

Caracterización del crecimiento de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en cautiverio

José Luis Arcos-García*
Mario Antonio Cobos Peralta**
Víctor Hugo Reynoso Rosales***
Germán David Mendoza Martínez**
María Esther Ortega Cerrilla**
Fernando Clemente Sánchez**

Abstract

This study was conducted to compare the growth patterns of black iguana (*Ctenosaura pectinata*) under captivity in two communities: Montecillo, State of Mexico (temperate weather) and Nisanda, Oaxaca (tropical weather). Two hundred and sixty black iguana newborns were included. In Montecillo, iguanas were fed a diet containing 16 to 22% crude protein (CP), and 13 to 25% neutral detergent fiber (NDF). In Nisanda, iguanas were fed with "tulipacho" (*Hibiscus* sp.) containing 21.64% CP and 31.62% NDF. Variables analyzed included: body weight (g), snout-vent length (mm), total length (snout-tail, mm) and percent mortality. Growth parameters on each population were estimated with a sigmoid model. The average body weight after 761 d was greater ($P < 0.01$) for the iguanas in Montecillo (232.0 g) than in Nisanda (30.2 g). Snout-vent length and total length variables were different ($P < 0.01$) with values of 152.1 mm and 452.6 mm in Montecillo, vs. 90.1 mm and 204.0 mm in Nisanda, respectively. Mortality was higher ($P < 0.01$) in Nisanda than in Montecillo (81.2 vs. 7.3%). It is concluded that growth patterns of black iguana under captivity are determined by proper management and nutrition systems, when and if adequate temperature is provided in the iguana's house.

Key words: GROWTH, BLACK IGUANA, CTENOSAURA PECTINATA.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue comparar el patrón de crecimiento de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en dos comunidades, criadas en condiciones de cautiverio, Montecillo, Estado de México (clima templado) y Nisanda, Oaxaca (clima tropical). Se utilizaron 260 crías recién nacidas. A las iguanas criadas en Montecillo se les ofreció alimento que contenía 16% a 22% de proteína cruda (PC) y de 13% a 25% de fibra detergente neutro (FDN). En Nisanda se alimentaron con tulipacho (*Hibiscus* sp.) con un contenido de 21.64% de PC y 31.62% de FDN. Las variables analizadas fueron: peso (g), longitud hocico-cloaca (mm), longitud total (mm) y el porcentaje de mortalidad. Los parámetros de crecimiento por población fueron estimados con un modelo sigmoidal. El peso promedio de las iguanas a los 761 d fue mayor ($P < 0.01$) en Montecillo (232.0 g) con respecto a Nisanda (30.2 g). Las variables longitud hocico-cloaca y longitud total presentaron diferencias ($P < 0.05$) con valores de 152.1 mm y 452.6

Recibido el 27 de septiembre de 2001 y aceptado el 14 de diciembre de 2001

* Estudiante de Doctorado de la área de Fauna Silvestre, Especialidad de Ganadería, C.P. Dirección actual: Universidad del Mar, Carretera a Sola de Vega, Km 204, Puerto Escondido, Oaxaca, México, 71980.

**Colegio de Postgraduados, Especialidad de Ganadería, Km 36.5, Carretera México-Texcoco, Estado de México, 56230.

***Instituto de Biología, Departamento de Zoología, Universidad Nacional Autónoma de México.

mm en Montecillo y 90.1 mm y 204.0 mm en Nisanda'. La mortalidad fue mayor ($P < 0.01$) en Nisanda' que en Montecillo (81.2% vs. 7.3%). Se concluye que los parámetros del crecimiento de la iguana negra en cautiverio están determinados por un adecuado sistema de manejo y nutrición, siempre y cuando se controle una temperatura de confort en el iguanario.

Palabras clave: CRECIMIENTO, IGUANA NEGRA, CTENOSAURA PECTINATA.

Introducción

Las iguanas han constituido una fuente alimenticia en regiones tropicales durante miles de años;¹ actualmente los usos de la iguana negra son diversos; entre ellos destacan: Alimentación, medicina rural, bisutería, adornos y mascotas.² No obstante la gran utilización de esta especie, no se han reportado estudios que describan las curvas de su crecimiento² en vida libre o cautiverio. Se menciona que las iguanas presentan un crecimiento relativamente lento alcanzando su desarrollo en tres años;³ por ejemplo, la iguana verde (*Iguana iguana*) tiene un crecimiento de hasta 2 mm por día en cautiverio de acuerdo con Delgadillo de Montes.⁴ En el caso de la iguana negra, el crecimiento es más lento. Este hecho, aunado a su bajo precio de venta, provoca que la cría de iguana negra en cautiverio para producción de carne sea poco atractivo.

Cabe mencionar que el bajo precio de venta de la iguana se debe a la práctica o costumbre actual de las comunidades rurales de cazar iguana negra en vida libre, lo que les permite fijar un precio de venta muy inferior al que sería en criaderos permitidos por la SEMARNAP. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, a partir de 1994, la especie *Ctenosaura pectinata* se encuentra dentro de la categoría de especie amenazada; por tanto, está prohibida la captura y comercialización de las especies en vida libre. No obstante, en los últimos años la población natural de iguana negra ha disminuido notablemente, debido a la comercialización de su carne, huevos y piel, y por la destrucción de su hábitat natural por efecto de actividades agrícolas, ganaderas y desarrollos urbanos.

Por lo anterior, es importante el desarrollo de sistemas de cría en cautiverio de la iguana negra, que permitan una producción rentable y a su vez contribuyan a disminuir la caza clandestina y la potencial extinción de la especie.

La iguana negra es una especie endémica de México, su hábitat natural se encuentra en las regiones de selva mediana subperinifolia y selva baja caducifolia,⁵ caracterizada por un clima Am (clima de bosque tropical con un periodo de sequía relativa) y Aw (clima de sabana con un periodo de sequía en invierno).⁵ Dentro de estos climas la iguana se desarrolla en regiones tropicales y subtropicales de 0 a 1 000 msnm y temperaturas con un rango de 20 a 26 °C. Se le puede encontrar desde el norte de Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec, en regiones diversas como el sureste de Oaxaca, en las Islas Isabel y Tres Marías en el Océano Pacífico y en los estados de Durango, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Guerrero, Puebla, Oaxaca, Zacatecas y Chiapas.^{2, 6}

Es importante caracterizar el crecimiento y desarrollo de especies pecuarias, para optimizar su utilización y producción.⁷ Con respecto a la iguana no existen modelos de crecimiento que permitan estimar el patrón de crecimiento para la crianza en cautiverio con un ambiente y un sistema de manejo particular. Dichas curvas de crecimiento pueden ser de gran utilidad para evaluar la importancia relativa de los factores que afectan la eficiencia productiva. El principal objetivo del presente estudio fue comparar el patrón de crecimiento de la iguana negra en dos comunidades, criadas en condiciones de cautiverio. Otro objetivo fue demostrar la posibilidad de criar iguana en cautiverio en un clima templado, si se mantiene una temperatura similar a la que se tiene en climas tropicales.

Material y métodos

Para realizar la presente investigación, el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, en coordinación con la comunidad de Nisanda´ del estado de Oaxaca, colectó iguanas recién nacidas, las cuales se criaron en cautiverio en dos localidades: *a*) En el criadero de la granja experimental de la Especialidad de Ganadería del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México, y *b*) en la comunidad de Nisanda´, en el Istmo de Tehuantepec, al sureste de Oaxaca.

La cría en cautiverio y análisis de laboratorio se llevaron a cabo en los laboratorios de Microbiología y Nutrición Animal de la Especialidad de Ganadería del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Texcoco, Estado de México, a 2 240 msnm, con latitud Norte de 19°31´ y longitud Oeste de 98°53´; la precipitación pluvial anual es de 645 mm, con régimen de lluvias en verano, rango de temperatura promedio de 12 a 18 °C, con oscilación térmica entre 5 y 7 °C.⁸

Se utilizaron 260 crías de iguana negra recién nacidas (junio de 1998), de las cuales 68 se criaron en Montecillo y 192 en Nisanda´. Los 68 neonatos se alojaron en jaulas construidas con piso, techo y esquinas de madera, y paredes de malla galvanizada, en grupos de cinco y seis ejemplares, con un área de 320 cm² por iguana, durante los primeros ocho meses de vida, posteriormente fueron trasladadas a jaulas individuales con un área de 2 100 cm². Para mantener un temperatura dentro del rango de confort de la iguana negra, se construyó un “iguanario” de 4 x 6 m, con una altura de 3.5 m, construido con tubo galvanizado y recubierto con polietileno tratado para invernadero (PF-602) de color verde. En el interior del “iguanario”, se colocó a una altura de tres metros, tela de manta de color verde, con fines de sombra, dos calentadores de resistencia para evitar una disminución de la temperatura interior del “iguanario” durante la noche y un registrador continuo de temperatura. El “iguanario” también contaba con cortinas para control del exceso de calor durante el día. La temperatura promedio dentro de las jaulas fue de 25 °C ± 5, durante todo el experimento, aunque en dos ocasiones que se suspendió la energía eléctrica se tuvieron temperaturas mínimas y máximas de 5 y 42 °C. Las 192 crías de iguana negra de la comunidad de Nisanda´ fueron alojadas en grupos de 17 y 19 neonatos por jaula, se utilizaron diez jaulas de madera con medidas de 1 x 1 m, expuestas al ambiente durante todo el experimento, provistas de una zona de sombra, para evitar el exceso de exposición solar, la temperatura promedio fue de 28.4 °C con fluctuación de 17 a 37.7 °C. El área por iguana fue de 588 cm²; la asignación de iguanas por jaula fue al azar, y no se tomó en cuenta el número de madre ni la consanguinidad de las crías.

Durante el periodo de 761 días que duró el experimento se realizó un manejo diferente en ambas localidades. En Montecillo se ofreció alimento, se limpiaron las jaulas retirando las excretas y se ofreció agua limpia todos los días. El alimento (Cuadro 1) presentó un rango de 16% a 22% de proteína cruda (PC) y de 13.7% a 25.5% de fibra detergente neutro (FDN), el cual consistió de alfalfa (*Medicago sativa*), jitomate (*Lycopersicon esculentum*), larvas de mosco (*Notonecta unifasciata*) y alimento comercial para conejo.

En la comunidad de Nisanda´ se ofreció agua a libertad, se limpiaron las jaulas cada semana, siendo la principal diferencia la alimentación ofrecida, esta última consistió principalmente de tulipacho (*Hibiscus* sp.), algunas veces chapulines, larvas de mariposa (*Galeria mellonella*) y repollo (*Brassica oleracea*). Este sistema de alimentación se seleccionó con base en conocimientos generados por miembros de la comunidad sobre los hábitos alimentarios de la iguana negra en dicha región. Durante un mes se enseñó a los productores la manera adecuada de manejo de las iguanas en cautiverio y posteriormente se dejó el cuidado de las iguanas a ellos. Se observó que el manejo fue adecuado en los primeros cinco meses, posteriormente, como la crianza de iguanas no es una actividad prioritaria para la comunidad, se descuidó la periodicidad del manejo alimentario (de 1 a cada 3 d). Este descuido en el manejo se refleja en la alta mortalidad que se presentó en el “iguanario” de Nisanda´ y en el lento crecimiento. La principal causa de mortalidad fue la desnutrición y deshidratación, y no se detectó presencia de enfermedades infecciosas o de depredadores naturales de la especie. El contenido de PC y

FND del tulipacho en base seca fue de 21.6% y 31.6%, respectivamente, determinado mediante análisis químicos de acuerdo con la AOAC.⁹

Al inicio del experimento, las crías se identificaron y registraron la longitud (mm) hocico-cloaca (LHC), longitud total (LT) y el peso (g), por medio de la metodología de Pough.¹⁰ Posteriormente se realizaron las mismas mediciones a los 153, 273, 395, 548, 669 y 761 días de edad. Se estimaron los parámetros de las curvas de crecimiento en iguana negra para las localidades de Nisanda' y Montecillo, por medio del paquete Hintze.¹¹ El modelo de mejor ajuste fue el modelo logístico de tres parámetros. Sólo se realizó el ajuste de modelos de crecimiento por sexo en las iguanas mantenidas en cautiverio en Montecillo, debido a que en la comunidad de Nisanda' no se diferenció el sexo de los animales. En ambas localidades, se estimó el porcentaje de mortalidad total de las iguanas.

Para el análisis de las variables peso (g), LHC (mm), y LT (mm) se utilizó una prueba "t" de Student para dos poblaciones independientes.¹² El porcentaje de mortalidad fue analizado mediante pruebas de Ji-cuadrada, usando el paquete estadístico SAS.¹³ Para el ajuste de los modelos de crecimiento se utilizó el modelo logístico de tres parámetros, por medio del programa Number Cruncher Statistical Software,¹¹ el cual permite estimar los parámetros de la ecuación mediante una serie de interacciones hasta encontrar la convergencia de estos estimadores.

El modelo utilizado fue el siguiente: $C2 = A/(1 + B*EXP\{-C*(T)\})$, donde C2 = peso calculado, A = peso maduro que puede alcanzar el animal al llegar a su madurez sexual, que se determina cuando la curva asintótica varía de T a infinito, B = parámetro que denota el punto de inflexión, C = tasa a la cual la función logarítmica de peso cambia linealmente por unidad de tiempo y T = edad en días.

Después del ajuste de los modelos por localidad, se calcularon los pesos a intervalos de 30 días para establecer la relación entre la edad de las iguanas y el peso corporal y con ello obtener la curva de crecimiento.

Resultados

El peso (g) de las iguanas en los intervalos medidos fue diferente ($P < 0.01$) en las comunidades estudiadas. En la comunidad de Nisanda' se observó una baja tasa de crecimiento de 30.2 g con respecto a la comunidad de Montecillo, con 232 g de peso vivo a edad de 761 días (Cuadro 2).

La longitud hocico-cloaca (mm) fue mayor ($P < 0.01$) a partir de los 153 y hasta 761 días de crecimiento (Cuadro 2), en las iguanas criadas en Montecillo (84.2 y 152.1 mm) en relación con las iguanas criadas en Nisanda' (69.1 y 90.1 mm). Sin embargo, la tasa de crecimiento en longitud total (Cuadro 2) disminuyó ($P < 0.01$) a partir de los 153 días; a los 761 días de edad se registró una longitud total promedio de 204 mm en las iguanas de Nisanda' y de 452.6 mm en Montecillo.

Los parámetros A, B y C de los modelos (Cuadro 3) fueron diferentes ($P < 0.01$) en las dos localidades; se observó mayor peso de las iguanas a la edad de inicio de la pubertad en Montecillo (217.6 g) con respecto a Nisanda' (38 g).

La curva de crecimiento (Figura 1) de Montecillo fue mayor ($P < 0.01$) que la de Nisanda'; a partir de los 153 días, las iguanas de Montecillo presentaron un crecimiento típico sigmoideal, pero las iguanas de Nisanda' no exhibieron dicha característica.

Los parámetros calculados A, B y C de los modelos de crecimiento (Cuadro 3) para machos y hembras fueron diferentes ($P < 0.01$), y el crecimiento en los machos fue mayor ($P < 0.01$) que en las hembras a partir de los 548 días de edad (Cuadro 4). Sin embargo, ambos sexos presentaron una curva de crecimiento típica sigmoideal (Figura 1).¹⁴

En el Cuadro 2 se observa que la mortalidad de iguanas fue mayor ($P < 0.01$) en Nisanda (81.2%) que en Montecillo (7.3%).

Discusión

Como se puede apreciar, el potencial de crecimiento de las iguanas se vio afectado por el manejo nutricional. En cuanto al efecto de la temperatura en las ganancias de peso y crecimiento, se puede considerar insignificante dado que la temperatura promedio en ambas localidades se mantuvo dentro de la temperatura de confort de la iguana negra.³ Un factor importante que no pudo ser controlado es el manejo de las iguanas en cautiverio; ya que mientras en el “iguanario” de Montecillo se mantuvo un manejo alimentario y de limpieza adecuado, en Nisanda no se pudo controlar en su totalidad y pudo influir significativamente en el incremento de peso y crecimiento longitudinal de las iguanas.

Los resultados sugieren que en la comunidad de Nisanda el valor nutritivo de la dieta de las iguanas fue inadecuado. En otros estudios³ se ha reportado que hay mayor incremento de peso en iguanas alimentadas con vegetales (chayote y plantas silvestres) y alimento comercial para pollos, en comparación con animales alimentados sólo con vegetales. El contenido de proteína y fibra detergente neutro de la dieta, el espacio por animal en las jaulas, el sistema de manejo y las condiciones climáticas están entre los principales factores que afectan el crecimiento de cualquier especie criada en cautiverio. Considerando dichos factores, las dietas ofrecidas a las iguanas de Montecillos y Nisanda tenían una concentración comparable de proteína (19.0% vs. 21.6%), únicamente el contenido de FDN fue superior en la dieta de Nisanda, lo que pudo afectar la digestibilidad de la dieta; con respecto al espacio adecuado para la producción de iguanas en jaulas, no existen datos, sin embargo, en el “iguanario” de Nisanda existió una mayor superficie por iguana; en cuanto a factores climáticos no queda duda de que en el “iguanario” de Nisanda se presentaron condiciones más adecuadas para la producción de iguanas, ya que en el de Montecillo sólo se controló la temperatura ambiental y no así la humedad relativa y otras características ambientales propias de las regiones tropicales. Por lo anterior, se estima que el sistema de manejo y en menor grado el contenido de fibra de la dieta fueron los principales factores que afectaron negativamente el crecimiento de las iguanas de Nisanda.

Se ha informado¹⁵ que la iguana verde (*Iguana iguana*) crece más rápido que la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), y pueden alcanzar un peso de 3 kg en tres años que equivale a una ganancia promedio de 2.73 g d⁻¹. En este estudio se comprueba que *C. pectinata* crece más lento, incluso cuando las condiciones de cautiverio son más adecuadas como es el caso del iguanario de Montecillo, en donde el promedio de peso a los 761 d fue de 232.0 g, que equivale a un incremento en peso de 0.30 g d⁻¹. En organismos adultos de iguana negra se ha registrado una longitud hocico-cloaca promedio de 360.5 mm⁵,¹⁵, en este estudio la longitud hocico-cloaca promedio de las iguanas representó 42.2% de dicho valor, lo que sugiere que la curva de crecimiento presentada en este estudio no es típica de organismos que han llegado a la pubertad.

Se ha observado que la longitud total y la longitud de la cola no son características apropiadas para estimar el crecimiento de la especie, porque la pérdida parcial o total de la cola ocurre con frecuencia como un mecanismo de supervivencia contra depredadores.¹⁶

El modelo logístico de tres parámetros comparado con los modelos de Richards, Lineal, Recíproco, Exponencial y Gompertz, resultó ser el más adecuado, dado que permitió estimar los parámetros de la ecuación, mediante una serie de interacciones hasta encontrar la convergencia de los estimadores.

Dado que no existen curvas de crecimiento reportadas para la iguana negra, se sugiere que se utilicen los parámetros del modelo de Montecillo, como indicadores del manejo en la cría de iguana negra en cautiverio, con la finalidad de comparar las curvas de crecimiento obtenidas en otros sistemas de producción de iguanas. Si los parámetros de alguna observación son menores, se tienen que revisar los factores nutrimentales, ambientales y de manejo del sistema de producción.

La curva de crecimiento de las iguanas de Nisanda no presentó punto de inflexión debido posiblemente al deficiente manejo alimentario, como se mencionó anteriormente. Las iguanas de Montecillo presentan una curva de crecimiento típico sigmoide similar a la de especies domésticas,

ratones y el hombre,¹⁷ lo que indica un crecimiento normal de las iguanas mantenidas bajo condiciones de cautiverio.

El mayor crecimiento de los machos comparado con el de las hembras de iguana negra, es similar a lo registrado por Fitch y Henderson^{18, 19} en *Ctenosaura similis* e *Iguana iguana*. Al analizar las curvas de crecimiento para machos y hembras, se observa que los parámetros obtenidos de la ecuación son valores que corresponden a animales que aún no han alcanzado la etapa de pubertad y por tanto, no se puede considerar al parámetro A con valores de 220.9 y 180.2 g para machos y hembras, respectivamente, como un peso de madurez sexual. De acuerdo con Alvarado y Suazo,¹ Suazo y Alvarado², y Delgadillo de Montes⁴ el ciclo sexual de la iguana negra es anual y se presenta a los tres años de edad. Sin embargo, las curvas de crecimiento permiten estimar con mayor exactitud el tiempo requerido para que las hembras y machos de iguana negra inicien su actividad sexual, lo cual es necesario para establecer sistemas de manejo reproductivo bajo diferentes sistemas producción de iguana negra en cautiverio.

Según estudios realizados,^{5, 15} las iguanas adultas inician su actividad reproductiva a los dos años de edad o cuando pesan en promedio 1 294 g; sin embargo, en este estudio, el mejor peso promedio de las iguanas a 761 días de edad, fue de 232 g lo cual corresponde a tan sólo 17.9% del peso de iguanas en etapa reproductiva. Por tanto, se estima que las iguanas criadas en Montecillo o Nisanda´ no alcanzaron la etapa de pubertad, aunque su edad era mayor de dos años. Esto último no indica que la interpretación de la curva de crecimiento sea incorrecta, sino más bien permite planear la ganancia de peso de las iguanas requerida para que inicie su pubertad, y que este peso coincida con el periodo donde empieza la etapa reproductiva, que corresponde a los meses de noviembre hasta abril de acuerdo con Suazo y Alvarado.²

Los resultados de mortalidad obtenidos en Montecillo sugieren una alta probabilidad de supervivencia de iguanas en condiciones de cautiverio. Es importante señalar que la causa de la muerte de las iguanas fue accidental y se dieron un día, en que la temperatura del interior del “iguanario” superó los 45 °C durante un periodo de 4 h. En el caso de Nisanda´ no se sabe con exactitud la causa de la mortalidad, pero considerando las bajas ganancias de peso obtenidas, es muy probable que se debieran en su mayoría por desnutrición; sin embargo, el porcentaje de mortalidad obtenido (aunque no es justificado), es inferior al de la iguana negra en vida silvestre como lo registran Suazo y Alvarado,² quienes informan que 95% de las crías nacidas muere en el primer año de vida.

Los resultados obtenidos en Montecillo, permiten confirmar la posibilidad de criar iguana negra en cautiverio en clima templado, siempre y cuando se ofrezca una temperatura de confort y una alimentación adecuada para la especie. Asimismo, es importante cambiar la idea generalizada de muchos ejidatarios y comuneros, respecto a que sólo es importante que los criaderos se establezcan en regiones que comprenden el hábitat natural de la especie y la construcción de un “iguanario” del cual no se puedan escapar. Es importante que se considere la necesidad de establecer sistemas de manejo y alimentación de la especie que permitan una cría productiva y rentable. Las curvas de crecimiento estimadas para Nisanda´ y Montecillo pueden utilizarse como guía, permiten estimar si en un sistema de cría en cautiverio se está logrando un crecimiento sigmoideal esperado (Montecillo), o una curva de crecimiento incompleta (Nisanda´) con respecto al tiempo, y de esta manera detectar en qué periodo de la cría se tienen problemas alimentarios, climáticos o de prácticas generales de manejo de la especie.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico recibido por parte del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (proyectos: C-2/273, y A-1-99/034) para la realización del presente estudio, y al U.S. Fish and Wildlife Service a través del Programa de Cooperación para la Conservación de la Biodiversidad.

GROWTH CHARACTERIZATION OF BLACK IGUANA (*Ctenosaura pectinata*) IN CAPTIVITY

José Luis Arcos-García*
Mario Antonio Cobos Peralta**
Víctor Hugo Reynoso Rosales***
Germán David Mendoza Martínez**
María Esther Ortega Cerrilla**
Fernando Clemente Sánchez**

Introduction

For thousands of years, iguanas have been used as feed in certain tropical areas.¹ Currently, the black iguana has different uses, which include: food, rural medicine, costume jewelry, decoration, and as pets.² Despite the species' importance, there are no reported studies concerning growth curves in the species,² be it in captivity or in the wild. It is said that iguanas have a slow growth rate, reaching their physical development in three years;³ for example, according to Delgadillo de Montes,⁴ in captivity, the green iguana (*Iguana iguana*) has a maximum growth rate of 2 mm per day. In the case of the black iguana, growth rate is slower. This fact, added to its low sale price, makes production of black iguana in captivity unattractive.

It should be noted that iguanas are sold at low cost because, in rural communities, the current practice or tradition is to hunt black iguanas in the wild thus allowing hunters to set a lower price than could be set in authorized SEMARNAT captive iguana production systems. As of 1994, the Official Mexican regulation NOM-059-ECOL-1994, classifies *Ctenosaura pectinata* as an endangered species, and as such, hunting and trade of wild specimens is banned. However, the population of black iguana in the wild has decreased lately due to the trade of eggs, meat and leather, as well as to the devastation of its natural habitat from farming and agricultural activities, as well as urban growth.

Therefore, it is important to develop profitable production systems in captivity, which, in turn, may help reduce illegal hunting practices and the potential extinction of the black iguana.

The black iguana is a species which is endemic to Mexico, its natural habit is found in medium sub-perennial forest and low deciduous forest,⁵ with an Am (tropical forest with a relative dry period) and Aw (savanna with a dry period in winter)⁵ climate. In these climates, iguanas inhabit tropical and subtropical areas between 0 to 1,000 m of altitude and temperature ranges from 20 to 26°C. They can be found from the north of Sinaloa to the Tehuantepec Isthmus, in different areas bordering the Pacific Ocean including southeastern Oaxaca, the islands of Isabel and Tres Marias, and the states of Durango, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacan, Morelos, Guerrero, Oaxaca, Zacatecas and Chiapas.^{2,6}

In animal production, it is very important to chart the animal's growth and development in order to optimize species production and management.⁷ However, growth models for black iguana are not available, and thus it is not possible to estimate growth patterns under specific captivity conditions and particular management systems. Growth curves can be very useful to evaluate the effect of different factors on productive efficiency. The main objective of the present study was to compare the growth patterns of the black iguana held in captivity in two communities. A second objective was to demonstrate

*Estudiante de Doctorado de la área de Fauna Silvestre, Especialidad de Ganadería, C.P. Dirección actual: Universidad del Mar, Carretera a Sola de Vega, Km 204, Puerto Escondido, Oaxaca, México, 71980.

Colegio de Postgraduados, Especialidad de Ganadería, Km 36.5, Carretera México-Texcoco, Estado de México, 56230. *Instituto de Biología, Departamento de Zoología, Universidad Nacional Autónoma de México.

that it is feasible to produce black iguanas in captivity in areas with temperate weather, if a temperature similar to that found in tropical climates can be maintained.

Materials and methods

The Biology Institute of the National Autonomous University of Mexico, in coordination with the community of Nisanda, Oaxaca, collected black iguana newborns that were then bred in two different locations: a) in the experimental breeding facilities of the Animal Science Program, at the Postgraduate College in Montecillo, State of Mexico, and b) in the Nisanda community, located in the Tehuantepec Isthmus, in southeastern Oaxaca.

Reproduction under captivity conditions and the laboratory analyses were conducted at the Microbiology and Animal Nutrition Laboratories of the Postgraduate College located in Montecillo, Texcoco, in the State of Mexico at 2,240 m of altitude, 19°31' north latitude and 98°53' west longitude. The climate in this area is characterized by rainfall of 645 mm per year, with a summer rainy season, and temperature ranging between 12 and 18 °C with thermal oscillations between 5 and 7°C.⁸

Two hundred and sixty black iguana newborns (hatched in June 1998) were used, 68 were bred in Montecillo and 192 in Nisanda. The 68 Montecillo newborns were divided in groups of five or six iguanas, and placed in cages made of wood (floor, ceiling and frame) with walls made of galvanized wire mesh. These cages, which were used for the first eight months, had an area of 320 cm² per iguana. Later the iguanas were transferred to individual cages with an area of 2,100 cm². In order to resemble a temperature range between the comfort range for black iguanas, an iguana house (4 x 6 x 3.5 m; wide, long and high, respectively) was built with galvanized tube and green colored polyethylene plastic (PF-602) commonly used in greenhouses. Inside the iguana house, a ceiling made of green colored cloth was placed 3 m above the floor, to give some shadow. Additionally, two wire heaters and a monitoring thermometer were placed in the house, in order to avoid temperature reduction throughout the night and to register temperatures throughout the day. The iguana house was fitted with sliding curtains to control excess heat during the day. The average temperature was 25 ± 5°C throughout the experimental period, though, during two electrical failures, minimum and maximum temperatures ranges from 5 and 42 °C, were recorded. The 192 Nisanda newborns were divided in groups of 17 to 19 animals, and placed in the cages made of wood with an area of 1 x 1 m, providing 588 cm² per iguana. The cages were exposed to environmental conditions throughout the experiment, and provided with a zone of shadow to avoid unnecessary solar radiation. The average temperature was 28.4°C, with maximum and minimum temperature ranging from 17 a 37.7°C. Black iguanas were randomly distributed in the cages without considering their blood relationship.

Iguanas in both research areas had different management throughout the experimental period (761 d). In Montecillo, fresh food and water were continually offered, and cages were cleaned from feces daily. The nutritive value of feed (Table 1) varied from 16% to 22% CP, with 13.7% to 25.5% neutral detergent fiber (NDF). The feed was elaborated with alfalfa (*Medicago sativa*), tomato (*Lycopersicon esculentum*), the pupal stage of the fly *Notonecta unifasciata*, and commercial rabbit feed.

In Nisanda, water was given *ad libitum*, cages were cleaned every week, and the main management difference was the type of feed, which consisted of tulipacho (*Hibiscus* sp.), grasshoppers, butterfly larvae (*Galeria mellonella*) and cabbage (*Brassica oleracea*). This type of feed was selected based on the experience of some members of the Nisanda community concerning the food habits of the black iguana. During the first month iguana producers were trained on the best way to handle black iguanas in captivity, which were then left in their care. For the first five months, iguanas received appropriated management, but later, since iguana production is not an important activity in the community, some neglect in feeding intervals occurred (varying from 1 to 3 d). This neglect is reflected in the high mortality and low growth rate encountered in the Nisanda community. Inadequate nutrition and dehydration were the main causes of mortality in Nisanda, as presence of infectious diseases or natural

predators were not detected. Chemical AOAC analyses for tulipacho indicated CP and NDF contents to be 21.6% and 31.6% (dry matter base), respectively.

At the beginning of the study, all iguana newborns were marked and snout-vent length (SVL), total length (TL) in mm, and weight were recorded, following the methodology described by Pough.¹⁰ These measurements were repeated when the iguanas were 153, 273, 395, 548, 669 and 761 d old. Growth curves for Nisanda and Montecillo iguanas were estimated by means of Hintze's software.¹¹ The most appropriate model was the three parameter logistic model. The growth model was adjusted by sex only for the iguanas maintained in Montecillo, because in Nisanda iguanas were not classified by sex. The percentage of total iguana mortality was estimated in both communities.

The weight (g), SVL (mm) and TL (mm) variables were statistically analyzed by Student's *t* test for two independent populations.¹² Mortality percentages were analyzed by a Chi-squared test, using SAS statistical software.¹³ The growth models were adjusted following the three parameters logistic model, using the Number Cruncher Statistical Software Program.¹¹ This program allows one to estimate the equation's parameters from a sequence of interactions until the convergence of these parameters is found.

The model used was: $C2 = A/(1 + B*EXP\{-C*(T)\})$, where C2 = calculated weight, A = possible adult weight upon reaching sexual development, which is obtained when the asymptotic curve variation goes from T to infinity, B = parameter where the inflection point is present, C = rate at which the logarithmic function of weight changes linearly per unit of time, and T = age in days.

After the adjustments of models per locality, iguana weight was calculated every 30 d to establish the relationship between the age of the iguana and body weight and from this calculate the growth curve.

Results

In all recorded periods, iguanas' weight (g) was different ($P < 0.01$) between the communities studied. When iguanas were 761 d old, body weight was lower in Nisanda (30.2 g) than in Montecillo (232.2 g, Table 2).

Snout-vent length (mm) was greater ($P < 0.01$) from 153 and up to 761 d of growth (Table 2) in iguanas bred in Montecillo (84.2 and 152.1 mm) than those bred in Nisanda (69.1 and 90.1 mm). However, growth rate as total length, started to decrease ($P < 0.01$) after 153 d, and after 761 d the average total length was 204 mm and 452.6 mm in iguanas maintained in Nisanda and Montecillo, respectively.

Parameters A, B and C of the growth models (Table 3) were different ($P < 0.01$) in both communities; black iguanas had greater body weight, at puberty, in Montecillo (217 g) than in Nisanda (38 g).

The growth curve (Figure 1) from Montecillo was greater ($P < 0.01$) than that of Nisanda; and after 153 d old, black iguanas from Montecillo showed a characteristic sigmoid growth, whereas those from Nisanda did not.

Parameters A, B, and C (Table 3) in the growth models calculated for males and females were different ($P < 0.01$), and growth was greater in males than females after they were 548 d old (Table 4). However, females and males showed a characteristic sigmoid growth curve (Figure 1).¹⁴

In Table 2 it can be seen that iguana mortality was greater in Nisanda (81.2%) than in Montecillo (7.3 %).

Discussion

As expected, the nutritional management affected the iguanas' potential growth. The temperature effects on weight gain and growth could be considered irrelevant, since the average temperature in both communities was maintained between the comfort range for iguanas.³ An important factor that could not be controlled was the iguanas' management in captivity, for while in Montecillo an appropriate feeding and cleaning management system was observed, in Nisanda it was not totally under control, and this may have had a significant effect on the iguanas' weight gain and growth length.

Results obtained in Nisanda suggest that the nutritive value of the iguanas' diet was inappropriate. Some studies³ have reported greater weight gain in iguanas fed vegetables (squash and native plants) and commercial poultry feed, than in iguanas fed only vegetables. The growth of any animal species in captivity is mainly affected by different factors, such as: protein and neutral detergent fiber content in the diet, animal's available living area, management system and weather conditions. Considering these factors, the diets offered in Montecillo and Nisanda had similar protein content (19.0% v.s. 21.6%), there was only a bigger NDF content in the Nisanda diet, which could affect the diet's digestibility. As regards optimum living space for iguana production in cages, there are no reports, however, the iguana house in Nisanda had larger living quarters than that of Montecillo. With respect to climate, there is no doubt that the iguana house located in Nisanda had more appropriate conditions for iguanas production, since in Montecillo only the temperature was under control, while relative humidity and other tropical area characteristics could not be reproduced. Therefore, it is estimated that in Nisanda, the main factors involved in the negative effect on iguana growth, were the management system and to a lesser degree the fiber content of the diet.

It has been reported¹⁵ that the green iguana (*Iguana iguana*) grows faster than black iguana (*Ctenosaura pectinata*), and can reach a 3 kg weight in 3 years,¹⁵ which is equivalent to an average weight gain of 2.73 g d⁻¹. This study proves that *C. pectinata* grows slower, even when captivity conditions are more appropriate, such as those found in the iguana house located in Montecillo, where the average weight after 761 d was 232.0 g, which is equivalent to an average weight gain of 0.30 g d⁻¹. In black iguana adults, there are reports of an average snout-vent length of 360.5 mm.^{5, 15} In this study, the average snout-vent length represented only 42.2% of the referred value, which suggests that the growth curve obtained is not representative of iguanas that have reached puberty.

It has been observed that total length and tail length are not appropriate characteristics to estimate growth of the species since iguanas frequently lose their tail, partial or totally, as a survival mechanism against predators.¹⁶

Compared to the Richards, Lineal, Reciprocal, Exponential and Gompertz models, the three parameters logistic model was the most appropriate, because it allowed the estimation of the equation parameters required to find the convergence of these parameters, by means of a series of interactions.

Considering that reports on growth curves for black iguana are not available, it is suggested that the parameters from the Montecillo model be used as indicators of iguana management under captivity, with the objective of contrasting the growth curves obtained in other iguana production systems. If any of the parameters obtained are lower, the production system should be checked for nutritional, environmental, and management factors.

Iguanas from Nisanda did not show an inflection point in their growth curve, possibly due to deficient feeding management, as was explained before. The growth curve of iguanas from Montecillo had a standard sigmoid shape, resembling the growth curve of domestic species, mice and humans,¹⁷ indicating standard growth in iguanas maintained in captivity.

The greater growth of black iguana males, compared to females, is similar to reports made for *Ctenosaura similis* and *I. Iguana* by Fitch and Henderson.^{18, 19} When analyzing growth curves for males and females, it was found that the equation parameters obtained are values for animals before puberty. Therefore parameter A, with values of 220.9 and 180.2 g for males and females, respectively, cannot be considered as an appropriate puberty weight. According to Alvarado and Suazo,¹ Suazo and Alvarado,² and Delgadillo de Montes,⁴ the sexual cycle in black iguanas is annual and begins when they are three years old. However, the growth curves allow one to predict with better accuracy the time required to begin sexual activity in black iguana males and females; this data is required in order to create reproductive management systems in different systems of production in captivity.

According to some studies,^{5,15} adult iguanas begin their reproductive activity when they are two years old or when they have reached an average body weight of 1,294 g. However, in this study, the best iguana average body weight after 761 days, was 232 g, which represents only 17.9% of body weight in

reproductively active iguanas. Therefore, it is estimated that iguanas bred in Montecillo and Nisanda did not reach puberty, even though they were more than two years old. This does not indicate a failed interpretation of the growth curve, but rather permits the programming of the increase of iguana body weight required to reach puberty, and allows the matching of this body weight with the start of the reproductive season, which according to Suazo and Alvarado² takes place from November to April.

The mortality results obtained in Montecillo suggest a high probability of iguanas' survival in captivity. It is important to note, that the cause of the iguanas' death was accidental, and that they all took place one day when the temperature inside the iguana house rose above 45°C for 4 h. As regards Nisanda, the exact cause of death is unknown, but considering the low weight gains obtained, it is probably due mainly to undernourishment. However, the mortality percentage obtained, though not justifiable, was lower than that documented by Suazo and Alvarado,² who reported 95% of newborn deaths during the first year in the wild.

The results obtained in Montecillo confirm that it is possible to produce black iguanas in captivity in temperate weather, as long as appropriate temperatures and feeding systems are provided. It also is important to change the general idea of the people living in communities, in the sense that iguana production in captivity can only be carried out in areas inside the iguanas' natural habitat and in the building of iguana houses that do not permit iguanas to escape. It is important to consider the development of management and feeding systems which allow a profitable production system. The growth curves estimated in Nisanda and Montecillo can be used as a guide, since they allow one to estimate if an iguana production system in captivity is getting the expected sigmoid growth curve (Montecillo), or an incomplete growth curve (Nisanda), with respect to the time, and, in this way, detect in which period of the breeding process there is a problem related to the feeding system, weather or the general management practices.

Acknowledgments

The authors wish to thank the Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (projects: C-27273 and A-1/99/034), and The Program of Cooperation for Biodiversity Preservation, U.S. Fish and Wildlife Service, for their financial support.

Cuadro 1

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%) EN BASE SECA DE LOS INGREDIENTES PRINCIPALES EN
LAS COMUNIDADES DE ESTUDIO.
CHEMICAL COMPOSITION (% DRY MATTER BASE) OF THE MAIN INGREDIENTS USED IN
THE COMMUNITIES STUDIED

<i>Item</i>	<i>Main feed in the communities</i>		
	<i>Tulipacho</i>	<i>Fly</i>	<i>Vegetables</i>
Dry matter	13.7	88.0	10.7
Crude protein	21.6	61.6	16.0
Neutral detergent fiber	31.6	25.5	13.7
Acid detergent fiber	30.4	14.2	13.4

Cuadro 2

PROMEDIO DE PESO (g), LONGITUD HOCICO-CLOACA (LHC), LONGITUD TOTAL (LT), PORCENTAJE DE MORTALIDAD Y NÚMERO (n) DE IGUANAS POR OBSERVACIÓN A DIFERENTE EDAD PROVENIENTES DE DOS POBLACIONES.
 AVERAGE BODY WEIGHT (g), SNOUT-VENT LENGTH (SVL), TOTAL LENGTH (TL), MORTALITY (%) AND NUMBER (n) OF BLACK IGUANAS, BY AGE, FROM THE TWO POPULATIONS STUDIED

Age (days)	<i>Montecillo</i>					<i>Nisanda</i>				
	Weight (g)	SVL (mm)	TL (mm)	Mortality %	n	Weight (g)	SVL (mm)	TL (mm)	Mortality %	n
0*	6.5	60.8	155.1	0	67	5.7	59.6	155.1	0	192
153	18.8 ^a	84.2 ^a	296.2 ^a	1.5 ^b	67	8.6 ^b	69.1 ^b	173.6 ^b	3.6 ^a	185
273	49.1 ^a	107.2 ^a	340.4 ^a	7.3 ^b	67	12.7 ^b	80.4 ^b	188.3 ^b	28.6 ^a	137
395	78.0 ^a	127.0 ^a	399.0 ^a	7.3 ^b	63	16.4 ^b	86.2 ^b	198.7 ^b	45.8 ^a	104
548	132.5 ^a	145.3 ^a	435.7 ^a	7.3 ^b	63	17.9 ^b	82.1 ^b	200.1 ^b	68.7 ^a	60
669	162.7 ^a	148.1 ^a	455.9 ^a	7.3 ^b	63	20.9 ^b	88.0 ^b	205.7 ^b	68.7 ^a	60
761	232.0 ^a	152.1 ^a	452.6 ^a	7.3 ^b	63	30.2 ^b	90.1 ^b	204.0 ^b	81.1 ^a	36

^{a,b} Average values with different superscript s in the same row are different (P < 0.01).

* Hatched.

Cuadro 3

PARÁMETROS DEL PESO EN EL MODELO LOGÍSTICO PARA IGUANAS DE 24 MESES DE EDAD DE DOS POBLACIONES Y POR SEXO EN MONTECILLO, ESTADO DE MÉXICO.

WEIGHT PARAMETERS OF THE LOGISTIC MODEL FOR 24 MONTH OLD IGUANAS IN TWO POPULATIONS, AND PER SEX IN MONTECILLO, STATE OF MEXICO

<i>Place</i>	<i>A</i> [†]	<i>SE</i> [*]	<i>B</i> [‡]	<i>SE</i> [*]	<i>C</i> [§]	<i>SE</i> [*]	<i>R</i> ²
Montecillo [?]	217.6 ^a	14.1	30.8 ^a	18.0	90.1E-03 ^a	1.8E-03	0.98
Nisanda [¶]	38.0 ^b	3.4	5.9 ^b	0.5	4.0E-03 ^b	4.4E-04	0.99
Sex							
Males ^{**}	220.9 ^a	5.1	39.9 ^a	11.9	0.01E-02 ^a	9.9E-04	0.99
Females ^{††}	180.2 ^b	2.4	31.0 ^b	4.8	1.1E-02 ^b	5.4E-04	0.99

^{a,b} Parameters between populations and sex with different superscripts are different (P < 0.01).

^{*} SE, standard error.

[†] A Possible adult weight upon reaching sexual maturity.

[‡] B Infection point.

[§] C Rate at which the logarithmic function of weight changes linearly by unit of time.

[?] n = 63

[¶] n = 36

^{**} n = 29

^{††} n = 34

Cuadro 4

PESO OBTENIDO (g) EN IGUANA NEGRA POR SEXO PROVENIENTES DE LA CRIANZA EN CAUTIVERIO EN MONTECILLO, ESTADO DE MÉXICO.

BODY WEIGHT (g) IN IGUANAS BRED UNDER CAPTIVITY IN MONTECILLO, STATE OF MEXICO, BY SEX

<i>Age (days)</i>	<i>Sex</i>			
	<i>Males</i>	<i>n</i> [†]	<i>Females</i>	<i>n</i> [†]
Born	6.3	31	6.2	37
183	38.2	31	35.2	36
365	133.6	31	114.1	36
548	209.9 ^a	29	169.8 ^b	34
670	212.9 ^a	29	174.9 ^b	34

^{a,b} Averages values with different superscripts in the same row are different (P < 0.01).

[†] Number of iguanas.

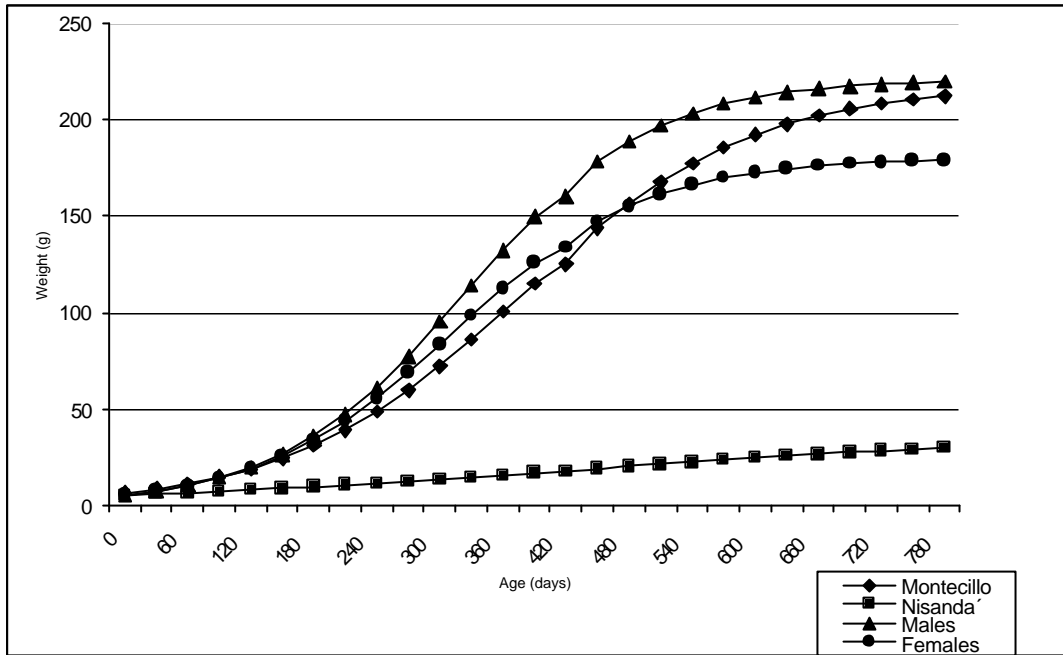


Figura 1. Crecimiento de dos poblaciones de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) con diferente manejo y crecimiento por sexo de la comunidad de Montecillo, Estado de México.

Figure 1. Growth in two populations of black iguana (*Ctenosaura pectinata*) under different management conditions, and growth by sex for those raised in Montecillo, State of Mexico.

Referencias

1. Alvarado DJ, Suazo OI. Las iguanas de México. Historia natural y conservación. Laboratorio de tortuga marina y biología de la conservación. Morelia, Michoacán: Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 1996.
2. Suazo OI, Alvarado DJ. Iguana negra. Notas sobre su historia natural. Morelia Michoacán: Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Fish and Wildlife Service, 1994.
3. Zubieta RTL. Participación comunitaria para la cría y conservación de iguana verde en Maruata, Michoacán (tesis de maestría). Chapingo, Edo. de México, México: Universidad Autónoma Chapingo, 1997.
4. Delgadillo de Montes AM. Producción y crianza de la iguana verde *Iguana iguana* en cautiverio. Memorias del Primer Taller Nacional sobre Manejo de Iguanas en Cautiverio; 12 mayo 1998; Pátzcuaro, Michoacán. Pátzcuaro, Michoacán: Centro Regional de Desarrollo Sustentable, Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en Michoacán, 1998:24-25.
5. Casas A. Anfibios y reptiles de la costa suroeste del Estado de Jalisco con aspectos sobre su ecología y biogeografía (tesis de doctorado). México (DF) México: Facultad de Ciencias. UNAM, 1982.
6. Flores-Villela O. Herpetofauna mexicana. Carnegie Museum of Natural History, Special Publication. 17: 1-73, 1993.
7. González MSS. Crecimiento compensatorio en borregos. Memorias del Seminario Internacional Avances Recientes en la Producción Ovina; (Montecillo, Edo. de México; 11-12 septiembre 1992. Montecillo, Edo. de México: Colegio de Postgraduados, 1992: 44-72.
8. García Enriqueta. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México (DF): Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 1981.
9. AOAC. Official methods of analysis. 14th ed. Washington (DC): Association of Official Analytical Chemists, 1984.
10. Pough FH. Lizard energetics and diet. Ecology 1973;54:837-844.
11. Hintze J. Number cruncher statistical software. Kaysville (Ut), Microsoft Corp., 1990-1995.
12. Steel RG, Torrie JH. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2^a ed. México (DF): McGraw Hill, 1996.
13. SAS. SAS for Windows release 6.12. Cary (NC): SAS Institute Inc., 1996.
14. Valenzuela LG. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Ctenosaura pectinata* e *Iguana iguana* (reptiles: iguanidae) en la costa de Jalisco (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Ciencias. UNAM, 1981.
15. Werner DI. Manejo de la iguana verde en el bosque tropical. Interciencia 1987;12:226-229.
16. Cloudsley-Thompson JL. The diversity of amphibians and reptiles. An introduction. London (UK): Springer, 1999.
17. Parks JR. A theory of feeding and growth of animals. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1982.
18. Fitch HS, Henderson RW. Age and sex differences, reproduction and conservation of *Iguana iguana*. Milwaukee Public Museum. Cont Biol Geol 1977;13:1-21.
19. Fitch HS, Henderson RW. Age and sex differences in the Ctenosaur (*Ctenosaura similis*). Milwaukee Public Museum. Cont Biol Geol 1977;11:1-11.