



# UNIVERSIDAD DEL MAR

## DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACIÓN DE DIETAS CON DIFERENTE PROPORCIÓN DE HARINA DE  
INSECTOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN CRÍAS DE IGUANA  
NEGRA (*Ctenosaura pectinata*)

TESIS

QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS: MANEJO DE FAUNA  
SILVESTRE**

PRESENTA

Biol. Juan Francisco Alarcón Henao

DIRECTOR

Dr. Roberto López-Pozos

CO-DIRECTOR

Dr. José Luis Arcos García

Puerto Escondido, Oaxaca, México

Mayo, 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primera instancia a mi comité tutorial, bajo la dirección del Dr. Roberto López Pozos, la codirección del Dr. José Luis Arcos García y la asesoría del Dr. Héctor Santiago Romero. El tiempo invertido en las correcciones aunado a los consejos oportunamente brindados fuesen en clases o fuera de estas ahora se encuentran plasmados en esta tesis.

A la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, por el apoyo con los proyectos: Producción de insectos para su inclusión en las dietas en alimentación de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), con clave de unidad programática: 2IG1901. Y, Simulación de liberación mantenimiento de la variabilidad genética, análisis nutricional de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) y verde (*Iguana iguana*) del CECOREI-UMAR con clave de unidad programática 2IE1907.

De igual forma, reconozco el apoyo aportado por el personal del CECOREI-UMAR, los laboratorios de Bioquímica y nutrición, genética y microbiología con especial mención a Jesús Núñez Ordaz y Beatriz Pinacho Santana por su apoyo prestado durante la fase experimental del trabajo.

Al Dr. Carlos García Estrada, por enseñarme el valor de una buena crítica y el recordarme que siempre podemos dar más de nosotros tanto en el salón como en la naturaleza si estamos dispuestos a hacer un esfuerzo y al Dr. Miguel Ángel De Labra Hernández, por estar en el lugar y tiempo correcto.

## **DEDICATORIA**

A mi madre Mónica, a pesar de la distancia siempre has estado presente en cada aspecto de mi vida apoyándome en cada decisión profesional que he decido abordar, enseñándome a su vez que toda carrera es una victoria si uno decide participar. A mi abuela Lady que con su corazón y fuerza natural ha puesto dirección en las mentes de los que han vivido en la casa de Ibagué, razón por la cual yo soy biólogo. A mi abuelo Juan Francisco Alarcón López siendo aquel que me recuerda el amor a la patria, las bellas artes y a la familia colombiana en cada una de las pláticas a larga distancia que solemos tener.

A Iris (Siri) Zárate Bustos, muy a tu manera me has enseñado a ser más introspectivo sin descuidar el buen humor haciendo hincapié en que el mundo no está ni mal ni bien, simplemente seguirá aún después de que cada huella sea borrada.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>I. RESUMEN</b> .....	6
<b>II. ABSTRACT</b> .....	7
<b>III. INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>IV. ANTECEDENTES</b> .....	10
4.1    Legislación sobre el género <i>Ctenosaura</i> .....	10
4.1.1    Normas y leyes internacionales .....	10
4.1.2    Normas y leyes mexicanas .....	11
4.1.3    Áreas Naturales Protegidas .....	13
4.1.4    Unidades de Manejo de Vida Silvestre .....	15
4.2    Conceptos básicos sobre manejo y aprovechamiento de <i>Ctenosaura pectinata</i> 16	
4.2.1    Historia sobre aprovechamiento de <i>Ctenosaura pectinata</i> .....	16
4.2.2    Antecedentes sobre manejo y aprovechamiento de <i>Ctenosaura pectinata</i> .	18
4.2.3    Valoración del comercio del género <i>Ctenosaura</i> .....	18
4.3    Factores del entorno que influyen en el crecimiento de reptiles .....	19
4.3.1    Factores físicos: Temperatura, humedad relativa, fotoperiodo.....	20
4.3.2    Factores biológicos.....	22
4.3.3    En condiciones de vida libre .....	22
4.3.4    En condiciones en cautiverio .....	23
4.4    Productividad crecimiento y desarrollo de iguana negra .....	23
4.4.1    Productividad.....	23
4.4.2    Crecimiento .....	24
4.4.3    Desarrollo .....	25
4.4.4    Cría de iguanas de manera intensiva .....	26
4.5    Nutrición de <i>Ctenosaura pectinata</i> .....	27
4.5.1    Antecedentes de la alimentación en vida libre de <i>C. pectinata</i> .....	28
4.5.2    Antecedentes de la alimentación en cautiverio de <i>C. pectinata</i> .....	29
4.6    Uso de harina de animales en la crianza de especies domésticas.....	29
4.6.1    Harina de pescado y soya en la alimentación de animales de granja .....	30
4.6.2    Harinas alternativas en la fabricación de alimentos para animales de granja	
31	
4.7    Antecedentes de requerimientos nutrimentales de reptiles insectívoros .....	32

4.7.1	Principios de elaboración, condicionamiento y conservación de alimentos enfocados para reptiles insectívoros.....	33
4.8	Consideraciones legales sobre la utilización de insectos.....	34
4.8.1	A nivel internacional.....	35
4.8.2	A nivel nacional .....	36
4.9	Uso de insectos en la alimentación animal .....	37
4.10	Cría de insectos.....	37
4.10.1	Grillo ( <i>Acheta domestica</i> ) .....	37
4.10.2	Cucaracha de bosque o Runners ( <i>Shelfordella tartara</i> ) .....	39
4.10.3	Tenebrios ( <i>Tenebrio molitor</i> ).....	39
4.11	Modelo de crianza de insectos.....	40
4.12	Importancia nutrimental de los insectos .....	42
4.13	Impacto ambiental de la crianza de insectos.....	43
4.14	Ventajas biológicas a considerar en cucarachas .....	44
<b>V.</b>	<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>46</b>
<b>VI.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>46</b>
6.1	Objetivo general: .....	46
6.2	Objetivos particulares: .....	46
<b>VII.</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>47</b>
7.1	Localización.....	47
7.2	Duración del experimento.....	47
7.3	Fase 1: Instalación de criadero y producción de insectos .....	47
7.3.1	Variables de producción para los insectos.....	48
7.4	Fase dos: Selección y alimentación de Iguanas .....	50
7.4.1	Selección de crías de iguana negra.....	50
7.4.2	Jaulas y condiciones ambientales.....	50
7.4.3	Sorteo de dietas .....	51
7.4.4	Tratamientos.....	51
7.5	Variables para evaluar la productividad en las iguanas .....	51
<b>VIII.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
8.1	Producción de insectos.....	53
8.1.1	Condiciones de las unidades de producción.....	53
8.1.2	Producción mensual de insectos .....	53

8.1.3	Rendimiento liofilizado.....	55
8.1.4	Alimentación.....	55
8.2	Variables de crecimiento en las iguanas.....	55
8.2.1	Peso de iguanas.....	55
8.2.2	Longitud total.....	56
8.2.3	Longitud hocico cloaca.....	57
8.2.4	Longitud de la cabeza.....	58
8.3	Variables de consumo y digestibilidad.....	59
8.3.1	Consumo de dietas.....	59
8.3.2	Ganancia de peso.....	60
8.3.3	Conversión alimenticia.....	61
8.4	Ganancia diaria de peso y de longitud diaria.....	62
8.4.1	Ganancia diaria de peso.....	62
8.4.2	Crecimiento diario en longitud total.....	63
8.4.3	Crecimiento diario en longitud hocico cloaca.....	64
8.4.4	Crecimiento diario de la longitud de la cabeza.....	65
<b>IX.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>67</b>
9.1	Producción de insectos.....	67
9.1.1	Alimentación.....	67
9.1.2	Producción de insectos en peso vivo y harina.....	69
9.2	Variables evaluadas para la iguana negra.....	70
9.2.1	Peso de las crías de iguanas.....	70
9.2.2	Longitud total y longitud hocico cloaca en crías de iguanas.....	72
9.2.3	Longitud de la cabeza en crías de iguanas.....	73
9.2.4	Consumo alimenticio en iguanas.....	74
9.2.5	Ganancia de peso en iguanas.....	76
9.2.6	Conversión alimenticia en iguanas.....	76
<b>X.</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>78</b>
<b>XI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>
11.1	Cría de insectos.....	79
11.2	Alimentación de iguanas.....	79
<b>XII.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Estatus de clasificación de las iguanas.....	12
<b>Cuadro 2.</b> Áreas Naturales Protegidas en Oaxaca.....	14
<b>Cuadro 3.</b> Reporte de la autorización de aprovechamiento (DGVS-SEMARNAT 2005-2018).....	16
<b>Cuadro 4.</b> Análisis proximales para <i>S. tartara</i> , <i>A. domestica</i> y <i>T. molitor</i> .....	42
<b>Cuadro 5.</b> Cantidad de vitaminas en <i>B. lateralis</i> y <i>T. molitor</i> .....	43
<b>Cuadro 6.</b> Resultados para el experimento número 1: Producción de insectos en peso vivo y harina .....	54
<b>Cuadro 7.</b> Promedio para el peso.....	56
<b>Cuadro 8.</b> Promedio para la longitud total .....	57
<b>Cuadro 9.</b> Promedio para la longitud hocico cloaca .....	58
<b>Cuadro 10.</b> Promedio para la longitud de la cabeza.....	59
<b>Cuadro 11.</b> Promedio para el alimento consumido.....	60
<b>Cuadro 12.</b> Promedio para la ganancia de peso .....	61
<b>Cuadro 13.</b> Promedio para la conversión alimenticia .....	62
<b>Cuadro 14.</b> Ganancia diaria de peso.....	63
<b>Cuadro 15.</b> Crecimiento diario en longitud total.....	64
<b>Cuadro 16.</b> Crecimiento diario en longitud hocico cloaca.....	65
<b>Cuadro 17.</b> Crecimiento diario en la longitud de la cabeza .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ejemplar macho de <i>Acheta domestica</i> .....	38
<b>Figura 2.</b> Ejemplar hembra de <i>Acheta domestica</i> .....	38
<b>Figura 3.</b> Ejemplar macho de <i>Shelfordella tartara</i> .....	39
<b>Figura 4.</b> Ejemplar hembra de <i>Shelfordella tartara</i> .....	39
<b>Figura 5.</b> Metamorfosis de la larva del <i>Tenebrio molitor</i> .....	40
<b>Figura 6.</b> Diagrama para la producción de insectos. ....	41
<b>Figura 7.</b> Condiciones ambientales dentro del cuarto de crianza .....	53

## I. RESUMEN

La iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) es una de las 11 especies de iguánidos de México. Dentro del territorio mexicano se conserva a la especie bajo el marco legal de las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs). Uno de los problemas a resolver es la alimentación de las iguanas en cautiverio en su periodo de crecimiento, debido a que no existe una dieta que contenga proteína animal para las etapas de cría y juvenil. En este contexto, el objetivo del trabajo fue probar el efecto de proteínas de diferentes tipos de insectos en el crecimiento de crías de *C. pectinata*. Se usaron cinco dietas isoproteicas formuladas con el método cuadrado de Pearson a base de maíz e insectos (grillos, cucarachas, tenebrios y la combinación de las tres especies). La dieta control estuvo considerada con maíz y soya. Se utilizaron 20 crías de iguana negra de 30 días de edad considerando a un individuo como unidad experimental. Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento y se evaluaron mediante un diseño experimental totalmente aleatorizado. A los 106 días, al término del experimento hubo diferencia en los parámetros de crecimiento de la iguana ( $P < 0.05$ ), en el peso de individuos alimentados con grillos (25.1 g) con respecto al control (17.0 g), longitud hocico-cloaca en los individuos alimentados con cucarachas (90 mm) con respecto al control (80 mm). De acuerdo a los resultados se concluye que la dieta a base de cucaracha mejora la tasa de crecimiento de las iguanas.

## II. ABSTRACT

The black iguana (*Ctenosaura pectinata*) is one of 11 iguanid species in Mexico. On Mexican soil, the species is conserved under the legal framework of Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs). One of the challenges to overcome on Mexican iguanas raised in captivity is determining the best diet for hatchlings, because there are very few of animal-protein based diets for hatchlings and juveniles. Within this context we have collected data regarding the effect of different types of insect proteins on *C. pectinata* hatchling growth. Employing the Pearson square method four isoproteic diets were formulated using maize and insects (crickets, roaches, mealworms, and one diet including all three insects). The control diet was a mix of maize and soy. Twenty, thirty-day-old black iguanas were examined, counting every individual as an experimental unit. The experiment consisted of four repetitions per treatment which were evaluated via a completely randomized design. At 106 days, when the feeding was over, there were differences between the iguana hatchlings' growth parameters ( $P < 0.05$ ), both in terms of the average weight of cricket-fed individuals (25.1 g) compared to control (17.0 g), and in average snout-vent length of roach-fed individuals SVL (90 mm) compared to control (80 mm). Based on these results, we conclude that the roach diet most notably enhanced the growth index of the black iguana hatchlings.

### III. INTRODUCCIÓN

La iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) pertenece al género más diverso de la familia Iguanidae el cual cuenta con 11 especies en el territorio mexicano (Liner 2007). La NOM 059 SEMARNAT 2010 reconoce a la especie como endémica de México, su distribución ocurre desde el norte de Sinaloa hasta el Istmo de Tehuantepec, principalmente en los estados de Durango, Zacatecas, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Rojas 2018).

La iguana negra habita en las regiones de selva mediana subperennifolia y selva baja caducifolia, que tienen climas Am (clima cálido húmedo con lluvias en verano, con influencia de monzón) y Aw (clima cálido subhúmedo con lluvias en verano), (Arcos-García & López-Pozos 2009). Desde mayo de 1994 se considera como especie amenazada debido a su prolongada explotación (fuente de carne, usos medicinales, bisutería, adornos y mascota) y la destrucción de su hábitat (Arcos-García 2001, Aguirre *et al.* 2004, Medina *et al.* 2004, Rueda *et al.* 2004).

En respuesta a la protección y conservación de la especie se han establecido Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMAs), donde su objetivo fue pensado para la promoción de esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente. Asimismo, se busca crear oportunidades de aprovechamiento que fueran complementarias con otras actividades productivas convencionales como, la agricultura, la ganadería y la silvicultura (SEMARNAT 2012).

En el caso de las UMA's enfocadas al crecimiento de iguanas, tuvieron varios tropiezos en sus inicios, debido a que basaron sus diseños en criaderos existentes, lo cual provocó errores (fugas, heridas y bajas en las poblaciones) en la crianza de los ejemplares (Casiano 2006, 2007). No obstante, actualmente es posible la crianza de iguana negra si se considera un plan de manejo con técnicas apropiadas, el tamaño y la calidad del hábitat adecuado, conjuntamente con el conocimiento de los hábitos y necesidades que requiere la especie para llevar a cabo su reproducción, crecimiento y sobrevivencia. (Clemente 1993, Peters 1993, Casiano 2006, Leyequien *et al.* 2006, Morales 2007).

Dentro de los criaderos, una de las necesidades a cubrir recae en el alimento ofrecido a la iguana negra a la vez repercute en su crecimiento y desarrollo (Arcos-García *et al.* 2002). Se sabe que las crías de *Ctenosaura pectinata* presentan una alimentación totalmente insectívora en la naturaleza (Valenzuela 1981, Casas 1982). Sin embargo, los estudios realizados por Aguirre *et al.* (1998), Barajas & Ortega (1998), Arcos-García *et al.* (2005b), y Arcos-García *et al.* (2007) han incluido: vegetales: tulipacho (*Hibiscus sp*), coliflor (*Brassica oleracea*), alfalfa, (*Medicago sativa*) y jitomate (*Lycopersicum esculentum*), e insectos: grillos (familia Gryllidae), chapulines (Familia Tettigoniidae), larvas de mariposa (Familia: Papilionidae), pupa de mosco (*Notonecta unifasciata*), concentrado para conejos y aves (Arcos-García *et al.* 2005c, Rueda *et al.* 2005).

Aunque se ha probado el uso de insectos dentro de las dietas de iguana negra en cautiverio (Cooper Jr. & Lemos-Espinal 2001; Arcos-García *et al.* 2002, 2007), estos aún no se producen dentro de las instalaciones dedicadas a la crianza y reproducción de iguana negra en México. Por lo tanto, el presente trabajo incluirá la crianza de insectos para la elaboración de dietas. Bajo este contexto se planea la crianza de tres especies comerciales de insectos (Grillo *Acheta domestica*, larva de tenebrio *Tenebrio molitor* y cucaracha runner *Shelfordella tartara*) para formular dietas que promuevan el crecimiento en las iguanas.

## IV. ANTECEDENTES

### 4.1 Legislación sobre el género *Ctenosaura*

#### 4.1.1 Normas y leyes internacionales

Las 18 especies del género *Ctenosaura* que son nativas de México y Centroamérica (Gutsche & Köhler 2008, Buckley *et al.* 2016), se encuentran amenazadas por la fragmentación y pérdida del hábitat, por la sobre explotación para consumo local de carne y por el tráfico ilegal en el mercado de mascotas (Faria *et al.* 2009, Stephen *et al.* 2014, Pasachnik *et al.* 2015). Actualmente, la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) clasifica a las siguientes especies como: casi amenazada (*C. alfredschmidti*), amenazada (*C. clarki*, *C. oaxacana*), vulnerable (*C. clarki*, *C. defensor*), peligro crítico (*C. oaxacana*) y preocupación menor (*C. similis*). Además, solo cuatro especies se encuentran consideradas dentro del apéndice II de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) COP15 (Conferencia de las Partes) Doha, Qatar. *Ctenosaura palearis* (endémica del Valle Motagua, Guatemala), *C. melanosterna* (endémica del Valle Aguán y Cayos Cochinos, Honduras), *C. bakeri* (endémica de la Isla Utila, Honduras) y *C. oerdirhina* (endémica de Roatán y las Islas Barbarettas, Honduras) por lo que en la COP 17 se propuso la inclusión del género *Ctenosaura* en el apéndice II para ayudar a regular el comercio y asegurar que no constituya una causa directa de la extinción de las especies que conforman al género, además de fungir como medida de combate y detección del tráfico ilegal.

Además de lo ya descrito, se tiene el conocimiento de que cada país Centroamericano aplican distintas medidas de protección a las especies pertenecientes al género *Ctenosaura*, donde se resalta Nicaragua por su ley de protección (decreto No. 547) de la iguana verde (*Iguana iguana*) e iguana negra (*C. similis*), el cual prohíbe la captura de ejemplares ya mencionados por medio del uso de fuego en sus madrigueras y la exportación de las especies vivas, muertas o sus huevos (Stephen *et al.* 2014).

#### 4.1.2 Normas y leyes mexicanas

El género *Ctenosaura* cuenta con once representantes dentro del territorio mexicano (Cuadro 1), de las cuales diez se encuentran enlistadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2019), bajo las categorías de amenazadas o protección especial debido a los usos y costumbres arraigadas en las zonas donde habitan (Suazo & Alvarado 1996).

La NOM-059-SEMARNAT-2010 menciona que la colecta de ejemplares, partes y derivados de la vida silvestre con fines de investigación científica y con propósitos de enseñanza requiere de autorización de la SEMARNAT, siendo permitida su reproducción y comercialización en cautiverio mediante las Unidades de Manejo y Conservación de la vida Silvestre (UMAs).

Cuadro 1. Estatus de clasificación de las iguanas de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, el método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER) y la Unión mundial para la naturaleza (UICN).

GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA	ÁREA DE DISTRIBUCIÓN
<i>Ctenosaura</i>	<i>acanthura</i>	Tilcampo	Pr	Golfo de México
<i>Ctenosaura</i>	<i>alfredschmidti</i>	Chop	Nt (UICN)	Península de Yucatán
<i>Ctenosaura</i>	<i>clarki</i>	Nopilchi	A/EN, VU (UICN)	Cuenca del Balsas
<i>Ctenosaura</i>	<i>conspicua</i>	Iguana blanca	VU	Islas del Golfo de California
<i>Ctenosaura</i>	<i>defensor</i>	Chop	P (MER) /VU (UICN)	Península de Yucatán
<i>Ctenosaura</i>	<i>hemilopha</i>	Iguana espinosa del desierto	Pr	Noreste de México
<i>Ctenosaura</i>	<i>Nolasensis</i>	Iguana de cola Espinosa de San Pedro Nolasco	VU (UICN)	Isla de San Pedro Nolasco, Golfo de California
<i>Ctenosaura</i>	<i>pectinata</i>	Iguana negra	A	Costa del Pacífico
<i>Ctenosaura</i>	<i>oaxacana</i>	Nguio	A (MER)/ CR, EN (UICN)	Región Istmo, Oaxaca
<i>Ctenosaura</i>	<i>similis</i>	Iguana listada	A/LC (UICN)	Sur de México a Centro América

Categorías (MER), Pr: Protección especial. A: Amenazada. P: En peligro de extinción. Categoría (UICN), CR: Critical (Peligro crítico), EN: Endangered (en peligro) LC: Least concerned (menor preocupación) NT: Near threatened (casi amenazada), VU: Vulnerable (vulnerable).

### 4.1.3 Áreas Naturales Protegidas

La comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (ANP) surgió como una estrategia clave para delegar acciones en las diferentes regiones prioritarias para la conservación, las cuales se caracterizan por tener una singular riqueza biológica, como Mixteca, Sierra de Juárez, Chinantla y Costa (Martínez *et al.* 2005, SEMARNAT 2012 *En:* Mandujano 2016). Las ANPs tienen como objetivo principal el conocimiento de las especies animales que existen, el número de individuos que conforman las poblaciones de esas especies y el número de individuos que se pueden aprovechar de determinada especie, sin comprometer su viabilidad a largo plazo (Mandujano 2016), salvaguardando la diversidad genética de estas, en particular las que se encuentran en peligro de extinción, amenazadas, raras, sujetas a protección especial o las endémicas (CONANP 2000).

Para el estado de Oaxaca se tienen registradas ocho ANPs con una superficie total de 330,868 ha. (Tabla 2). No obstante, 77% del territorio del estado está bajo régimen ejidal o comunal, dejando solo el 3.3% de superficie protegida dentro del estado (Meave *et al.* 2012). Anta-Fonseca & Sánchez (2009), y Ortega *et al.* (2010) indicaron que desde hace tiempo las comunidades y ejidos Oaxaqueños han mostrado su disposición y apoyo en la conservación de los ecosistemas no solo por medio de ANPs, sino también con la inclusión de UMAs y de áreas comunitarias de la conservación de las cuales ocupan el 15% del territorio estatal.

Cuadro 2. Áreas Naturales Protegidas en Oaxaca (Fuente SEMARNAT 2012).

NOMBRE	SUPERFICIE(HA)	AÑO DE DECRETO
Parque Nacional Lagunas de Chacahua	14,922	9 de Julio de 1937
Parque Nacional Benito Juárez	2,732	30 de diciembre de 1937
Santuario de la Playa Escobilla	30	29 de octubre de 1986
Santuario de la Playa de la Bahía de Chacahua	32	29 de octubre de 1986
Parque Nacional Huatulco	11,891	24 de julio de 1998
Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán	296,273 ha en Oaxaca y 193,914 en Puebla	18 de septiembre de 1998
Monumento Natural Yagul	1,076	24 de mayo de 1999
Área de protección de Flora y Fauna Boquerón de Tonalá	3,912	22 de septiembre de 2008

Estas áreas de conservación ocupan una superficie de 524,782 ha (74.26% pertenece a bienes comunales, 24.75% a ejidos, y 0.99% a propiedad privada); y de las 16 etnias indígenas en este estado, siete (zapotecos, chinantecos, chontales, mazatecos, zoques, mixes y mixtecos) han participado en este proceso, (SEMARNAT 2012).

Los espacios naturales ya descritos han servido de pauta para el estudio de la especie desde puntos biogeográficos, taxonómicos y filogenéticos (Rueda 2004), un ejemplo de ello fue el trabajo de Suazo & Alvarado (1994), quienes realizaron la descripción de las características de la especie, distribución y hábitat. Por su parte, Reynoso & Gonzáles (2005) dictaminaron que *Ctenosaura pectinata* se encuentra distribuida en el territorio de Tehuacán-Cuicatlán (Puebla-Oaxaca) además de que podría estar presente en otras ANPs; con base en la cercanía de algunos registros de colecta y que protegen ecosistemas en los cuales podrían habitar como en las Lagunas de Chacahua y

Huatulco. Sin embargo, aún con la prioridad de las ANPs los esfuerzos resultan insuficientes para la conservación del género debiéndose dirigir el manejo de poblaciones en áreas no protegidas, o proponer la creación de nuevas ANPs con fines de conservación a largo plazo en la República Mexicana.

#### 4.1.4 Unidades de Manejo de Vida Silvestre

El sistema de Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (SUMA) se estableció en 1997 en el marco del Programa de Conservación de la Vida Silvestre y Diversificación Productiva en el Sector Rural 1997-2000, con el objetivo de promover la implementación de las Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMAs), como una alternativa al desarrollo sustentable, favoreciendo la conservación del hábitat de la vida silvestre, la reducción de las tasas de pérdida de estas especies y la recuperación de las poblaciones de aquellas en riesgo. Al mismo tiempo de que se generan empleos e ingresos en las regiones en donde operan (Vences & Villegas 2014, Mandujano 2016). No obstante, Retes *et al.* (2010) puntualizan limitaciones, destacando la falta de capacitación de profesionales técnicos, escaso financiamiento de las dependencias gubernamentales, poco apoyo de las instituciones académicas, nulo apoyo para la comercialización y difusión de productos como las más importantes.

Las especies animales de mayor importancia manejadas dentro de las UMAs mexicanas son: el venado cola blanca (*Odocoileos virginianus*), iguana verde (*Iguana iguana*) y negra (*Ctenosaura pectinata*), cocodrilo (*Crocodilus moreletii*) y jabalí (*Pecari tajacu*) (Mandujano 2016).

Para el caso del género *Ctenosaura* (Cuadro 3) se tiene registro de 8,927 individuos criados en cautiverio (50 permisos corresponden a *C. pectinata* y 7 a *C. defensor* durante 2005 al 2018) en 13 UMA's y Predios e Instalaciones que Manejan Vida Silvestre (PIMVS).

Cuadro 3. Unidades de Manejo de Vida Silvestre (UMA), Predios e Instalaciones que Manejan Vida Silvestre (PIMVS) autorizadas por DGVS-SEMARNAT para el aprovechamiento de *Ctenosaura* en el periodo de 2005-2018 en México.

Año	Especie	Número de productores	Número de permisos	Número de iguanas
2005	<i>C. pectinata</i>	1	1	120
2006	<i>C. pectinata</i>	1	1	250
2007	<i>C. pectinata</i>	2	2	494
2008	<i>C. pectinata</i>	2	5	858
2009	<i>C. pectinata</i>	2	2	181
2010	<i>C. pectinata</i>	1	4	618
2011	<i>C. pectinata</i>	3	12	1782
	<i>C. defensor</i>	1	1	2
2012	<i>C. defensor</i>	1	2	5
2013	<i>C. pectinata</i>	3	6	2639
2014	<i>C. pectinata</i>	2	2	54
2015	<i>C. pectinata</i>	2	5	774
2016	<i>C. pectinata</i>	4	4	310
2017	<i>C. pectinata</i>	2	5	760
2018	<i>C. pectinata</i>	1	1	80
Totales			53	8927

#### 4.2 Conceptos básicos sobre manejo y aprovechamiento de *Ctenosaura pectinata*

##### 4.2.1 Historia sobre aprovechamiento de *Ctenosaura pectinata*

Durante la época prehispánica el consumo de reptiles (tortugas, cocodrilos y lagartijas) fue y se mantiene vigente en las diferentes culturas Mesoamericanas (Bustos-Zagal & Castro 2001). De lo anterior, resaltan dos especies de iguánidos: *Iguana iguana* y *Ctenosaura pectinata*, siendo esta última venerada y consumida por las diferentes culturas y civilizaciones (Pagden 1975 *En*: Suazo & Alvarado 1996, Abdala 2005, Reynoso 2008).

En el primer taller nacional de iguanas inaugurado en Pátzcuaro, Michoacán, se hace mención de algunos de estos grupos como los mayas (Yucatán) que consideraban su carne como saludable, los chontales (Tabasco). Huicholes y Coras (Jalisco y Nayarit), Huaves (Istmo de Tehuantepec), Amuzgo (Guerrero), Zapotecas, Cuitlatecas y

Tequistlatecas, cazaban individuos junto con otros animales silvestres (venados, jabalíes, armadillos, tejones y pavos). Se cuentan con los relatos de los primeros españoles, donde no solo describían su importancia alimenticia para los indígenas, sino que la cacería de estos reptiles se veía relegada a las clases más bajas de la sociedad. Además, varios hallazgos arqueológicos (vasijas, figuras y sellos) corroboran la costumbre (Abdalá 2005).

Por otra parte, Haller *et al.* (2006) notaron diferencias socioeconómicas no solo en las construcciones domésticas y mortuorias correspondientes al periodo clásico (200-800 A.D) en el poblado Oaxaqueño El Palmillo ubicado en el valle central del estado (Palerm & Wolf 1957), sino también diferencias en el consumo de carne, donde las clases privilegiadas se alimentaban de venado, conejo y pavo (Marcus 1992, Marcus & Flannery 1996, Zárate 1905), mientras la clase baja optaba por el consumo de reptiles (lagartijas y serpientes) y otros vertebrados de menor tamaño (Marcus 1992, Marcus & Flannery 1996).

Actualmente, el aprovechamiento de la especie continua en comunidades rurales o poblados marginados con resultados alarmantes debido a la sobre explotación de poblaciones para su consumo o para la obtención de ingresos económicos (Álvarez *et al.* 2006). Uno de los métodos principales para la captura de ejemplares utilizado en la planicie costera del Golfo de México se basa en la búsqueda de individuos en la naturaleza realizado por un grupo de pobladores los cuales llevan perros entrenados, una vez que se han encontrado un ejemplar en un árbol, uno de ellos busca asustar a la iguana para que esta intente escapar por tierra siendo así capturada por uno de los perros. Al ser capturada se procede a retirar y amarrar el tendón de una mano hacia la mano contraria por atrás del dorso, del mismo modo se cose el hocico para evitar que muerdan durante el transporte (Rojas 2018).

#### 4.2.2 Antecedentes sobre manejo y aprovechamiento de *Ctenosaura pectinata*

Se considera a *Ctenosaura pectinata* bajo protección dentro del territorio mexicano, ya que sus poblaciones han disminuido o desaparecido en algunas áreas de su distribución original, producto de la cacería furtiva, consumo desmedido y la modificación o destrucción de su hábitat (Álvarez del Toro 1973, Ramírez-Rojas 2004 *En: Álvarez et al.* 2006, Zurita-Carmona *et al.* 2009, Stephen *et al.* 2014). A manera de solucionar la situación de la especie, por medio del programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural 1997-2000, se busca la participación de todos los sectores sociales en especial de las comunidades rurales e indígenas dentro de las UMAs.

Bajo este precepto, nace el primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio, el cual buscaba mostrar a los productores mexicanos el potencial de la iguana verde (*Iguana iguana*) como unidades de producción, basadas en el valor de su carne para consumo, manufacturación de artículos de vestir a base de piel y la venta de ejemplares como mascotas (Alanís 1998, Delgadillo de Montes 1998, Gordillo & Escobar 1998, Zubieta 1998), además, de realizar estudios de conservación, reproducción y nutrición en la iguana negra (*C. pectinata*) en cautiverio (Aguirre *et al.* 1998, Barajas & Ortega, Cobos 1998). En los años subsecuentes la crianza de iguanas por medio de las UMA's siguió ganando terreno dentro del territorio mexicano, es reportado por el subcomité técnico consultivo-Iguanas (2009) 92 unidades registradas hasta el 2003 distribuidas en 18 estados de la república. En una publicación más reciente de DGVS-SEMARNAT (2018) reportan las autorizaciones de aprovechamiento (sin especificar los fines) para el género *Ctenosaura* desde el 2005 al 2018 para un total de 28 productores de los cuales 26 trabajaron con *C. pectinata* y solo dos con *C. defensor*.

#### 4.2.3 Valoración del comercio del género *Ctenosaura*

Mayoritariamente el mercado del género se centra en el ámbito internacional, considerándose a los reptiles como animales de compañía exóticos (Larkins & Trojaola 2012). Estados Unidos se coloca como el primer importador de ejemplares legales, cuadruplicándose la cantidad de individuos recibidos en el periodo de 2010 al 2018,

llegando casi a los 2000 ejemplares anuales pertenecientes al género *Ctenosaura* (USFWS 2018). No obstante, el mismo país importa el 50% de las exportaciones globales pertenecientes a *I. iguana* (Stephen *et al.* 2014).

Los principales exportadores de iguanas son los países Centroamericanos, siendo El Salvador, Nicaragua y Costa Rica los que se integraron al mercado de mascotas (Stephen *et al.* 2014). Bajo este contexto, los establecimientos dedicados a la eclosión y exportación de individuos se centran en *I. iguana*, aunque Nicaragua cuenta con dos granjas (Faumarnica y Ranica) las cuales venden *C. quinquecarinata* dentro del mercado internacional, una de estas granjas reporta la exportación de más de 6000 individuos al año (Stephen *Op. cit*). En materia del valor de venta para las iguanas, varía de acuerdo al país que exporta, por ejemplo, dentro del periodo 2005-2009 Guatemala reportó un valor por individuo de *I. iguana* de \$2.70 USD, mientras que El Salvador \$5.00 USD, Nicaragua \$1.00-\$3.00 USD, y de \$3.00 USD por ejemplar de *C. quinquecarinata* (Stephen *Op. cit*).

No obstante, se han encontrado ejemplares dentro del comercio estadounidense y europeo que no cuentan con los permisos de exportación de los países de origen por lo que se les considera dentro del tráfico ilegal internacional para el comercio de mascotas (CITES 2019).

#### 4.3 Factores del entorno que influyen en el crecimiento de reptiles

Los reptiles son un grupo diverso de vertebrados que se pueden distribuir de forma mundial, dentro de las áreas pertenecientes al pantrópico y neotrópico. Aunque, algunos integrantes se encuentran particularmente aislados o presentan un nicho específico dentro de su hábitat (Webb *et al.* 1978) como: el diablo espinoso de Australia (*Zoloch horridus*), el dragón de Komodo (*Varanus komodoensis*) en las islas de Indonesia Central y la tortuga boba papuana (*Carettochelys insculpta*) en el sur de Nueva Guinea y el territorio norte de Australia (Webb *et al.* 1978) El entorno condiciona el crecimiento de los individuos el cual a su vez se ve influenciado con las historias de vida de los mismos que determina la persistencia de las especies en sus hábitats (Tingley *et al.* 2013,

Pearson *et al.* 2014), por lo que utilizan espacios rocosos, madrigueras subterráneas, pastizales, bosques secos, selvas secas, áreas arenosas e inclusive ocupando entornos modificados por el hombre como carreteras (Badger 2002).

#### 4.3.1 Factores físicos: Temperatura, humedad relativa, fotoperiodo

Los reptiles se clasifican como ectotérmicos produciendo calor metabólico en bajas proporciones (Eckert *et al.* 1988), por lo que dependen de la temperatura del medio para alentar, disminuir o incluso detener su crecimiento (Vitt & Cadwell 2009). La elección de la temperatura ideal en la naturaleza dependerá de mecanismos termorreguladores de cada especie, definiendo un microclima adecuado dentro de su nicho ecológico (Bellairs & Attridge 1978, Eckert *et al.* 1988), esto último también está ligado a la disponibilidad de recursos repercutiendo en la elección de refugio, horas de ocupación y la vagilidad de cada especie en los diferentes biotopos (Beck 1990, Beck & Lowe 1991, Bulova 1994, Beck & Jennings 2003, Ariano & Salazar 2015).

Una de las conductas más notorias de las iguanas es tomar el sol de manera directa para elevar su temperatura a 36°C lo cual ayuda a la activación del metabolismo (Reynoso 2008); es por esto, que al presentarse la temporada de lluvias tienden a permanecer inmóviles, comenzando su actividad hasta que su temperatura corporal sobrepase los 30°C (Suazo & Alvarado 1996). Asimismo, diariamente durante las primeras horas del día presentan poca actividad por las bajas temperaturas que se registran durante este periodo del día.

Específicamente, la pérdida o ganancia de calor está ligada a su masa corporal, siendo los animales más pequeños (se incluyen a las crías) los que más fácilmente pierden o ganan calor en comparación a los adultos (Cloudsley-Thompson 1999). Las especies pueden compensar la pérdida ya sea por sus reservas lipídicas, teniendo un metabolismo más activo, contar con refugios óptimos (Arcos-García & López-Pozos 2009) o iniciando su actividad más temprano (Suazo & Alvarado 1996). Del mismo modo, la ganancia de calor está ligada a la exposición solar la cual puede ser directa, permanencia en una superficie caliente o la posición corporal que adopten para captar una mayor o menor incidencia de rayos solares (Miller & Harley 2016), estos métodos aseguran la estabilidad

de su temperatura corporal por varios grados encima de la temperatura del aire que los rodea (Bellairs & Attridge 1978).

Para la humedad relativa, esta se entiende como la cantidad de vapor de agua en el aire, usualmente expresada en porcentaje (Van Demark 2018), es considerado por las iguanas al momento de elegir habitar sitios con abundante vegetación y con cuerpos de agua. Sin embargo, algunas especies habitan lugares casi desérticos con poca precipitación (Reynoso 2008), de igual forma la escasez de agua es tolerada (al igual que otros reptiles) gracias a la excreción de ácido úrico en forma cristalina evitando la pérdida de agua (Smith & Brodie Jr. 1982, Alvarado & Suazo 1996).

De igual manera, la humedad relativa es considerada por las diferentes especies de reptiles en el momento de incubar sus huevos ya que requerirán cierta cantidad de agua para su desarrollo, por lo cual las hembras elegirán lugares con sustratos húmedos como: troncos en descomposición, rocas o grietas (Vitt & Cadwell 2009). En el caso de la anidación de iguana negra en vida libre se lleva a cabo en la época seca durante los meses de marzo a abril (Suazo & Alvarado 1996, Arcos-García *et al.* 2005a) donde estas escarbaran un nido superficial o profundo según el tipo de suelo pudiendo consistir en una red de túneles que al final desemboca en una cámara común (Rand & Dugan 1983). En cuanto al comportamiento de puestas grupales está documentado en organismos insulares donde se aprovecha al máximo los lugares óptimos disponibles además de ser una respuesta ventajosa ante la depredación (Rand & Dugan 1983).

El fotoperíodo juega un papel importante en el comportamiento de los reptiles, considerándose a las lagartijas y serpientes como animales diurnos o nocturnos (Clarke *et al.* 1996, Perry & Fisher 2006, Perry *et al.* 2008). Los reptiles presentan un tipo de orientación diurna por medio de la luz polarizada proveniente de los rayos del sol y que reflejan en el sustrato, ejemplo de esta reflexión se aprecia en los cuerpos de agua o en el suelo húmedo donde la luz reflejada es menor y las ondas de luz polarizada son mayores, mientras que en suelos secos se presenta a la inversa (Vitt & Cadwell 2009).

#### 4.3.2 Factores biológicos

La familia Iguanidae contiene individuos de tipo variado en los siguientes géneros: *Amblyrhynchus sp*, *Ctenosaura sp*, *Cyclura sp*, *Oplurus sp*, *Sauromalus sp* que viven principalmente en la zona intertropical de América (Arcos-García & López-Pozos 2009, Buckley *et al.* 2016), esta familia contiene a la subfamilia Iguaninae la cual comprende un grupo de ocho géneros de lagartijas longevas de tamaño relativamente grande (Burghardt & Rand 1982). No obstante, las especies pertenecientes a la subfamilia se encuentran con un rango de distribución limitado ya sea en ecosistemas insulares o terrestres, siendo particularmente susceptibles a la pérdida del hábitat, cambio de uso de suelo, especies invasoras y competidores (Buckley *et al.* 2016). El género de la subfamilia con la mayor cantidad de especies es *Ctenosaura* contando con 18 especies pasando por México, Centroamérica hasta en las islas de Colombia (Arcos-García & López-Pozos 2009, Buckley *et al.* 2016).

Las especies pertenecientes al género *Ctenosaura* se caracterizan por habitar bosques secos y húmedos, matorrales, selvas secas tropicales y subtropicales (Pasachnik *et al.* 2012), de igual manera se les puede encontrar en lagunas costeras, pantanos, playas arenosas, palmares, áreas perturbadas y potreros (Pasachnik 2015, Suárez-Domínguez *et al.* 2011). Una gran mayoría de especies son semi-arborícolas, buscando refugio ya sea al interior de los troncos o en terrenos rocosos (Köhler 2004, Rioja *et al.* 2012), estas cavidades funcionan como microhábitats los cuales facilitan la termorregulación de los individuos y las protegen de posibles depredadores (Duham *et al.* 1988 En Buckley *et al.* 2016, Rojas 2018).

#### 4.3.3 En condiciones de vida libre

El hábitat de la especie se puede dividir en dos fases, asociándose a las crías y juveniles al estrato arbustivo de la vegetación, evitando su depredación y coadyuvando su alimentación a base de insectos (Villegas & Vázquez 2001). Mientras que los individuos maduros y adultos buscarán asociarse a lugares rocosos ubicados sobre el plano costero, cañadas, barrancos, orillas de ríos, árboles y troncos secos o incluso lugares de impacto antropogénico tales como: caminos abandonados o poco transitados (Villegas

& Vázquez 2001, Rojas 2018, Cruz & Saldaña 2003). Las iguanas son importantes dentro de su hábitat ya que forman parte de la cadena alimenticia, fungen como controladoras de plagas (Esquivel 1999) y contribuyen en la regeneración de la vegetación mediante la dispersión de semillas (Gómez-Mora *et al.* 2012).

#### 4.3.4 En condiciones en cautiverio

El primer trabajo en cautiverio con iguana negra fue realizado por Throckmorton (1973) utilizando cuatro ejemplares adultos los cuales se mantuvieron enjaulados con gradientes de temperatura ambiental diurna de 24 a 32° C y nocturna de 24 a 29°C, reportando temperaturas corporales de 42°C (máxima) y de 30°C (mínima), el autor concluye que el coeficiente de digestibilidad aparente para las cuatro iguanas fue el máximo ofreciendo papa dulce *Ipomoea batatas* durante el día, en la noche las temperaturas de los individuos fueron las mismas que el ambiente.

Bajo condiciones de laboratorio o de encierro se ha emulado lo más posible las condiciones o parámetros que la iguana negra necesita para su crecimiento y desarrollo (Arcos-García *et al.* 2002, Arcos-García *et al.* 2005b). El factor determinante el cual se debe cuidar recaerá en la temperatura del encierro. Arcos-García *et al.* (2001) mencionan que la crianza de iguana negra es posible en climas templados considerando temperaturas confort (temperatura donde el individuo no siente ni frío ni calor) para la especie (Vitt & Cadwell 2009).

### 4.4 Productividad crecimiento y desarrollo de iguana negra

#### 4.4.1 Productividad

La iguana negra *C. pectinata* es considerada (junto con las siguientes especies: *C. similis*, *C. acanthura*, y *C. hemilopha*) como un animal en el cual se pueden aplicar las mismas técnicas de crianza usadas en la iguana verde debido a que estas habitan los bosques secos a lo largo de Centroamérica (National Research Council 1991, Rojas 2018), por lo que los lugares principales donde se establecieron UMAs fueron en

Michoacán, Jalisco, Tabasco y Oaxaca (SEMARNAT 2014 *En*: Vences & Villegas-Flores 2014). No obstante Arcos-García *et al.* (2002) demostraron que la iguana negra puede ser productiva bajo condiciones de cautiverio y en clima templado, logrando un crecimiento diario de 2.7 mm en longitud total en comparación con 2.0 mm para *Iguana iguana* por Delgadillo (1998). Sin embargo, solo se logrará siempre y cuando se establezcan sistemas de manejo y alimentación adecuada para que sea rentable (Arcos-García *et al.* 2002). No obstante, el sistema en cautiverio también presenta varias desventajas: el tiempo de crianza es tardado, el manejo debe de ser exhaustivo y se puede presentar una alta tasa de mortalidad en la etapa de cría por el desconocimiento de la biología de la especie (Arcos-García & López-Pozos 2009).

#### 4.4.2 Crecimiento

El crecimiento se define como renovación y adición de tejido para el reemplazo de células viejas o dañadas (Vitt & Cadwell 2009) siendo derivado de diversos mecanismos fisiológicos y metabólicos, estos a su vez se ven influenciados por la genética y factores externos (Rueda 2006).

Si bien se mencionó en párrafos anteriores las similitudes en la distribución y el hábitat de *C. pectinata* con *I. iguana*, una gran diferencia recae en el crecimiento ya que la segunda puede alcanzar el peso de 3 kg en 3 años, dando una ganancia promedio de 2730 mg/ día (Werner 1987), mientras que los pesos registrados en la ganancia de peso de la iguana negra varían de 121 a 696 mg/ día (Arcos-García *et al.* 2002, 2005c, 2007; Rueda *et al.* 2010).

Otra herramienta que se ha utilizado en la iguana negra son modelos basados en regresión-polinomial (Machorro *et al.* 2008, 2009) para explicar la relación entre el peso y la longitud-hocico cloaca, donde el coeficiente de 0.997 demostró que la incertidumbre original fue explicada por el modelo utilizado. Por último, Machorro *et al.* (2009) demostraron que la tasa de crecimiento fue decreciente desde la eclosión de las iguanas hasta los 7.64 cm (7.88 g/cm). Después los mismos autores mencionan que la velocidad

de aumento de peso presentó un gradiente positivo, alcanzando una longitud hocico cloaca de 28.1 cm.

#### 4.4.3 Desarrollo

El desarrollo en la iguana negra ha sido abordado en cautiverio o en vida libre para evitar la extinción de la especie (Javelly 1992, SEMARNAT 1997). Otro punto importante recae en que al igual que *I. guana*, *C. pectinata* presenta un ciclo reproductivo anual y estacional (Casas 1982). Se han identificado etapas importantes en el desarrollo de la especie, la primera a los 3 meses de edad y la segunda cuando alcanza la madurez sexual entre 2-3 años, siendo independiente del tamaño del ejemplar (Aguirre-Hidalgo & Reynoso 2000, Charruau *et al.* 2015, Montaña-Cruz 2000), además de que en el mes 21 se puede lograr apreciar las características morfológicas de la cresta dorsal, abultamiento de los hemipenes y la formación de poros femorales en los machos (Arcos-García *et al.* 2005b).

Para hembras y machos que llevan la copula se notan características importantes como: 1) la introducción de solo un hemipene del macho a la cloaca de la hembra y 2) que el aparato reproductor de la hembra es dividido e independiente (Arcos-García *et al.* 2005a, Oldham & Smith 1975) por lo que resulta de vital importancia vigilar que la hembra sea copulada en ambos lados del aparato reproductor (Arcos-García & López-Pozos 2009). Por último, es importante notar la madurez de los machos reproductores donde se recomienda que sean mayores a cuatro años, pero menores de siete como se presenta en *I. iguana* (Pinacho 2008).

En cuanto a las crías, estas tardan en eclosionar 92 días en promedio (intervalo de 80 a 108 días) (López-Rojas & Fuentes-Mascorro 2007, Morales-Mávila *et al.* 2016), No obstante, en condiciones de cautiverio para el estado de Oaxaca es reportado por López-Ruvalcaba *et al.* (2012) un tiempo de 71.2 días, de igual forma los mismos autores mencionan un porcentaje de eclosión del 80% lo cual contrasta bastante teniendo en cuenta que el reclutamiento de la especie es bajo, asumiendo un 5% de sobrevivencia de las crías (CITES 2019). Finalmente, su desarrollo ha sido abordado desde el cambio

ontogénico que se presenta en las crías y juveniles hacia la adultez, se había afirmado que la región cecólica presenta transformaciones para la asimilación del material vegetal (Durtsche 2000, 2004) lo cual no concuerda con los estudios llevados a cabo por Arcos-García *et al.* (2007) y Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) ya que las crías y juveniles no demuestran problemas ni en su digestión tampoco en el desarrollo. Lo anterior se puede ver explicado por protozoarios del género *Nyctotherus* y bacterias varias las cuales participan en la digestión del alimento en la iguana (Garza *et al.* 1986, Vélez-Hernández 2012).

#### 4.4.4 Cría de iguanas de manera intensiva

Normalmente, se consideran como variables limitantes del crecimiento, el tipo de dieta (Pough 1973, Vélez & Cobos 1997) y la temperatura ambiental (Troyer 1987), donde resultan ser limitantes, debido al factor económico para condicionar instalaciones que provean una temperatura ideal, afectando así la productividad de las iguanas (Arcos-García *et al.* 2005c).

El trabajo en cautiverio se ha focalizado en las crías debido a la búsqueda de incrementar el crecimiento y que los individuos lleguen más rápido a su etapa sexual de desarrollo, ya que se necesitan 3 años para que alcance su madurez sexual (Zubieta 1997). No obstante, Arcos-García *et al.* (2005a) identificaron poros femorales, cresta dorsal y hemipenes en crías de iguana con un año y nueve meses de crecimiento. Los estudios que se han llevado a cabo han incluido un tipo de dieta (Arcos-García *et al.* 2007, Rueda *et al.* 2010, Zurita-Carmona *et al.* 2009), temperatura (Arcos-García *et al.* 2005b) y la aplicación de modelos de crecimiento (Arcos-García *et al.* 2002, Machorro *et al.* 2009).

Se puede considerar el inicio de la pubertad en iguanas dentro del segundo y tercer año de vida, estando ligada al alimento ofrecido y a la calidad del mismo (Suazo & Alvarado 1994, 1996, Arcos-García *et al.* 2002). En este tiempo el dimorfismo de los géneros se hace más obvio, además, se presenta la ya conocida pigmentación negra y los patrones de comportamiento pre apareamiento donde el macho compete con otros machos por el

derecho a la copula (Arcos-García & López-Pozos 2009) en esta parte es importante el uso de las curvas de crecimiento para estimar el peso idóneo en que los individuos logren una copula exitosa (Arcos-García 2001). Es importante mencionar que en este evento las hembras utilizan el 34.5% de su peso en la gestación y puesta de huevos (Aguirre-Hidalgo 2002, Díaz-Juárez 2014).

Por otro lado, el tamaño de la nidada dependerá del peso y la edad de la hembra, donde López-Ruvalcaba *et al.* (2012) determinaron que las hembras reproductoras mayores de 4.5 años presentan mejores características reproductivas produciendo crías más pesadas, con mayor longitud hocico-cloaca y longitud total. Lo anterior mencionado resulta ventajoso ya que la iguana negra pone una nidada anual de 20 a 40 huevos (Morales-Mávil *et al.* 2016) llegando a un máximo de 70 (Aguirre-Hidalgo 2000, Lee 2000).

#### 4.5 Nutrición de *Ctenosaura pectinata*

La nutrición es definida por Hosey *et al.* (2013) como el proceso interno que ocurre en los organismos donde se toman y se absorben los nutrientes que proveerán la energía necesaria llevar a cabo otras actividades metabólicas. En el caso de los reptiles (incluyendo *C. pectinata*) se necesitan una menor cantidad de alimento debido a su termo dependencia, comiendo solo una o dos veces en la semana (Fontanillas *et al.* 2000). Propiamente la nutrición de *C. pectinata* se ha abordado desde análisis del contenido estomacal o de las heces de ejemplares capturados en vida libre (Durtsche 2000, 2004, Zurita-Carmona *et al.* 2009, Vélez-Hernández *et al.* 2012) y en la elaboración de dietas para animales en cautiverio buscando cubrir las necesidades de la etapa que se alimenta (Arcos-García *et al.* 2002, Arcos-García *et al.* 2005c, Arcos-García *et al.* 2007, Ortiz-Guzmán *et al.* 2013 Throckmorton, 1973). Zurita-Carmona *et al.* (2009) reportan 25.3% y 2,703 Mcal/kg de proteína y energía metabolizable respectivamente como las necesidades nutricionales de iguanas adultas.

#### 4.5.1 Antecedentes de la alimentación en vida libre de *C. pectinata*

A lo largo de su crecimiento *C. pectinata* presenta una alimentación distintiva en cada una de sus fases, Pough (1973) mencionó que los organismos con peso menor a 100 g son insectívoros mientras que individuos mayores a 100 g son herbívoros. De manera general las crías de iguana negra (peso menor a 10 g y 75 mm de LHC) buscarán alimentarse mayoritariamente de proteína animal. Durtsche (2000) analizó el contenido estomacal de 95 iguanas donde el consumo de materia vegetal (principalmente hojas, flores, frutos y brotes) predominó en los individuos adultos e inmaduros, mientras que para juveniles encontró un mayor consumo de insectos (62% del volumen dentro el contenido estomacal). Es importante mencionar que la materia vegetal consumida dependerá de la zona de estudio, así, las familias que representan la dieta en vida libre de la especie son: Leguminosae, Moraceae, Orchidaceae, Fabaceae, Asteraceae, Bombaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae, Tiliaceae, Asclepidaceae y Poaceae (Valenzuela 1981, Arcos-García *et al.* 2002, Arcos-García & López-Pozos 2009). Respecto al consumo de la materia vegetal por la estacionalidad que se presenta en zonas de mayor altitud se mencionan las siguientes partes de plantas: hojas en verano es del 100%, otoño 89%, invierno 70%, para que en primavera decaiga hasta 34%. En el caso de flores en invierno es del 30%, primavera 43%, otoño 11%, mientras que los frutos que se consumen en primavera y verano tan solo conforman el 10% de la dieta (Lara 1994, Alvarado & Suazo 1996, Suazo & Alvarado 1996). Para el caso de la alimentación a base de insectos en los tres estadios de crecimiento (crías y juveniles), en una menor medida en adultos (Cooper & Lemos-Espinal 2001, Zurita-Carmona *et al.* 2009, Vélez-Hernández *et al.* 2012) diversos autores han reportado las siguientes familias como parte de la dieta de la especie: Acrididae, Tettigoniidae, Tenebrionidae, Cysomelidae, Coccinellidae, Papilionidae, Pentatomidae, Formicidae, Lestidae, Carabidae, Nymphalidae, Sphecidae, Vespidae y Tipulidae. Asimismo, se han registrado otros artrópodos como arácnidos, ciempiés, milpiés y cangrejos, así como restos de vertebrados: ratones, piel de reptil, pescado y crías y embriones de aves; e invertebrados no artrópodos como caracoles (Álvarez del Toro 1972, Valenzuela 1981, Sánchez 1992, Suazo & Alvarado 1994, Zurita-Carmona *et al.* 2009). El consumo de insectos está ligado a la disponibilidad de los mismos en el hábitat natural de la iguana, Durtsche (2000)

puntualizó en su trabajo que las crías y juveniles se alimentan de las siguientes familias de artrópodos en la temporada de secas: Arachnidae, Formicidae y Acrididae, mientras que en temporada de lluvias: Scarabaeidae, larvas de dípteros y Tettigoniidae.

#### 4.5.2 Antecedentes de la alimentación en cautiverio de *C. pectinata*

Para ofrecer dietas que suplan las necesidades de la especie se necesitará el conocimiento de la dieta del animal en vida libre y sus características adaptativas del tracto intestinal (Rueda 2001). Del mismo modo, la realización de los procesos metabólicos en los animales solo será posible si se ofrecen sustancias que estos sean capaces de sintetizar (Mc Donald 1981). Las crías y adultos de iguana negra aceptan una gran variedad de alimentos vegetales y concentrados de acuerdo con la región donde se localizan, algunos con los que se ha trabajado son los siguientes: coliflor, tulipacho, alfalfa, jitomate, frijol germinado, papa dulce, quintoniles, romeritos, verdolagas, lechuga escarola, hojas de rábano, hojas de diente de león, berros, perejil chino, perejil lacio, nopal, papaya, tuna, pera, manzana, plátano, toronja, mandarina, lentejas germinadas, calabaza, flor de calabaza, flor de diente de león, chayote, zanahoria, pepino, cultivo de frijol, millonaria, alimento para bebé de frutas mixtas o tropicales, cereal en hojuelas de alimento para bebé de cuatro cereales (Arcos-García *et al.* 2007, Barajas & Ortega 1998, Dierenfeld & Kreger 1992, Ferrel 1994, González 1999, Javelly 1992, Throckmorton 1973). Por su parte, Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) llegan a la conclusión que la lisina es el aminoácido limitante en las dietas de la iguana negra por medio de la estimación en dos grupos de animales, presentando menor ganancia de peso (68 mg/día) los animales que no recibieron el aminoácido en comparación a los que se les adiciono en su dieta (127 mg/día) representando un incremento de peso del 187%.

#### 4.6 Uso de harina de animales en la crianza de especies domésticas

Con el conocimiento de la nutrición animal también se reconoció que dependiendo de la cantidad de agua en un alimento este será más propenso al deterioro (Baggini 2009). Razón por la cual se comenzaron a procesar granos de oleaginosas como la canola,

algodón, cacahuate, girasol y soya en forma de harina (Gallardo 2006, Wu 2018). Del mismo modo, harinas provenientes de fuentes animales tales como: sangre, carne, plumas, hueso y pescado (Martínez 2011 *En*: Dávila-Sánchez 2016). Normalmente se utilizan tres procedimientos para la generación y acondicionamiento de la harina los cuales consisten en la trituración de la materia prima seguida de la elaboración de pellets o extrusión (someter a presión y calor) del material, logrando así un producto de menor volumen el cual presentará un mayor valor nutritivo y digestibilidad (INATEC 2016 McDonald *et al.* 2010, National Research council 2003).

#### 4.6.1 Harina de pescado y soya en la alimentación de animales de granja

Normalmente la alimentación de los animales de granja está basada en ofrecer granos de cereales debido a que su composición resulta menos variable que los forrajes (Parsi *et al.* 2001). El cereal que más resalta es el maíz, debido a su alto contenido energético en forma de almidón el cual ha funcionado con creces dentro de la producción avícola, porcina y la ganadería de doble propósito (Gallardo 2006). No obstante, los mismos sistemas agrícolas han restringido su uso para la alimentación humana, además de otorgarle otros usos como la elaboración de biocombustible (etanol a partir de almidón). Razón por la cual se ha vuelto mandatorio la búsqueda de alternativas que lo reemplacen parcialmente dentro de los sistemas ya mencionados (Gallardo 2006). Dentro de las alternativas está la harina de pescado y de soya; en el caso de la primera se capturan y se cocinan las siguientes especies de peces: anchoas, capelin, menhaden, haddock y cod para después remover por compresión el aceite y el agua. Por último, el licor acuoso se concentra y se adhiere a la masa comprimida para secarse (McDonald *et al.* 2010). Su inclusión en las dietas de animales de granja actualmente se restringe a los no rumiantes, no obstante, su calidad proteica es alta y es una fuente importante de calcio, fósforo, colina, vitamina B<sub>12</sub> y riboflavina además de transmitir altos niveles de ácidos poliinsaturados a los animales que los consumen (Wu 2018). Sin embargo, el ofrecer harinas o aceites provenientes de estas especies a los animales se ve limitado por la industria pesquera llevando a la sobreexplotación de los océanos en busca de un recurso que pone limitantes a la producción de estas lo cual repercute en su precio disparándolo

(Martínez 2011 *En*: Dávila-Sánchez 2016, Olsen & Hasan 2012). Por su parte, la harina de soya resulta ser un subproducto proveniente de la extracción del aceite que se encuentra en el grano de la oleaginosa (Parsi *et al.* 2001). Este tipo de harina de origen tropical contiene una cantidad proteica sobresaliente (Buitrago *et al.* 1978, McDonald *et al.* 2010) lo cual la hace un excelente alimento para animales no rumiantes debido a su buen balance en aminoácidos (Parsi *et al.* 2001). Un ejemplo de lo anterior se denota en productores estadounidenses quienes usan una dieta simplificada de maíz y harina de soya para la alimentación de cerdos mostrando resultados favorables en su crecimiento (McDonald *et al.* 2010). Sin embargo, y al igual que ocurre con la harina de pescado, la demanda para la harina de soya va en incremento por lo que su precio tiende al alza, haciéndola en un futuro menos accesible y por consiguiente creando una oportunidad de búsqueda de fuentes alternativas de proteína para los productores (Nernberg 2019).

#### 4.6.2 Harinas alternativas en la fabricación de alimentos para animales de granja

Siguiendo con el marco del ofrecer alimentos procesados para la alimentación de animales domésticos, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reconoce y agrega a la lista otro tipo de harinas de origen animal y vegetal, asimismo como lo menciona Nernberg (2019) el termino alternativo resulta ambiguo debido a que el uso de un ingrediente tradicional en una región puede ser novedad en otra. A pesar de, él mismo autor engloba una serie de características que un alimento debe de tener para ser considerado como alternativo, entre las más importantes están: composición y calidad, variabilidad (fuente y proveedor), valor relativo (comparación de características nutrimentales vs las que ofrece un mercado), factores anti nutricionales (posibles características que interfieran con la digestión, metabolismo o la salud de los animales) y su palatabilidad. Algunas harinas provenientes de gramíneas que se han utilizado con éxito son: cebada, maíz, sorgo, avena, trigo, principalmente (Parsi *et al.* 2001) donde la harina de canola entra a formar parte del grupo debido a sus características similares a la soya, aunque advierten que tiene menor palatabilidad para el ganado (Soil Association 2010).

Roberts & Curnow (2019) recomiendan la inclusión de las siguientes harinas en la dieta de ovinos: coco, semilla de algodón, linaza, cártamo y girasol. Aunque es reportado que para el Reino Unido la gran mayoría de estos alimentos son usados para complementar la alimentación de animales monogástricos (Soil Association 2010, FAO 2013). Para la cosecha y posterior procesamiento del grano, normalmente el procedimiento a aplicar a la mayoría de los cereales es la molienda a razón de 600-800 micrones, siendo la excepción el trigo, el cual se recomienda ofrecer a 850-1800 micrones (Goodband *et al.* 1995).

Otro alimento alternativo que ha hecho camino en las últimas décadas es la harina de insectos, en la actualidad se está utilizando en la unión europea como sustituto de la harina de soya para la alimentación en granjas acuícolas y avícolas (Van Huis *et al.* 2013, Makkar *et al.* 2014).

#### 4.7 Antecedentes de requerimientos nutrimentales de reptiles insectívoros

En vida libre los reptiles pueden disponer una amplia gama de alimentos, no obstante, el comportamiento forrajero cobra dos gastos energéticos, uno para cubrir la necesidad diaria y el otro para cubrir necesidad del crecimiento (Gordon 2015, Nagy 2000). Un ejemplo de esto se presenta con el lagarto de cuello con volantes (*Chlamydosaurus kingii*) el cual puede alimentarse de 15 órdenes de invertebrados dependiendo de su variabilidad estacional (Griffiths & Christian 1996). Por otro lado, en cautiverio es recomendado el ofrecer dietas variadas a reptiles insectívoros lo cual ayudará a evitar problemas de obesidad o posibles desequilibrios en los minerales y vitaminas del animal (Hetévi *et al.* 2007). Sin embargo, Gordon (2015) opina que el ofrecer dos o tres especies comunes en el mercado (grillos, tenebrios y cucarachas de la madera) presentaran de igual manera deficiencias nutricionales ya que en la naturaleza solo se pueden encontrar algunos nutrientes específicos como por ejemplo la cantidad de taurina en las arañas es 40 a 100 veces mayor que en los insectos (Ramsay & Houston 2003).

#### 4.7.1 Principios de elaboración, condicionamiento y conservación de alimentos enfocados para reptiles insectívoros

Normalmente es considerado por diferentes instituciones el ofrecer alimento vivo a los reptiles insectívoros o parcialmente insectívoros, no obstante, la mayoría de las veces resulta difícil ofrecer una dieta que se acerque a las especies de insectos que se encontrarían en la naturaleza debido a un mercado reducido de especies de insectos, muchas veces son solo dos: grillos (*Acheta domestica*) y tenebrios (*Tenebrio molitor*) (Allen & oftedal 1982, Barker *et al.* 1998, Anderson 2000, Hunt Coslik *et al.* 2009). Actualmente, se cuenta con evaluaciones realizadas por Finke (2002, 2004) de diferentes tipos de insectos, donde confirma el déficit de nutrientes que presentan las especies por sí mismas, principalmente Ca.

En respuesta al reducido mercado de alimento vivo se concibe un mercado de dietas artificiales buscando un perfil nutricional balanceado (Bernard & Allen 1997, McClements *et al.* 2003). Dentro de las dietas disponibles están los productos enfocados para la alimentación y suplementación de minerales para insectos las cuales claman incrementar la cantidad de Ca en estos. Para corroborar la funcionalidad de los suplementos para insectos, Finke *et al.* (2005) evaluaron cuatro dietas comerciales que afirmaban ser buenas fuentes de calcio para grillos (*Acheta domestica*), concluyeron que solo un alimento logró suplir las necesidades de calcio al momento de ofrecerse a reptiles y anfibios.

Para evitar dificultades al momento de suplementar el alimento de los insectos (siendo su destino final la alimentación de reptiles) se debe de mezclar su contenido una vez obtenido el producto, el análisis proximal de la dieta mensual para cerciorarse que los porcentajes nutricionales están siendo alcanzados y por último, toda institución u organización debería formular y realizar el mezclado de su propio alimento para los insectos con los que pretenda alimentar (Bernard & Allen 1997, Finke *et al.* 2005, Attard 2013).

También, el mercado cuenta con diversos alimentos tipo concentrado, pellets, vitaminas y suplementos para diversas especies de reptiles insectívoras provenientes de diferentes

empresas productoras tales como: Zoo Med, Rolf Hagen USA, Fluker laboratorios, Tetra y Central Garden & Pet (Collis & Fenili 2011).

La ventaja que presenta el uso de este tipo de dietas es la adición de vitaminas y minerales que ayudan a que el reptil no presente deficiencias en macro y micro nutrientes, del mismo modo a mantener un equilibrio en la razón Ca:P con el fin de evitar enfermedades como: hipertiroidismo secundario nutricional, enfermedad metabólica ósea y osteodistrofia fibrosa (Attard 2013) de igual manera, la compañía de alimentos para animales Hagen por medio de su sello adjunto Exo terra comercializa alimento especializado para pognas a base de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) la cual además de tener un alto contenido proteico es rica en nutrientes, conteniendo un balance ideal de Ca:P (1.5: 0.9).

En cuanto a la preparación de pellets se utiliza el procedimiento de extrusión el cual se basa en calentar el material de dieta a altas temperaturas y someterse a presión para su gelatinización y formación de pellets de estructura firme (Terpstra 2015).

#### 4.8 Consideraciones legales sobre la utilización de insectos

La entomofagia ha sido ampliamente conocida en México y en el mundo y se ha incrementado de manera significativa, hay especies las cuales se han ganado un lugar en el mercado debido a su sabor y prestigio, haciendo que su explotación sea moderada (Ramos-Elorduy *et al.* 2006) debido a que la gente ha establecido una amplia variedad de métodos para su captura y preparación (Nonaka 2009). Algunas ciudades que han contemplado su consumo de forma gourmet son: Tokio, Sydney, Nueva York, Houston, San Francisco, Singapur (DeFoliart 1999, Menzel y D'Aluisio 1998), en Macao, París, Amberes y Hong Kong (Ramos-Elorduy).

Si bien se ha demostrado que el consumo de insectos tanto en humanos y animales puede ser un sustituto beneficioso de la ganadería convencional (Bukkens & Paoletti 2005, Crabbe 2012, Ramos-Elorduy 2009, Van Huis *et al.* 2013) la mayoría de las percepciones provenientes de la cultura occidental en conjunto con las opiniones negativas de los medios de comunicación han influenciado y mantenido los miedos y

fobias de la sociedad (Kellert 1993, Looy & Wood 2006) por lo que diversos organismos gubernamentales e instituciones han buscado combinar las tecnologías de la sanidad alimenticia en la crianza y procesamiento de insectos para entregar un producto al mercado (FAO 2008, Gahukar 2011, IPIFF 2019).

#### 4.8.1 A nivel internacional

En un comienzo la regularización del uso de insectos como alimento era ausente en los países desarrollados, en materia del establecimiento de granjas que apoyasen al sector alimenticio (Belluco *et al.* 2013, van Huis *et al.* 2013). Por décadas FAO ha tenido el conocimiento y ha apoyado el consumo de insectos a nivel internacional. La organización mencionó los beneficios nutricionales, económicos y ecológicos que podrían derivarse del consumo y la cría de insectos comestibles (FAO 2013), por lo que de esta última publicación se han generado alrededor del mundo varias publicaciones de expertos para la evaluación y seguridad de insectos enfocados a la alimentación humana y animal (FAO 2012, Nguyen *et al.* 2015).

Aunado a lo anterior, también es importante mencionar la inclusión de los insectos al concepto de “alimento nuevo” definiéndose como alimentos o ingredientes pertenecientes a alimentos que no han sido usados dentro de la alimentación humana en un grado significativo en la Unión Europea antes del 15 de mayo de 1997, considerando que el producto que se entrega debe ser inocuo y poseer una etiqueta que provea la información necesaria al consumidor (EC 2008 referida de Commission 97/618).

Recientemente, se tiene el conocimiento de organismos conformados por expertos en la materia como la IPIFF (International Platform of Insects for food and feed) los cuales recomiendan la aplicación de la legislación de alimentos bajo la regulación EC No 1069/2009 la cual permite el uso de insectos en la alimentación de animales productores o mascotas, además de incluir las regulaciones (EC) No 183/2005 y 852/2004 las cuales fortalecen el desarrollo de guías sobre las buenas prácticas de higiene y la aplicación de

los principios HACCP (Hazard analysis and critical control points) para lograr altos estándares en la seguridad de alimentos.

Otras recomendaciones incluyen diferentes estrategias en elección de especies, producción casera, entrenamiento de personal, factores que influyen en la categorización de insectos como alimentación humana o animal (elección, costos y confiabilidad), seguridad, salud, problemas ambientales y problemas estratégicos para la producción a nivel industrial (van Huis *et al.* 2013). A finales del 2015 se aprobó una ley que regula el uso de insectos comestibles tanto para alimentos como para piensos la cual entro en vigor a finales del 2017 (Cruz & Celis 2017). Entre las especies de insectos más utilizadas se encuentran: larvas de mosca común, pupas de gusano de seda, larvas de *Tenebrio molitor* y la mosca soldado-negra (Van Huis *et al.* 2013).

#### 4.8.2 A nivel nacional

Para el territorio mexicano, se ha tenido registro del consumo de insectos siendo ampliamente revisado en la literatura científica mexicana, no obstante, la entomocultura (domesticación y cría de insectos) permanece inexplorada (Cruz & Peniche 2018). Aunque en México se reportan 1,297 especies de insectos tradicionalmente consumidos, no se han considerado en los estudios la presencia o ausencia de características etológicas favorables para la domesticación de las especies (Ramos-Elorduy *et al.* 2012, Ramos-Elorduy & Pino-Moreno 2002, 2004), de igual manera se presenta una nula contemplación de cursos, carreras, diplomados o licenciaturas especializadas por parte de las instituciones de educación superior o centro de investigaciones para su crianza masiva (Cruz & Celis 2018) una explicación que dan Van Huis *et al.* (2013) recae en la visión occidental donde se les considera como plagas y no como alimentos.

Legalmente en el DOF no se encuentran ninguna de las especies de insectos comestibles referidas como plagas ni invasoras. Actualmente, y debido a las razones anteriormente mencionadas no se le ha prestado la debida atención por parte de la legislación mexicana, solo se conoce una propuesta de modificación a la Ley de Desarrollo Rural Sustentable elaborada por el Senador Francisco López Brito (Sinaloa)

sugiriendo la inclusión de las actividades de uso y aprovechamiento de insectos dentro de la ley como actividades agropecuarias (López-Brito 2015).

#### 4.9 Uso de insectos en la alimentación animal

El uso de insectos en la alimentación animal y humana presenta ventajas, desde su fácil manejo, rápida reproducción, alternativa proteica (composición de aminoácidos), rica en grasa, presentan cantidades adecuadas en vitaminas y minerales, con impacto ambiental menor que la ganadería convencional (Barker *et al.* 1998, Ladrón de Guevara *et al.* 1995, LIU *et al.* 2017, Renault *et al.* 2006). Al compararse estas ventajas con la producción convencional de alimento para ganado, los insectos requieren un menor espacio (Oonincx y De Boer 2012), utilizan menor cantidad de agua (Van Huis 2013) y emiten menor cantidad de gases de efecto invernadero. Los insectos son poiquilotérmicos no utilizan la energía metabólica para mantener una temperatura corporal constante pudiendo invertir más energía en su crecimiento, resultando en una alta eficiencia en la conversión de alimento (Nakagaki & DeFoliart 1991, Van Huis 2013). Actualmente los insectos son utilizados como alimentación en la acuicultura, avicultura, para mascotas o colecciones científicas o zoológicas en varias partes del mundo (Van Huis *et al.* 2013, Makkar *et al.* 2014).

#### 4.10 Cría de insectos

##### 4.10.1 Grillo (*Acheta domestica*)

Es la especie de grillo más conocida, debido a su rápida reproducción y poco requerimiento térmico. Se cría y se comercializa a nivel mundial como una opción viable para la alimentación del ser humano, especies insectívoras y como cebo para pesca deportiva (Bruse *et al.* 2004). Sexualmente se diferencian fácilmente si se observa el ovopositor alargado (Figuras 1 y 2) que se extiende de la parte posterior de la hembra, o si se nota la ausencia de este y la presencia de alas en los machos (Tuyú 2013). En el

caso de los huevecillos las hembras depositan su nidada en sustrato húmedo a temperaturas óptimas de 25-30°C y humedad relativa 50-60% (Booth & Kiddell 2007).

Los huevecillos eclosionan al cabo de 10 días. Después de 50-60 días los individuos nacidos serán adultos y estarán listos para aparearse (Bruse *et al.* 2004). El rango mínimo en temperatura es de 20°C y un máximo de 35°C. Las jaulas para crianza de grillos dependen de generadores de temperatura para un desarrollo ideal (Erens *et al.* 2012). Asimismo, deben de ser fáciles de manejar y de limpiar por el criador, contando con suficientes escondites para los grillos, los cuales aumentan la capacidad de cada jaula para contener más individuos (Arévalo & Iannacone 2015).

Los escondites necesitan quedar por debajo de un tercio de la altura total de la jaula para evitar su escape. El cartón para embalaje de huevo es el material más usado, estos son puestos verticalmente para permitir la ventilación de aire caliente permitiendo que los residuos (grillos muertos, mudas, heces, residuos de nutrientes) caigan al fondo de la jaula. La disposición de estos será con todas las crestas y valles unas contra las otras, en la forma contraria en la cual estos se almacenan juntos (Porter 2015). En materia de limpieza, Erens *et al.* (2012) comentan la importancia de realizarla cada tres o cuatro días como máximo, retirándose todo material de desecho y limpiando la superficie de la jaula por medio de cloro diluido en agua corriente en proporción de cinco por ciento de cloro.



Figura 1. Ejemplar macho de *A. domestica*

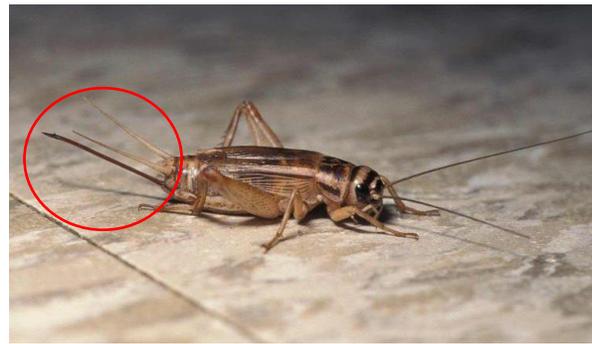


Figura 2. Ejemplar hembra de *A. domestica*, se observa el ovopositor alargado

#### 4.10.2 Cucaracha de bosque o Runners (*Shelfordella tartara*)

Este insecto le hace honor a su segundo nombre común debido a su innata rapidez para escabullirse e incapacidad para trepar por superficies lisas (Bruse *et al.* 2004). La especie presenta dimorfismo sexual, los machos adultos presentan tamaño de 19-22 mm de largo, coloración pardo rojizo a marrón y alados, mientras, las hembras adultas tienen un de largo 22-25 mm, presentan una coloración pardo chocolate a negras y carecen de alas (Figuras 3 y 4). Estas depositan un conjunto de huevecillos (ooteca) aproximadamente cada 14 días, de la que pueden nacer hasta 30 crías al cabo de 14 días más (Tuyú 2013), la temperatura óptima para el desarrollo embrionario es de 30°C, las ninfas se desarrollan a adultas en 118-137 días a temperatura de 30-35°C. Para su contención Bruse *et al.* (2004) denotan el uso de cajas plásticas (45 x 35 x 30 cm) o recipientes que cierren herméticamente, en los que se harán orificios de ventilación que se cubren con una rejilla metálica de malla fina. Como lugar de descanso al igual que los grillos recomiendan el uso de cartón para embalaje de huevo (hueveras) cortado en cuatro pedazos. Según sea la densidad de población habrá que añadirse más hueveras.



Figura 3. Ejemplar macho de *S. tartara*



Figura 4. Ejemplar hembra de *S. tartara*

#### 4.10.3 Tenebrios (*Tenebrio molitor*)

Las larvas de este escarabajo son ampliamente utilizadas en la alimentación de reptiles, aves, pequeños mamíferos y peces (Thompson *et al.* 1968, Jones *et al.* 1972, Martin *et al.* 1976, Goulte *et al.* 1978, Zwart & Rulkens 1979). Finke (2002) menciona su

importancia como opción para su producción intensiva en los países occidentales debido a que es una especie de climas templados, fácil de criar, cuenta con un ciclo de vida corto y bien documentado en la industria de alimentación para mascotas. Un ciclo completo de desarrollo (Figura 5) requiere aproximadamente 4 meses, siendo de vital importancia que los gusanos dispongan de alimento suficiente, de lo contrario puparán antes de tiempo (Bruse *et al.* 2004).



Figura 5. (De izquierda a derecha) Metamorfosis de la larva del *Tenebrio molitor*, pasando por la pupa y finalmente escarabajo

Por otra parte, Li *et al.* (2013) reportan que la incubación de huevos dura 3-8 días, el estado larval de 26-76 días, ninfa 3-12 días, las pupas 5-17 días, al alcanzar el estado adulto los escarabajos rápidamente comienzan su reproducción ya que solo viven un mes. Durante el mismo las hembras pueden producir una media de hasta 160 huevos (Bruse *et al.* 2004). Las larvas son criadas en recipientes plásticos (capacidad para 24 L) con sustrato alimenticio a una densidad inicial de 5 larvas/cm<sup>2</sup>, la temperatura de crianza es de 28°C, a un 65% de humedad relativa por medio de ventilación dinámica y un sistema de enfriamiento (Thévenot *et al.* 2017).

#### 4.11 Modelo de crianza de insectos

Después de haber considerado la literatura referente a los ciclos de vida y la crianza de las tres especies de insectos, se realizó un modelo conceptual de producción donde se identificaron los componentes de cada etapa que se realizó dentro del cuarto de

crianza (Figura 6). Las etapas que se cubrieron durante la crianza de insectos fueron: 1) Alimentación del pie de cría y de las unidades experimentales (UE), 2) escape de los individuos pertenecientes al pie de cría y la progenie, 3) revisión y selección de huevecillos, ootecas y pupas, 4) limpieza del pie de cría y de UE, además de controlar el ingreso al cuarto de crianza de organismos ajenos al proyecto y 5) liofilización y almacenamiento de harina de insectos.

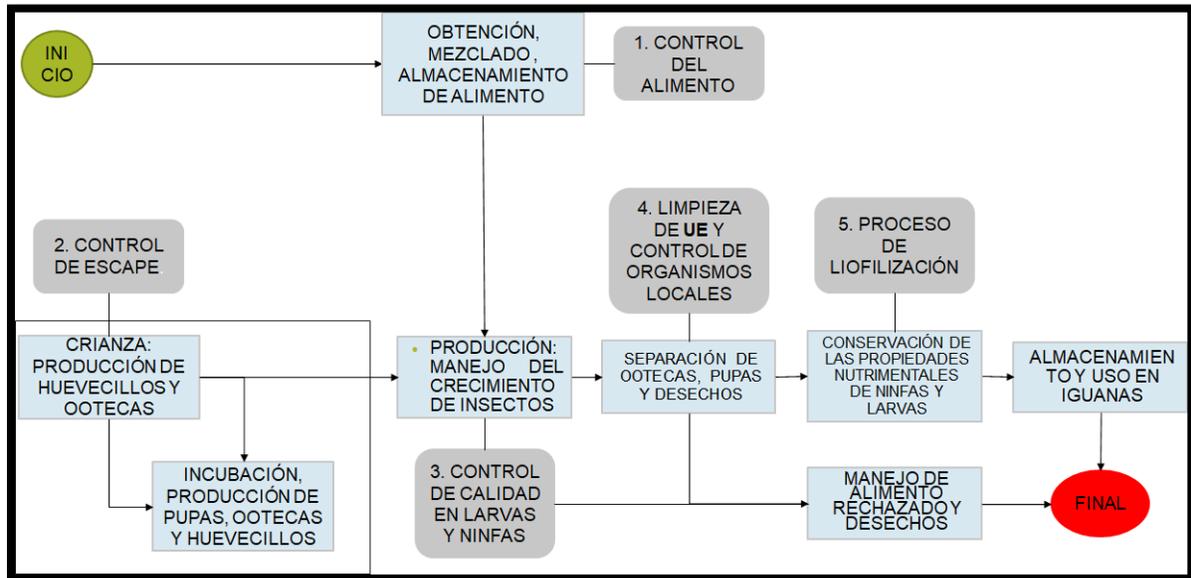


Figura 6. Diagrama para la producción de insectos en peso vivo y de harina de insectos (elaboración propia).

#### 4.12 Importancia nutrimental de los insectos

Cuadro 4. Comparación de análisis proximales para *Shelfordella tartara*, *Acheta domestica* y *Tenebrio molitor*. Modificado de Andrews, 2011 (Moon Valley Reptiles).

Item	MS	PC	GC	CEN	FAD	Ca	P	Ca:P	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Mn	Se	Mo	A	E
	%					%					ppm					IU/Kg			
<i>S. tartara</i> (Chica)	20.8	76.1	14.5	7.9	10.9	0.2	1.2	1:5	0.2	0.5	1.6	39	102	214	25	N/A	0.6	120	21.7
<i>S. tartara</i> (mediana)	28.3	62.9	26.5	6.9	12.8	0.2	1	1:5	0.2	0.4	1.2	33.5	89.5	164.5	18	N/A	0.6	83	17
<i>A.</i> <i>domestica</i>	31	64.9	13.8	5.7	9.4	0.1	1	1:9	0.1	0.5	1.3	28	58	188	31	0.58		240	43
Escarabajo <i>T. molitor</i>	38.6	63.7	18.4	4.5	16.1	0.1	0.9	1:11	0.2	0.2	0.9	22	89	113	15	0.29	1	12	9
Pupa <i>T.</i> <i>molitor</i>	39	54.6	30.8	3.4	5.1	0.1	0.8	1:10	0.2	0.2	0.9	18	42	95	12	0.29			
Larva <i>T.</i> <i>molitor</i>	37.6	52.7	32.8	3.2	5.7	0.11		0.77	1:7	0.2	0.1	0.9	19	43	100	14	0.31	240	

Se resaltan características bromatológicas importantes, DM: materia seca, PC: proteína cruda, GC: grasa cruda, cenizas: (CEN), FAD: Fibra ácido detergente, Ca: P; Relación de calcio y fósforo, A: vitamina A, E: Vitamina E.

En los cuadros 4 y 5, se muestran las características importantes de análisis bromatológicos. En cuando al porcentaje de materia seca reportado por el autor concuerda con la variación esperada del 15 al 40% del peso fresco de los insectos (Oonincx & van der Poel 2011, Oonincx & Dierenfeld 2012). Del mismo los autores reportan cantidades sobresalientes respecto al porcentaje de proteína cruda y de grasa cruda (Cuadro 4), del mismo modo que en las cantidades de vitamina A y D (Cuadro 5) en larvas de *T. molitor* y las ninfas de *S. tartara*.

No obstante, se debe de prestar especial atención a la relación Ca:P ya que las tres especies que se tomaron en cuenta en estos trabajos presentan menos del 50% requerido para llevar a cabo una alimentación en ratas y pollos (Finke 2015) por lo que es recomendable ofrecer una fuente de calcio en la dieta de los animales.

Cuadro 5. Comparación de cantidad de vitaminas encontradas en *Blatta lateralis* y *Tenebrio molitor*. Modificado de Oonincx & Dierenfeld, 2012.

	Vit E	α-Toc	Lut	Zea	AHL	Bcry	Bcar	Retinol	Vit A IU/kg Ms
mg/kg MS									
<i>Blatta lateralis</i> (S)	21.7±2.8	4.5±1.9	8.9±1.8	7.8±1.5	21.7±2.8	12.0±1.4	3.0±0.6	35.9±5.2	120±17
<i>Blatta lateralis</i> (M)	17.0±2.1	1.4±1.4	5.0±0.8	4.7±0.9	21.7±2.8	9.3±1.6	1.7±1.5	24.8±3.7	83±12
<i>Tenebrio molitor</i> (A)	9.0±2.1	6.0±1.4	2±0.3	0	0	0	3.4±4.0	3.6±4.2	12±14

Vit E: vitamina E, α-Toc: α-Tocoferol, Lut: luteína, Zea: zeaxantina, AHL: anhidroluteína, Bcry: β-criptoxantina, Bcar: betacaroteno, Vit A: vitamina A.

#### 4.13 Impacto ambiental de la crianza de insectos

La crianza de insectos presenta un impacto en el ambiente que puede ser dividido en directo: causado por alguna acción del proyecto, o indirecto: es el resultado del efecto producido por la acción (SEMARNAT 2018), esto se puede ejemplificar con los procesos respiratorios y metabólicos que se llevan a cabo: heces, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub> (Van Huis

& Oonincx 2017). Los niveles de emisión directa han sido evaluados para cinco especies de insectos (*Locusta migratoria*, *Pachnoda marginata*, *Blaptica dubia*, *A. domestica* y *T. molitor*), sin embargo, estos niveles resultan bastante menores si se comparan con el ganado convencional (Oonincx *et al.* 2010) para la producción de proteína un ejemplo son los resultados reportados por Oonincx *Op cit* para CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> para *A. domestica* (0.002±0.002 g/Kg MC/día, 0.1±0.13 mg/Kg MC/ día y 0.05±0.04 g/Kg MC/día) y *T. molitor* (-0.002±0.002 g/Kg MC/día, 1.5±0.13 mg/Kg MC/ día y 0.45±0.04 g/Kg MC/día) en comparación con cerdos (0.049-0.098 g/Kg MC/día, 2.7-85.6 mg/Kg MC/ día, 2.03-27.97 g/Kg MC/día) y ganado bovino (0.239-0.283 g/Kg MC/día, N/A, 5.98-7.08 g/Kg MC/día), donde MC = masa corporal.

Es importante remarcar que las especies *A. domestica*, *S. tartara* y *T. molitor* no están incluidas como invasoras en el Diario Oficial de la Federación (DOF 2016), por lo tanto, no presentan un riesgo. Adicional a lo anterior, estos insectos tienen un gran número de enemigos naturales que facilitan su control en el aumento de sus poblaciones. Las aves son el grupo que tiene el mayor número de insectívoros, en segundo lugar, están los mismos insectos como: la *Mantis religiosa*, algunos escarabajos y otras especies de grillos que se alimentan de cucarachas; así mismo, la mayoría de los reptiles y anfibios pequeños son un grupo importante de control de insectos como son ranas, sapos, lagartijas, iguanas e incluso pequeñas culebras que se alimentan de ellos (Bell *et al.* 2007, Pest strategies 2020, Raut & Gaikwad 2016, Vitt & Cadwell 2009).

#### 4.14 Ventajas biológicas a considerar en cucarachas

A diferencia de otros insectos, las cucarachas se caracterizan por poseer estrategias que mejoran su calidad reproductiva, Holbrook *et al.* (2000) demostró que en todas las especies de Blatodeos el apareamiento (en conjunto con la presencia física y química del espermátforo, la estimulación por parte del aparato reproductor del macho y la presión ejercida por una espermoteca llena) estimula la maduración de los Oocitos y pueden tener cierta influencia en los procesos reproductivos de las hembras (Bell *et al.*

2007). Por otro lado, en las hembras hablar de la migración de huevecillos desde los ovarios a través de los oviductos para ser orientados por las válvulas del ovopositor en dos filas para finalmente ser rodeados por una capa protectora de nombre ooteca (Roth 2003), a su vez, en las hembras familia Blattidae pueden albergar múltiples espermatecas (Bell *et al.* 2007) o en el caso concreto de *Periplaneta americana* después del apareamiento durante su primer periodo pre-ovopositorio podrá producir huevecillos fértiles por 346 días subsecuentemente a su primera ooteca (Griffiths & Tauber 1942). El descarte del espermátforo dependerá de la especie (Roth & Willis 1954, Jaiswal & Naidu 1976) además que en especies de tamaño pequeño (*B. germanica*, *Parc. fulvens*) su reproducción puede estar ligada a la disponibilidad de alimento (Lembke & Cochran 1990, Holbrook *et al.* 2000), en contraste con *P. americana* donde el consumo alimenticio no es necesario para la formación de cinco ootecas (Kunkel 1966). Las ootecas de los blatélidos suelen ser escondidas y en algunas especies (*P. americana*, *Supella longipalpa*) como en *B. orientalis* presentan un recubrimiento que retarda la pérdida de agua haciendo que las ninfas puedan eclosionar incluso al 0% de humedad relativa (Roth & Willis 1955).

En cuanto a la historia de vida de *S. tartara* (*Blatta lateralis*) las hembras producen 25 ootecas (Kim & Rust 2013) en comparación de individuos del mismo género de *B. orientalis* que solo producen de 5 a 10 ootecas (Gould 1941, Cornwell 1968). Otro factor importante es que la cantidad de huevecillos por ooteca se mantiene constante (16.8) y no como en *B. germanica* donde después de la cuarta ooteca el número de huevecillos comienza a decrecer (Willis *et al.* 1958 *En*: Kim & Rust 2013). Por último, Kim & Rust (2013) puntualizan que las hembras de *S. tartara* viven arriba de los 390 días, en comparación a los 100-110 días de las hembras de *B. orientalis* (Gould 1941 en Kim & rust 2013) o los 30 días sin una densidad especificada en escarabajos adultos de *T. molitor* (Bruse *et al.* 2004) o 120 días a una densidad de 0.21 escarabajos/cm<sup>2</sup> presentado por Berggreen *et al.* (2018).

## V. HIPÓTESIS

La producción de harina de *Shelfordella tartara* será mayor en relación con la harina de las otras especies de insectos e incrementará la productividad en crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*).

## VI. OBJETIVOS

### 6.1 Objetivo general:

Evaluar la productividad de crías de *Ctenosaura pectinata* mediante el uso de dietas con diferente harina de insectos (*Acheta domestica*, *Shelfordella tartara* y *Tenebrio molitor*).

### 6.2 Objetivos particulares:

Evaluar la producción de harina de tres especies de insectos (*Shelfordella tartara*, *Acheta domestica* y *Tenebrio molitor*) para el uso en dietas de crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*).

Evaluar la productividad al considerar el crecimiento en crías de iguana negra *Ctenosaura pectinata* con dietas a base de diferente proporción de harina de insectos.

## VII. MATERIAL Y MÉTODOS

### 7.1 Localización

La presente investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Conservación y Reproducción de Iguanas de la Universidad del Mar (CECOREI-UMAR; 15° 55' 23.1" N, 97° 09' 05" O; 12 msnm), localizado en el kilómetro 128.1 de la carretera federal Pinotepa Nacional-Puerto Escondido, (Pinacho 2008). El clima predominante Aw, según la clasificación de Köppen en Trejo (2004), que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación anual varía de 731.9 a 2,054 mm con un rango de temperaturas entre 24 y 26°C.

### 7.2 Duración del experimento

La duración del experimento fue de 14 meses con dos fases: 1) Instalación de criadero y producción de insectos, y 2) Alimentación de crías de iguana negra con dietas a base de harina de insectos.

### 7.3 Fase 1: Instalación de criadero y producción de insectos

Las labores realizadas en la producción de insectos se dividieron en dos partes:

1) Adecuación y limpieza del primer cuarto experimental, el cual tenía las siguientes medidas: 3.91 m de largo x 2.85 m de ancho x 5.50 m de altura (61.28 m<sup>3</sup>) perteneciente a la zona de incubación de huevos de iguana del CECOREI-UMAR.

2) Adecuación de dos estructuras metálicas con repisas de las siguientes dimensiones: 1.64 m de largo x 0.58 m de ancho x 2.19 m de alto, para la colocación de los criaderos de insectos.

### 7.3.1 Variables de producción para los insectos

- Producción de insectos

Se realizó la crianza de insectos durante ocho meses incluyendo dos periodos, el primero de acostumbramiento, producción en peso vivo y de harina, el segundo fue el uso de la harina de insectos para la elaboración de dietas. (Echávarri 2013, Dzamba 2014), mientras se continuó con la producción de insectos.

- Alimentación

Se prepararon cuatro kilogramos de alimento para elaborar la dieta común para la alimentación de las tres especies de insectos, considerando las recomendaciones de Bruse *et al.* (2004), en base húmeda: zanahoria, guayaba, manzana roja, leche en polvo, salvado de trigo, levadura, croquetas para perro.

El control de la alimentación se llevó acabo cada tercer día de manera vespertina buscando ofrecer cantidades fijas a los reproductores y progenie según la especie basado en la metodología de Attard (2013).

#### 1) Producción de grillos (*Acheta domestica*):

Se utilizó una caja cúbica de 50.15 dm<sup>3</sup> como unidad experimental que conformó a los reproductores; además de cuatro recipientes plásticos cilíndricos de 25.98 dm<sup>3</sup> como unidades de crianza. En todas las unidades se consideraron la disposición de hueveras de manera vertical con la finalidad de que las excretas cayeran al suelo y se secarán naturalmente. En la unidad reproductora, se dispusieron en cada extremo tapas plásticas de 0.039 dm<sup>3</sup> con gasa húmeda las cuales fungieron de doble propósito: bebedero y nido. Además, se incluyeron comederos plásticos de 16 cm<sup>3</sup> donde se colocó la dieta. Todas las tapas pertenecientes a las unidades experimentales fueron modificadas con agujeros para ayudar a la circulación del aire.

## 2) Producción de cucarachas *runners* (*Shelfordella tartara*):

Se usaron cuatro cubetas de 20.0 dm<sup>3</sup>, que fueron lavadas y desinfectadas. Para la nidificación, se utilizaron hueveras cortadas en el interior de las cubetas, las cuales proporcionaron escondite y un lugar adecuado de ovoposición. Asimismo, se colocaron tapas plásticas alimenticias de 0.039 dm<sup>3</sup>. Para evitar fugas por parte de las crías se aplicó una capa de cinta de aislar alrededor del perímetro interior de los recipientes cilíndricos. Por último, todas las tapas pertenecientes a las unidades experimentales fueron agujeradas de tal forma que el aire circular. La crianza de cucarachas se mantuvo constante bajo las condiciones del área habitacional donde se encontraban las unidades experimentales.

## 3) Producción de *Tenebrio molitor*:

La unidad reproductora de escarabajos tenía una superficie de 3.40 dm<sup>3</sup>, en su interior contaba con: un cono de huevo recortado, una capa de aproximadamente un centímetro de hojuelas de avena la cual fungió como sustrato incubador para los huevecillos los cuales cayeron por gravedad al momento de la ovoposición de las hembras, se colocó un plato plástico de 0.002 dm<sup>3</sup> para su alimentación. En el caso de las unidades experimentales se trabajó con recipientes plásticos de forma cubica de 9.438 dm<sup>3</sup> los cuales también contaron con una capa de un centímetro de hojuelas de avena la cual fungió principalmente como refugio y alimento alternativo para las larvas, mientras que la dieta se ofreció esparcida sobre el sustrato ya descrito. Finalmente, cada tapa de los recipientes fue agujerada en su parte superior para dar paso al intercambio de aire.

Al final de cada mes la progenie de cada especie insectos se sometían a un periodo de 24 horas de ayuno para que al momento de ser liofilizado no se presentarán restos de alimento consumido en la harina tal y como recomiendan Józefiak *et al.* (2018).

- **Liofilización de la producción de insectos:** El procedimiento previo a la congelación en seco fue la maceración de muestras de cada especie de insectos con un mortero. Cada muestra se puso dependiendo de la cantidad de insectos con

la que se contaba en vasos precipitados de 120 ml siguiendo la recomendación del fabricante. Se liofilizó por 24 horas a una presión 0.180 Bars y -55 °C (Labconco Freezone: Sistema de 2.5 L de secado en frío) en el Laboratorio de Microbiología CECOREI-UMAR.

- **Almacenamiento de insectos:** Una vez que se contaba con la harina de insectos esta fue pesada y almacenada en bolsas Ziploc por especie, o se utilizaba inmediatamente para la elaboración de las dietas, las bolsas fueron depositadas en una hielera en el interior del ultra congelador del Laboratorio de Bioquímica y nutrición CECOREI-UMAR (Józefiak *et al.* 2018).

#### 7.4 Fase dos: Selección y alimentación de Iguanas

##### 7.4.1 Selección de crías de iguana negra

Se seleccionaron 20 crías de iguana de acuerdo con la metodología utilizada por López-Ruvalcaba *et al.* (2009), se utilizaron ejemplares con pesos homogéneos.

El peso de cada individuo se determinó usando una balanza granataria, mientras la medición de las variables longitud se llevó a cabo con un flexómetro y Vernier. Se tuvo un peso promedio inicial de 8.9 g, longitud total de 228.9 mm, longitud hocico cloaca de 59.9 mm y longitud de la cabeza de 17.1 mm.

##### 7.4.2 Jaulas y condiciones ambientales

En el día de inicio del experimento se utilizaron jaulas donde se albergaron a las iguanas seleccionadas con las siguientes medidas 0.50 m x 0.50 m x 0.50 m (representando 0.125 m<sup>3</sup>) de rejilla metálica, fueron colocadas sobre la superficie del cuarto experimental (11.14 m<sup>2</sup>) CECOREI-UMAR, donde se adecuó a manera de piso una lámina plástica para cada jaula, facilitando la limpieza de heces, asimismo se ofreció agua y alimento

suficiente para que se suministrara cada tercer día dentro de cada encierro y se proporcionó un periodo de 24 horas luz proveniente de un foco de luz blanca de 100 Watts con 200 Lúmenes de intensidad y un ventilador de 110 volts que ayudó a la circulación del aire.

#### 7.4.3 Sorteo de dietas

Las dietas fueron sorteadas el 06 de agosto del año 2019, por medio de la página random.org, la cual asegura la aleatoriedad de los números por medio del uso de ruido atmosférico. Al inicio se consideró un periodo de acostumbramiento de cinco días al 50% para las dietas a base de insectos.

#### 7.4.4 Tratamientos

Se usaron cinco tratamientos alimenticios con dietas isoproteicas al 33% de proteína cruda, se formularon por medio del método de cuadrado de Pearson:

T1: Maíz + soya

T2: Maíz + cucaracha (*Shelfordella tartara*)

T3: Maíz + grillo (*Acheta domestica*)

T4: Maíz + tenebrio (*Tenebrio molitor*)

T5: Maíz + cucaracha (*S. tartara*) + grillo (*A. domestica*) + tenebrio (*T. molitor*)

#### 7.5 Variables para evaluar la productividad en las iguanas

- **Consumo de alimento:** Se aplicó la metodología mencionada por Arcos-García (2001), donde se pesó diariamente el alimento ofrecido y el rechazado. El consumo de alimento se determinó de la diferencia entre el alimento que se ofrece y el que se rechaza.

- **Ganancia diaria de peso:** Se pesó a la iguana al final de cada mes, restando del peso final el peso anterior dividido entre el número de días del mes.
- **Mediciones:** Las mediciones de las iguanas se realizaron a final de cada mes de acuerdo con López-Ruvalcaba (2009), se tomaron en cuenta las siguientes variables:
  - Longitud Total (LT): Se realizó por medio de una cinta métrica pegada en un costado de una tabla de escribir, se colocaba el ejemplar a medir en posición ventral de tal manera que la parte inferior del hocico estuviera en cero mientras que con una mano se aplanaba suavemente el cuerpo y se estiraba levemente la cola hasta alcanzar a extenderse en su totalidad.
  - Longitud hocico cloaca (LHC): Al terminar la medición de LT, el ejemplar se manipulaba y se colocaba sobre la tabla de manera dorsal logrando que este estuviera lo más recto posible para proceder la medición del parámetro por medio de un Vernier plástico, la primera punta era colocada sobre el borde del hocico del animal mientras se iba extendiendo la segunda hasta la abertura de la cloaca.
  - Longitud de cabeza (LC): Por último, el ejemplar se volvía a tomar en una mano, esta vez buscando inmovilizar con mucho cuidado las extremidades delanteras mientras que con la mano libre se manipulaba el Vernier para realizar a medición de la cabeza colocándose en la parte media de la nariz hasta donde terminaba el cráneo de este.
- **Conversión alimenticia:** Se tomó en cuenta el alimento consumido (g) entre la ganancia de peso (g) (Church & Pond 1987).
- **Análisis estadístico:** Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, considerando como control la dieta de maíz + soya. El criterio de tener muestras homogéneas consistió en obtener iguanas de pesos similares. El análisis de varianza se llevó a cabo por medio del paquete estadístico SAS (Versión 2010), en caso de encontrar diferencias significativas entre tratamientos se utilizó una prueba de Tukey (Steel & Torrie 1988).

## VIII. RESULTADOS

### 8.1 Producción de insectos

#### 8.1.1 Condiciones de las unidades de producción

Las condiciones ambientales fueron monitoreadas dentro del cuarto experimental donde la temperatura promedio fue de 29.5° C, la humedad relativa promedio fue del 81.3% (Figura 7).

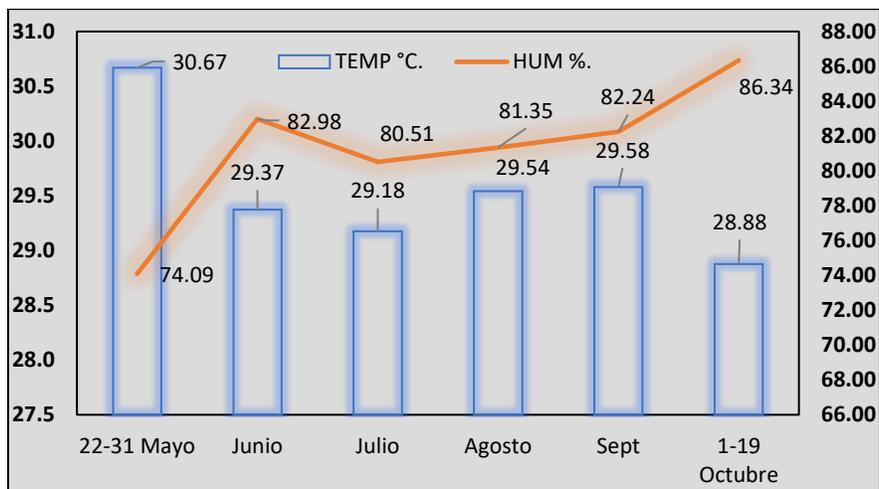


Figura 7. Condiciones ambientales dentro del cuarto de crianza en un periodo de seis meses

#### 8.1.2 Producción mensual de insectos

Durante los meses correspondientes a los dos periodos de producción de insectos se estimaron las cantidades en gramos de peso húmedo y alimento consumido de las cuatro unidades experimentales por especie (Cuadro 6). De igual manera, al final de cada mes se estimó el promedio de harina que se resultaba de la liofilización.

Cuadro 6. Presentación de la producción de las tres especies de insectos en dos periodos cada uno subdividido en tres grupos de aproximadamente 30 días. Se muestra el primer periodo (color gris) y el segundo periodo (color verde).

Especies	Variables	Duración de la producción de insectos para cuatro UE en días						TOTALES (g)
		31	30	31	30	31	31	
<i>Acheta domestica</i>	Peso fresco (g)	0	52	45.8	46.2	47.8	47.9	239.7
	Peso seco (g)	0	0	0	18.3	21.4	27	66.7
	Alimento consumido P. húmedo (g)	104.4	204.6	301	225	240	<b>234</b>	1309
<i>Shelfordella tartara</i>	Peso fresco (g)	22.8	20	18.4	35.6	40.6	64.6	202
	Peso seco (g)	7.6	5.6	6	11	13.3	20.5	64
	Alimento consumido P. Húmedo (g)	115	220	158.6	175.4	180.5	<b>102</b>	951.5
<i>Tenebrio molitor</i>	Peso fresco (g)	18	43.6	98.4	132.5	123.3	111.5	527.3
	Peso seco (g)	6	14.4	36.4	42.3	47.5	51.1	197.7
	Alimento consumido P. húmedo (g)	105	113	134.2	140.4	110.7	<b>112</b>	715.3

Al final del último mes la producción en peso vivo (peso fresco) se obtuvieron valores de para *T. molitor* (**111.5 g**), *S. tartara* (**64.6 g**) y *A. domestica* (**47.9 g**). Mientras que el total

en peso fresco en todo en experimento fue *T. molitor* (**527.3 g**), *A. domestica* (**239.7 g**) y *S. tartara* (**202 g**).

### 8.1.3 Rendimiento liofilizado

La información presentada en el cuadro 6 en la variable considerada de peso seco (g) para cada especie fue obtenida a final de cada mes después de haber sido liofilizada.

El total de la producción de harina (peso seco) correspondiente a las tres especies de insectos por medio del proceso de liofilización son los siguientes y la producción es decreciente, larvas de tenebrio (**197.7 g**), grillos (**66.7 g**) y cucarachas (**62 g**).

### 8.1.4 Alimentación

Se presentan los resultados de consumo alimenticio (Cuadro 6) en el último renglón para cada especie tomando en cuenta el último mes del experimento, donde los grillos fueron la especie con el mayor consumo (**234 g**), seguido de *T. molitor* (**112 g**) y por último *S. tartara* (**102 g**).

## 8.2 Variables de crecimiento en las iguanas

### 8.2.1 Peso de iguanas

El peso de las iguanas aumentó en todos los tratamientos en forma sostenida, las diferencias significativas determinadas hasta el día 106 ( $F = 4.16$ ,  $GL = 4$ ,  $P = 0.04$ ), obteniéndose pesos similares para los tratamientos de maíz + grillo y maíz + cucaracha (25.1 g y 25 g respectivamente) de los cuales los dos tuvieron diferencias estadísticas al ser comparados con el peso final del tratamiento (control) de maíz + soya ( $M + S = 17.7$  g).

Cuadro 7. Variable crecimiento en peso de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para el peso de los tratamientos, a los tiempos; 0: Inicio, 18: a los 18 días del experimento, 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

PESO DE LA IGUANA										
DÍAS	0		18		46		78		106	
	g	E.E.	g	E.E.	g	E.E.	g	E.E.	g	E.E.
TRATAMIENTO										
Maíz + soya	8.8	0.2	10.5	0.5	13.4	0.7	14.0	2.2	17.7 <sup>b</sup>	1.6
Maíz + cucaracha	9.3	0.2	10.6	0.5	14.3	0.7	18.8	2.2	25 <sup>a</sup>	1.6
Maíz + grillo	9.0	0.2	11.2	0.5	15.3	0.7	22.6	2.2	25.1 <sup>a</sup>	1.6
Maíz + tenebrio	8.8	0.2	10.8	0.5	11.9	0.7	16.2	2.2	19.1 <sup>b</sup>	1.6
M + C + G + T	9.0	0.2	10.7	0.5	14.4	0.7	21.3	2.2	20.4 <sup>ab</sup>	2.9
MEDIA	8.9	2.0	10.7	2.4	13.8	3.1	18.4	4.1	21.1	4.7

### 8.2.2 Longitud total

La longitud total (Cuadro 8) no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos durante el periodo experimental ( $F = 2.04$ ,  $GL = 4$ ,  $P = 0.18$ ). No obstante, el resultado para la dieta de cucaracha al final del experimento fue de 320.7 mm mientras que el valor de la dieta control fue de 289 mm.

Cuadro 8. Variable longitud total de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para la longitud total de los tratamientos, a los tiempos; 0: Inicio, 18: a los 18 días del experimento, 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

LONGITUD TOTAL										
DÍAS	0		18		46		78		106	
	mm	E.E.								
TRATAMIENTO										
Maíz + soya	233.3	10.5	253.0	11.0	278.7	14.1	289.3	10.1	289.0	10.6
Maíz + cucaracha	229.8	10.5	249.0	9.5	288.0	12.2	306.3	8.8	320.7	8.8
Maíz + grillo	224.5	10.5	249.5	9.5	284.0	12.2	307.3	8.8	308	8.8
Maíz + tenebrio	237.3	10.5	254.0	9.5	270.3	12.2	285.8	8.8	290.3	8.8
M + C + G + T	219.8	10.5	235.0	9.5	268	21.2	284	8.8	294.3	8.8
MEDIA	228.9	51.2	247.8	55.4	277.6	62.1	294.8	66.0	302.5	67.6

### 8.2.3 Longitud hocico cloaca

Para la longitud hocico cloaca (LHC) (Cuadro 9) solo se presentaron diferencias estadísticas hasta el final del periodo ( $F = 4.58$ ,  $GL = 4$ ,  $P = 0.03$ ) el tratamiento mayor fue el de Maíz + Cucaracha (**90 mm**) presentando diferencias estadísticas con todos los tratamientos exceptuando al tratamiento de Maíz + Cucaracha + Grillo + Tenebrio.

Cuadro 9. Variable longitud hocico cloaca de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para la longitud hocico cloaca de los tratamientos, a los tiempos; 0: Inicio, 18: a los 18 días del experimento, 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

LONGITUD HOCICO CLOACA										
DÍAS	0		18		46		78		106	
	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.
TRATAMIENTO										
Maíz + soya	58.0	1.8	66.3	1.7	71.8	2.3	76.8	2.7	80 <sup>b</sup>	2.5
Maíz + cucaracha	58.8	1.8	64.5	1.7	76.0	2.3	83.3	2.7	90 <sup>a</sup>	2.1
Maíz + grillo	59.0	1.8	67.0	1.7	76.3	2.3	84.3	2.7	82.7 <sup>b</sup>	2.1
Maíz + tenebrio	59.5	1.8	66.8	1.7	71.5	2.3	75.3	2.7	77.7 <sup>b</sup>	2.1
M + C + G + T	62.8	1.8	66.3	1.7	74.5	2.3	79.6	2.7	84.7 <sup>ab</sup>	2.1
MEDIA	59.6	13.3	66.2	14.8	74.0	16.5	80.1	17.9	83.1	18.6

#### 8.2.4 Longitud de la cabeza

Las medias para la longitud de la cabeza (Cuadro 10) no mostraron diferencias estadísticas durante el experimento ( $F = 2.48$ ,  $GL = 4$ ,  $P = 0.12$ ). Al final del periodo experimental el promedio de la longitud de la cabeza para las iguanas alimentadas con la dieta de cucaracha fue de 22.3 mm mientras que el valor para el control fue de 21 mm.

Cuadro 10. Variable longitud de la cabeza de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para la longitud de la cabeza de los tratamientos, a los tiempos; 0: Inicio, 18: a los 18 días del experimento, 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

LONGITUD DE LA CABEZA											
DÍAS	0		18		46		78		106		
	mm	E.E.									
TRATAMIENTO											
Maíz + soya	17.0	0.4	18.0	0.5	19.0	0.5	20.0	0.5	21.0	0.7	
Maíz + cucaracha	17.5	0.4	17.8	0.5	19.5	0.5	20.8	0.5	22.3	0.6	
Maíz + grillo	16.3	0.4	17.8	0.5	19.5	0.5	21.0	0.5	21.7	0.6	
Maíz + tenebrio	17.8	0.4	18.3	0.5	19.0	0.5	20.0	0.5	20.3	0.6	
M + C + G + T	17.0	0.4	17.5	0.5	19.8	0.5	19.8	0.5	21.0	0.6	
MEDIA	17.1	3.8	17.9	4.0	19.4	4.3	20.5	4.6	21.2	4.7	

### 8.3 Variables de consumo y digestibilidad

#### 8.3.1 Consumo de dietas

El consumo alimenticio de las crías tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), siendo mayor en los consumos acumulados al día 106 para los tratamientos de Maíz + Cucaracha y Maíz + Grillo (62.73 y 54.12 g respectivamente) (Cuadro 11), mientras que la dieta de mezcla de insectos no presentó diferencias en comparación con el control durante todo el experimento.

Cuadro 11. Variable alimento consumido de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para el consumo de los tratamientos, a los tiempos; 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

ALIMENTO CONSUMIDO (g)						
DÍAS	46		78		106	
	g	E.E.	g	E.E.	g	E.E.
TRATAMIENTO						
Maíz + soya	6.4 <sup>b</sup>	1.0	16.9 <sup>b</sup>	1.4	23.3 <sup>b</sup>	2.7
Maíz + cucaracha	11.5 <sup>a</sup>	2.6	33.7 <sup>a</sup>	1.4	62.7 <sup>a</sup>	2.7
Maíz + grillo	12.7 <sup>a</sup>	2.5	34.9 <sup>a</sup>	1.4	54.1 <sup>a</sup>	2.7
Maíz + tenebrio	4.7 <sup>b</sup>	1.0	4.7 <sup>b</sup>	1.4	23.2 <sup>b</sup>	2.7
M + C + G + T	8.2 <sup>b</sup>	1.5	8.1 <sup>b</sup>	1.4	36.6 <sup>b</sup>	4.6
MEDIA	8.7	3.5	19.7	4.4	40.0	8.9

### 8.3.2 Ganancia de peso

En cuando a la ganancia de peso (GDP, Cuadro 12) se puede notar un decremento para el día 78 en el tratamiento de maíz + soya, del mismo modo en el día 106 para el tratamiento de Maíz + Cucaracha + Grillo + Tenebrio. Para los otros tres tratamientos durante los periodos considerados la GDP tendió a crecer.

Cuadro 12. Variable ganancia peso de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para la ganancia de peso de los tratamientos, a los tiempos; 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento.

GANANCIA PESO POR PERIODOS (g)			
DÍAS	46	78	106
TRATAMIENTO			
Maíz + soya	4.6	0.6	3.7
Maíz + cucaracha	3.7	4.5	6.2
Maíz + grillo	4.7	7.3	2.5
Maíz + tenebrio	1.1	4.3	2.9
M + C + G + T	3.7	6.9	-0.9

### 8.3.3 Conversión alimenticia

Para la conversión alimenticia (Cuadro 13) se puede observar que en los primeros periodos son menores en comparación con el día 106. El valor en el día 78 para Maíz + Tenebrio fue menor (3.0) en contraste con los otros tratamientos, mientras que para el día 106 los valores mayores pertenecieron a los tratamientos de Maíz + Cucaracha (7.0) y Maíz + Grillo (6.9).

Cuadro 13. Variable conversión alimenticia de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para la ganancia de peso de los tratamientos, a los tiempos; 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento.

CONVERSIÓN ALIMENTICIA			
DÍAS	46	78	106
TRATAMIENTO			
Maíz + soya	2.2	---	6.9
Maíz + cucaracha	3.1	7.6	7.0
Maíz + grillo	3.0	4.8	6.9
Maíz + tenebrio	4.3	3.0	3.9
M + C + G + T	2.4	7.2	6.0

#### 8.4 Ganancia diaria de peso y de longitud diaria

##### 8.4.1 Ganancia diaria de peso

Se reportan diferencias estadísticas durante el periodo 46 ( $P < 0.05$ ) donde las iguanas con menor GDP fueron las que se alimentaron con la dieta de tenebrio (0.04 g/día) en comparación con los 0.13 g/día en la dieta de cucaracha o en el caso de la dieta de grillo 0.15 g/día. En los días finales del experimento no hubo diferencias estadísticas, pero se denota que la dieta de cucaracha presentó un valor de 0 en comparación con los valores negativos de las otras dietas.

Cuadro 14. Variable ganancia diaria de peso de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para el peso de los tratamientos, a los tiempos; 0: Inicio, 18: a los 18 días del experimento, 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

GANANCIA DE PESO DIARIA								
DÍAS	18		46		78		106	
	g	E.E.	g	E.E.	g	E.E.	g	E.E.
TRATAMIENTO								
Maíz + soya	0.09	0.03	0.11 <sup>a</sup>	0.02	0.02	0.05	-0.03	0.22
Maíz + cucaracha	0.07	0.03	0.13 <sup>a</sup>	0.02	0.14	0.05	0	0.22
Maíz + grillo	0.12	0.03	0.15 <sup>a</sup>	0.02	0.23	0.05	-0.13	0.22
Maíz + tenebrio	0.1	0.03	0.04 <sup>b</sup>	0.02	0.14	0.05	-0.07	0.22
M + C + G + T	0.1	0.03	0.12 <sup>a</sup>	0.02	0.20	0.05	-0.55	0.22
MEDIA	0.1	0.02	0.11	0.02	0.14	0.03	-0.16	-0.03

#### 8.4.2 Crecimiento diario en longitud total

No se encontraron diferencias estadísticas ( $F = 0.14$ , G.L. = 4,  $P = 0.96$ ,  $DE = 5.02$ ). La longitud total para las iguanas alimentadas con las dietas de cucaracha decayó al día 78 (0.59 mm/día), mientras que las dietas de grillo y tenebrio comenzaron a decaer desde el día 46 (1.23 y 0.58 mm/día respectivamente).

Cuadro 15. Variable crecimiento diario para longitud total de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para el peso de los tratamientos, a los tiempos; 0: Inicio, 18: a los 18 días del experimento, 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

CRECIMIENTO DIARIO PARA LONGITUD TOTAL								
DÍAS	18		46		78		106	
	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.
TRATAMIENTO								
Maíz + soya	-2.41	1.56	0.69	0.32	0.25	0.21	-2.60	2.77
Maíz + cucaracha	1.07	1.56	1.38	0.32	0.59	0.21	-2.35	2.77
Maíz + grillo	1.39	1.56	1.23	0.32	0.73	0.21	-2.72	2.77
Maíz + tenebrio	0.93	1.56	0.58	0.32	0.48	0.21	-2.43	2.77
M + C + G + T	0.85	1.56	1.18	0.32	0.5	0.21	-4.80	2.77
MEDIA	0.36	0.08	1.01	0.22	0.51	0.11	-2.98	-0.66

#### 8.4.3 Crecimiento diario en longitud hocico cloaca

No se encontraron diferencias estadísticas ( $F = 0.24$ , G.L. = 4,  $P = 0.91$ ,  $DE = 1.45$ ). En cuanto el crecimiento diario registrado por el tratamiento de cucaracha comenzó a decrecer al día 78 (0.23 mm/día hasta el final del experimento) de igual manera el tratamiento con las tres especies de insectos tuvo un comportamiento similar al tratamiento ya descrito (al día 78 0.20 mm/día). Mientras que para los tratamientos restantes el crecimiento comenzó a decrecer desde el día 46 siendo mayor para la dieta de grillo, seguido del control y por último la dieta de tenebrio (0.33, 0.20 y 0.17 mm/día respectivamente).

Cuadro 16. Variable crecimiento diario para longitud hocico cloaca de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos, tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para el peso de los tratamientos, a los tiempos; 0: Inicio, 18: a los 18 días del experimento, 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

CRECIMIENTO DIARIO PARA LONGITUD HOCICO CLOACA								
DÍAS	18		46		78		106	
	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.
TRATAMIENTO								
Maíz + soya	0.46	0.15	0.20	0.10	0.16	0.06	-1.32	0.80
Maíz + cucaracha	0.32	0.15	0.41	0.10	0.23	0.06	-0.56	0.80
Maíz + grillo	0.44	0.15	0.33	0.10	0.25	0.06	-0.79	0.80
Maíz + tenebrio	0.40	0.15	0.17	0.10	0.12	0.06	-0.61	0.80
M + C + G + T	0.19	0.15	0.29	0.10	0.20	0.06	-1.38	0.80
MEDIA	0.36	0.08	0.28	0.06	0.19	0.04	-0.93	-0.20

#### 8.4.4 Crecimiento diario de la longitud de la cabeza

De igual forma para el crecimiento diario para la longitud de la cabeza no se presentaron diferencias estadísticas ( $F = 0.24$ , G.L. = 4,  $P = 0.91$ ,  $DE = 1.45$ ). Se reporta para la dieta de cucaracha un crecimiento menor durante los primeros 18 días (0.01 mm/día) obteniendo su máximo hasta el día 46 (0.06 mm/día) y decreciendo hasta el día 78 (0.04 mm/día). La dieta de grillo presentó un mayor crecimiento dentro de los primeros 18 días (0.08 mm/día) presentando decrementos para los días subsecuentes al 46 (0.06 mm/día), y al día 78 (0.05 mm/día).

Cuadro 17. Variable crecimiento diario para longitud de la cabeza de crías de iguana negra a diferentes periodos de alimentación con insectos de cucarachas, grillos,

tenebrios y sus mezclas en un periodo de 106 días. Se presentan las medias para el peso de los tratamientos, a los tiempos; 0: Inicio, 18: a los 18 días del experimento, 46: a los 46 días del experimento, 78: a los 78 días del experimento y 106: a los 106 días del experimento. EE: Error estándar.

CRECIMIENTO DIARIO PARA LONGITUD DE CABEZA								
DÍAS	18		46		78		106	
	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.	mm	E.E.
TRATAMIENTO								
Maíz + soya	0.06	0.03	0.04	0.02	0.03	0.01	-0.35	0.21
Maíz + cucaracha	0.01	0.03	0.06	0.02	0.04	0.01	-0.14	0.21
Maíz + grillo	0.08	0.03	0.06	0.02	0.05	0.01	-0.17	0.21
Maíz + tenebrio	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	-0.17	0.21
M + C + G + T	0.03	0.03	0.08	0.02	0.02	0.01	-0.37	0.21
MEDIA	0.04	0	0.05	0.01	0.03	0	-0.24	-0.05

## IX. DISCUSIÓN

### 9.1 Producción de insectos

#### 9.1.1 Alimentación

El consumo de alimento de insectos hemimetábolos como *Acheta domestica* será dependiente de la temperatura, humedad, calidad de la dieta y de la cantidad de grillos dentro de las UE (Attard 2013, Ghouri & McFarlane 1958, Woodring 1983). El desarrollo de la especie se ve favorecido desde los 28°C alcanzando la etapa adulta más rápido a los 35°C (Attard 2013, Ghouri & McFarlane 1958). En cuanto a la humedad Ghouri & McFarlane (*Op. cit*) recomiendan mantener porcentajes bajos (<50%) en las UE evitando pudriciones en las dietas a base húmeda, esto fue contrarrestado acercando el plato alimentador a los cartones de huevo lo cual como lo expuso Attard (2013) donde seis platos alimentadores (con 30 g de dieta cada uno) fueron puestos en diagonal dentro de cada encierro, los platos cercanos a refugios o sombras presentaron mayor consumo (13.59, 22.20, 19.43, 21.76 , 18.71 y 23.04 g) en comparación a los más alejados (4.53, 4.99, 6.83, 4.90, 4.45 y 4.07 g) durante tres días.

Por otra parte, se concuerda para la ganancia de peso con los resultados reportados por Morales-Ramos *et al.* (2018) los cuales trabajaron con cinco ninfas a 29°C y bajo una humedad relativa del 65% a partir del día 44 (0.212 g) mostraron mayor ganancia de peso hasta el día 49 (0.332 g) y presentando un decremento al día 56 (0.322 g) hasta finalizar el ciclo. En este proyecto, el consumo máximo logrado por las UE reproductoras fue de aproximadamente 11g desde el día 30 hasta el día 59 siguiendo la recomendación de alimentar y reemplazar la dieta cada tercer día (Fernández-Cassi *et al.* 2018) teniendo en cuenta una cantidad de grillos reproductores de 150 g/UE en contraste con los 300 g/UE usado por Attard (2013) por lo que la cantidad de alimento consumido fue mucho mayor en este último estudio.

En cuanto al consumo alimenticio de *Tenebrio. molitor* fue menor debido a que larvas y escarabajos podían alimentarse del sustrato (hojuelas de avena), por lo cual se recomienda el uso de camas que no proporcionen nutrientes para poder observar el

consumo real del alimento. No obstante, Makkar *et al.* (2014) menciona la posibilidad de las larvas de desarrollarse consumiendo desperdicios siendo capaces de transformarlos en alimento de alta calidad al menor coste energético y cantidad de área (Ghali & Alkoaik 2009). Otro factor importante a mencionar son las proporciones en las dietas propuestas para la alimentación de las larvas en donde diversos estudios han utilizado salvado de trigo al 80% y elementos suplementarios al 20% en diferentes proporciones (Morales-Ramos *et al.* 2010, 2015), lo cual contrasta con el 19% y el 4% que se consideró para leche en polvo dentro de la elaboración de la dieta. No obstante, Rumbos *et al.* (2020) ofrecieron 30 g de elementos individuales a 10 larvas adultas de *T. molitor* durante una semana tales como: hojuelas de avena ( $1.74 \pm 0.7$  g), salvado de trigo ( $9.58 \pm 0.7$  g) y leche en polvo ( $0.57 \pm 0.1$  g) lo cual explica el máximo aprovechamiento que las larvas le daban a la dieta ofrecida ya que semanalmente consumían 5.32 g de salvado de trigo.

En cuanto a la influencia que tiene la temperatura y humedad relativa en el consumo alimenticio no se presentaron controversias debido a la alta tolerancia de la especie a las temperaturas, pudiendo crecer y alimentarse normalmente de 15°C a 40°C Lang & Fang Qiang (2009) mencionan que pueden sobrevivir en temperaturas extremas (0-15°C y 40-45°C) siempre y cuando la humedad relativa de las unidades experimentales este entre 52 y 75% (Punzo & Mutchmor 1980). Si bien al comienzo se presentaron perdidas de larvas por una mala circulación del aire dentro de las UE lo cual provocó que el sustrato se humedeciese, esto se controló al mejorar la ventilación de las UE en conjunto con la aireación del cuarto de crianza.

Por último, el alimento consumido para *Shelfordella tartara* (951.5 g) fue menor que *A. domestica* (1309 g) y mayor que *T. molitor* (715.3 g). Si bien la especie se utiliza ampliamente en la alimentación de vertebrados insectívoros no se ha reportado diferencias en el consumo de dieta ligadas a la temperatura o humedad relativa. Algunos autores (Gould 1941, Józefiak *et al.* 2016, Kulma *et al.* 2016, Zabinski 1929) reportan temperaturas de 25-30°C bajo condiciones de cautiverio. No obstante, Kapadnaze (1971) menciona llevar a cabo el crecimiento de la especie a temperaturas de 30 a 35°C. En el caso de la humedad relativa Bruce *et al.* (2004) reportan que porcentajes altos en el cuarto donde se lleve la cría resultan ventajosos para la crianza de cucarachas (y las

otras dos especies en este proyecto) que son alimentadas con trozos de zanahoria ya que no se secarán ni tampoco se enmohecen, siendo devoradas en su totalidad. Si bien no se consideró el registro de la temperatura y la humedad relativa en el domicilio donde se llevó la cría de la cucaracha se sabe que Puerto Escondido tiene una temperatura anual promedio de 27°C y la humedad relativa anual es de 84% (Weather Spark 2018).

#### 9.1.2 Producción de insectos en peso vivo y harina

El éxito de la crianza y producción de harina de insectos dependerá no solo de las condiciones ambientales, dieta y espacio que se ofrezca a las especies que se manejen en el criadero (Rumpold & Schlüter 2013, Makkar *et al.* 2014, Józefiak *et al.* 2016). Aunque hubo fluctuaciones en las condiciones ambientales el promedio durante la producción de insectos de la humedad relativa (63-72%), no se experimentaron contratiempos por la temperatura ambiente del cuarto experimental en la producción de *A. domestica* y *T. molitor*, Józefiak & Engberg (2015) indican que una alta humedad relativa (>70%) puede resultar mortal para el pie de cría de *T. molitor*, en este estudio esto se contrarrestó proveyendo cada unidad experimental con una mayor aireación por lo que las larvas pudieron crecer hasta la talla deseada, recolectándose con cierta periodicidad durante los meses correspondientes a la producción.

En materia de las cucarachas, al igual que con las otras dos especies de insectos se contaron con cuatro UE donde, las ootecas generadas por las hembras se recolectaron durante los primeros 30 días del periodo uno, de igual forma, las ootecas recolectadas en los primeros 14 días comenzaron su eclosión para el día 45. Si bien, *S. tartata* (también conocida como *Blatta lateralis*, *S. lateralis*) es originaria de medio oriente (Alesho 1997) incluyendo zonas de India (Sandhu & Sohi 1981) y Asia central (Roth & Willis 1960). Logró dispersarse hasta el sur oeste de los Estados Unidos por medio del comercio (Rehn 1945), sin embargo, como la mayoría de especies de cucarachas posee gran adaptabilidad (Boraiko 1981) siendo reportada en México por Estrada-Álvarez (2013) en los siguientes estados: Coahuila de Juárez (en dos municipios), y en Chiapas

(10 de 123 municipios) por consiguiente su crianza en cautiverio en el municipio de San Pedro Mixtepec no fue la excepción desarrollando su ciclo como lo describen Kim & Rust (2013).

A pesar de ello, Józefiak & Engberg (2015) expresan limitaciones en la producción de insectos, sobre todo si se tienen contratiempos en la reproducción, haciendo que no se tenga una producción constante. Un ejemplo de esto fueron los contratiempos durante el primer periodo por la presencia de hormigas comunes de la región, las cuales se alimentaban de las mudas, individuos muertos o de las pupas (tenebrio) lo cual pudo repercutir en la producción de las dos especies criadas en el mismo cuarto.

Asimismo, Józefiak & Engberg (2015) denotan los precios elevados de insectos y de harina de insectos no pudiendo competir en el mercado con otras fuentes de proteína. No obstante, las posibles soluciones que se establecen para la producción masiva requieren el desarrollo de tecnologías automatizadas en todas las etapas de crecimiento de los insectos asegurando la seguridad del producto y su calidad (van Huis *et al.* 2013, Muys & Roffeis 2014, Józefiak *et al.* 2016).

## 9.2 Variables evaluadas para la iguana negra

### 9.2.1 Peso de las crías de iguanas

El peso en las crías de iguana se ve influenciado por el tipo de alimento ofrecido (Rueda-Zozaya 2006), del mismo modo que la temperatura corporal de las crías facilita el paso de dietas por el tracto digestivo (Durtsche 2004). Los resultados obtenidos al final de 106 días del experimento concuerdan con Arcos-García *et al.* (2002), quienes ofrecieron por cinco meses, una dieta basada en sus conocimientos de la especie, consistiendo de: tulipacho (*Hibiscus sp*) y ocasionalmente: chapulines, larvas de mariposa (*Galeria mellonella*) y repollo (*Brassica oleracea*) resultando en peso promedio de 8.6 g en las crías a los 153 días, siendo mayor para las crías del poblado de Montecillo (18.8 g) (Arcos-García *et al.* 2002).

De igual manera, para el aumento de peso diario Arcos *et al.* (*Op. cit*) obtuvieron una cifra de 0.06 g/día en un periodo de 153 días, resultando menor en comparación con el aumento diario de peso para la dieta de cucaracha y la combinación de insectos (0.14 y 0.20 g/día respectivamente). De igual manera Rueda-Zozaya (2006) ofreció alimento comercial para gallinas (Pollina) y conejina como dieta en crías de iguana encontrando que para los primeros quince días había un aumento mayor para las dos dietas (pollina 0.36 y conejina 0.37 g/día), a pesar de esto, en los días subsecuentes el aumento diario de peso para la conejina decrecería al periodo de 60 días a 0.14 g/día mientras que la pollina alcanzaría el mismo valor solo hasta el periodo de 90 días. Si se comparase nuevamente los resultados de Rueda-Zozaya (*Op. Cit*) al día 105 el crecimiento diario por pollina y conejina sería de 0.13 y 0.12 g/día respectivamente.

Algo que se puede recalcar de este experimento, fue como el tratamiento a base dieta de cucaracha no presentaron pérdidas durante el periodo 106, mientras que los tratamientos control y tenebrio muestran comportamientos similares en cuanto a la perdida y ganancia de peso. Si bien se mencionan las perdidas en peso presentadas por Rueda-Zozaya (*Op. Cit*) cabe aclarar que en periodos superiores a los 105 días las iguanas fueron capaces de aumentar su ganancia diaria de peso en el periodo 120 días a base de una alimentación con pollina y conejina, lo cual podría dar pauta a pensar en mayores o menores aumentos en la ganancia diaria de peso en las crías de iguana negra alimentadas con insectos en un periodo mayor a los 106 días.

Finalmente, Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) reportan una ganancia día de peso de 0.15 g/día en crías de iguana negra con un peso promedio inicial de 5.5 g, en un periodo de 150 días por medio de la adición de 0.3% del aminoácido lisina, resultado el cual se vería superado por la dieta de insectos mixta y la dieta de grillo durante el periodo del día 78 (0.20 y 0.23 g/día respectivamente). No obstante, se debe de considerar el peso inicial de las crías en este experimento el cual fue de 8.9 g.

## 9.2.2 Longitud total y longitud hocico cloaca en crías de iguanas

Para la longitud total no se encontraron diferencias estadísticas al final del periodo experimental, lo cual va de la mano con el trabajo de Arcos-García *et al.* (2007) donde dietas con diferente proporción de larva de mosco (*Notonecta unifasciata*) no presentaron diferencias estadísticas, pero reportaron promedios de 2.7 mm/mes para las dietas con proporciones 2:3 y 3:2 (proporción mosco: vegetales). No obstante, hasta ahora las diferencias estadísticas para la medición del cuerpo se han reportado después del día 150 (Arcos-García *et al.* 2001, Ortiz-Guzmán *et al.* 2013).

Cabe mencionar que la LT en ocasiones no es una característica apropiada debido a la pérdida total o parcial de la cola de los ejemplares a manera de mecanismo de supervivencia ante los depredadores o ante el estrés (Clodsley-Thompson 1999 *En*: Arcos-García 2001) tal y como sucedió con una de las iguanas pertenecientes al tratamiento de Maíz + Soya. Razón por la cual es mejor evaluar el crecimiento de las crías desde la LHC y el peso (Machorro *et al.* 2009).

En cuanto al crecimiento diario en la longitud total se nota que para los periodos de los días 18 y 46 en las dietas a base de cucaracha (1.07 y 1.38 mm/día respectivamente) y grillo (1.39 y 1.23 mm/día respectivamente) los cuales resultan superiores al compararlos con lo reportado por Arcos-García *et al.* (2007) para crías de iguanas con peso promedio de 11.5 g con valores de 0.10 mm/día para las proporciones de 2:3 y 3:2 de mosco y vegetales y a lo reportado por Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) en crías de peso promedio inicial de 5.5 g utilizando 0.3% de lisina (0.07 mm/día).

Acerca de la longitud hocico cloaca, Rueda-Zozaya (2006) menciona que el crecimiento en esta variable se ve influenciado por el sexo de los ejemplares; siendo diferenciable hasta el mes 21 en las crías de iguanas (Arcos-García *et al.* 2005b). Las diferencias estadísticas se hicieron presentes al último día del experimento y los resultados obtenidos para el periodo 18 concuerda con lo que reportan Arcos-García *et al.* (2007) para las dietas con diferente proporción de mosco: vegetales. De igual forma, las diferencias entre tratamientos para los trabajos de Arcos-García *et al.* (2001) y Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) se presentaron después del día 150. En el caso de Rueda-Zozaya

(2006) ella menciona que la LHC mejora entre el día 60 y 150 utilizando concentrado para pollo. No obstante, Arcos-García *et al.* (2005b) puntualizan que la LHC no es tan importante en comparación con la ganancia diaria de peso (GDP) para el desarrollo óptimo de las crías de iguana.

Para el crecimiento diario de LHC los valores más altos fueron registrados en los periodos correspondientes a los días 18 y 46 para las dietas de cucaracha (0.32 y 0.41 mm/día) y grillo (0.44 y 0.33 mm/día) mismos que claramente contrastan con las dietas de pollina y conejina por Rueda-Zozaya (2006) para periodos similares de días, (4.05 y 4.07 mm/día en un periodo de 15 días; 1.48 y 1.49 mm/día en un periodo de 45 días). No obstante, los resultados expuestos por la autora no se comparan a los de Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) en cuanto al uso de pollina siendo el crecimiento de 0.02 mm/día, aunque este resultado pudo verse influido por las condiciones ambientales exteriores en donde se llevó a cabo el experimento, de la misma forma que en el cuarto experimental tampoco hubo control de la temperatura ambiental durante el periodo experimental.

Por último, si los resultados obtenidos son comparados con el crecimiento de 0.03 mm/día reportado por Arcos-García *et al.* (2007), se muestra una ventaja al usar insectos comerciales en combinación de maíz ante las larvas de *Notonecta unifasciata* con vegetales (*Medicago sativa* y *Lycopersicon esculentum*).

### 9.2.3 Longitud de la cabeza en crías de iguanas

Para la longitud de la cabeza no se encontraron diferencias durante el periodo experimental, esto puede interpretarse como una tendencia normal en la expresión del crecimiento y desarrollo en la iguana negra, ya que como lo mencionan Arcos-García. *et al.* (2005b), el peso y la longitud de la cabeza llegan a mostrar diferencias entre machos y hembras hasta los 18 meses, siendo a los 21 meses aún más notorios. En el caso de la adición de lisina al 0.3 % en el alimento para crías de iguana Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) observó que el porcentaje del crecimiento de la cabeza, LHC y LT fue mayor en comparación al control (por 167.6%, 165.5% y 164.7% respectivamente). Al final del periodo experimental la mayor longitud de cabeza presentada fue para la dieta de

cucaracha, la tendencia al crecimiento longitudinal se puede explicar por la cantidad de lisina que contienen los insectos utilizados en este proyecto en las siguientes cantidades 9.56 g/kg y 10.7 g/kg para *A. domestica* y *T. molitor* respectivamente (Finke 2015). Mientras que Józefiak *et al.* (2016) describe en cuestión de aminoácidos esenciales encontrados en mayor proporción en ninfas sub adultas de *S. tartara* siendo no solo lisina (48.6 g/kg) sino también: tirosina, arginina, valina e isoleucina (47.3, 44.9, 53.3 y 57.2 g/kg respectivamente).

Por otra parte, el crecimiento diario en LC la única dieta que se mantuvo constante fue la de tenebrio con 0.03 mm/día desde el periodo 18 hasta el día 46, mientras que la dieta de cucaracha comenzó con un crecimiento de 0.01 mm/día bajando en los días subsecuentes solo teniendo un repunte hasta el periodo correspondiente al día 78 siendo de 0.04 mm/día. Los datos aquí recabados están por debajo de lo reportado por Arcos-García *et al.* (2005b), teniendo un crecimiento aproximado de 0.1 mm/día para machos y hembras, mientras que el valor de crecimiento en LC en cuanto a la adición de 0.3% de lisina durante todo el experimento fue de 0.01 mm/día (Ortiz-Guzmán *et al.* 2013).

Lo anterior demuestra que los resultados para las características de peso y mediciones en la iguana negra tienden a presentarse después del día 100, por lo que las diferencias estadísticas presentadas para peso y LHC resultan importantes para futuros trabajos con dietas a base de las tres especies de insectos. No obstante, Arcos-García *et al.* (2005b) consideran parcialmente importante (puede haber machos de menor peso a los 12 meses de edad) la LC aunado al peso del animal para llevar a cabo la identificación del sexo a los 18 y 21 meses de edad.

#### 9.2.4 Consumo alimenticio en iguanas

Las iguanas pertenecientes a los tratamientos de cucaracha y grillos consumieron una mayor cantidad de dieta en comparación del control. Durtsche (2004) descubrió que se puede mejorar el rendimiento digestivo de las lagartijas herbívoras si se consideran los siguientes puntos: calidad de alimento, temperatura corporal para incrementar la eficiencia alimenticia. Mientras que Arcos-García *et al.* (2002, 2005c, 2007) reportan

mantener las temperaturas de las jaulas por medio de radiadores de resistencia, de igual manera Rueda-Zozaya (2006) mantuvo organismos juveniles a temperatura ambiente de 30°C bajo condiciones de laboratorio. Por otra parte, diversos autores concuerdan que se debe de mantener la temperatura corporal diaria de la iguana alrededor de 34 a 40°C para mantener el metabolismo energético total (Van Marken 1992, Alvarado & Suazo 1996, Arcos-García *et al.* 2005c).

En otro trabajo, la temperatura que manejó Rueda-Zozaya *et al.* (2011) fue de 30°C por medio de un radiador eléctrico. Finalmente, en un trabajo innovador por parte de Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) las crías de iguana negra estuvieron bajo las condiciones ambientales del CECOREI-UMAR a intervalos de 22 a 35°C, ofreciéndoles a cada tratamiento dietas enriquecidas con lisina, primer aminoácido limitante en los primeros seis meses de crecimiento de *C. pectinata*, De igual forma, los porcentajes de otros nutrientes no proteicos pudieron influir en la respuesta al consumo, peso, ganancia de peso y la conversión alimenticia, como lo hace notar Arcos-García *et al.* (2007) que ofreció dietas con diferente proporción de larvas de mosco (*Notonecta unifasciata*) reportando que las dietas con mayor cantidad de mosco fueron más consumidas.

En cuanto al alimento ofrecido en cautiverio se sabe que las crías *C. pectinata* incrementan el consumo de un alimento en la dieta conforme haya una mayor disponibilidad de este en la dieta (Arcos-García *et al.* 2007), de igual forma los resultados expuestos para esta característica se ven reflejados en las deficiencias o excesos de nutrientes de las dietas (Church & Pond 1987).

Si bien se conoce que el balance de aminoácidos influye sobre el consumo de alimento de diferentes vertebrados (Church y Pond *En:* Arcos-García *et al.* 2007) para el *T. molitor* se reportan 16 aminoácidos esenciales para el crecimiento y desarrollo de animales (Liu *et al.* 2017). No obstante, el consumo de su dieta fue menor en comparación con Maíz + Soya dentro de este experimento. Otro factor que influye es el comportamiento selectivo de las crías para cubrir sus requerimientos nutricionales durante periodos de tiempo (Dugan & Vianda 1990) modificando así el consumo alimenticio, en este caso las dietas más aptas fueron las de grillo y cucaracha al final del periodo experimental.

### 9.2.5 Ganancia de peso en iguanas

La ganancia de peso diaria en las crías de iguana negra alimentadas con las dietas de insectos de tenebrio, grillo y el combinado de los insectos fue en aumento desde el inicio del experimento hasta el final del periodo correspondiente al día 106 donde comenzaron a perder peso, lo mismo sucedió con el control aplicado, a diferencia de la dieta de cucaracha que solo se redujo a cero. La pérdida de peso también se puede ver en lo reportado por Arcos-García *et al.* (2001) y Rueda Zozaya (2006) por la utilización de alimento para pollo principalmente por la alta cantidad de fibra que contiene (Baer *et al.* 1997). De igual manera, Ortiz-Guzmán *et al.* (2013) reporta que las iguanas alimentadas con dietas no adicionadas con lisina presentaron una menor GDP, ahora en el caso de la dieta de tenebrio, Finke (2007) menciona que estos (y las ninfas de grillos) presentan una cantidad de fibra ácido detergente debido a los altos niveles aminoacídicos en esta fracción.

Por último, La GDP lograda por las dietas de cucaracha en mostró similitudes para el día 46 con lo reportado por Arcos-García *et al.* (2007) para las proporciones 2:3 y 3:2 de larvas de mosco con vegetales, los autores calcularon 0.302 y 0.315 g/día respectivamente. En los días restantes del experimento los valores aumentan sobre todo para los tratamientos que contenían grillos y cucarachas.

### 9.2.6 Conversión alimenticia en iguanas

Normalmente se considera una conversión alimenticia de 1.5 en iguanas un valor excelente en comparación con los animales domésticos, asociándose con el bajo gasto energético que caracteriza a los reptiles (Mendoza *et al.* 2011). No obstante, en este trabajo se obtuvieron valores altos sobre todo en el último día del experimento, lo cual también se vio reflejado en las tablas de ganancias de peso y de longitud diaria para el último periodo experimental. La explicación de este suceso debe estar relacionado con los grandes requerimientos en energía de la iguana para sintetizar proteína y el gasto energético diario que requieren para mantener la temperatura corporal (Ortiz-Guzmán *et al.* 2013).

En este proyecto se trabajó con las 20 crías de iguana dentro de un cuarto de crianza como lo realizó Rueda-Zozaya (2006), con el fin de evitar las irregulares por las copiosas lluvias presentadas de junio a diciembre, no obstante, en este experimento no se consideraron artefactos para mantener una temperatura igual o arriba de 30°C (Arcos-García *et al.* 2001, 2007; Rueda-Zozaya 2006). Sin embargo, en los meses que se llevó a cabo el proyecto la temperatura tuvo pequeñas variaciones en el interior del cuarto con un promedio de 29.5°C, lo cual contribuyó en un gasto energético de mayor en las iguanas por estrés. De igual manera, otro factor que no se consideró como en los otros trabajos (Rueda-Zozaya *Op.cit*, Ortiz-Guzmán *et al.* 2013) fue el tener un rack para las jaulas, por lo que las iguanas al abrir la puerta y entrar a cambiar el agua se estresaban al ver pasar la sombra del tesista.

Por otro lado, si bien no se tomaron datos de la temperatura al ras del concreto del cuarto de crianza, se tiene el dato de la temperatura promedio del cuarto para la madrugada (durante el intervalo temporal de 0100-0700 horas) fue de 29.2°C. Casiano-González (2001) explica que las crías al sentirse amenazadas por objetos mayores o el ruido buscarán protegerse en el refugio más próximo asegurando su supervivencia; por ello recomienda el uso de escondites dentro de las jaulas para evitar comportamientos no deseados (no alimentarse o no salir a calentarse) los que pueden repercutir en la conversión alimenticia.

## X. CONCLUSIÓN

- El *Tenebrio molitor* fue la especie más productiva en peso vivo y harina en comparación a los otros dos insectos evaluados en un periodo de seis meses bajo las condiciones ambientales de la costa de Oaxaca.
- El consumo, peso y la longitud hocico cloaca de las crías de iguana negra son mayores por la inclusión de *Shelfordella tartara* en la dieta, de igual manera la producción de *T. molitor* resultó ventajosa en comparación a las otras especies de insectos bajo las condiciones ambientales de la costa de Oaxaca.

## XI. RECOMENDACIONES

### 11.1 Cría de insectos

- Se recomienda aumentar la cantidad de unidades experimentales para una mayor producción en peso vivo y harina del insecto de elección.
- La reutilización de materiales como contenedores, cubetas o derivados resulta ventajosa para cubrir las necesidades básicas de los insectos.
- Se propone a *Shelfordella tartara* no como un elemento rico en aminoácidos por ser una especie altamente adaptable para su producción en cautiverio dentro de ambientes tropicales.

### 11.2 Alimentación de iguanas

- La consideración de la elaboración de comederos resulta ventajosa al momento de la toma de datos del consumo alimenticio, además de hacer más fácil la identificación de individuos por tratamiento.
- La inclusión de bebederos en el interior de las jaulas favorece y mejora los tiempos de limpieza dentro de las mismas además se evitarían desperdicios o contaminación por parte de la cría.
- Se recomienda llevar a cabo experimentos con crías de iguana negra en cuartos experimentales usando calentadores con el fin de evitar la exposición a las bajas temperaturas.
- El uso de refugios artificiales para crías individual dentro de jaulas para evitar el estrés y mantener el calor corporal durante las bajas temperaturas nocturnas se debe de tener en consideración.

## XII. BIBLIOGRAFIA

Abdalá, R.S.E. 2005. Influencia e importancia de la iguana en la cultura mexicana hasta nuestros días. pp: 18-25. *En*: VII Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Lázaro Cárdenas, Michoacán. México.

Aguirre, H.V. 2002. Tamaño y estructura poblacional y algunos aspectos de historia de vida de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), en una población sujeta a alta incidencia de caza. Tesis de maestría en ciencias Ecología y Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 130 pp.

Aguirre, H.V., & R.V.H. Reynoso., 2000. The black iguana *Ctenosaura pectinata* the reproductive effort is assigned to increase both clutch size and the egg mass of its progeny. pp 68. *In*: 80th annual meeting American society of ichthyologists and herpetologist. La paz, México.

Aguirre, H.V., M. Franco., & R.V.H. Reynoso. 2004. Demografía y estructura genética de la iguana negra *Ctenosaura pectinata*. pp 123-125. *En*: VII reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Puerto Escondido, Oaxaca. México.

Aguirre, H.V., R.V.H. Reynoso., & G.E. Pérez. 1998. Análisis poblacional e implementación de criaderos con el fin de diseñar estrategias de conservación de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en una población sujeta a una alta incidencia de caza. pp: 27-30. *En*: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Alanís, R.S. 1998. Ponencia sobre análisis financieros y económicos para la puesta en marcha de una unidad de conservación y aprovechamiento sustentable (UMA) de modalidad intensiva de iguana verde. pp: 33-49. *En*: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Alesho, N.A. 1997. Synanthropic cockroaches of Russia. Proc. Inter. Coll. Social Insects 34: 45-50 pp.

Alvarado, D.J. & O.I. Suazo. 1996. Las iguanas de México. Historia natural y conservación. Laboratorio de tortuga marina y biología de la conservación. Facultad de biología. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Morelia. Michoacán, México. 77 pp.

Apolo-Arévalo, L. & J. Iannacone. 2015. Crianza del grillo (*Acheta domesticus*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. Scientia ISSN. 1993-422X. Vol. XVII. N° 17. 161-173 pp.

Allen, M.E. & O.T. Oftedal. 1982. Calcium and phosphorous levels in live prey. *In*: AAZPA 1982 Northeastern Regional Proceedings. Toronto. pp 120-128.

Alvarado, D.J., & O.I. Suazo. 1996. Las iguanas de México. Historia natural y conservación. Laboratorio de la Tortuga marina y biología de la conservación. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Álvarez del Toro, M. 1973. Los reptiles de Chiapas. Gobierno del estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez. Chiapas. México. 247.

Álvarez T.E., J.P. Naranjo & V.H. Reynoso. 2006. Abundancia y uso de hábitat de la iguana verde (*Iguana iguana*) y el garrobo (*Ctenosaura similis*) en Las Garzas, municipio de Acapetahua, Chiapas 47-52 pp. *En*: IX reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas de México. Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero. México.

Anderson, S.J. 2000. Increasing calcium levels in cultured insects. Zoo biol. 19: 1-9.

Andrews, A. 2011. Common feeder insects. Moon Valley Reptiles. Consultado el 12 de enero de 2019: <http://www.moonvalleyreptiles.com/2011/11>.

Andrews, R.M. 1983. Patterns of growth in reptiles. *In*: Biology of the Reptilia. Vol. 13. C. Gans y F.H Pough (eds.) Academic Press, London.

Anta-Fonseca, S. & G. Sánchez. 2009. El modelo comunitario de conservación en Oaxaca. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. 424 pp. *En*: Sarukhán, J. Capital natural de México. Vol II. Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, México DF.

AOAC. 1984. Official methods of analysis of association of official analytic chemists. 13<sup>th</sup> Ed. Assoc. Washington, D.C. USA. 1018 p.

Arcos, G.J.L. 2001. Evaluación de dietas, crecimiento y sexado de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) criadas en cautiverio. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México, México.

Arcos, G.J.L. P.M.A. Cobos., R.V.H. Reynoso., M.G.D. Mendoza., C.M.E. Ortega., & S.F. Clemente., 2002. Caracterización del crecimiento de la iguana negra en cautiverio. *Revista Veterinaria México*. 33 (4): 409-419.

Arcos, G.J.L., P.M.A. Cobos., S.D. Hernández., V.H. Reynoso., M.G.D. Mendoza., & V.B.C. Aguilar., 2007. Digestibilidad de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) alimentadas con dietas a base de diferentes componentes de insectos y vegetales. *Revista científica, FCV-LUZ*. Vol. XVII, (3). 255-261 pp.

Arcos, G.J.L., R. López-Pozos., E.M.A. Camacho., & M.G. Mendoza. 2005a. Parámetros reproductivos de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en condiciones de cautiverio. pp 41-49. *En*: VIII Reunión Nacional sobre Iguanas. 19, 20, y 21 de mayo. Lázaro Cárdenas, Michoacán. México.

Arcos, G.J.L., V.H. Reynoso., M.G.D. Mendoza., & D.S. Hernández. 2005b. Identificación del sexo y medición del crecimiento en iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en las etapas de cría y juvenil. *Índice 2005*. Vol 36. Núm 1. 1-10 pp.

Arcos, G.J.L., V.H. Reynoso., M.G. Mendoza., F. Clemente., L. Tarango., M. Crosby., 2005c. Efecto del tipo de dieta y temperatura sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). *Revista científica, FCV-Luz*. XV. 4:338-344.

Arcos, G.J.L. & P.R. López. 2009. La iguana negra, Fundamentos de reproducción, nutrición y manejo. Universidad del Mar. Puerto ángel, Oaxaca. México. 164 pp.

Ariano, S.D. & G. Salazar. 2015. Spatial ecology of the endangered Guatemalan Beaded Lizard *Heloderma charlesbogerti* (Sauria: Helodermatidae), in a tropical dry forest of the Motagua Valley, Guatemala. Guatemala. Mesoam. Herpetol. 2: 64-74 pp.

Attard, L. 2013. The development and the evaluation of a gut-loading diet for feeder crickets formulated to provide a balanced nutrient source for insectivorous amphibians and reptiles. A thesis for the degree of masters of science in animal and poultry science. The University of Guelph. Ontario, Canada. 1-161 pp.

Badger, D. 2002. Lizards: A natural history of some of the uncommon creatures' extraordinary chameleons, iguanas, geckos, and more. Voyageur Press. Printed in China. 1-146 pp.

Baggini, S.P. 2009. Manual para manipuladores de alimentos. Ejército argentino, Hospital militar regional Córdoba. Córdoba, Argentina. 1-35 pp.

Barajas, C.N. & R.G. Ortega. 1998. Criadero en semicautiverio de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) e iguana verde (*Iguana iguana*) en el centro de conservación de tortuga marina y desarrollo costero El Chupadero, Municipio Tecomán, Colima. pp 8-11. *En*: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Barker, D., M.P. Fitzpatrick., E.S. Dierenfeld. 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. Zoo Biol 17: 123-134.

Beck, D.D. 1990. Ecology and behavior of the Gila monster in southwestern Utah. Journal of Herpetology: 54-68 pp.

Beck, D.D. & C.H. Lowe, 1991. Ecology of the beaded lizard, *Heloderma horridum*, in a tropical dry forest in Jalisco, Mexico. Journal of Herpetology: 395-406 pp.

Beck, D.D. & R.D. Jennings, 2003. Habitat use by Gila monsters: the importance of shelters. Herpetological monographs. 17(1): 111-129 pp.

Bell, W.J., L.M. Roth, & C.A. Napela. Cockroaches ecology, behavior and natural history. The Johns Hopkins University Press. Baltimore. 247 pp.

Bellairs, A.D.A. & J. Attridge, 1978. Los reptiles. H. Blume Ediciones. 1ª Edición Española. Traducido por Sanz G.J.L. Madrid, España. 261 pp.

Belluco, S., C. Losasso., M. Maggioletti., C. Alonzi., M. Paoletti., & A. Ricci., 2013. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Comprehensive reviews in: food science and food safety*. 12(3): 269-313 pp.

Beltrán, M. Insectos comestibles en México que son un manjar. Consultado el 17 de abril de 2019: <https://gourmetdemexico.com.mx/comida-y-cultura/insectos-comestibles-en-mexico-que-son-un-manjar/>

Bernard, J.B., M.E. Allen, 1997. Feeding captive insectivorous animals: Nutritional aspects of insects as food. NAG hand book. Fact sheet 003. Silver Spring. MD: American Zoo and Aquarium Association. August: 1-7 pp.

Booth, D.T. & K. Kidell. 2007. Temperature and the energetics development in the house cricket (*Acheta domesticus*). *Journal of the insect physiology*. 53 (9), 950-3.

Boraiko, A.A. 1981. The indomitable cockroach. *National geographic*. January. 130-142.

Bruse, F. Meyer, M. Schmidt. 2004. Cría y mantenimiento de alimento vivo. Reptilia Ediciones. 6-142 pp.

Buckley, L.J. K. de Queiroz., T.D. Grant., B.D. Hollingsworth., J.B. Iverson., S.A. Pasachnik., C.L. Stephen. 2016. Iguana taxonomy working group. ITWG 2016. A checklist of the iguanas of the world (Iguanidae; Iguaninae). *Herpetological conservation biology*. 11(6): 4-46.

Bukkens, S.G.F, & M.G. Paoletti. 2005. Insects in human diet: nutritional aspects, ecological implications of mini livestock: Potential of insects, rodents, frogs, and snails. Science publishers. Enfield, NH. 545-577 pp.

Buitrago, J.A., R. Portela., e I. Jiménez. 1978. Semilla y torta (harina) de soja en alimentación de cerdos. 3er curso de postgrado en producción porcina CIAT. Cali, Colombia.

Bulova, S.J. 1994. Patterns of burrow use by desert tortoises: gender differences and seasonal trends. *Herpetological Monographs*: 133-143.

Burghardt, G.M. & G.M, Rand. 1982. Iguanas of the world their behavior, ecology and conservation. Noyes Publications. Park Ridge, New Jersey. USA. 1-493 pp.

Bustos, Z.M.G. & F.R. Castro. 2001. Experiencias en la incubación de huevos de *Ctenosaura pectinata* en el estado de Morelos. 6-8 pp. *En*: IV taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. SEMARNAT DGDVS. Puerto Ángel, Oaxaca. México.

Casas, A.G. 1982. Anfibios y reptiles de la costa suroeste del estado de Jalisco, con aspectos sobre su ecología y biogeografía. Tesis doctoral. Facultad de ciencias. UNAM. México, D.F. 113-116 pp.

Casiano, G.C. 2006. Encierros e instalaciones para umas intensivas de iguanas. pp: 15-22. *En*: IX Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas de México. Ixtapa, Zihuatanejo. México.

Casiano, G.C. 2007. Infraestructura para UMA intensiva de iguanas. pp: 6-14. *En*: X Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas de México. Centro de convenciones Poli fórums. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Cerritos, R. & S.Z. Cano, 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop protection*. 27(3-5): 473-480.

Charruau, P., V.J.R. Cedeño., & G. Köhler., 2015. Chapter 11 amphibians and reptiles. pp: 275-293. *In*: Biodiversity and conservation of the Yucatán Peninsula. Springer international publishing Switzerland.

Church, D.C. & W. G. Pond, 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa. México, D.F. 433 pp.

CITES. 2019. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. CoP18. Prop. XX. 1-41 pp.

Clarke, J.A., J.T. Chopko., & S.P. Mackessy. 1996. The effect of moonlight on activity patterns of adult and juvenile prairie rattlesnakes (*Crotalus viridis viridis*). *Journal of herpetology* 30: 192-197 pp.

Clemente, F. 1993. Métodos de estimación de tamaños de población de fauna silvestre. Instituto de recursos naturales, campus SLP. Programa de Ganadería. Área de fauna silvestre. México.

Cloudsley-Thompson, J.L. 1999. The diversity of amphibians and reptiles. Springer-Verlag. London. 254 pp.

Cobos, P.M.A., J.L. Arcos-García., V.H. Reynoso., 1999. Experiencias en la alimentación de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) criada en cautiverio, del nacimiento a los cinco meses de vida. pp: 13-16. *En: Segundo taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAT. Colima, Colima. México.*

Cohen, J.H., N.D.H. Sánchez., & I.F.D. Montiel. 2009. Chapulines and food choices in rural Oaxaca. *Gastronómica: the journal of food and culture*. 9(1): 61-65.

Collis, H.A. & N.R. Fenili. 2011. The modern U.S. reptile industry. Georgetown economic services, LLC. Economic analysis group. USA. 93 pp.

Commission. 1997. Commission recommendation. Official journal of the European communities. 1-36.

CONABIO. 2012. Proyecto de evaluación de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) (1997-2008). Resultados de la fase I: Gestión y administración. Proyectos CONABIO: HV003, HV004, HV007, HV012 Y HV019. Ciudad de México, México: 4-9 pp.

CONANP. 2000. Áreas Naturales Protegidas de México. México, D.F.

Cooper, W.E. Jr. & J.A.E. Espinal. 2001. Coordinated ontogeny of food preference and responses to chemical food stimuli by a lizard *Ctenosaura pectinata* (Reptilia: Iguanidae) *Ethology*. 107: 639-653 pp.

Cortés, H. 2004. Cartas de relación, México: Porrúa.

Crabbe, N. May 10, 2012. Local expert gets funding to develop insect-based food for starving children. Gainesville Sun. 1B-6A.

Cruz, P.D. & C. Peniche. 2018. La domesticación y crianza de insectos comestibles: una línea de investigación poco explorada y con gran potencial para el Desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en México. Escuela de Gestión y autodesarrollo indígena. Universidad autónoma de Chiapas. Entomológica Mexicana. 4(2): 66-79.

Cruz, A.S., J.D.H. Saldaña. 2003. Situación de la iguana negra en la región sur del estado de Morelos. p 36-43. *En*: VI taller nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para el manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Puerto de Veracruz, Veracruz. México.

Dávila, S. J. S. 2016. Estudio comparativo de la ganancia de peso en ratones Balb/c alimentados con harina de viseras de pollo y el concentrado comercial jamonina. Tesis para optar por el título de médico veterinario. Universidad Autónoma de Nicaragua, UNAN León. Escuela de medicina veterinaria. 1-74 pp.

Decreto No 547. 1980. Ley para la conservación y protección de iguanas verdes y garrobos. Consultado el 29 de enero de 2020. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Indice.nsf/9499521c0ebc358b06256ff80049dd33/3e5d8a3151d0417d062570a70050676b?OpenDocument>

DeFoliart, G. 1999. Insects as food: why the western attitude is important. Annual review of Entomology. 44: 21-50 pp.

Delgadillo de Montes, A.M. 1998. Reproducción y crianza de la iguana verde (*Iguana iguana*) en cautiverio. pp: 22-24. *En*: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Department of biodiversity, conservation and attractions. 2017. Fauna notes-reptiles in and around the house. 1-3 pp. Consultado el 20 de junio del 2019: <https://www.dbca.wa.gov.au/>

Díaz del Castillo, B. 2005. Historia verdadera de la conquista de la Nueva España. México: Porrúa.

Díaz-Juárez, G. 2014. Demografía e historia de la iguana nguio (*Ctenosaura oaxacana*: Iguanidae) para su conservación y manejo en la región de Nizanda, Oaxaca. Tesis de maestría. Instituto de biología. UNAM. México.

Domínguez, O.B.L. 2018. Evaluación de la sustentabilidad de tres unidades de manejo para la conservación de vida silvestre (UMAs) en la región Costa de Oaxaca. Tesis de maestra en ciencias: Manejo de la fauna silvestre. Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Puerto Escondido, Oaxaca.

Dierenfeld, E.S. & R.D. Kreger. Guía nutritiva y dietética de los animales silvestres en cautiverio. N.Y. Zoological society. United States Department of Agriculture. National agricultural Library. 40 pp.

DOF. 2016. Acuerdo con el que se determina la lista de las especies exóticas invasoras para México. Secretaría de gobernación. 07/12/2016. Consultado el 28 de junio del 2020. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5464456&fecha=07/12/2016](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464456&fecha=07/12/2016)

Durtsche, D.R. 2000. Plasticity of food habits in the Mexican spiny-tailed iguana, *Ctenosaura pectinata*. Springer, International association for ecology. Vol 124. No 2. 185-195.

Durtsche, D.R. 2004. Ontogenic variation in digestion by the herbivorous lizard *Ctenosaura pectinata*. The university of Chicago press journals. Physiological and biochemical zoology: Ecological and evolutionary approaches. Vol 77. No 3. 459-470 pp.

Dzamba, J. 2014. Third millennium farming: utilizing city bio-wastes in a strategy for high-yield urban farming. Abstract book conference "insects to feed the world"- The Netherlands 14-17 May 2014. FAO. p. 127.

Echávarri, V. 2013. Bovinos-carne-producción-comercio. Oficina de estudios y políticas agrarias- Ministerio de Agricultura de Chile (recuperado 2014) disponible en [www.odepa.cl/odepaweb/publicaciones/doc/11102.pdf](http://www.odepa.cl/odepaweb/publicaciones/doc/11102.pdf)

Eckert, R., D. Randall., & G. Augustine. 1988. Energética animal y relaciones con la temperatura. pp 556-605. *En: Fisiología Animal. Mecanismos y adaptaciones.* Ed. Interamericana-Mc. Graw Hill. Tercera Edición.

Erens, J., S. Es van., F. Haverkort., E. Kapsomenou., & A. Luijben. 2012. A bug's life large-scale insect rearing in relation to animal welfare. Wageningen University. Project commissioner VENIK. 57 pp.

Estrada-Álvarez, J.C. 2013. Primera lista de las cucarachas de México (Dictyoptera: blattodea). *Boletín de la sociedad entomológica aragonesa (S.E.A).* N° 53. 267-284 pp.

FAO. 2008. *In: Durst, P.B., V. Dennis. R.N. Leslie, K. Shono. Forest insects as food: humans bite back.* Regional office for Asia and Pacific. Chiang Mai, Thailand.

FAO. 2012. State of the world fisheries. Rome.

FAO. 2013. Comisión del codex alimentarius: manual de procedimiento. Vigésima primera edición. Roma. 226 pp.

Faria, C.M.A., E. Zarza., V. Reynoso., & B.C. Emerson. 2009. Predominance of single paternity in the black spiny-tailed iguana: conservation genetic concerns for female-biased hunting. *Conservation genetics* 11: 1645-1652.

Fernandez, C.X., A. Supeanu., M. Vaga., A. Jansson., S. Boqvist & I. Vagsholm. 2018. The house cricket (*Acheta domesticus*) as a novel food: a risk profile. *Journal of insects as food and feed.* 2019. 5(2): 137-157 pp.

Ferrel, S.K. 1994. Iguanas. Cuidados, crianza, variedades. Editorial Hispano Europea, S.A. 95 pp.

Finke, M.D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.* 21: 261-285 pp.

Finke, M.D. 2004. Nutrient content of insects (2:1512-1575). *In: Capinera, J.L. editor. Encyclopedia of Entomology.* Dordrecht. The Netherlands: Kluwer Academic Press. Vol 2. 1562-1576 pp.

Finke, M.D. 2015. Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo biology*. 34: 554-564 pp.

Finke, M.D., S.U. Dunham., & C.A. Kwabi. 2005. Evaluation of four dry commercial gut loading products for improving the calcium content of crickets, *Acheta domesticus*. *J Herpetol Med Surg*. 15: 7-12 pp.

Fontanillas, P.J.C., A.C. García, & S.I. De Gaspar. 2000. Los reptiles, biología, comportamiento y patología. Ediciones Mundi-prensa. España. 160 pp.

Gallardo, M. 2006. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. p 1-10. *En: XXI Curso Internacional de lechería para profesionales de américa latina*. Argentina.

Gallina, T.S., H. A. Hernández., C.A. Delfín., & G.A. González. 2009. Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Retos para su correcto funcionamiento. *Investigación ambiental*. 1(2): 143-152.

Garza, C.J.M. 1998. Dieta en crías de *Iguana iguana* en cautiverio. pp 14-17. *En: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio*. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Garza, M.P., R. Hernández. & G. Tijerina. 1986. Two new species of *Nyctotherus* (Heterotrichidae: Protozoa) from the cecum of the iguana *Ctenosaura pectinata* from Islas Marías. Nayarit, México. *Rev biol trop*. 34. 225-229 pp.

Ghali, A.E. & F.N., Alkoaik. 2009. The yellow mealworm as a novel source of protein. *Am. J. Agric. Biol. Sci*. 4. 319-331 pp.

Ghuri, A.S.K & J.E., McFarlane. 1958. Observations on the development of crickets. *Can Entomol. March*: 158-165 pp.

Gómez-Mora, A., I. Suazo-Ortuño, & J. Alvarado-Díaz. 2012. Distribución, abundancia y uso de hábitat de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) y la iguana verde (*Iguana iguana*) en el municipio de Buenavista, Michoacán. *Revista de la DES ciencias biológico agropecuarias*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 14(2): 67-74.

González, R.A. 1999. Manejo de iguana negra en cautiverio: procedencia de los ejemplares, alojamientos, alimentación y conducta. pp: 27-31. *En*: Segundo taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAT. Colima, Colima. México.

Goodband, R.M., Tockach & J. Nilssen. 1995. The effects of diet particles size on animal performance. Cooperative extension service. Kansas state university. Manhattan, USA. 1-32 pp.

Gordillo, S.O.G. & O.J. Escobar. 1998. Manejo de iguana verde en semicautiverio: una estrategia para el desarrollo comunitario y la conservación en áreas naturales del trópico mexicano. pp 10-14. *En*: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Gordon, R. B.E. 2015. Nutrition of Australian reptiles. Wombaroo food products. 1-5 pp.

Gould, G.E. 1941. The effect of temperature upon the development of cockroaches. *Proc. Indiana Acad. Sci.*50: 242-248 pp.

Goulte, G.P., P. Mulliert., P. Sinave., & G.J. Brisson. 1978. Nutritional evaluation of dried *Tenebrio molitor* larvae in the rat. *Nutr. Rep. Int.* 18: 11-15. 6.

Griffiths, A.D. & Christian, K.A. 1996. Diet and habitat use of frillneck lizards in a seasonal tropical environment. *Oecologia.* 106: 39-48 pp.

Gutsche, A. & F. Köhler. 2008. Phylogeography and hybridization in *Ctenosaura* species (Sauria, Iguanidae) from Caribbean Honduras: insights from mitochondrial and nuclear DNA. *Zoosyst. Evol.* (84):245-253.

Hagen, C.R. 2019. Exo terra dragon grub insect formula pellets for juvenile bearded dragons-125 g (4.4 oz). Hagen. Última revisión 2019. Consultado el: 21 de junio del 2019. <http://usa.hagen.com/Reptile/Nutrition/Soft-Food/PT3265>

Haller, M. J., G. M. Feinman. & L. M. Nicholas. 2006. Socioeconomic inequality and differential access to faunal resources at El Palmillo, Oaxaca, Mexico. *Ancient Mesoamerica.* Cambridge University Press. 17, 39-56.

Halloran, A. 2014. Discussion paper: regulatory frameworks influencing insects as food and feed. Subido por Münke, C. & Halloran, A. Versión: 12/05/2014. Consultado el 19 de abril de 2019. <http://www.fao.org/edible-insects/39620-04ee142dbb758d9a521c619f31e28b004.pdf>

Hillis, M.D., D. Sadawa., H.C. Heller., & V.M. Price. 2012. Principles of life. 2<sup>da</sup> Edition. Sinauer associates. Sunderland, MA. USA. 1060 pp.

Hosey, G., V. Melfi., & S. Pankhurst. 2013. Zoo animals: behavior, management and welfare. Second edition. Oxford University Press. United Kingdom. 1-514 pp.

Hunt, C.A., A.M. Ward., & R.D. McClements. 2009. Gut loading as a method to effectively supplement crickets with calcium and vitamin A. pp: 163-171 pp. *In*: Ward, A. Treiber, K. Schmidt, D. Coslik, A. Maslanka, M. editors. Proceedings of the 8th conference on zoo and wildlife nutrition. AZA Nutrition Advisory Group. Tulsa, OK.

Ibarra, Z.J.A. 2003. Experiencias en la domesticación de ejemplares de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en la UMA cementos "Apasco". pp 77-80. *En*: VI taller nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Puerto de Veracruz, Veracruz. México.

INATEC. 2016. Manual del protagonista nutrición animal. Instituto nicaragüense de tecnología agropecuaria. Nicaragua. 1-140 pp.

INE-SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca). 2000. Estrategia nacional para la vida silvestre. INE y SEMARNAP. Ciudad de México, México. 212 pp.

IPIFF. 2019. Draft EU guide on good hygiene practices for producers of insects as food and feed. Netherlands. 72 pp.

Iverson, B.J. 1982. Adaptations to herbivory in iguanine lizards. pp 60-76. *In*: Iguanas of the world their behavior, ecology and conservation. Noyes Publications. Park Ridge, New Jersey. USA.

Javelli, G.J. 1992. Caracterización y manejo de fauna silvestre. Informe anual del programa de fauna silvestre. SARH, INIFAP. Morelos, México. 9 pp.

Javelli, G.J.M. & A.M.M. Linares. 1999. Manejo de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en confinamiento. pp 115-120. *En*: Cuarto ciclo internacional de conferencias sobre alimentación de fauna silvestre. Campo experimental Zacatepec, Morelos. INIFAP. México, D.F.

Jones, L.D., R.W. Cooper., & R.S. Harding. 1972. Composition of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *J. Zoo Anim. Med.* 3: 34-41.

Józefiak, D., & R.M. Engberg. 2015. Insects as poultry feed. *In*: 20<sup>th</sup> European symposium on poultry nutrition. 24-27 August 2015. Prague, Czech Republic. ResearchGate. 1-8 pp.

Józefiak, D., A. Józefiak., B. Kieronczyk., M. Rawwski., S. Swiatkiewicz., J. Dlugosz. & R.M. Engberg. 2016. Insects- a natural nutrient source for poultry-a review. *Annals of animal science*. DOI: 10.1515/aoas-2016-0010. 1-30 pp.

Kapanadze, E. I. 1971. Biology of Turkestan cockroaches *Shelfordella-tartara* under insectarium conditions. *Medicinskaya Parazitologiya I Parazitarnye Bolezni.* 40: 595-600 pp.

Kellert, S.R. 1993. Values and perceptions of invertebrates. *Conserv. Biol* 7. 845-855 pp.

Kim, T. & M.K. Rust. 2013. Life history of the invasive Turkestan cockroach (Dyctyoptera: Blattidae). *Journal of Economic Entomology.* 106(6): 2428-2432.

Köhler, G. 2004. *Ctenosaura defensor*. The UINC red list of threatened species 2004

Köhler, G. 2005. Incubation of reptile eggs. Krieger publishing company. Malabar, Florida. 212 pp.

Kulma, M., V. Plachý., L. Kourimská., V. Vrabec., T. Bubová., & B. Hucko. 2016. Nutritional value of three Blattodea species used as feed for animals. *Journal of animal and feed sciences.* 25: 354-360.

Ladrón de Guevara, O., P. Padilla., L. García., J.M. Pino., & J. Ramos. 1995. Amino acid determination in some edible Mexican insects. *Amino Acids*, 9(2), 161–173.

Laidlaw, R. 2016. Scales and tails, the welfare and trade of reptiles kept as pets in Canada. WSPA. Canada. 139 pp.

Lang., Y.S.Z. & F. Qiang. 2009. Farming technology and application of yellow mealworm. Scientific and technical documents publishing house. Beijing, China. 21-32.

Lara, L.M.D.S. 1994. Hábitos alimentarios de la iguana verde (*Iguana iguana* Wiegmann) en la región de la Mancha, Actopan, Veracruz. Tesis de maestría en ciencias. Facultad de biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.

Larkins, A. & J.S. Trojaola. 2012. Comercio internacional de reptiles. Deontología veterinaria. UAB Campus de Bella terra. 1-57.

Lee, J.C. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the maya world. The lowlands of México, Northern Guatemala and Belize. USA.

Leyequien, A.L., M.G.D. Mendoza., S.F. Clemente., S.F. González., C.P. Moreno., & J.L. Arcos-García. 2006. Caracterización de hábitat y densidad poblacional de *Iguana iguana* en la reserva de La Mancha, Veracruz. México. pp: 39-46. *En*: IX Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas de México. Ixtapa, Zihuatanejo. México.

Liner, E. A., 2007. A checklist of the Amphibians and reptiles of Mexico. Occasional papers of the museum of natural science, Louisiana State University 80:1-60.

Liu, J., S. Xu., H. Liu., Y. Zhang., G. Li., & G. Qiu. 2017. Exploitation and utilization of insect protein feed resources. Agricultural sciences & technology. 18(3): 469-472.

Looy, H. & J.R. Wood. 2006. Attitudes toward invertebrates: are educational “bugs banquets” effective? J. Environ. Educ. Taylor & Francis Ltd. 37-48 pp.

López-Brito, F.S. 2015. Proyecto de decreto por el que se modifica el artículo 3 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Gaceta del senado de la república. LXIII/1PPO-68/59763. 8 de diciembre de 2015. Gobierno de México, México.

López-Esquivel, E.A. 1999. 1-44. *En*: Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres CITES. Examen de las propuestas de enmienda a los apéndices I y II. CoP 18. Prop 31.

López, R.F.A. & M.G. Fuentes. 2007. Incubación de nidadas de iguana en dos tipos de arena y tres materiales diferentes. pp: 79-84. *En*: Memorias X Reunión Nacional sobre Iguanas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

López-Ruvalcaba, O.A. 2009. Caracterización de la etapa reproductiva de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) mantenida en condiciones de cautiverio. Tesis para obtener el grado de licenciado en zootecnia. Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Oaxaca, México.

López, R.O.A., J.L. Arcos-García., M.G.D. Mendoza., R. López-Pozos., G.S.J. López., & H.L. Vélez. 2012. Parámetros reproductivos de las hembras de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en condiciones intensivas. *Revista científica*. 22:65-71.

Machorro, S.S., J.L. Arcos-García & M.G.D. Mendoza. 2008. Regresión polinomial de la longitud total en la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en relación con el tiempo. 99-108 pp. *En*: XI Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Puebla, Puebla.

Machorro, S.S., M.M. Herrera, J.L. Arcos-García, R. López-Pozos, M.G.D. Mendoza, & M.G.E. Leyte. 2009. Aplicación de la regresión poli nominal en el modelado de crecimiento hocico-cloaca en relación con el peso en iguana negra *Ctenosaura pectinata* (Reptilia: Squamata: Iguanidae). *Ciencia y Mar*. 37: 23-30.

Makkar, H.P.S., G. Tran., V. Heuzé., & P. Ankers. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol*. 197, 1–33.

Mandujano, R.S. 2016. Venado cola blanco en Oaxaca, Potencial, conservación, manejo y monitoreo. Instituto de Ecología, A.C. Comisión Nacional para el Conocimiento de la biodiversidad. Jalapa, Veracruz. México. 288 pp.

- Marcus, J. 1992. Royal families, royal texts: example from the Zapotec and Maya. *In: Mesoamerican elites: An archeological assessment*, University of Oklahoma. Press Norman. 221-241.
- Marcus, J., K. V. Flannery. 1996. Zapotec civilization: How urban society evolved in Mexico's Oaxaca valley. Thames and Hudson, London.
- Martin, R.D.J., P.W. Rivers., & U.M. Cowgill. 1976. Culturing mealworms as food for animals in captivity. *Int. Zoo Yearb.* 16: 63-70.
- Martínez, O.T., M.S. Gallina., S. Briones., & G. González. 2005. Densidad poblacional y caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus oaxacensis*, Goldman y Kellog, 1940) en un bosque templado de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s)* 21: 65-78.
- Masés, G.C.A., S.M. Briones., & E.J. Sosa. 2016. Análisis del manejo y aprovechamiento legal de los mamíferos silvestres de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 87(2): 497-507.
- McClements, R.D., B.A. Lintzenich., & J. Boardman. 2003. A zoo-wide evaluation into the current feeder insect supplementation program at the Brookfield zoo. *In: Ward, A.M. Brooks, M.A. Maslanka, M.T. editors. Proceedings of the 5th conference on Zoo and Wildlife Nutrition*, AZA Nutrition Advisory Group. Minneapolis, MN. 54-59 pp.
- McDonald, P., R.A. Edwards., J.F.D. Greenhalgh., C.A. Morgan., L.A. Sinclair., & R.G. Wilkinson. 2010. *Animal Nutrition*. Seventh edition. Pearson Prentice Hall. Mexico City, Mexico. 714 pp.
- Meave, J.A., R.M.A. Romero., M.S.H. Salas., G.E.A. Pérez., & C.J.A. Gallardo. 2012. Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas* 21: 85-100.
- Medina, M.W., H.V. Aguirre., A. F. Álvarez., M.G. Gonzáles., & R.V.H. Reynoso. 2004. Tabla de vida en una población de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), en Nizanda Zapote, Oaxaca y sus implicaciones en la conservación de las iguanas. pp 116-122. *En: VII reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación,*

manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Puerto Escondido, Oaxaca. México.

Mendoza, M.G.D., J.L., Arcos-García. P.F.X., Plata. J.A. Martínez, E.B.O.A. Villareal., 2011. Alimentación y nutrición de iguanas en vida silvestre y cautiverio. 64-71 pp. *En*: 6° simposio sobre fauna cinegética de México.

Mendoza, M.G.D., V.G. Bravo., G.M. Crosby., T.M. Hernández., V.R. Ricalde., P.F. Plata., V.B. Aguilar., R.V.H. Reynoso., & J.L. Arcos-García. 2004. Metodología propuesta para la estimación de la capacidad nutricional de carga para la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). Preguntas biológicas de investigación básica. pp: 48-62. *En*: VII Reunión sobre iguanas. Puerto Escondido, Oaxaca. México.

Menzel, P., & F.D' Aluisio. 1998. Man eating bugs (the art and science of eating insect). Ed Ten Speed Press Berkeley. Ca, USA. 191 pp.

Merrill, A.L. & B.K. Watt. 1973. Energy Value of Foods: Basis and Derivation. Agriculture Handbook No. 74. ARS United States Department of Agriculture, Washington DC.

Miller, A.S. & P.J. Harley. 2016. Zoology. 10<sup>th</sup> Edition. Kentucky University. 641pp.

Montes, O.O.E. 1998. Manejo del criadero de iguana verde (*Iguana iguana*) en cautiverio. pp: 24-25 *En*: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Morales-Mavil, J.E., E.A. Bello-Sánchez, C.R. Corona-López. 2016. Distribution and natural history of the Campeche spiny-tailed iguanas (*Ctenosaura alfredschmidti*). Herpetological conservation and biology. 11(6): 168-176.

Morales, M.J.E., D.E.A. Suárez., & L.C.R. Corona. 2016. Biology and conservation of the gulf spiny- tailed iguanas (*Ctenosaura acanthaura*). Herpetological conservation and biology. 11(6): 168-176.

Morales, R.J.A., S. Kay., M.G. Rojas., D.I. Shapiro-Ilan & W.L. Tedders. 2010. Developmental plasticity in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of

instar variation in number and development time under different diets: J. Entomol. Sci. 45, 75-90 pp.

Morales, R.J.A., S. Kay., M.G. Rojas., D.I. Shapiro-Ilan & W.L. Tedders. 2015. Morphometric analysis of instar variation in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: tenebrionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 108, 146-159 pp.

Morales, S.T. 2007. Legislación, registro de UMA. pp: 26-32. *In*: X Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas de México. Centro de convenciones Poli fórum. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México.

Muñoz, G.D.A. 2017. La educación como práctica de la libertad: una lectura antropológico pedagógica al pensamiento de Paulo Freire. Revista Kavilando. 9(1):26-41.

Muys, B. & M. Roffeis. 2014. Generic life cycle assessment of proteins from insects. *In*: Paper presented at: insects to feed the world, Wageningen. 17 May 2014.

Nagy, A.K. 2000. Energy costs of growth in neonate reptiles. Herpetological Monograph. 14. 378-387 pp.

Nakagaki, B.J. & G.R. DeFoliart. 1991. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as novelty food, and comparison of feed conversion efficiency with values reported for livestock. J. Econ. Entomol. 84, 891–896.

National research council. 1991. Micro-livestock: little known small animals with a promising economic future. Washington, DC. The national academic press. <https://doi.org/10.17226/1831>.

National research council. 2003. Nutrient requirements of non-human primates: Second revised edition. Washington, DC. The national academic press. <https://doi.org/10.17226/9826>.

Nature conservation act. 1992. Captive reptile and amphibian husbandry department of environment and science. Queensland government. Australia. 45 pp.

Nernberg, L. 2019. 15 Factors to consider when evaluating and using alternative ingredients. Biomin. Consultado el 29 de enero de 2020. <https://www.biomin.net/science-hub/15-factors-to-consider-when-evaluating-and-using-alternative-ingredients/>

Nguyen, T.T.X., J.K. Tomberlin., & S. Vanlaerhoven. 2015. Ability of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. Oxford University press. Entomological society of America. 1-5.

Nicolás, M.F. 2012. Análisis de la situación de las unidades de conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.

NOM-059-ECOL. 2010. Norma Oficial Mexicana 2010. Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

Nonaka, K. 2009. Feasting on insects. Entomol. Res. 39, 304-312 pp.

Oldham, C.J. & M.H. Smith. 1975. Laboratory anatomy of the iguana. W.M.C. Brown company publishers. 105 pp.

Olsen, R.L., & M.R. Hasan. 2012. A limited supply of fishmeal: impact on future increases in global aquaculture production. Elsevier. Trends in food science & technology. 27. 120-128.

Oonincx, D.G.A.B. & I.J.M. de Boer. 2012. Environmental impact of the production of mealworm as a protein source for humans- a life cycle assessment. PLoS One 7. E51145.

Oonincx, DGAB & E.S. Dierenfeld. 2012. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. DOI 10.1002/zoo.20382

Oonincx, D.G.A.B. & A.F.B. van der Poel. 2010. Effects of diet on the chemical composition of migratory locusts (*Locusta migratoria*). Zoo Biol 28:1–8.

Oonincx, D.G.A.B., J. van Itterbeeck, M.J.W. Heetkamp, H. van den Brand, J.J.A. van Loon. & A. van Huis. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production

by insect species suitable for animal or human consumption. PubMed. PLoS ONE. DOI: 10.1371/journal.pone.0014445.

Ortega del Valle, D., G. Sánchez., C. Solano., M.A. Huerta., V. Meza., & C. Galindo. 2010. Áreas de conservación certificadas en el estado de Oaxaca. World Wildlife Fund, Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Ortega, A.A., Z.A. González., & H.A. Contreras. 2016. A framework and indicators for evaluating policies for conservation and development: the case of wildlife management units in Mexico. *Environmental science & policy*. 63: 91-100.

Ortiz-Guzmán, J.J., J.L. Arcos-García, G.D.M. Mendoza, F.X. Plata-Pérez, G.M. Fuentes, & G.I. Ruelas. 2013. Effect of lysine addition on growth of black iguana (*Ctenosaura pectinata*). *Zoo biology*. 32: 277-280.

Palerm, A., E. R. Wolf. 1957. Ecological potential and cultural development in Mesoamerica. *Pan-American Union Social Science Monograph*. 3:1-37.

Parsi., J. Godio., L. Miazzi, R. Maffioli, R. Echevarría, & A. Provencal, P. 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. *Cursos de producción animal*, FAV UNRC. Argentina. 1-32 pp.

Pasachnik, S.A., C.E. Montgomery, A. Martínez, N. Belal, S. Clayson, & S. Faulner. 2012. Body size, demography, and body condition in utila spiny tailed iguanas, *Ctenosaura bakeri*. *Herpetological conservation & biology*. 7(3): 391-398 pp.

Pasachnik, S.D. 2015. *Ctenosaura similis*. The IUCN red list of threatened species 2015.

Pasachnik, S.D., D. Ariano-Sánchez., J. Burgess., & C.E. Köhler. 2015. *Ctenosaura oedirhina*. The IUCN red list of threatened species.

Pearson, R.G., J.C. Stanton., K.T. Shoemaker., M.E. Aiello-Lammens., P.J. Ersts., N. Horning., & H.R. Akcakaya. 2014. Life history and spatial traits predict extinction risk due to climate change. *Nature climate change*. 4:217-221.

Perry, G. & R.N. Fisher. 2006. Night lights and reptiles: observed and potential effects. 169-191 pp. *In*: C. Rich & T. Longcore (eds.). Ecological consequences of artificial night lighting. Island press. Washington, D.C.

Perry, G., M. Salmon., B.B. Wayne, & S.E. Wise. 2008. Effects of night lights on urban reptiles and amphibians. Society for the study of amphibians and reptiles. Urban herpetology. Herpetological conservation. 3: xx-xx.

Peters, H. 1993. La iguana verde (*Iguana iguana*): potencialidades para su manejo. FAO/PNUMA. Documento técnico No 12. Santiago de Chile.

Pest strategies. 2020. What eats cockroaches? (interesting answer...). PestStrategies.com. Consultado el 28 de junio del 2020. <https://www.peststrategies.com/pest-guides/cockroach-guides/what-eats-cockroaches/>

Phan, T.L., B.M. Tam., N.T.T. Thuy., G.J. Geoff., I.A. Brett., N.V. Hao., N.T. Phuong., & S.S. De Silva. 2009. Current status of farming practices of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in the Mekong Delta, Vietnam. Aquaculture 296. 227-236 pp.

Pinacho, S.B. 2008. Descripción de la fase reproductiva de iguana verde (*Iguana iguana*) en condiciones de cautiverio. Universidad del Mar, Campus Puerto Escondido. Oaxaca, México. Tesis de grado. 79 pp.

Pough, F.H. 1973. Lizard energetics and diet. Ecology. 54: 887-844.

Punzo, F. & A.J., Mutchmor. 1980. Effects of temperature, relative humidity and period of exposure on the survival capacity of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of the Kansas Entomological Society. Vol. 53, No 2. 260-270 pp.

Rand, A.S. & B.A. Dugan. 1983. Structure of complex iguana nests. Copeia. 3: 705-711.

Ramírez, J.L. 2004. Comercialización de especies no tradicionales: El caso de la iguana verde (*Iguana iguana*). Inst. de investigaciones y estudios superiores de ciencias administrativas de la Universidad Veracruzana. México. 28 pp.

Ramos-Elorduy, J., & J.M. Pino-Moreno. 2002. Edible insects of Chiapas, México. Ecology of food and nutrition. 41: 271-299.

Ramos-Elorduy, J. 2009. ¿Los insectos se comen? Ciencia de boleto. No 9. México: Gobierno del distrito federal. Universidad autónoma de México.

Ramos-Elorduy, J., & J.M., Pino-Moreno. 2004. Los coleóptera comestibles de México. *Anales del instituto de biología*. 75(1): 149-183.

Ramos-Elorduy, J., J.M., Pino-Moreno & M. Conconi. 2006. Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomol. Mex.* 45(3): 291-318.

Ramos-Elorduy, J., & J.M., Pino-Moreno., & V.H. Martínez. 2012. Could grasshoppers be a nutritive meal? *Food and nutrition sciences*. 3(2): 164-175.

Ramsay, S.L. & D.C. Houston. 2003. Amino acid composition of some woodland arthropods and its implications for breeding tits and other passerines. *Ibis*. 145, 227-232 pp.

Raut, G. & S. Gaikwad. 2016. Observations on the life cycle, mating and cannibalism of *Mantis religiosa religiosa* Linnaeus, 1758 (Insecta: Mantodea: Mantidae). *Journal of entomology and zoology studies*. 4. 478-482 pp.

Rehn, J.A.G. 1945. Man's uninvited fellow traveler: the cockroach. *Sci. Mon.* 61: 265-276 pp.

Renault, D., A. Bouchereau., Y.R. Delettre., F. Hervant., & P. Vernon. 2006. Changes in free amino acids in *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) during thermal and food stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 143(3): 279–285.

Retes, L.R., M.I. González., M.S. Moreno., F.G. Denogean., F.F. Ibarra., & R.M. Martín., 2010. Unidad de manejo para la conservación de la vida silvestre como alternativa para “los nuevos agronegocios”. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 14: 336-346.

Reynoso, V.H. 2008. Ecología, evolución y biología de las iguanas. pp: 7-12. *En: XI Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación. Manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas de México. Puebla, Puebla.*

Reynoso, V.H. & M.G. González. 2005. Importancia de las áreas naturales protegidas en la conservación de las especies prioritarias de iguanas del género *Ctenosaura* en México. pp: 7-13. *En*: VIII Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Lázaro Cárdenas, Michoacán. México.

Rich, G. 2014. Nutrition of Australian reptiles. Última revisión 2014. Consultado el 20 de junio de 2019. [http://www.wombaroo.com.au/articles/Reptile%20Nutrition\\_LR.pdf](http://www.wombaroo.com.au/articles/Reptile%20Nutrition_LR.pdf)

Rioja, T., A. Carrillo-Reyes, E. Espinoza-Medinilla, & S. López-Mendoza. 2012. Basic ecology of the oaxacan spiny-tailed iguana *Ctenosaura oaxacana* (Squamata: Iguanidae), in Oaxaca, Mexico. *Revista de biología tropical*. 60(4): 1613-1619 pp.

Roberts, D. & M. Curnow, 2019. Alternative feed sources for sheep. Department of Primary Industries and Regional Development. Consultado el 29 de enero de 2019. <https://www.agric.wa.gov.au/feeding-nutrition/alternative-feed-sources-sheep>

Rojas, R.C. 2018. Ecología de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*), (Wiegmann, 1834), en un área fragmentada en la comunidad de Alpuyecá, Morelos. Tesis de ingeniero agrónomo zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.

Romeu, E. 1996. Insectos comestibles, ¿una dieta para el futuro? *CONABIO. Biodiversitas*. 5:6-9.

Roth, L.M., & E.R. Willis. 1960. The biotic associations of cockroaches. *Smithso. Misc. Collect.* 141.

Rueda, Z.P., M.G. González., & R.V.H. Reynoso. 2004. Evaluación del crecimiento de iguana negra *Ctenosaura pectinata* en condiciones controladas con dos tipos de alimento comercial: un reporte preliminar. pp: 63-68. *En*: VII Reunión sobre iguanas. Puerto Escondido, Oaxaca. México.

Rueda, Z.R., M.G. González., M.G.D. Mendoza., & V.H. Reynoso. 2005. Digestibilidad y crecimiento en crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) con dos tipos de alimento comercial. pp: 61-66. *En*: VIII Reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico

consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Lázaro Cárdenas, Michoacán. México.

Rueda, Z.R.D.P. 2006. Crecimiento y digestibilidad en crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) como consecuencia del tipo de alimento, temperatura de incubación y sexo. Tesis para obtener el título de biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México.

Rueda, Z.R.D.P., M.G. González., M.D. Mendoza., & V.H. Reynoso. 2006. Digestibilidad y crecimiento en crías de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) con dos tipos de alimento comercial. pp: 61-66. *En*: VII Reunión sobre iguanas. Subcomité Técnico Consultivo para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de las Iguanas en México. Lázaro Cardenas, Michoacán. México.

Rueda, Z.P., G.D. Mendoza., M.M. Crosby., G. González., & V.H. Reynoso. 2011. Effect of the type and sex on digestibility and feed efficiency utilization in black spiny-tailed iguana (*Ctenosaura pectinata*). *Zoo Biol* 29: 1-6.

Rumbos, I.C., I.T. Karapanagiotidis., E. mente., P. Psoufakis & G.C. Athanassiou. 2020. Evaluation of commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. *Scientific reports*. (2020) 10:11224 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67363-1>

Rumpold, B.A. & O.K. Schlüter. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.* 57, 802–823.

Sánchez, J. 1992. Hábitos alimentarios del garrobo o iguana negra, *Ctenosaura pectinata* (Reptilia: iguanidae) en la región de la presa Zicuirán, Municipio de la Huacana. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Sánchez, O., R. Medellín., A. Aldama., B. Goettsch., J. Soberón., & M. Tambutti. 2007. Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 173 pp.

Sandhu, G.S. & A.S. Sohi. 1981. Occurrence of different species of cockroaches at Ludhiana Punjab India. J. Bombay Nat. Hist. Soc. 78: 179-181 pp.

SEMARNAP. 1997. Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural. 1997-2000. México. 207 p.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

SEMARNAT. 2012. Oaxaca: Aportaciones al programa sectorial 2007-2012. Gobierno Federal. *En*: Mandujano, R.S. 2016. Venado cola blanco en Oaxaca, Potencial, conservación, manejo y monitoreo. Instituto de Ecología, A.C. Comisión Nacional para el Conocimiento de la biodiversidad. Xalapa, Veracruz. México. 288 pp.

SEMARNAT. 2014. 50 pp. *En*: Creación de una UMA para la conservación y comercialización de la iguana en San Pedro Limón, Municipio de Tlatlaya, México. Tesis para obtener el título de licenciado en administración. Tejupilco, México.

SEMARNAT. 2018. Autorizaciones de aprovechamiento para *Ctenosaura*. Información interinstitucional, proporcionada en noviembre de 2018.

Smith, H.M. & E.D. Brodie, Jr. 1982. A guide to field identification reptiles of North America. Golden Press New York. Western publishing company, INC. Racine, Wisconsin. 230 pp.

Soil Association. 2010. Feeding the animals that feed us. The Poultry Site. Consultado el 29 de enero de 2020. <https://thepoultrysite.com/articles/feeding-the-animals-that-feed-us>

Stamps, J. & S. Tanaka, 1981. The influence of food and water of growth rates in a tropical lizard (*Anolis aeneus*). Ecology. 62 (1): 33-40.

Steel, R.G. & J.H. Torrie. 1988. Bioestadística, principios y procedimientos. 2<sup>da</sup> Ed. Ed McGraw Hill. México. 622p.

Stephen, C., S. Pasachnik., A. Reuter., P. Mosig., L. Ruyle., & L. Fitzgerald. 2014. Survey status, trade and exploitation of Central American iguanas. Iguanas Specialist group-international iguana foundation. TRAFFIC-USFWS-UVU. 1-54.

Suárez-Domínguez, E.A., J.E. Morales-Mávil, R. Chavira, & L. Boeck. 2011. Effects of habitat perturbation on the daily activity pattern and physiological stress of the spiny tailed iguana (*Ctenosaura acanthura*). *Amphibia-Reptilia*: 32: 315-322 pp.

Suazo, O.I. & D.J. Alvarado., 1994. Iguana negra. Notas sobre su historia natural. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo en colaboración con el Fish and Wildlife Service y Ecotonia A.C. México. 40 pp.

Suazo, O.I. & D.J. Alvarado., 1996. Iguana verde. Manual de conservación y manejo. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. México. 57p.

Terpstra, H.M.A. 2015. The composition and production of fish feeds: An overview of data from the literature and the internet. Requisite to obtain the grade of Philosopher doctor Universitate Vandensi. The Netherlands. 1-54.

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

Thompson, R.D. & C.V. Grant. 1968. Nutritive value of two laboratory diets for starlings. *Lab. Anim. Care* 18: 75-79.

Tingley, R., & R.A. Hitchmough., & D.G. Chapple. 2013. Life-history traits and extrinsic threats determine extinction risk in New Zealand lizards. *Biological conservation*. 165: 62-68.

Trejo, I. 2004. Clima En: García-Mendoza A.J, Ordóñez M.J & Briones-Salas M.A. (Eds) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología UNAM. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y World Wildlife Fund 67-85.

Troyer, K. 1987. Structure and function of the digestive tract of an herbivorous lizard *Iguana iguana*. *Physiol. Zool.* 57: 1-8.

USDA, APHIS, VS. 2001. The reptile and amphibian communities in the united states. Centers for epidemiology and animal health. Fort Collins, CO. USA. 1-42 pp.

USFWS. 2018. Reporte Interno.

Van demark, J. 2018. Reptiles & amphibians. Part 1: Housing heat and humidity. Posted on May 09, 2018. Consultado el 25 de junio del 2020. <https://www.rhinebeckanimalhospital.com/blog/42506-reptiles-amp-amphibians-part-1-housing-heat-and-humidity>

Van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58(1).

Van Huis, A., & D.G.A.B. Oonincx. 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed, a review. *Agron. Sustain. Dev.* 37:43. DOI 10.1007/s13593-017-0452-8

Van Huis, A., J. Van Itterbeeck., H. Klunder., H. Mertens., A. Halloran., G. Muir., & P. Vantomme. 2013. Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO. Rome. 187 pp.

Van Marken, L.W. 1992. Digestion in an ectothermic herbivore, the green iguana (*Iguana iguana*): Effect of the food composition and body temperature. *Physiol. Zool.* 65: 649-673 pp.

Van Soest, J.B. Robertson., & B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: Carbohydrate methodology. Metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal Dairy Science.* 74:3583-3597.

Valenzuela, L.G. 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 biológicas. UNAM. México.

Vélez, H.L. & P.M. Cobos. 1997. Comparación de la digestibilidad *in vitro* de tres leguminosas, entre bacterias cecales de la iguana negra, del conejo y bacterias ruminales. p 174-179. *En: XV Simposio sobre fauna silvestre.* División de educación continua. Facultad de medicina. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Vélez, H.L., M.A.P, Cobos. & J.L. Arcos-García. 2012. Contenido de alimento y metabolismo ceco-cólico en el tracto digestivo de poblaciones silvestres de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en Morelos, México. *Arch med vet.* 44, 217-224 pp.

Vences-Martínez, R. & A. Villegas-Flores. 2014. Creación de una UMA para la conservación y comercialización de la iguana en San Pedro Limón, municipio de Tlatlaya, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Del Estado De México. Tejupilco, Estado de México, México.

Viesca, G.F.C. & C.A.T. Romero., 2009. La entomofagia en México algunos aspectos culturales. Universidad Autónoma de México. El Periplo Sustentable. N° 16. 57-83.

Villegas, Z.F. & P.D. Vásquez., 2001. The black iguana, biology, research and conservation of a species endemic to Mexico. Reptilia the European Herp magazine.

Vitt, J.L. & P.J. Caldwell., 2009. Herpetology. An introductory biology of amphibians and reptiles. 3rd edition. Elsevier Inc. San Diego, California. 713 pp.

Weather spark. 2018. El Clima promedio en Puerto Escondido, México. Consultado el 28 de noviembre del 2020: <https://es.weatherspark.com/y/7293/Clima-promedio-en-Puerto-Escondido-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Webb, J.E., J.A. Wallwork, & J.H. Elgood. 1978. Guide to living reptiles. The macmillan press LTD. London.1-182 pp.

Werner, D.I. 1987. Manejo de la iguana verde en el bosque tropical. Interciencia. 12. 12: 226-229 pp.

Woodring, J.P. 1983. Control of the molting in the house cricket, *Acheta domestica*. Insect physiol. 29(6): 461-464 pp

Wu, G. 2018. Principles of animal nutrition. Taylor & Francis group. Boca Raton. Florida. 1-801 pp.

Zabinski, J. 1929. The growth of the black beetles and of cockroaches on artificial and incomplete diets. Part 1. Br. J. Exp.Biol. 6: 360-385 pp.

Zárate, B.D. 1905. Relación de Guaxilotitlan. In: Papeles de la Nueva España, vol.4. Edited by F: del Paso y Troncoso. 196-205.Segunda serie, geografía y estadística. Relaciones geográficas de la Diócesis de Tlaxcala, Madrid.

Zubieta, R.T. 1997. Participación comunitaria para la cría y conservación de iguana verde en Maruata, Michoacán. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

Zubieta, R.T. 1998. Estrategia participativa para la cría y conservación de iguana verde (*Iguana iguana*) en la Maruata, Michoacán, lineamientos para una propuesta. pp: 5-7. *En*: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Zurita, C.M.E., B. Aguilar., A. González., G.D. Mendoza., & J.L. Arcos-García. 2004. Densidad poblacional y composición de la dieta de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en el municipio de Santos Reyes Nopala, Oaxaca. pp 83-91. *En*: VII reunión nacional sobre iguanas. Subcomité técnico consultivo para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las iguanas en México. Puerto Escondido, Oaxaca. México.

Zurita, C.M.E., B. Aguilar, A. González, G.D. Mendoza, & J.L. Arcos-García. 2009. Composición de la dieta, consumo de proteína y energía en iguana negra, *Ctenosaura pectinata* Wiegmann, 1834, y densidad poblacional en santos reyes Nopala, Oaxaca. *Revista universidad y ciencia*. 25: 103-109.

Zurita, V.F. 1999. Comportamiento reproductivo y evento de cópula de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*). pp: 8-10. *En*: Segundo taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAT. Colima, Colima. México.

Zurita, V.F. & S.J. Segovia. 1998. Incubación de huevos de iguana (Reptilia: Iguanidae): técnicas y efecto de la temperatura y humedad. pp: 18-21. *En*: Primer taller nacional sobre manejo de iguanas en cautiverio. Dirección General de Vida Silvestre y Delegación Federal de la SEMARNAP. Pátzcuaro, Michoacán (México).

Zwart, P. & R.J. Rulkens. 1979. Improving the calcium content of mealworms. *Int. Zoo Yearb*. 19: 254-255.

