

Contenido de alimento y metabolismo ceco-cólico en el tracto digestivo de poblaciones silvestres de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en Morelos, México

Cecum-colic content of food and metabolism in the digestive tract of wild population black lizard (*Ctenosaura pectinata*) in Morelos, Mexico

L Vélez-Hernández^a, MA Cobos-Peralta^b, JL Arcos-García^{a*}

^aCampus Puerto Escondido, Universidad del Mar, Puerto Escondido, Mixtepec, Juquila, Oaxaca, México.

^bColegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, México.

SUMMARY

Five digestive tracts of black lizards (*Ctenosaura pectinata*) from a wild population were collected in Morelos State, México, in order to identify the plant composition in the diet and the cecum-colic metabolism. Smears obtained from cecum-colic content were observed to register the presence of protozoa, bacteria and intestinal parasites. The average and standard deviation were estimated from the evaluated characteristics. The plants species Guamúchil (*Phitecellobium dulce*) and Huizache (*Acacia farnesiana*) were identified in the cecum-colic content. The vegetal content of the diet was constituted by fruits (62.9%), leaves (30.6%), buds (2.9%) and flowers (3.5%), dry matter basis. The cecum-colic portion was characterised by the concentration (mmol) of acetic (68.9 ± 10.6), butyric (11.98 ± 5.7) and propionic (9.04 ± 1.5) fatty acids, total fatty acids (89.9 ± 15), pH 7.45, and ammonia nitrogen concentration (7.4 ± 2.8 mg/dl). The microbiotic observed was the *Nyctotherus spp* protozoa. The total bacterial count ranged from 7×10^8 to 9×10^9 /g, cellulolytic bacteria ranged from 9.2×10^7 to 3.5×10^8 /g of cecal content. The parasites observed were nematodes identified as members of the *Oxyuroidea* superfamily, with 655 ± 265 eggs/g and $6,300 \pm 329$ adults/lizard. It is concluded that the fermentation of the cecum-colon region of the adult black iguana behaves similarly to that from herbivorous species, with fermentation being carried out according to the ingested food. Dietary concentration of crude protein was 14.5% and energy 2.193 (Mcal/kg), and they are animals parasited by oxiurids.

Palabras clave: *Ctenosaura pectinata*, parásitos, metabolismo, tracto digestivo.

Key words: *Ctenosaura pectinata*, parasites, metabolism, digestive tract.

INTRODUCCIÓN

El hábitat de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), especie amenazada (DOF¹ 2010) y endémica de México (Casas 1982), es la selva mediana subperennifolia y selva baja caducifolia, cuya distribución nacional incluye la costa del Pacífico, desde el sureste de Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec, en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Guerrero, Puebla y Oaxaca (Valenzuela 1981). En muchas comunidades de México la iguana negra es cazada y consumida (DOF¹ 2010) porque representa un recurso importante como fuente de proteína y es un recurso al que tienen acceso (Zurita-Carmona y col 2009), por ello, la explotación excesiva de la iguana y la destrucción de su hábitat han ocasionado que sus poblaciones hayan sido reducidas drásticamente en ciertas regiones del país (Javelly 1992). Para contrarrestar lo anterior se han llevado a cabo estudios en iguana negra en condiciones de cautiverio (Arcos y col 2002, 2005^a, 2005^b 2007) y en

vida silvestre (Medina-Mantecón y Reynoso 2008, Suárez 2004, Zurita-Carmona y col 2009); no obstante, hasta la fecha no se tiene información que pueda contribuir con el manejo del hábitat en función de las necesidades de proteína y energía de la iguana que pueda servir de apoyo para el manejo sustentable de la especie. El objetivo del presente estudio fue realizar un diagnóstico en las zonas ribereñas del municipio de Zacatepec, Morelos, sobre la composición de la dieta, microbiota y características del contenido ceco-cólico de la iguana negra *Ctenosaura pectinata*.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Zacatepec, Morelos, México, ubicado a los 18°40' N y 99°11' W del meridiano de Greenwich, a una altura de 913 metros sobre el nivel del mar, con una superficie de 28,531 km²; limitando al norte con Tlaltizapan y Puente de Ixtla; al sur con Jojutla; al este con Tlaquiltenango y al oeste con Puente de Ixtla y Jojutla. El clima predominante de acuerdo con Köppen modificado por García (1989) fue el Aw (w) (i') g, con temperatura media de 24,2 °C, precipitación pluvial de 886 mm al año. La selva observada fue selva baja caducifolia con clima cálido. La fase de trabajo de laboratorio se realizó en las instalaciones del laboratorio de

Aceptado: 19.04.2012.

* jarcos@zicatele.umar.mx, jarcos@colpos.mx

¹ www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/SEMARNAT%20DOF/ Proyecto%20de%20Modificaci%C3%B3n%20a%20la%20 Norma%20Oficial%20Mexicana%20NOM-059-SEMARNAT-2001. pdf. Consultado 05/11/2010.

microbiología de la especialidad de ganadería del Colegio de Postgraduados ubicado en Montecillos, Estado de México.

Con el uso de un lazo corredizo, adaptado a un bambú de tres metros de longitud, se capturaron cinco especímenes en estado adulto de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en zonas de potreros rocosos de áreas ribereñas, los cuales fueron sacrificados por medio de la técnica descrita por Frye (1984), introduciéndolos en una campana de vidrio que contenía algodón con cloroformo, posteriormente fueron insensibilizados con el uso de un estilete a través del orificio magno (Clifford 1984). La obtención del tracto digestivo de cada individuo se realizó de acuerdo con la técnica de disección tradicional (Oldham y Smith 1973), una vez obtenidos se conservaron en congelación a temperatura de -5°C hasta su procesamiento.

El estudio de la dieta se realizó en el contenido ceco-cólico por medio del método macroscópico de análisis digestivo (Robinson y Bolen 1989). Se retiró el contenido de la porción ceco-cólica, se disgregaron los constituyentes alimenticios con ayuda de pinceles, pinza, jeringas, agujas y agua destilada. Una vez separados los componentes de la ingesta se sometieron a secado en una estufa a 50°C por 24 horas; posteriormente se identificó el origen vegetal de los ingredientes de la dieta y se categorizó la porción de la planta consumida. Se registraron los pesos de cada grupo de alimentos en hojas, frutos, semillas y rebrotes (Robinson y Bolen 1989). El consumo de ingredientes en porcentaje de materia seca (CIMS) se estimó con base en la siguiente fórmula: $\text{CIMS} (\%) = \text{peso seco del grupo de alimento analizado/sumatoria del peso seco de cada grupo de alimentos} \times 100$. Se calculó la superficie foliar de la partícula con un medidor de área foliar (modelo LI-3000, con el accesorio de una banda transparente modelo LI-3050); sin embargo, para evitar el deterioro de las partículas de alimento el material fue fotocopiado y medido.

Para el análisis bioquímico nutricional se utilizaron 0,5 a 1,0 g de muestra de la región ceco-cólica y se determinó el pH con un potenciómetro (Tejada 1985); luego, la muestra se utilizó para determinar la proporción de ácidos grasos volátiles (AGV) y nitrógeno amoniacal, la cual se acidificó con una solución de ácido metafosfórico al 25% en la misma proporción (peso/volumen), posteriormente se centrifugó a 3.500 rpm durante 25 min, a temperatura de 4°C . El sobrenadante se pasó por un filtro de acetato y se conservaron 2 ml en viales a temperatura de 4°C . La concentración de AGV se determinó con un volumen de 3 μl de cada muestra por triplicado en un cromatógrafo (Modelo 3400 marca Varian Star), con temperatura del inyector de 260°C , columna empacada con Porapak de malla 80/100, columna de acero inoxidable 1/8 de pulgada de diámetro y 1,2 m de largo. Se utilizó nitrógeno como acarreador (35 ml/min). Se utilizó un control con agua destilada para eliminar errores en las determinaciones.

Para determinar nitrógeno amoniacal (Mc Cullough 1967) se utilizaron 20 μl de sobrenadante, vertidos en tubos con capacidad de 10 ml, a los cuales se adicionaron

1 ml de fenol y 1 ml de hipoclorito de sodio basificado con NaOH (5 g de NaOH y 10 ml de hipoclorito de sodio). Los tubos fueron incubados a 37°C durante 30 minutos, posteriormente se adicionaron 5 ml de agua destilada con el fin de diluir las muestras; la absorbancia se registró en un espectrofotómetro de luz ultravioleta visible (Varian, modelo CARY 1-E) a 630 nm. Se utilizó un blanco como referencia, el cual contenía 1 ml de fenol, 1 ml de hipoclorito de sodio y 5 ml de agua destilada. Para conocer la concentración final de la muestra se preparó una curva estándar, de la cual se tomaron alícuotas de 2,5; 5,0; 15,0; 30,0; 45,0 y 60,0 μl y se llevaron a un volumen de 100 ml; estos equivalen a la concentración de N-NH_3 expresados en mg/dl. Una vez realizados los análisis se corrigió cada determinación tomando en cuenta el factor de dilución utilizado al adicionar el ácido metafosfórico y el agua destilada.

Se determinaron del contenido ceco-cólico el porcentaje de materia seca (MS), proteína cruda (PC) (AOAC 1980), fibra insoluble en detergente neutro (FIDN) y fibra insoluble en detergente ácido (FIDA) (Goering y Van Soest 1970). La concentración de energía se calculó de ensayos de digestibilidad del alimento (Vélez 1997). Los valores de energía bruta se obtuvieron de Golley (1961) y el portaje de metabolicidad se estimó a partir de la digestibilidad con la ecuación $Y = -13.199 + 1.055x$; donde: $y = \text{Porcentaje de metabolicidad}$ y $x = \text{digestibilidad}$ (Van Marken 1992).

Para el estudio de la microbiota se observaron al microscopio frotis frescos del contenido cecal de la iguana para registrar algún tipo de protozooario que pudiera estar presente (Coffin 1959). Asimismo, se realizó el conteo de bacterias anaerobias totales y celulolíticas presentes en el contenido de la porción ceco-cólica (Hungate 1969), por medio del método del número más probable con cinco repeticiones (Harrigan y McCance 1990), para ello se utilizó el cultivo modificado por Cobos y Yokoyama (1995) (cuadro 1).

Se realizaron conteos de parásitos intestinales de acuerdo con las técnicas de conteos directos (Craig y Faus 1957) para parásitos adultos y huevos. Las muestras se obtuvieron directamente del contenido ceco-cólico. Se obtuvieron 4 g de contenido cecal y se agregaron en un matraz Erlenmeyer graduado de 100 ml, se adicionó NaOH décimo normal hasta 60 ml de volumen final. Se agregaron trozos de vidrio para agitar la muestra y disgregarla. Posteriormente se extrajeron 0,075 ml y se descargaron sobre un portaobjetos, finalmente se realizó el conteo total de la muestra. Luego, para realizar el registro por gramo de muestra analizada, la cuenta determinada se multiplicó por el factor de dilución (200). Estas determinaciones se realizaron por triplicado.

Se seleccionaron parásitos machos y hembras y se fijaron en glutaraldehído al 3%; se lavaron con una solución buffer de fosfatos (pH 7,0), sometidos a postfijación con tetraóxido de osmio al 1% y deshidratados en soluciones de etanol del 3 al 100%. Posteriormente fueron sometidos

Cuadro 1. Medio de cultivo utilizado para el conteo bacteriano.
Medium used for bacterial counts.

Solutos	Concentración en 100 ml ¹	Concentración en 100 ml ²
Agua destilada	52,6 ml	52,6 ml
Líquido ruminal clarificado	30,0 ml	30,0 ml
Solución mineral I	5,0 ml	5,0 ml
Solución mineral II	5,0 ml	5,0 ml
Resazurina 0,1%	0,1 ml	0,1 ml
Peptona soya	0,2 ml	0,2 ml
Extracto de levadura	0,1 ml	0,1 ml
Carbonato de sodio, solución al 8,0%	5,0 ml	5,0 ml
Solución de cysteina sulfido	2,0 ml	2,0 ml
Glucosa	0,2 ml	no
Celobiosa	0,2 ml	no
Maltosa	0,2 ml	no
Papel Whatman N° 541	no	sí

¹ Medio de cultivo para conteo de bacterias totales.

² Medio de cultivo para conteo de bacterias celulolíticas.
Modificado de Cobos y Yokoyama 1995.

al secado a punto crítico cubiertos con polvo de oro y observados en el microscopio de barrido de electrones (modelo JSM-35c JEOL, Japan) de acuerdo con la técnica de Bozzola and Russel (1992).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó estadística descriptiva (SAS 2010) para determinar la media y desviación estándar del tipo de dieta, parasitología, microbiología, características de la fermentación, y nitrógeno amoniacal del contenido ceco-cólico de la iguana negra en vida silvestre.

RESULTADOS

El tipo de alimento consumido por la iguana negra fue a base de dos especies vegetales: guamúchil (*Phitecellobium dulce*) y huizache (*Acacia farnesiana*). Se identificó que las partes de las plantas que consumen son flores, frutos y hojas (cuadro 2). De estas categorías se observaron frutos

de *P. dulce* como principal componente, seguido de hojas de *A. farnesiana* y rebrotes y flores de guamúchil que constituyeron el $62,9 \pm 35,9\%$, $30,6 \pm 32,2\%$, $2,9 \pm 5,1\%$ y $3,5 \pm 6,1\%$, respectivamente. El área superficial del material foliar con alto grado de integridad a nivel cecal fue $6,16 \pm 2,07 \text{ cm}^2$; la concentración de los ácidos grasos volátiles acético, butírico, propiónico y total en el contenido ceco-cólico de iguana negra fueron de $68,9 \pm 10,6$; $11,98 \pm 5,7$; $9,04 \pm 1,5$ y $89,9 \pm 15 \text{ mmol}$, mientras que el pH fue de $7,45 \pm 0,4$ y la concentración de nitrógeno amoniacal fue de $7,4 \pm 2,8 \text{ mg/dl}$ (cuadro 2).

La concentración de proteína cruda de la dieta de la iguana negra fue de $14,5\%$, concentración de energía metabolizable fue de $2,193 \text{ Mcal/kg}$, fibra insoluble en detergente neutro $31,6\%$ y fibra insoluble en detergente ácido $15,8\%$ (cuadro 3).

Dentro de la microbiota, se observó un protozooario con medidas de 60 a $190 \mu\text{m}$ de largo y 30 a $60 \mu\text{m}$ de ancho, de forma oval o arrionada, con peristoma en la porción terminal anterior que se extiende por un lado

Cuadro 2. Características del contenido ceco-cólico en iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en vida silvestre en Morelos, México.
Features colic-caecum content in black iguana (*Ctenosaura pectinata*) in the wild in Morelos, Mexico.

Alimento consumido		Promedio área foliar cm ²	Ácidos grasos volátiles			pH promedio	Promedio nitrógeno amoniacal (mg/dl)
Tipo	%		Ácido	mM	Proporción molar (%)		
Frutos*	$62,9 \pm 35,9$	$6,2 \pm 2,1$	Acético	$68,9 \pm 10,6$	$76,8 \pm 3,0$	$7,45 \pm 0,4$	$7,4 \pm 2,8$
Hojas**	$30,6 \pm 32,2$		Propiónico	$9,04 \pm 1,5$	$10,2 \pm 2,3$		
Rebrotes**	$2,9 \pm 5,1$		Butírico	$11,98 \pm 5,7$	$13,0 \pm 4,2$		
Flores*	$3,5 \pm 6,1$		Total	$89,9 \pm 15,0$	$100,00$		

* *Phitecellobium dulce*.

** *Acacia farnesiana*.

Cuadro 3. Energía metabolizable, proteína cruda, fibra detergente neutro y ácida estimadas del contenido estomacal de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) del estado de Morelos, México.

Metabolizable energy, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of stomach contents estimated the black iguana (*Ctenosaura pectinata*) in the state of Morelos, Mexico.

Factor	Dieta			
	Guamúchil			Huizache
	Frutos	Rebrotos	Flores	Hojas
Materia seca en la dieta (%)	62,9	30,6	2,9	3,5
Digestibilidad ¹	67,26	26,81	67,26	67,26
Metabolizabilidad ²	57,76	15,08	57,76	57,76
Energía bruta Mcal/kg ³	5,065	4,229	4,229	4,31
Energía metabolizable Mcal/kg	2,925	0,638	2,44	2,489
Energía metabolizable aportada por la dieta Mcal/kg	1,840	0,195	0,708	0,087
Proteína cruda de los ingredientes (%)	11,5	49,6	19,28	19,28
Aporte de proteína cruda de la dieta (%)	7,233	5,998	0,559	0,675
Fibra insoluble en detergente neutro (FIDN) de los ingredientes (%)	16,73	58,34	51,22	51,22
Aporte de FIDN de la dieta (%)	10,52	17,85	1,48	1,79
Fibra insoluble en detergente ácido (FIDA) de los ingredientes (%)	14,57	13,99	36,76	36,76
Aporte de FIDA de la dieta (%)	9,164	4,281	1,066	1,287

¹ Vélez (1997).

² Van Marken (1992).

³ Golley (1961).

Cuadro 4. Microbiología y parasitología en iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en vida silvestre en Morelos, México.

Microbiology and parasitology in black iguana (*Ctenosaura pectinata*) in the wild in Morelos, Mexico.

Concepto	Características
Protozoario: <i>Nyctotherus spp.</i>	Longitud de 60 a 190 µm, ancho de 30 a 60 µm, forma oval o arrionada, con un peristoma que comienza en la porción terminal anterior y se extiende por un lado hasta la mitad del cuerpo. Posee un macronúcleo elongado, un pequeño micronúcleo y una vacuola posterior contráctil y presenta cilios periféricos.
Bacterias totales	7×10^8 a 9×10^9 g ⁻¹ de contenido ceco-cólico.
Bacterias celulolíticas	$9,2 \times 10^7$ a $3,5 \times 10^8$ g ⁻¹ de contenido ceco-cólico.
Huevos de parásitos	En iguanas en vida libre de 655 ± 265 g ⁻¹ de contenido ceco-cólico.
Parásitos adultos	6.300 ± 329 g ⁻¹ parásitos de iguanas en vida libre. Hembras: En el esófago posee bulbo posterior bien definido, no tienen gubernáculum y espícula, presentan vulva y huevos intrauterinos; tienen un tamaño de $3,19 \pm 0,46$ mm de largo y $0,27 \pm 0,06$ mm de ancho. Machos: Tamaño de $5,58 \pm 0,25$ mm de largo y $0,18 \pm 0,05$ mm de ancho, presentan espícula única ($0,04 \pm 0,014$ mm de largo), el gubernáculum y al menos dos pares de papilas perianales.

hasta la mitad del cuerpo; con macronúcleo elongado, un pequeño micronúcleo y una vacuola posteriormente contráctil y cilios periféricos; de acuerdo con las características observadas pertenece al género *Nyctotherus spp.* (Flynn, 1973) (cuadro 4).

Las bacterias estudiadas fueron de tipo celulolíticas en iguana negra y su concentración osciló de $9,2 \times 10^7$ hasta $3,5 \times 10^9$ g de contenido cecal (cuadro 4); se observó

presencia de parásitos adultos como oxyuridos y sus huevos. Se cuantificaron $6,300 \pm 329$ oxyuridos adultos y 655 ± 265 huevos de oxyuridos/iguana (cuadro 4). Las hembras observadas no poseen gubernáculum ni espícula y presentan vulva y huevos intrauterinos; el tamaño promedio fue $3,19 \pm 0,46$ mm de largo por $0,27 \pm 0,06$ mm de ancho. Los machos presentaron un tamaño de $5,58 \pm 0,25$ mm de largo, por $0,18 \pm 0,05$ mm de ancho,

presentaron espícula única, el gubernáculum y al menos 2 pares de papilas perianales, la espícula mide en promedio de $0,040 \pm 0,014$ mm de largo.

DISCUSIÓN

La gran variación mostrada en el consumo de alimento se debió porque en algunas iguanas no se observaron todos los componentes vegetales. Información diferente ha sido indicada por el mayor consumo de hojas (43,8%), flores (37,8%) y frutos (18,5%) (Valenzuela 1981). Lo que indica que el consumo de las partes vegetativas presenta variación estacional (Suazo y Alvarado 1994, Lara 1994), y las iguanas se alimentan de acuerdo con la disponibilidad de alimento a nivel regional. Como en el caso de Santos Reyes Nopala, Oaxaca, donde se describe que las iguanas son omnívoras, ya que detallan el consumo de 18 especies vegetales y restos de las clases: reptilia, crustácea, insecta, chilopoda, diplopoda y gastropoda (Zurita-Carmona y col 2009). El consumo de solamente dos especies de plantas registrado en el presente estudio coincide con los hábitos alimenticios de *C. pectinata* que se dividen en tres tipos: 1) crías, en donde los insectos son la dieta principal, 2) juveniles, donde los insectos forman parte de la dieta, pero el consumo de hojas es más importante y 3) adultos, los que consumen hojas como la parte más importante y los insectos son raramente consumidos (Cooper y Lemos-Espinal 2001).

El área del material foliar proporciona bases sobre el tamaño de partícula alimenticia que se puede ofrecer a las iguanas adultas en cautiverio, principalmente si la presentación física del alimento es en hojuelas. El volumen superficial reportado en el presente estudio explica en parte el mayor consumo de alimento con mayor tamaño de partícula en las pruebas de consumo de alimento (Arcos-García y col 2005^b).

La concentración de AGV se puede explicar por el tipo de alimento consumido, ya que la principal fuente de alimento fueron los frutos, que contienen alta proporción de carbohidratos fácilmente fermentables. Se ha observado concentración de AGV muy similar en el asa cecal de conejos alimentados con dietas comerciales a base de carbohidratos fácilmente fermentables (Hernández y col 2004), que favorecen la fermentación aceto-butírica (Gidenne 1995). Resultados diferentes han sido registrados en iguana verde (*Iguana iguana*), donde se registró la producción *in vitro* de los AGV por hora, la cual fue mayor para butirato, en menor concentración acetato y propionato (McBee y McBee 1982); sin embargo, en el mencionado trabajo se desconoce qué tipo de sustrato está en mayor cantidad en la dieta, lo cual podría explicar el tipo de ácido graso volátil dominante. La concentración de ácido butírico se incrementa cuando la dieta contiene alimentos con alto contenido en glúcidos solubles o tiene alto contenido de proteínas (INRA 1988). También se ha descrito fermentación mayor de acético, menor de propiónico

y butírico (Troyer 1984), esta última es semejante con la fermentación de animales rumiantes (Arcos-García y col 2000), en los cuales se ha observado que los forrajes de alta calidad alimenticia, junto con el proceso de molienda fina pueden causar reducción en la proporción de acético e incremento en propiónico, butírico o ambos. De la misma manera, la proporción molar de los AGV es similar en *Uromastix aegyptius* (Foley y col 1992).

Al incrementarse la acidez en el área fermentativa de los animales, se estrechan las relaciones acetato-propionato y al incrementarse el pH se amplían las relaciones anteriores (Hobson 1972). En otras especies de iguanas se ha registrado un pH de 7,0 (Foley y col 1992) y en el caso de conejos el pH en el apéndice cecal es superior al reportado en iguanas (Hernández y col 2004). Lo anterior se puede deber al tipo de dieta consumida por las iguanas que fue a base de frutas (Aldrich y col 1993). La concentración de nitrógeno amoniacal es similar con la concentración para el caso de algunos rumiantes (Gürtler 1987), pero menor en otros (Arcos-García y col 2000); en el colon distal de conejos alimentados con dietas comerciales la concentración de nitrógeno amoniacal es mayor a la reportada en iguanas (Hernández y col 2004). Por ello es importante conocer la concentración óptima de nitrógeno amoniacal que determine la máxima tasa de fermentación microbiana por unidad de sustrato (Mehrez y col 1977), ya que dicha concentración será la necesaria para cubrir los requerimientos para el crecimiento bacteriano que permite optimizar la fermentación del forraje consumido (Leng 1990).

La concentración de proteína y energía de la dieta de *C. pectinata* en el Municipio de Santos Reyes Nopala, Oaxaca, fue mayor (Zurita-Carmona 2009), posiblemente porque las iguanas del presente estudio fueron cazadas en época no lluviosa y por lo tanto no existió disponibilidad de otro tipo de material alimenticio. Es importante hacer notar que si bien el género *Ctenosaura spp.* es herbívoro en su etapa adulta y se reporta el consumo de alimentos de origen animal únicamente en algunas especies (*C. similis*), también se ha observado a ejemplares de iguana negra en la Ciudad de Puerto Escondido la depredación oportunista de murciélagos², lo cual indica que para ciertas poblaciones la proteína de origen animal pudiera tener una mayor importancia a la que se reporta.

En *C. pectinata* (en el estado de Nayarit) se identificaron las especies *Nyctotherus earlensis* y *Nyctotherus jimenezis* (Garza y col 1986). Se ha reportado presencia de protozoarios en iguana verde (*Iguana iguana*) (McBee y McBee 1982) y como integrantes de la microbiota no patógena en ranas (Flynn 1973); en la cucaracha (*Periplaneta americana*) los protozoarios del género *Nyctotherus spp.* desempeñan un papel importante en los procesos celulolíticos y metanogénicos (Gijzen y col 1994). Por lo tanto, los protozoarios identificados en las iguanas pueden participar activamente

² Rojas 2010, comunicación personal.

en la digestión del alimento como en las especies anteriores, considerando que los protozoarios manifiestan su principal desarrollo a pH cercano a 6,5, son severamente afectados a pH superiores a 8 (Hino y col 1973) y se manifiesta su principal desarrollo a pH entre 6,5 a 8 (Hino y col 1973). El pH en la región ceco-cólica, donde se observó el género de dicho protozoario, oscila en los valores de $7,45 \pm 0,4$, lo cual lo convierte en un medio propicio para su crecimiento y quizá se ha subestimado la participación degradativa de esta fracción de la microbiota.

Las bacterias totales en el presente estudio oscilaron de 7×10 hasta $9 \times 10/g$ de contenido cecal, rango que coincide con las poblaciones reportadas por McBee y McBee (1982) de 3 a $23,5 \times 10/g$ de contenido cecal para *I. iguana*. En el proceso se observó que la tasa de supervivencia de las bacterias celulolíticas disminuye cuando el pH desciende a menos de 6,2 (Rodríguez y Llamas 1990, Bramley y col 2008), lo que indica que en el presente estudio pudieron ejercer acción celulolítica a nivel cecal. Los géneros *Clostridium* y *Leuconostoc* son dominantes de la microbiótica cecal de *I. iguana* (McBee y McBee 1982), por lo tanto, parcialmente esto podría explicar el tipo de fermentación aceto-butírica observada en el presente estudio, porque el primer género produce dentro de los principales metabolitos butirato (Hungate 1966).

Valenzuela (1981) menciona la presencia de altas cantidades de nematodos, pero no reporta conteos parasitológicos ni la identificación; de la misma manera, Cid del Prado (1971) observó parásitos en el tracto digestivo de *C. pectinata*. Si bien aun cuando las cuentas larvianas son menores a las reportadas en *I. iguana* (Iverson 1982), se infiere, como en los bovinos, que en infestaciones parasitarias mayores a 700 individuos se considera como una infección severa (Troncy 1989).

Los parásitos encontrados son nematodos identificados como miembros de la superfamilia Oxyuroidea (Yamaguti 1961), debido a las características de su esófago. Para registrar la importancia parasitaria, Iverson (1982) llevó a cabo un estudio comparativo entre ejemplares sometidos a desparasitación y un grupo testigo; sin embargo, no se encontraron diferencias en la eficiencia digestiva que pudieran sugerir alguna importancia biológica para el hospedero.

Nagy (1977) midió la actividad celulolítica de una suspensión de parásitos de *Sauromalus obesus*, utilizando como sustrato carboxi-metil-celulosa, quien encontró gran actividad enzimática, por lo que se propuso que pudieran tener una participación mutualista en la digestión de la FIDN, aunque reconoce que el origen de la celulasa era desconocido con la posibilidad de que esta celulasa proviniera de bacterias o incluso como una enzima propia del material vegetal consumido. En el presente trabajo, con el uso de la microscopia electrónica, se evidenció la adherencia de una gran cantidad de bacterias en la superficie de los parásitos estudiados, por ello, se sugiere que los nematodos son acarreadores de las bacterias que pueden

ser las responsables de la degradación de celulosa. Por otro lado, la presencia de celulasa en los nematodos parásitos de animales no ha sido reportada, contrariamente con lo reportado para el caso de los fitonematodos (Tracery 1958). Esta característica se debe al hecho de que requieren utilizar el material nutritivo de las plantas, para lo cual sintetizan celulasas aparentemente a nivel de la faringe. Este proceso no es requerido por los nematodos de animales, dado que éstos se nutren directamente del animal hospedero y no del contenido digestivo, para lo cual poseen dientes, a diferencia de los fitonematodos que poseen estiletes (Lee 1965, Tracery 1958). Esta característica anatómica de los nematodos sugiere evaluar el efecto parasitario sobre el animal dado el efecto expoliatriz que sobre la mucosa ejercen para alimentarse (Quiroz 1984). Aunque es común que los animales de vida silvestre se encuentren parasitados, no implica que sea un estado de salud óptimo ya que logran compensar la infección y por lo tanto se requiere realizar más investigación sobre el papel que desempeñan los nematodos en la especie.

La composición alimenticia de la iguana negra en la zona de Zacatepec, Estado de Morelos, es de tipo herbívora durante la época de secas. Las plantas identificadas fueron guamúchil y huizache. De estas plantas los frutos fueron el principal ingrediente de la dieta seguidos por las hojas y flores. La microbiota identificada en la región ceco-cólica fueron oxyuridos, bacterias y protozoarios. Se considera que los oxyuridos se encuentran en una relación parasitaria con el hospedero; las bacterias, por su actividad celulolítica, son responsables del uso de los carbohidratos estructurales consumidos y los protozoarios que están presentes son del género *Nyctotherus spp.*, cuya actividad celulolítica y de importancia en la digestión del forraje consumido ha sido evidenciada en otras especies de hospedero. Según los hallazgos de este estudio en la zona específica del estado de Morelos, México, se concluye que la fermentación de la región ceco-cólica de la iguana negra en estado adulto se comporta de manera similar como en las especies herbívoras, en las cuales la fermentación se manifiesta de acuerdo con el alimento consumido; por otra parte, la concentración dietaria de proteína cruda es de 14,5% y energía de 2,193 Mcal/kg y son animales que están fuertemente parasitados con oxiuros.

RESUMEN

Se colectaron cinco tractos digestivos de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en estado silvestre en el estado de Morelos, México, para conocer la composición botánica de la dieta y el metabolismo ceco-cólico. Se observaron frotis realizados del contenido ceco-cólico para registrar la presencia de protozoarios, bacterias y parásitos intestinales existentes. Se obtuvo la media y desviación estándar de las características evaluadas. En el contenido ceco-cólico se identificaron las especies vegetales guamúchil (*Phitecellobium dulce*) y huizache (*Acacia farnesiana*). Se estimó en base a materia seca la porción vegetal que conforma la dieta, la cual se distribuyó en frutos (62,9%), hojas (30,6%), rebrotes (2,9%) y flores (3,5%). La región ceco-cólica se caracterizó por la concentración (mmol) de los ácidos grasos acético ($68,9 \pm 10,6$),

butírico ($11,98 \pm 5,7$), propiónico ($9,04 \pm 1,5$) y total ($89,9 \pm 15$), con pH de 7,45 y concentración de nitrógeno amoniacal ($7,4 \pm 2,8$ mg/dl). La microbiota que se observó fue el protozoario *Nyctotherus spp.* Las bacterias totales oscilaron en concentraciones 7×10 a 9×10^9 /g, siendo las celulolíticas de $9,2 \times 10$ hasta $3,5 \times 10^9$ /g de contenido cecal. Los parásitos encontrados son nematodos identificados como miembros de la superfamilia *Oxyuroidea* con 655 ± 265 /g huevos y $6,300 \pm 329$ adultos/iguana. Se concluye que la fermentación de la región cecocólica de la iguana negra en estado adulto se comporta de manera similar como en las especies herbívoras, en las cuales la fermentación se manifiesta de acuerdo con el alimento consumido. La concentración dietaria de proteína cruda fue de 14,5% y energía de 2,193 Mcal/kg y son animales parasitados con oxiuros.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio se realizó en el Municipio de Zacatepec, Morelos, México, en el que se llevó a cabo la fase de captura de especímenes con la participación del personal del Centro Experimental Zacatepec (INIFAP), área de fauna silvestre.

REFERENCIAS

- Aldrich MJ, LD Muller, GS Varga. 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 76, 1091-1105.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 1980. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 13th ed. Washington DC, USA.
- Arcos-García JL, FA Castrejón, GD Mendoza, EP Pérez-Gavilán. 2000. Effect of two commercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. *Livest Prod Sci* 63, 153-157.
- Arcos-García JL, MA Cobos, VH Reynoso, GD Mendoza, ME Ortega, F Clemente. 2002. Caracterización del crecimiento de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en cautiverio. *Rev Vet Méx* 33, 409-419.
- Arcos-García JL, VH Reynoso, GD Mendoza, D Hernández. 2005^a. Identificación del sexo y medición del crecimiento en iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en las etapas de cría y juvenil. *Rev Vet Méx* 36, 53-62.
- Arcos-García JL, VH Reynoso, GD Mendoza, F Clemente, LA Tarango, MM Crosby. 2005^b. Efecto del tipo de dieta y temperatura sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). *Rev Cientif FCV-LUZ* 15, 338-344.
- Arcos-García JL, MA Cobos, D Hernández, VH Reynoso, GD Mendoza, BC Aguilar. 2007. Digestibilidad de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) alimentada con dietas a base de diferentes componentes de insectos y vegetales. *Rev Cientif FCV-LUZ* 17, 255-261.
- Bozzola JJ, LD Russel. 1992. *Electron Microscopy. Principles and techniques for biologists*. Jones and Bartlett Publishers International, Boston, USA.
- Bramley E, IJ Lean, WJ Fulkerson, MA Stevenson, AR Rabiee, ND Costa. 2008. The definition of acidosis in dairy herds predominantly fed on pasture and concentrates. *J Dairy Sci* 91, 308-321.
- Casas A. 1982. Anfibios y reptiles de la costa suroeste del Estado de Jalisco con aspectos sobre su ecología y biogeografía. *Tesis Doctoral*, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México.
- Cid del Prado I. 1971. Estudio taxonómico de algunos nematodos. *Tesis*, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México.
- Clifford DH. 1984. *Laboratory Animal Medicine*. In: Fox GJ, Bennet JC, Loew MF (eds). *Praeesthesia, Anesthesia, Analgesia, and Euthanasia*. Academic Press, New York, USA, Pp 554- 555.
- Cobos PM, MT Yokoyama. 1995. *Clostridium paraputrificum* Var. *Ruminantium* colonisation and degradation of shrimp carapaces *in vitro* observed by scanning electron microscopy. In: Wallace JR, Lahou-Kassi A (eds). Rumen Ecology Research Planning. *Proceeding of a Workshop*, International Livestock Research Institute, Addis Abeba, Ethiopia, Pp 150-161.
- Coffin DL. 1959. *Laboratorio Clínico en Medicina Veterinaria*. 4^a ed. La Prensa Mexicana, México DF, México, Pp 21-68.
- Cooper WE Jr, JA Lemos-Espinal. 2001. Coordinated ontogeny of food preference and responses to chemical food stimuli by a lizard *Ctenosaura pectinata* (Reptilia:Iguanidae). *Ethol* 107, 639-653.
- Craig MD, EC Faust. 1957. Técnicas y medios auxiliares para la recolección, preparación e identificación de helmintos. En: Craig CF, Faust EC (eds). *Parasitología clínica*. UTENA, México DF, México, Pp 745-759.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2010. Proyecto de modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, 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. *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, México.
- Flynn JR. 1973. Biology of the protozoa. In: David GB (ed). *Parasites of Laboratory Animals*. Blackwell Publishing, Ames, Iowa, USA, Pp 15-26.
- Foley WJ, A Bouskila, A Shkolnik, I Choshniak. 1992. Microbial digestion in the herbivorous lizard *Uromastix aegyptius* (Agamidae). *J Zool Lond* 226, 387-398.
- Frye LF. 1984. Euthanasia, necropsy technique and comparative histology of reptiles. In: Hiff LG, Frye LF, Jacobson RE (eds). *Diseases of amphibians and reptiles*. Plenum Press, New York, USA, Pp 703-704.
- García E. 1989. Temperatura. En: García E (ed). *Apuntes de climatología*. 6^a ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México, Pp 7-75.
- Garza MP, R Hernández, G Tijerina. 1986. Two new species of *Nyctotherus* (*Heterotrichidae*: Protozoa) from the cecum of the Iguana *Ctenosaura pectinata* from Islas Marias, Nayarit, México. *Rev Biol Trop* 34, 225-229.
- Gidenne T. 1995. Effect of fiber level reduction and gluco-oligosaccharide addition on the growing rabbit. *Anim Feed Sci Technol* 56, 253-263.
- Gijzen HJ, C Van der Drift, M Barugahare, C Op-Den, JM Hubb. 1994. Effect of host diet and hindgut microbial composition on cellulolytic activity in the hindgut of the American cockroach, *Periplaneta americana*. *Appl Environ Microbiol* 60, 1822-1826.
- Goering MK, PJ Van Soest. 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. Department of Agriculture, Agriculture Hand book N° 379. ARS, USDA, Washington DC, USA.
- Gürtler H. 1987. Fisiología de la digestión y de la absorción. En: Kolb E (ed). *Fisiología Veterinaria*. 3^a ed. Acribia, Zaragoza, España, Pp 217-419.
- Harrigan WF, E McCance. 1990. Determination of the number of viable organisms in a sample. In: Harrigan WF (ed). *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*. 8th ed. Academic Press, London, UK, Pp 25-46.
- Hernández SD, MA Cobos-Peralta, SS González-Muñoz, R Bárcena-Gama, JL Arcos-García, F Gallardo-López. 2004. Poblaciones microbianas y fermentación en el ciego de conejos en crecimiento alimentados con inóculos de bacterias cecales. *Interiencia* 29, 442-446.
- Hino TK, M Kametaka, M Kandatsu. 1973. The cultivation of rumen oligotrich protozoa III. White clover factors which stimulate the growth of entodinia. *J Gen Appl Microbiol* 19, 397-413.
- Hobson PN. 1972. Physiological characteristics of rumen microbes in relation to diet and fermentation patterns. *Proc Nutr Soc* 31, 135.
- Hungate RE. 1966. *The rumen and its microbes*. Academic Press Inc, New York, USA, Pp 8-90.
- Hungate RE. 1969. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. In: Norris AR, Ribbons DW (eds). *Methods in Microbiology*. Academic Press Inc., New York, USA.

- INRA, Institut National de la Recherche Agronomique. 1988. Ingestión y digestión de los alimentos. En: Levoir C (ed). *Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos*. Mundi-Prensa. Madrid, España, Pp 29-53.
- Iverson BJ. 1982. Adaptations to herbivory in iguanine lizards. In: Burghardt MG, Rand SA (eds). *Iguanas of the World*. Noyes Publications, Park Ridge NJ, USA, Pp 60-76.
- Javelly GJ. 1992. Caracterización y manejo de fauna silvestre. *Informe anual del programa de fauna silvestre*. SARH, INIFAP, Morelos, México.
- Lara LM, A González-R. 1994. Aspectos generales de la iguana verde (*Iguana iguana*) en la mancha Veracruz. *IX simposium sobre fauna silvestre Gral MVZ "Manuel Cabrera Valtierra"*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Pp 332-337.
- Lee DL. 1965. Feeding and digestion. In: Oliver T, Boyd G (eds). *The physiology of nematodes*. London, UK, Pp 15-2.
- Leng AR. 1990. Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutr Res Rev* 3, 277-303.
- McBee HR, HV McBee. 1982. The hindgut fermentation in the green iguana, *Iguana iguana*. In: Burghardt MG, Rand SA (eds). *The iguanas of the world*. Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA, Pp 77-83.
- Mc Cullough H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin Chem Acta* 17, 297-304.
- Medina-Mantecón W, VH Reynoso. 2008. Explotación sostenida en vida silvestre. *XI Reunión Nacional sobre iguanas*, Puebla, México, Pp 41-47.
- Mehrez AZ, ER Ørskov, I McDonald. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br J Nutr* 38, 437-443.
- Nagy AK. 1977. Cellulose digestion and nutrient assimilation in *Sauromalus obesus*, a plant eating lizard. *Copeia* 2, 355-361.
- Oldham CJ, MH Smith. 1973. Digestive and respiratory systems. *Laboratory anatomy of the iguana*. WMC Brown Company Publishers, Iowa, USA, Pp 53- 59.
- Quiroz RH. 1984. Introducción al estudio de los nematodos: Morfología, fisiología y clasificación. *Parasitología y enfermedades parasitológicas de los animales*. 5ª ed. Limusa, México DF, México, Pp 367-390.
- Robinson WL, EG Bolen. 1989. Food and Cover. *Wildlife Ecology and Management*. MacMillan Publishing Company. 2nd ed. New York, USA, Pp 86-112.
- Rodríguez GF, LG Llamas. 1990. Digestibilidad, balance de nutrimentos, y patrones de fermentación ruminal. En: Castellanos RA, Llamas LG, Shimada AS (eds). *Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología*. México DF, México, Pp 95-126.
- Statistical Analysis System Institute. 2010. *SAS Education Analytical Suite for Windows Release 9.2*.
- Suárez DEA. 2004. Tamaño del ámbito hogareño y uso de hábitat de hembras de iguana negra (*Ctenosaura acanthura*, Shaw, 1802) en la zona de la Mancha, Veracruz. *Tesis de Maestría en Ciencias*, Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México.
- Suazo OI, DJ Alvarado. 1994. *Iguana negra. Notas sobre su historia natural*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y Fish and Wildlife Service y Ecotonia A.C., México.
- Tejada HI. 1985. Análisis de forrajes, ensilajes y líquido ruminal. *Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal*. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, A.C, México DF, México, Pp 272-320.
- Tracery MV. 1958. Cellulase and chitinase in plant nematodes. *Nematol* 3, 179-183.
- Troncy PM. 1989. Diagnosis in heminthology. In: Shah-Fischer M, Say RR (eds). *Manual of Tropical Veterinary Parasitology*. CABI, Wallingford, UK, Pp 137-151.
- Troyer K. 1984. Microbes, herbivory and the evolution of social behavior. *J Theor Biol* 106, 157-169.
- Valenzuela LG. 1981. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Ctenosaura pectinata* e *Iguana iguana* (reptiles: Iguanidae) en la costa de Jalisco. *Tesis de licenciatura*, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, México.
- Van Marken LWD. 1992. Digestion in an ectothermic herbivore, the green Iguana (*Iguana iguana*): Effect of food composition and body temperature. *Physiol Zool* 65, 649-673.
- Vélez HL. 1997. Importancia de la microbiota cecal en la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) dados sus hábitos alimenticios. *Tesis de Maestría en Ciencias*, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, Estado de México, México.
- Yamaguti S. 1961. *The Nematodes of Vertebrates*. Part. I. Interscience Publishers Inc. New York, USA. P 679.
- Zurita-Carmona ME, B Aguilar-Valdez, A González-Embarcadero, GD Mendoza-Martínez, JL 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, Trópico Húmedo* 25, 103-109.