaca por el manejo de la especie y por peleas entre las iguanas (Arcos-García *et al.* 2002). También como mecanismo de defensa de las iguanas ante los depredadores (Cloudsley-Thompson 1999). Por lo tanto, no es una característica apropiada para estimar el crecimiento de la especie. En este estudio la pérdida de la cola en los ejemplares fue mínima; y a pesar de ello, los tratamientos con 26 y 32 % de proteína fue a dónde se observó mayor pérdida parcial. Esta pérdida, no se relacionó con el manejo, simplemente la extremidad posterior de la cola se va secando y se cae irremediablemente. La importancia de insistir en el crecimiento de la cola es, porque para las iguanas,

tener una cola completa les proporciona jerarquía y son animales más atractivos en la etapa de reproducción (Cloudsley-Thompson 1999). Económicamente, el tener ejemplares de iguana negra con una conformación buena de la cola, puede generar alto valor económico y ecológico para los criadores.

Ganancia diaria con respecto a la longitud hocico cloaca

La temperatura ambiental es un factor importante que influye en la tasa de crecimiento longitudinal de los reptiles, ya que interviene con la tasa metabólica, la velocidad de paso del alimento a través del tracto gastrointestinal y la duración de los procesos digestivos (Piña & Larriera 2002, De la Ossa *et al.* 2009), lo que repercute en el crecimiento de la longitud hocico cloaca. Parachú *et al.* (2009) señalan que en un estudio realizado con Caimán latirostris en un periodo de 70 a 72 días, los animales que se mantuvieron con una temperatura de 33°C crecieron más rápido y tuvieron un aumento en el consumo de alimento, que aquellos mantenidos a 29°C. Esta información acentúa la importancia de la temperatura ambiental, en las iguanas negras, posiblemente, no basta con tener una temperatura del ambiente alrededor de 30°C, nosotros consideramos que es más importante que los reptiles alcancen una temperatura corporal de 36 a 40°C, que es la temperatura a donde los microorganismos degradadores del alimento han mostrado tener su actividad metabólica en diversas especies animales (Mendoza *et al.* 2022, Nagaraja 2016), lo que repercutirá en el crecimiento.

El crecimiento corporal o longitud hocico cloaca, es una característica central de la historia de vida de cualquier organismo y es un componente importante

de la adecuación biológica, ya que este puede determinar el tamaño corporal, la edad a la madurez sexual y la fecundidad (Charnov 1990, Angilletta *et al.* 2004). Lo que indica que los factores que inciden en el crecimiento corporal en las etapas tempranas de *Ctenosaura pectinata* son importantes, para evaluar si los organismos pueden alcanzar la edad reproductiva más precozmente.

Las crías de iguana negra presentan una tasa de crecimiento relativamente lento; sin embargo, esta tasa es mayor en animales adultos y ya ha sido determinada, por ello se sabe que las iguanas alcanzan su máximo desarrollo aproximadamente en tres años (Núñez 2012). Por lo anterior, es importante establecer el máximo crecimiento de la iguana negra, en el menor tiempo posible, lo que puede ayudar en programas manejo de la especie y realizar estudios nutricionales específicos sobre aminoácidos, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales.

Ganancia diaria promedio de longitud de la cabeza

Resultados diferentes en relación con este trabajo de investigación fueron reportados por Ortiz *et al.* (2013) quienes obtuvieron diferencias en el crecimiento de la cabeza en las iguanas entre los diferentes tratamientos, adicionados con diferentes concentraciones de lisina; Sin embargo, conforme las iguanas avanzan en edad, la longitud de la cabeza presenta disminución de crecimiento en relación con el cuerpo (Suazo & Alvarado 1994). Lo anterior también fue reportado por Arcos-García *et al.* (2005b) y López-Rubalcaba *et al.* (2012), quienes mencionan que el crecimiento de la cabeza de *C. pectinata*, es continuo a lo largo de su vida, pero en menor velocidad que el peso u otras longitudes.

En todas las investigaciones se concuerda en que la longitud de la cabeza es la más exacta en determinar y posiblemente puede ser una variable de mayor utilidad en un futuro. A pesar de que el potencial de crecimiento de la cabeza de las iguanas se ve afectado por el manejo nutricional, potencial genético del animal, el ambiente y los nutrientes ingeridos por las iguanas, muestra una medida que no se altera por las reservas corporales de grasa (Arcos 2001, Arcos-García *et al.* 2005b).

Digestibilidad

Estos resultados son superiores a lo reportado por Zurita-Carmona *et al.* (2009) quienes registraron una digestibilidad de 66%, en dietas con base en alimentos concentrados, y con un contenido de proteína cruda menor al utilizado en el presente experimento. Arcos-García *et al.* (2007) no encontraron diferencias en la digestibilidad (74%) al alimentar a 60 crías de iguana con dietas con base en insectos y vegetales a diferentes proporciones y con alto contenido de fibra. Mientras que Vélez-Hernández *et al.* (2012) obtuvieron una digestibilidad menor con relación a la presente investigación, con promedio de 57% del contenido cecólico de iguanas negras adultas en vida silvestre con alto contenido de fibra. La digestibilidad reportada por Wikelski *et al.* (1993) en el estudio realizado en iguanas marinas fue del 70%, alta en comparación con otros reptiles herbívoros y similar con la iguana verde. Lo anterior se puede atribuir a los diferentes estadios de iguanas utilizadas, al manejo realizado y a la composición química de las diferentes dietas, cantidad de proteína, tipo de carbohidratos, uso de minerales y vitaminas, así como de los diferentes niveles de energía metabolizable contenida en las dietas. Throckmorton (1973), menciona que la digestibilidad

de las dietas de la iguana negra, mejora cuando son expuestas a una temperatura elevadas de 37°C.

En reptiles escamados, la relación entre el crecimiento corporal y otros caracteres de historia de vida es imprecisa, (Zamora-Abrego *et al.* 2012), ya que las iguanas, como todos los reptiles siguen creciendo durante toda su vida (Pough 1973). Las cuales están sujetas tanto a factores extrínsecos, como son la temperatura y la disponibilidad de alimento; como intrínsecos, que son aquellos que tienen bases genéticas o filogenéticas. Además, las tasas de crecimiento corporal también pueden reflejar adaptaciones locales a un grupo específico de condiciones ambientales, así como a un particular estilo de vida de acuerdo con el entorno (Zamora-Abrego *et al.* 2012). Sin embargo, es importante conocer la dinámica de crecimiento corporal en cautiverio de *C. pectinata*, para poder identificar cuáles son los factores que causan variación en la misma desde el nacimiento hasta la etapa reproductiva, y con ello, obtener ecuaciones de predicción del crecimiento y ganancia de peso en función de la proteína de la dieta.

Por lo anterior, se observa que los niveles de proteína cruda evaluados son adecuados para medir el consumo y las variables productivas en iguana negra; no obstante, como en otras evaluaciones se requiere de un periodo mayor de tiempo para que se muestre el efecto de los tratamientos. La variable más importante que es el consumo fue modificada lo que sugiere que los niveles de proteína cruda son importantes en el desarrollo del crecimiento de la iguana negra. Los altos niveles de proteína requeridos en iguanas en etapa de cría y juveniles coinciden con el tipo de alimento que se ha reportado con base en únicamente insectos y la transición de insectos a vegetales respectivamente.

Agradecimientos

A la universidad del Mar, por el apoyo con el proyecto “Simulación de liberación, mantenimiento de la variabilidad genética, análisis nutricional de las iguanas negras (*Ctenosaura pectinata*) y verde (*Iguana iguana*) del CECOREI-UMAR”, con clave de unidad programática 2IE1907.

Referencias

- Amaya, M.A., S.R. Martínez, M. Cerón-Muñoz. 2020.** Parámetros genéticos para crecimiento y reproducción en ganado Simmental mediante parentesco por pedigrí y genómico. *Rev Medicina Veterinaria y Zootecnia, Córdoba* 25(1):e1520.
- Angilletta, Jr., T. Steury & M. Sears. 2004.** Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: Fitting pieces of a life-history puzzle. *Integrative Comparative Biology* (44): 498-509.
- Arcos-García, J.L., M.A. Cobos, V.H. Reynoso, G.D. Mendoza, M.E. Ortega & F. Clemente. 2002.** Caracterización del crecimiento de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en cautiverio. *Veterinaria México* 33 (4):409-419.
- Arcos-García, J.L., V.H. Reynoso, G.D. Mendoza, F. Clemente, L.A. Tarango & M.M. Crosby. 2005a.** Efecto del tipo de dieta y temperatura sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). *Revista Científica, FCV-LUZ* 15 (4):338 -344.
- Arcos-García, J.L., V.H. Reynoso, G.D. Mendoza & D.H. Hernández. 2005b.** Identificación del sexo y medición del crecimiento en iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en las etapas cría y juvenil. *Vet. México* 36 (1):53-62.
- Arcos-García, J.L., M.A. Cobos, D. Hernández, V.H. Reynoso, G.D. Méndez & B.C. Aguilar. 2007.** Digestibilidad de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) alimentadas con dietas a base de diferentes componentes de insectos y vegetales. *Revista Científica FCV-LUZ XVII* (3):255-261.
- Arcos-García, J.L., M.G. Mendoza, R. López, S.B. Pinacho, C. M. Treviño, J.G. Gamboa & P. F. Plata. 2012.** Efecto de la adición de lisina sobre el crecimiento y digestibilidad del alimento en crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en cautiverio. p 114-121, In: Primer encuentro latinoamericano y XIV reunión nacional sobre iguanas, Bahías de Huatulco, Oaxaca, México.

- Arcos-García, J.L., Núñez Ordaz, J., García Grajales, J., Rueda-Zozaya, R. del P., Romero, H.S., & López Pozos, R. 2020. Body condition index in breeding black iguana females (*Ctenosaura pectinata*) in captivity. *Rev. FCA UNCUYO* 52 (2): 349-359
- Arroyave, María., C. Gómez., M. Gutiérrez., D. Múnera., P. Zapata., I. Vergara., L. Andrade & K. Ramos. 2006. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA* 5:45-57.
- Barrios-Puente, G., E. Figueroa-Hernández, F. Pérez-Soto & E.G. Chacón-Calderón. 2014. Evaluación de la crianza de iguana verde (*Iguana iguana*) para mascota en el municipio de Jiquipilas, Chiapas. Pp. 394-402. *In:* Pérez-Soto, F., Figueroa-Hernández, E., L. Godínez-Montoya, D.M. Santos-Melgoza & D. Sepúlveda-Jiménez. Aportaciones en Ciencias Sociales: Economía y Humanidades, DICEA.
- Bertrand, S. & Escrivá, H. 2013. Cordados. Pp. 372-379 *In:* Vargas, P. y Zardoya, R. (eds.) *El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos*. Madrid: Rafael Zardoya San Sebastián.
- Borrelli, P. 2001. Producción animal sobre pastizales naturales. Pp. 129-160. *In:* Borrelli, P & G. Oliva. Ganadería sustentable en la Patagonia Australia. INTA Reg. Pat Sur.
- Cáceres, O. & G. E. González. 2015. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. *Pastos y forrajes*. 23 (2):87-103.
- Charnov, E. L. 1990. On evolution of age at maturity and the adult lifespan. *Journal of Evolutionary Biology* (3): 139-144.
- CITES. 2021. Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III. Consultado el 14 de septiembre de 2021: <https://cites.org/sites/default/files/eng/app/2021/E-Appendices-2021-06-22.pdf>.
- Cloudsley-Thompson, J.L. 1999. The diversity of amphibians and reptiles. Springer-Verlag. London. 254 pp.
- Cortés-Gregorio, I., E. Pascual-Ramos, S.A. Medina-Torres, A. Sandoval-Forero, E. Lara-Ponce, H.H. Piña-Ruiz, R. Martínez-Ruiz & G.E. Rojo-Martínez. 2013. Etnozoología del pueblo mayorome en el norte de Sinaloa: uso de vertebrados silvestres. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 10 (3): 335-358.
- De la Ossa, V.J., C.R. Vogt, L. Schneider & A. De la Ossa. 2009. Influencia de la temperatura en el comportamiento alimentario de *Peltecephalus dumerilianus* (Testudines podocnemidae). *Rev. MVZ Córdoba* 14(1):1587-1593.
- DOF. 2020. Diario Oficial de la Federación. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. publicada el 30 de diciembre de 2010. Última modificación 14/11/2019. Consultado el 20 de septiembre del 2020. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019.
- Durtsche, R. 2000. Plasticidad ontogenética de los hábitos alimentarios en la iguana de cola espinosa mexicana, *Ctenosaura pectinata*, *Oecologia* 124: 185-195.
- Franz, R., J. Hummel, D. Müller, M. Bauert, J. Hatt & M. Clauss. 2011. Herbivorous reptiles and body mass: Effects on food intake, digesta retention, digestibility and gut capacity, and a comparison with mammals. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*. 158: 94-101.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de KÖPPEN. 5ª Ed, Geografía, México, 92 pp.
- García-Grajales, J., J.A. Pacheco & A. Buenrostro Silva. 2018. Bases técnicas para el manejo y crianza en cautiverio de la iguana verde (*Iguana iguana*): Una compilación para biólogos y zootecnistas. *Ciencia y Mar* XXII (64): 39-54.
- González, C.C. 2001. Manejo y cuidado de las crías de iguana en cautiverio. Pp. 16-20 *In:* Cuarto taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Delegación Federal de la SEMARNAT en Oaxaca Dirección General de Vida Silvestre, Puerto Ángel, Oaxaca, México.
- Earth Google. 2021. Localización del área de reproducción de iguanas de la Universidad del Mar. Consultado el 14 de septiembre del 2021. <https://earth.google.com/web/@15.92606039,97.15040667,9.06461498a,109.63824984d,35y,0h,0t,0r>
- INEGI. 2021. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Climatología de México. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Mapa>. Consultado 14/09/2021.
- INIFAP. 2020. Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas INIFAP.

- Consultado el 13 de septiembre del 2021:<https://clima.inifap.gob.mx/lnmysr/Estaciones/ConsultaDiarios15Min?Estado=19&Estacion=860041>.
- Ley General de Vida Silvestre (LGVS) 2021.** Diario Oficial de la Federación 19/enero/2018. México, D.F. Consultado el 10 de septiembre de 2021. https://www.senado.gob.mx/comisiones/medio_ambiente/docs/LGVS.pdf
- Lira, T.I. 2006.** Abundancia, densidad, preferencia de hábitat y uso local de los vertebrados en la tuza de monroy, Santiago Jamiltepec, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología* 10: 41-66.
- López-Ruvalcaba, O.A., J.L. Arcos-García, G.D. Mendoza-Martínez, R. López-Pozos, S.J. López-Garrido, L. Vélez-Hernández. 2012.** Parámetros reproductivos de las hembras de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en condiciones intensivas. *Revista Científica. FCV-LUZ/Vol. XXII (1):* 65-71
- Machorro, S.S., M. Herrera, J.L. Arcos-García, R. López-Pozos, G.D. Mendoza & G.E. Leyte. 2009.** Aplicación de la regresión polinomial en el modelo de crecimiento hocico-cloaca en relación con el peso en iguana negra *Ctenosaura pectinata* (Reptilia: Squamata: Iguanidae). *Revista Ciencia y Mar, XIII (37):* 21-28.
- Mendoza, M.G.D., P.A. Hernández G., F.X. Plata P., J.A. Martínez G., J.L. Arcos G. & H.A. Lee R. 2022.** Nutrición animal cuantitativa. Programa Editorial División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Ciudad de México, México, 620 pp.
- McDonald, P; Edward, R.A; Greenhalgh, J.F.D; Morgan, C.A; Sinclair, L.A; Wilkinson, R.G. 2013.** Nutrición animal. Editorial ACRIBIA, Zaragoza, España, 672 pp.
- Morales-Salud, T. & V. H. Reynoso. 2012.** Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas de México . Pp. 7 *In: Primer encuentro latinoamericano y XIV reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México, Bahías de Huatulco, Oaxaca, México.*
- Nagaraja, T.G. 2016.** Microbiology of the Rumen. In: Millen, D., De Beni Arrigoni, M., Lauritano Pacheco, R. (eds.) *Rumenology*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2_2
- Núñez, O.J. 2012.** Modelado del crecimiento de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) con ecuaciones polinomiales. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido.
- Ortega, G.J., A. Valverde, B. Indacochea, C. Castro, M. Vera, J. Alcívar & R. Vera. 2021.** Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Segunda edición, Editorial Grupo Compás. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Guayaquil, Ecuador. 188 pp.
- Ortiz, J.J., J.L. Arcos-García, G.D. Mendoza, X.F. Planta, G. Fuentes & G. Ruelas. 2013.** Effect of Lysine Addition on Growth of Black Iguana (*Ctenosaura pectinata*). *Zoo Biology* 32: 277-280.
- Parachú, M.M, C.I. Piña & A. Larriera. 2009.** Food conversion rate (FCR) in *Caiman latirostris* resulted more efficient at higher temperatures. *Interciencia* 34 (6):428- 431.
- Piña, C.I & A. Larriera. 2002.** *Caiman latirostris* growth: the effect of a management technique on the supplied temperature. *Aquaculture* 211: 162-167.
- Pough, F. H. 1973.** Lizard energetics and diet. *Ecology* 54 (4): 837-844.
- Reyna, R.M.A., A. García, E.E. Neri, A. Alagón & R. Monroy-Martínez. 2015.** Conocimiento etnoherpetológico de dos comunidades aledañas a la reserva estatal sierra de Montenegro, Morelos, México. *Etnobiología* 13 (2): 37-48.
- Rivera. 2018.** Necesidades nutricionales en avicultura normas FEDNA. 2ª Ed. Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). 167 pp.
- SAS. 2010.** SAS Education Analytical Suite for Windows (Release 9.2). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Santiago-Romero, H. A.E. García-Mello & N. Ruíz García. 2018.** Impacto de la extracción de materiales aluviales sobre la diversidad de reptiles en la cuenca baja del río Tehuantepec. *Ecología y Conservación de Fauna en Ambientes Antropizados. REFAMA-CONACyT y T-UAQ. Querétaro, México.* 403 pp.
- SEMARNAT. 2019.** NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación (DOF), Consultado el 21 de mayo de 2019. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO2454.pdf>.
- Suazo, O.I. & D.J. Alvarado. 1994.** Iguana negra. Notas sobre su historia natural. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en colaboración con el

Fish and Wildlife Service y Ecotonia A. C. México.
40 pp.

Throckmorton, G. 1973. Digestive efficiency in the herbivorous lizard *Ctenosaura pectinata*. *Copeia*. 3: 431-435.

Vélez-Hernández, L., M.A. Cobos-Peralta & J.L. Arcos-García. 2012. Contenido de alimento y metabolismo ceco-cólico en el tracto digestivo de poblaciones silvestres de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en Morelos, México. *Arch Med Vet* 44: 217-224.

Wikelski, M., Gall, B. & F. Trillmich. 1993. Ontogenetic changes in food intake and digestion rate of the herbivorous marine iguana (*Amblyrhynchus crissalus*, Bell). *Oecología*. 94: 373-379.

Yáñez-Moreta, P., & S. Estupiñan 2016. Actividades antropogénicas y la dinámica de la quitridiomycosis como enfermedad infecciosa de anfibios neotropicales. *LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida* 24(2) 2016:124-133.

Zamora-Abrego, J.G., J.J. Zúñiga-Vega & A M. Ortega-León. 2012. 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* (85): 321-333.

Zavala-Sánchez, Z., H.R. Segura-Pacheco, D.M. Ávila-Nájera, N.D. Herrera-Castro, E. Barrera-Catalán & G. Sarabia-Ruiz. 2018. Valoración cultural y uso de la fauna silvestre en san Vicente de Benítez, Guerrero, México. *Revista Etnobiología* 16(3): 78-92.

Zurita-Carmona, M.E., B.C. Aguilar- Valdez, A. Gonzáles-Embarcadero, G.D. Mendoza-Martínez & J. L. Arcos- García. 2009. 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* 25(1):103-109.