

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Excelencia que trasciende

DELVALLE
GRUPO EDUCATIVO

Efecto de la temperatura ambiental y pérdida de hábitat sobre la ecología
del movimiento de la iguana amenazada *Ctenosaura palearis*

Trabajo de graduación presentado por **Francisco José Castillo Obregón** para
optar al grado de Licenciado en Biología

Guatemala

2023

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Excelencia que trasciende

DELVALLE
GRUPO EDUCATIVO


Efecto de la temperatura ambiental y pérdida de hábitat sobre la ecología
del movimiento de la iguana amenazada *Ctenosaura palearis*

Trabajo de graduación presentado por **Francisco José Castillo Obregón** para
optar al grado de Licenciado en Biología

Guatemala

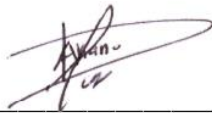
2023

Vo. Bo. :


(f) 

Ph.D. Daniel Ariano Sánchez

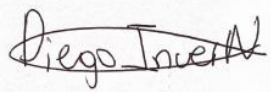
Tribunal Examinador:

(f) 

Ph.D. Daniel Ariano Sánchez

(f) 

Lcda. Johana Gil Escobedo

(f) 

MSc. Diego Josue Incer Nuñez

Fecha de aprobación: Guatemala, 26 de enero de 2024

PREFACIO

Quiero comenzar agradeciendo a mi familia por su apoyo incondicional y amor. Especialmente a mi madre, cuyo respaldo ha sido fundamental para alcanzar una de mis metas: convertirme en un futuro biólogo. Este trayecto ha sido largo, pero gracias a su apoyo, ha sido posible y ha transcurrido con rapidez. Esta meta es solo una de las varias que me propongo cumplir, y agradezco sinceramente la oportunidad que me han brindado mi madre para dedicarme de manera exclusiva a mis estudios. Soy consciente de que no todos tienen esta oportunidad, y valoro enormemente el respaldo que me han proporcionado. También quiero agradecer a mis abuelas, Miriam y Dora, por motivarme en mis estudios y tener una gran influencia en la carrera profesional que escogí.

Me llena de alegría saber que mi madre está presente para presenciar mis logros, siendo un pilar crucial en mi desarrollo personal y profesional. Confío en que mi padre, desde donde quiera que esté, se sentiría orgulloso por lo que su hijo está alcanzando y la persona en la que me estoy convirtiendo.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que contribuyeron de manera significativa a la realización de este proyecto de investigación. Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar los objetivos y hacer posible la culminación de este estudio. Quiero reconocer el generoso respaldo financiero, la colaboración con trámites éticos y el interés en el trabajo dedicado a la iguana de órgano (*Ctenosaura plearis*) proporcionado por la Reserva Natural Heloderma, International Iguana Foundation y Forgotten Nature. Estos fondos externos y trámites fueron esenciales para llevar a cabo el estudio.

Gracias a Gilberto Salazar y Franklin López por compartir sus conocimientos y su gran contribución en la búsqueda, captura y liberación adecuada de las iguanas evaluadas en el estudio. También quiero dar un agradecimiento para Juan Manuel Alvarado, Vicente Aragón y familia, Finca La Laguna-Naranjo y, nuevamente, a la Reserva Natural Heloderma por brindar áreas de estudio para el monitoreo de iguanas. Además, quiero expresar mi gratitud a todos mis

amigos que me acompañaron en los viajes de campo. Su apoyo moral y su contribución en el trabajo de campo fue indispensable.

Agradezco al Departamento de Biología de la Universidad del Valle de Guatemala, principalmente a Gabriela Alfaro, Ericka Santos y Miguel Morales por todo el apoyo moral y de logística para hacer posible la entrega del presente trabajo.

Por último, quiero expresar mi sincero agradecimiento a Daniel Ariano, Johana Gil y Diego Incer por darme la oportunidad de ser parte de este maravilloso proyecto y por brindarme su apoyo inquebrantable a lo largo de todo el proceso. Gracias a esta experiencia, he desarrollado un amor profundo por las iguanas, algo que no hubiera imaginado hace unos años. Desde mi infancia, admiraba el trabajo de Daniel y Johana, y fueron una de las principales fuentes de inspiración que me llevaron a estudiar biología. Su impacto en mi vida y en mi elección profesional ha sido significativo, y no puedo expresar lo suficiente mi gratitud por la influencia positiva que han tenido en mi camino.

Trabajar en conjunto con las personas a las que admiraba desde pequeño es un honor y un sueño hecho realidad. Agradezco a Daniel y Johana no solo por su apoyo invaluable en este estudio, sino también por motivar y encender la chispa de la curiosidad en mi yo más joven, que eventualmente se transformó en la decisión de estudiar biología y es algo de lo que estaré sumamente agradecido por el resto de mi vida.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| PREFACIO | i |
| LISTA DE CUADROS | v |
| LISTA DE FIGURAS | vii |
| RESUMEN | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 3 |
| A. Cambio climático | 3 |
| B. Urbanización | 4 |
| C. Ecología afectada por cambios en temperatura..... | 4 |
| D. Iguanas del género <i>Ctenosaura</i> | 6 |
| E. Iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>)..... | 6 |
| F. Ecología del movimiento | 7 |
| III. JUSTIFICACIÓN | 10 |
| IV. OBJETIVOS | 13 |
| V. HIPÓTESIS..... | 14 |
| VI. MÉTODOS | 15 |
| A. ÁREA DE ESTUDIO | 15 |
| B. DURACIÓN DEL ESTUDIO | 16 |
| C. ESPECIE MODELO | 16 |
| D. MÉTODOS DE CAMPO | 19 |
| E. ANÁLISIS DE DATOS..... | 22 |
| F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS..... | 23 |
| G. DECLARACIÓN DE ÉTICA | 25 |
| H. EVALUACIÓN DE RIESGOS Y BENEFICIOS DE LA PUBLICACIÓN DE DATOS | 25 |
| VII. RESULTADOS..... | 27 |
| A. ÁMBITOS DE HOGAR..... | 28 |
| B. INTENSIDAD DE ACTIVIDAD Y PATRONES DE MOVIMIENTO | 30 |
| C. EFECTOS SOBRE LOS ÁMBITOS DE HOGAR..... | 30 |
| D. EFECTOS SOBRE LA INTENSIDAD DE ACTIVIDAD | 32 |
| E. EFECTOS SOBRE LOS PATRONES DE MOVIMIENTO..... | 41 |
| F. EFECTOS SOBRE EL LARGO DE PASO..... | 47 |
| VIII. DISCUSIÓN..... | 51 |

| | | |
|------|--|----|
| A. | EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD MEDIDA COMO VEDBA | 51 |
| B. | EVALUACIÓN DE PATRONES DE MOVIMIENTO..... | 54 |
| C. | ÁMBITOS DE HOGAR..... | 55 |
| IX. | CONCLUSIONES | 57 |
| X. | RECOMENDACIONES..... | 59 |
| 1. | TAMAÑO DE LA MUESTRA..... | 59 |
| 2. | DURACIÓN DE MONITOREO | 59 |
| 3. | AUMENTO DE ETIQUETAS PINPOINT | 59 |
| 4. | MONITOREO A LARGO PLAZO INDIVIDUAL..... | 59 |
| 5. | ACCESOS A ZONAS URBANAS..... | 59 |
| XI. | LITERATURA CITADA | 60 |
| XII. | APÉNDICES | 70 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. – Hipótesis y predicciones del efecto de la temperatura ambiental y pérdida de hábitat sobre la ecología del movimiento de la iguana amenazada <i>Ctenosaura palearis</i> | 14 |
| Cuadro 2. - Resumen de modelos candidatos evaluados para la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA), Largo de paso (SL), Ángulo de giro (TA) y Ámbito de hogar (HR) de la iguana de órgano <i>Ctenosaura palearis</i> | 24 |
| Cuadro 3. - Nombre, sexo, localidad, peso, longitud hocico-cloaca (SVL), longitud de cola (TL), ancho de cabeza (AC), longitud de cabeza (LC), hábitat, fechas de seguimiento, días seguidos, puntos GPS, actividad medida como VeDBA y regeneración de cola para cada iguana monitoreada..... | 27 |
| Cuadro 4. - Ámbitos de hogar por medio del método de Kernel de cada iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) monitoreada en el bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua. .. | 28 |
| Cuadro 5. - Ámbitos de hogar por medio del método de PMC de cada iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) monitoreada en el bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua. .. | 29 |
| Cuadro 6. - Resumen de la selección de Modelo Lineal (LM) para los ámbitos de hogar con el método de Kernel y del Polígono Convexo Mínimo (PCM) donde se muestra la probabilidad logarítmica (LL), criterio de información de Akaike (AICc), el cambio en AICc (Δ AICc) y el peso (ω AICc). | 30 |
| Cuadro 7. - Resumen de la selección de Modelo Aditivo Generalizado Mixto (GAMM) para la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) donde se muestra la probabilidad logarítmica (LL), criterio de información de Akaike (AICc) y el cambio en AICc (Δ AICc). | 32 |
| Cuadro 8. - Tamaño de efecto (β), error estándar e intervalos de confianza del 95% inferior (LCI) y superior (UCI) de las variables explicativas para el modelo seleccionado de la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) de la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>). | 33 |
| Cuadro 9. - Selección de modelo basada en el criterio de información Watanabe-Akaike (WAIC) y el cambio en WAIC (Δ WAIC) de los modelos de factores de Bayes para un modelo circular bayesiano de efectos mixtos para ángulos de giro y rumbos de la iguana <i>Ctenosaura palearis</i> .. | 42 |
| Cuadro 10. - Tamaño de efecto (β), error estándar e intervalos de confianza del 95% inferior (LCI) y superior (UCI) de las variables explicativas para el modelo seleccionado de la | |

aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).
..... 43

Cuadro 11. - Resumen de la selección de Modelo Lineal Mixto (LMM) para el largo del paso (SL) donde se muestra la probabilidad logarítmica (LL), criterio de información de Akaike (AICc), el cambio en AICc ($\Delta AICc$) y el peso ($\omega AICc$). 48

Cuadro 12. - Tamaño de efecto (β), error estándar e intervalos de confianza del 95% inferior (LCI) y superior (UCI) de las variables explicativas para el modelo seleccionado del largo de paso (SL) de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*). 48

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Perfil generalizado de la vegetación del bosque seco bajo en el bosque estacionalmente seco de El Progreso, Guatemala..... | 15 |
| Figura 2. Perfil generalizado de la vegetación del bosque seco alto en el bosque estacionalmente seco de Zacapa, Guatemala..... | 16 |
| Figura 3. Iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) macho en la Reserva Natural Heloderma, bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua, Zacapa, Guatemala. | 17 |
| Figura 4. Iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) bloqueando entrada a cueva en una rama hueca en el bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua, Zacapa, Guatemala. | 18 |
| Figura 5. Poros femorales de iguanas de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) machos (A) y hembras (B), donde se nota una ligera reducción de los poros en hembras a comparación de los machos.19 | |
| Figura 6. Diagrama explicativo de técnica de captura a utilizar “Lizard noosing”..... | 21 |
| Figura 7. Posición de etiquetas de radio PinPoint GPS Beacon Tags a colocar en iguanas de órgano (<i>C. palearis</i>) utilizando pegamento y cinta americana. | 22 |
| Figura 8. Árbol de decisiones para publicar datos de biodiversidad provenientes de monitoreo y levantamiento para la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>). | 26 |
| Figura 9. Prueba de residuales escalados de DHARMa para el modelo de variables ambientales en el método de Kernel. | 31 |
| Figura 10. Prueba de residuales escalados de DHARMa para el modelo de variables ambientales en el método de PMC..... | 32 |
| Figura 11. Gráfico de caja y bigote de la actividad de <i>C. palearis</i> medida como VeDBA en época seca y lluviosa. | 35 |
| Figura 12. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la longitud hocico-cloaca (SVL) de la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>). | 35 |
| Figura 13. Gráfico de caja y bigote de la actividad medida como VeDBA de <i>C. palearis</i> evaluando la regeneración de cola. | 36 |
| Figura 14. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la temperatura ambiental en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>). | 37 |
| Figura 15. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la temperatura ambiental en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) separado por tipo de hábitat. | 37 |

| | |
|---|----|
| Figura 16. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>)..... | 38 |
| Figura 17. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) separado por tipo de hábitat. | 39 |
| Figura 18. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) separado por época. | 39 |
| Figura 19. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) separado por la regeneración de la cola. | 40 |
| Figura 20. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>) por sexo. | 41 |
| Figura 21. Relación entre temperatura ambiental y horas monitoreadas de hábitats urbanos y bosques en Zacapa, Guatemala. | 41 |
| Figura 22. Histograma de frecuencia de ángulos de giro para la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>). | 44 |
| Figura 23. Histograma de frecuencia de rumbo para la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>). | 45 |
| Figura 24. Diagramas de rosa de los rumbos de las trayectorias de movimiento de la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>)..... | 46 |
| Figura 25. Diagramas de rosa de los rumbos de las trayectorias de movimiento de la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>)..... | 46 |
| Figura 26. Diagramas de rosa de los rumbos de las trayectorias de movimiento de la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>)..... | 47 |
| Figura 27. Relación predicha para el largo de paso entre la temperatura ambiental en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>). | 49 |
| Figura 28. Relación predicha para el largo de paso entre la altitud en la iguana de órgano (<i>Ctenosaura palearis</i>). | 50 |

RESUMEN

La iguana de órgano, *Ctenosaura palearis*, es una especie en peligro de extinción y endémica de la región semiárida del Valle de Motagua. El objetivo del estudio consistió determinar cómo la calidad de hábitat y la temperatura afectan en la ecología del movimiento de la iguana *Ctenosaura palearis*. Las iguanas fueron equipadas con dispositivos del sistema PinPoint GPS Beacon Tag, que brindaron información sobre su ubicación, la temperatura ambiente a la que están expuestas y su aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA). Estas iguanas marcadas con las etiquetas PinPoint luego fueron liberadas, llevando los dispositivos por un período de 15 días. Los dispositivos se programaron para tomar 15 posiciones de GPS y 132 registros VeDBA por día en un horario de 7:30 Am a 5:30 PM. El estudio proporciona una comprensión más completa y detallada de la ecología del comportamiento de *C. palearis*, contribuyendo a la toma de decisiones de conservación para la especie. De acuerdo con los resultados, la temperatura ambiental afecta claramente al VeDBA, con baja actividad en temperaturas entre 25 y 30 °C, mayor actividad entre 31 y 43 °C, y luego una fuerte disminución de la actividad a temperaturas superiores a 43 °C. También se observó que las iguanas de hábitats urbanos tienen una mayor actividad (VeDBA) que las iguanas de hábitats rurales. La actividad de la época seca (VeDBA) fue claramente menor en comparación con la época lluviosa. Sumado, se observó que los machos mostraron mayor actividad (VeDBA) que las hembras. Las iguanas más pequeñas demostraron una mayor actividad (VeDBA) que las iguanas más grandes. Las iguanas con cola regenerada presentaron mayor actividad (VeDBA) que las iguanas con cola completa. Las trayectorias de movimiento de las iguanas durante la estación seca mostraron ángulos de giro menores, especialmente en las áreas urbanas, mostrando un movimiento más sinuoso. La elevación afecta claramente a los ángulos de giro de las iguanas, los ángulos de giro son mayores en elevaciones más altas, mostrando un movimiento más lineal. Por último, ninguna de las variables analizadas mostró un efecto claro en los ámbitos de hogar de *Ctenosaura palearis*.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación surge por la preocupación de la acelerada pérdida del bosque seco de Guatemala (CONAP et al., 2011; MINTRAB, 2023). La deforestación y el cambio climático han causado graves daños a los ecosistemas, afectando la biodiversidad y contribuyendo a la homogeneización de la biota (Seddon et al., 2016; IPCC, 2018). Una de las especies endémicas del bosque seco del Valle de Motagua es la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*), especie que se encuentra en peligro de extinción (IIF, 2023). *C. palearis* juega un papel crucial en la dispersión de semillas en este ecosistema seco (Vásquez-Contreras y Ariano-Sánchez, 2016). Para lograr entender con más detalle a la iguana de órgano se estudio la ecología del movimiento de la especie. El estudio sobre la ecología del movimiento de esta especie, enfocado en la influencia de la calidad del hábitat y la temperatura, busca proporcionar información clave para la conservación y mejorar la planificación conservacionista en el contexto de cambio climático (Chapman et al., 2023; Ariano, 2023; Fraser et al., 2018).

Por lo mencionado anteriormente, el objetivo del estudio consistió determinar cómo la calidad de hábitat y la temperatura afectan en la ecología del movimiento de la iguana *Ctenosaura palearis*. Para cumplir con el objetivo, las iguanas fueron equipadas con dispositivos del sistema PinPoint GPS Beacon Tag, que brindaron información sobre su ubicación, la temperatura ambiente a la que están expuestas y su aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA). Estas iguanas marcadas con las etiquetas PinPoint luego fueron liberadas, llevando los dispositivos por un período de 15 días. Los dispositivos se programaron para tomar 15 posiciones de GPS y 132 registros VeDBA por día en un horario de 7:30 Am a 5:30 PM.

El estudio proporcionó una comprensión más completa y detallada de la ecología del comportamiento de *C. palearis*, contribuyendo a la toma de decisiones de conservación para la especie. De acuerdo con los resultados, la temperatura ambiental afecta claramente al VeDBA, con baja actividad en temperaturas entre 25 y 30 °C, mayor actividad entre 31 y 43 °C, y luego una fuerte disminución de la actividad a temperaturas superiores a 43 °C. También se observó que las iguanas de hábitats urbanos tienen una mayor actividad (VeDBA) que las iguanas de hábitats rurales. La actividad de la época seca (VeDBA) fue claramente menor en comparación con la época lluviosa. Sumado, se observó que los machos mostraron mayor actividad (VeDBA)

que las hembras. Las iguanas más pequeñas demostraron una mayor actividad (VeDBA) que las iguanas más grandes. Las iguanas con cola regenerada presentaron mayor actividad (VeDBA) que las iguanas con cola completa. Las trayectorias de movimiento de las iguanas durante la estación seca mostraron ángulos de giro menores, especialmente en las áreas urbanas, mostrando un movimiento más sinuoso. La elevación afecta claramente a los ángulos de giro de las iguanas, los ángulos de giro son mayores en elevaciones más altas, mostrando un movimiento más lineal.

II. MARCO TEÓRICO

A. Cambio climático

El impacto del cambio climático y el crecimiento de la agricultura intensiva presenta graves amenazas para la biodiversidad. Se ha observado que las actividades humanas y el cambio climático perjudican fuertemente a los ecosistemas y, con ello, a las especies de flora y fauna asociadas a estos (Reyes-Palomino y Cano, 2022). Se estima que se verá drásticamente afectada la biodiversidad de América Latina y el Caribe. A pesar de la existencia de estudios de impacto del cambio climático, es escasa la información y certeza de cuáles serán los efectos de este sobre la flora y fauna (Uribe, 2015). Entre los efectos notables destacan los cambios en zonas climáticas que alteran rangos de distribución, abundancias y actividad de las especies (IPCC, 2022).

Algunos autores indican que se está atravesando por la época del Antropoceno (Seddon *et al.*, 2016). Esta temporalidad se distingue por su cambio abrupto causado hacia los ecosistemas, junto con la pérdida de vida silvestre. Se han registrado diversos daños a los ecosistemas, tales como la homogeneización de la biótica y el daño marcado hacia las especies de flora y fauna con más notoriedad en aquellas regiones con mayor impacto humano (Seddon *et al.*, 2016). Se estima que, al ritmo en el que avanzan las consecuencias del efecto invernadero, habrá un incremento en el déficit hídrico en regiones secas de Guatemala a finales del siglo (Pons *et al.*, 2018). Asimismo, la agricultura presenta amenazas para la biodiversidad, siendo responsable del 80% de deforestación a nivel mundial y de algunos efectos negativos para el ambiente, y, afectando a las especies (Reyes-Palomino y Cano, 2022).

Con las actividades humanas actuales, se espera un incremento marcado en la temperatura. Se estima que la temperatura aumentará 1.5°C, con respecto a los niveles preindustriales, para el 2030 y 2052 si se mantiene el ritmo de contaminación actual. Con el aumento de las temperaturas, se espera una pérdida de la biodiversidad y de los ecosistemas. Con esto, también se observa una reducción del alcance geográfico determinado por el clima de diversas especies de flora y fauna (IPCC, 2018).

Según algunos autores, estamos transitando la sexta extinción masiva, donde la tasa de extinción de especies es más acelerada comparado con cómo lo sería sin el efecto antropogénico (Martínez-Meyer *et al.*, 2014). Uno de los grupos más amenazados por el cambio climático y factores antropogénicos son los reptiles. Los reptiles se han visto afectados principalmente por las asociaciones a sus microhábitats en cada ecosistema. Cabe destacar que algunas especies tienen el potencial de adaptarse a los cambios presentados por las presiones antropogénicas (García *et al.*, 2020).

B. Urbanización

Una de las presiones más grandes en la actualidad hacia la flora y la fauna es la urbanización. La urbanización transforma sectores naturales en centros urbanos complejos presentando retos ambientales relacionados con la producción de comida, energía, agua, manejo de desechos y contaminación. Se pueden generar cambios en las estructuras de los hábitats y la distribución de los recursos (Forman, 2014). Se ha estudiado el efecto de la urbanización en lagartijas del género *Anolis*. Existen fuertes diferencias en las condiciones corporales entre poblaciones urbanas y rurales. Existe una mayor cantidad de lesiones en poblaciones urbanas; sin embargo, no se ha concluido que la vida de las especies habitando espacios urbanos sea perjudicial para los individuos (Winchell *et al.*, 2019). Cabe destacar que se han documentado cambios en comportamiento entre poblaciones rurales y urbanas, donde los individuos urbanos se suelen perchar a una mayor altura que los individuos rurales y a diferentes horarios. Los organismos de áreas urbanas suelen tener mayor actividad (búsqueda de alimento, vigilancia, exhibición y termorregulación) en la mañana, mientras que los rurales por la tarde (Vidal *et al.*, 2023).

C. Ecología afectada por cambios en temperatura

La temperatura del aire aumenta a mayor velocidad que la temperatura del océano, por lo que las especies terrestres enfrentan más rápido las consecuencias del cambio climático con poca capacidad de aclimatación. Si bien los animales ectotermos poseen la habilidad de adaptar sus tolerancias térmicas en respuesta a la exposición a temperaturas cambiantes, esta plasticidad no suele ser suficiente para llegar a los márgenes de seguridad cuando aumenta la temperatura corporal. La tolerancia térmica de estos animales se ve limitada a niveles bajos para la

compensación ante los efectos negativos del cambio climático (Gunderson y Stillman, 2015). La complejidad de la especialización térmica aplica a todos los organismos en un ecosistema y afecta las relaciones entre las diferentes especies de este. El contar con factores de estrés adicionales, puede producir un cambio en el rendimiento, comportamiento y estructura de comunidades de las especies en un ecosistema (Bozinovic y Pörtner, 2015).

Se ha estudiado el movimiento de los animales con relación a la temperatura y se han observado cambios en dependencia de estos factores en los animales. Con el aumento de la temperatura, manteniendo una dependencia, se puede ver afectada la comunicación animal, apareamiento, detección sensorial, conducta y un aumento en el metabolismo (Gilbert *et al.*, 2016). Asimismo, se ha visto el efecto positivo de la temperatura ambiental sobre los patrones de actividad y longitud del paso en lagartijas. El aumento de las temperaturas promueve que las lagartijas se muevan de forma lineal. Con esto, se tienen indicios de la susceptibilidad de las lagartijas ante los cambios de temperatura (Ariano-Sánchez *et al.*, 2022).

Hay evidencia de que existe una fuerte influencia de la estacionalidad en los ámbitos de hogar, áreas centrales y patrones de movimiento de las lagartijas. Se ha reportado la disminución en áreas de distribución y reducción de movimiento en lagartijas, específicamente en *Heloderma charlesbogerti*. También se ve la disminución de la longitud de los pasos y menores ámulos de giro en época seca comparado con época lluviosa (Ariano-Sánchez *et al.*, 2020).

Se sugiere que los procesos reproductivos requieren de condiciones térmicas específicas dentro de rangos establecidos en especies de ectotermos (Fenkes *et al.*, 2017). El incremento de la temperatura asociado al calentamiento global afecta negativamente la velocidad de los espermatozoides en modelos de lagartijas. Esto puede afectar negativamente el éxito de la fertilización de folículos vitelogénicos y la competencia espermática entre machos (Rossi *et al.*, 2021). Asimismo, en reptiles la determinación del sexo dependiente a la temperatura es común. En dragones barbudos (*Pogona vitticeps*) se ha visto que, al exponerse a temperaturas extremas durante la incubación, la perturbación de la función de los genes JARID2/JMJD3 por la retención de intrones altera el paisaje epigenético, anulando las señales cromosómicas que determinan el sexo, lo que genera una inversión del sexo (Deveson *et al.*, 2017).

El aumento de la temperatura tiene consecuencias directas e indirectas sobre los reptiles. Se puede esperar efectos más pronunciados en especies con ciclos térmicos más marcados. Los ciclos térmicos influyen en la fisiología de los individuos, asociados con los ciclos circadianos. Lastimosamente, es escasa la información sobre el tema de como estos ciclos afectan al metabolismo (Navas *et al.*, 2016). Las altas temperaturas en el ambiente están asociadas con la actividad diaria de los ectotermos. El tiempo destinado a la selección de pareja disminuye con el aumento de la temperatura. Se ha documentado que los individuos aumentan el uso de refugios termales tras el aumento de la temperatura, invirtiendo más tiempo en estas actividades comparado con la selección sexual y “perdiendo oportunidades”. Asimismo, el aumento de la temperatura provoca que las hembras dediquen menos tiempo en la elección de pareja y que los machos aumenten la variabilidad de exhibiciones reproductivas. Con esto se tienen nociones de que las altas temperaturas pueden modificar los patrones de selección de pareja y selección sexual (Rossi *et al.*, 2023).

D. Iguanas del género *Ctenosaura*

El género *Ctenosaura*, las iguanas de cola espinosa, pertenece a la familia Iguanidae. Estas pueden alcanzar tamaños de 25 a 100 cm. Estas iguanas, dependiendo de su tamaño, pueden colocar nidadas de 5 a 15 huevos en especies de menor tamaño o de 20 a 88 huevos en especies de mayor tamaño. Los nidos adecuados para este género suelen ser en áreas expuestas al sol, donde hasta cinco hembras pueden utilizar un mismo agujero como nido (Fitch y Hackforth-Jones, 1983). La incubación de estos huevos suele durar un aproximado de tres meses (Köhler, 1993). Asimismo, este género de iguanas alcanza la madurez sexual entre los dos a tres años (Köhler, 2003). Una de las características de esta especie es que pueden esconderse en ramas huecas, grietas entre las rocas o madrigueras. Cuando sienten amenazas, estas bloquean la entrada de sus áreas de escondite con su cola espinosa, e incluso pueden llegar a azotar la cola contra la especie que las amenaza (Gil, 2016).

E. Iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*)

La iguana *Ctenosaura palearis* es una especie endémica de Guatemala, restringida a los remanentes de bosque tropical estacionalmente seco del Valle de Motagua (IIF, 2023). Según la

Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), esta iguana se encuentra en peligro y su población tiende a la disminución (Ariano-Sánchez *et al.*, 2019). Hasta el momento, se desconoce la cantidad de individuos que conforman la población, pero se estima la existencia de menos de 2,500 ejemplares en vida silvestre (IIF, 2023). Se tiene escasa información sobre *C. palearis*, desconociendo principalmente sus aspectos ecológicos; sin embargo, se han detectado algunas de las amenazas que ejercen presión sobre *C. palearis*, tales como la pérdida y fragmentación de su hábitat, el tráfico ilegal de ejemplares y el consumo como alimento por parte de los pobladores de la zona (CITES, 2010).

Los esfuerzos para tener una mejor comprensión de la especie han llevado al trabajo con las comunidades locales de la región semiárida del Valle de Motagua. Se han realizado encuestas a los pobladores locales para determinar el uso que le dan a la iguana *C. palearis*. Se ha observado que los principales usos de *C. palearis*, por parte de las familias locales, radican en el aprovechamiento de carne, huevos y piel. Las creencias de los pobladores locales indican que la carne de iguana *C. palearis* presenta propiedades medicinales para tratar problemas en ojos, cáncer, aliviar hinchazones y curar dolores de oído. Asimismo, las encuestas indican que las personas locales tienen una preferencia al consumo de *C. palearis* sobre *C. similis* (Cotí y Ariano-Sánchez, 2008).

Se sugiere que *C. palearis* podría ser un dispersor efectivo del Tuno de Órgano (*Stenocereus pruinosus*) dado a que la germinación las semillas de esta planta se ve afectada positivamente por la ingestión de la iguana. Esto convierte a *C. palearis* en un actor importante en el servicio ecosistémico de dispersión de semillas en el bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua (Vásquez-Contreras y Ariano-Sánchez, 2016).

F. Ecología del movimiento

La ecología del movimiento ha permitido tener un mejor entendimiento de los patrones de movimiento de las especies de lagartijas. En este campo se analizan las funciones de selección de recursos, las funciones de probabilidad de selección de recursos, longitud de paso y ángulos de giro, donde se requieren datos de ubicaciones de muy alta frecuencia (VHF) y de sistema de posicionamiento global (GPS). Con estas técnicas combinadas con telemetría se pueden obtener

una colección amplia de datos sobre comportamiento y decisiones tomadas por los animales (Thurfjell *et al.*, 2014; Ariano-Sánchez, 2023).

Para el estudio de la ecología del movimiento se utilizan datos de la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA), largo de paso, ángulo de giro y ámbito de hogar de los individuos. Algunos estudios comenzaron a implementar la aceleración para el gasto de energía centrado en la aceleración dinámica del cuerpo (DBA). La DBA utilizaba información aceleración triaxial derivados de un registrador que registra a altas velocidades (>10 Hz). Actualmente, se utiliza la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) como una aproximación apropiada para describir el gasto metabólico y consumo de oxígeno de los organismos (Qasem *et al.*, 2012).

Para entender más a detalle el movimiento de los animales se ha utilizado el movimiento dirigido versus el movimiento restringido, siendo una relación entre la longitud de paso y ángulos de giro a través del tiempo. El uso de longitud de paso y ángulos de giro nos permite determinar movimientos de descanso, actividad moderada y viajes de los animales (Ironsides *et al.*, 2017). Las longitudes de paso las podemos entender como los pasos que se caracterizan por la distancia entre ubicaciones sucesivas. Por otro lado, los ángulos de giro se entienden como los cambios en la dirección y el ángulo entre vectores de tres ubicaciones consecutivas de los organismos (Hodel y Fieberg, 2022; Ariano-Sánchez, 2023). Sumado a esto contamos con el ámbito de hogar para un mayor entendimiento del campo, el cual se entiende como la extensión del espacio que utilizan los animales para vivir y reproducirse (Viana *et al.*, 2018).

El avance de la tecnología ha permitido contar con metodologías más precisas para generar investigación sobre el movimiento de las especies y enlazarlo con estrategias de conservación, siendo aplicable para *C. palearis*. Dado a la mayor eficiencia en la investigación sobre el tema, se ha mejorado la comprensión de los hábitats y áreas de importancia para la fauna silvestre (Nathan *et al.*, 2008; Hebblewhite y Haydon, 2010). Con la ayuda de los estudios sobre ecología del movimiento de especies se pueden implementar medidas más precisas de conservación a través del tiempo en espacios delimitados con procesos flexibles. Entender el movimiento es crucial para la identificación de amenazas y barreras para entender cómo priorizar de manera efectiva proyectos de conservación (Allen y Singh, 2016). El movimiento de los animales nos

puede brindar información sobre enlaces entre hábitats o ecosistemas para entender cómo se relacionan recursos, genes y procesos entre localidades. El considerar la ecología del movimiento puede mejorar la habilidad de conservación de diversidad genética, especies y ecosistemas (Jeltsh *et al.*, 2013).

III. JUSTIFICACIÓN

El bosque seco en Guatemala presenta una extensión de 4,001 kilómetros cuadrados. Se estima una pérdida del 75% en la cobertura histórica de este bosque. Zacapa, El Progreso, Chiquimula, Jutiapa y Baja Verapaz son los departamentos con mayor extensión de sistemas ecológicos secos (CONAP *et al.*, 2011). El departamento de Zacapa se ve constituido principalmente por bosque monte espinoso Sub-Tropical seco, caracterizado por su baja precipitación anual. Dentro del departamento, se han acomodado diversos sectores para actividades de agricultura. Se estima que dentro del departamento se ha alcanzado un 91% de deforestación por la tala inmoderada (MINTRAB, 2023).

Se han registrado diversos daños a los ecosistemas, tales como la homogeneización de la biótica y el daño marcado hacia las especies de flora y fauna con más notoriedad en aquellas regiones con mayor impacto humano (Seddon *et al.*, 2016). Se estima que, al ritmo en el que avanzan las consecuencias del efecto invernadero, habrá un incremento en el déficit hídrico en regiones secas de Guatemala a finales del siglo (Pons *et al.*, 2018; CONAP *et al.*, 2011). Sumado, con las actividades humanas actuales se espera un incremento marcado en la temperatura. Se estima que la temperatura aumentará 1.5°C, con respecto a los niveles preindustriales, para el 2030 y 2052 si se mantiene el ritmo de contaminación actual. Esto puede generar una pérdida de la biodiversidad y sus ecosistemas (IPCC, 2018).

Se ha demostrado que el aumento de la temperatura afecta el comportamiento (Ariano-Sánchez *et al.*, 2021; Gilbert *et al.*, 2016), gametos (Fenkes *et al.*, 2017; Rossi *et al.*, 2021) y rendimiento (Bozinovic y Pörtner, 2015) de las especies. Siendo más específicos, existe evidencia de que existen cambios notorios en la ecología del movimiento de lagartijas dado al aumento de la temperatura. Asimismo, se conjetura que varias especies de ectotermos no poseen la capacidad de adaptación necesaria para soportar los efectos negativos del aumento de las temperaturas (Gunderson y Stillman, 2015). Por lo mismo, es crucial entender los procesos temporales, espaciales y evolutivos que dado lugar a la distribución actual de las especies. Entender estos procesos nos permite garantizar una viabilidad a largo plazo y una conservación de la flora y fauna (Ceballos *et al.*, 2011).

La iguana *Ctenosaura palearis* es una especie endémica de Guatemala, restringida a los remanentes de bosque tropical estacionalmente seco del Valle de Motagua (IIF, 2023) y en peligro según la Lista Roja de la IUCN (Ariano-Sánchez *et al.*, 2019). Es poca la información disponible sobre esta especie, incluyendo sus aspectos ecológicos. Trabajos previamente realizados con *C. palearis* han detectado algunas de las amenazas que ejercen presión sobre esta, tales como la pérdida y fragmentación de su hábitat, el tráfico ilegal de ejemplares y el consumo como alimento por parte de los pobladores de la zona (CITES, 2010). La importancia de *C. palearis* radica en que es un actor importante en el servicio ecosistémico de dispersión de semillas en el bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua (Vásquez-Contreras y Ariano-Sánchez, 2016). Es importante complementar los estudios sobre la ecología del movimiento de esta especie para poder generar acciones de conservación viables de esta iguana amenazada (Ceballos *et al.*, 2011).

La tecnología ha permitido contar con metodologías más precisas para generar investigación sobre el movimiento de las especies y enlazarlo con estrategias de conservación. Esto ha mejorado la comprensión de los hábitats y áreas de importancia para la fauna silvestre (Nathan *et al.*, 2008; Hebblewhite y Haydon, 2010). Con la ayuda de los estudios sobre ecología del movimiento de especies se pueden implementar medidas más precisas de conservación a través del tiempo en espacios delimitados con procesos que sean alcanzables.

Es importante entender el movimiento de las especies para poder llegar a una identificación de amenazas y barreras, lo que brindará respuestas sobre cómo priorizar de manera efectiva proyectos de conservación (Allen y Singh, 2016). El movimiento nos puede dar a entender cómo la perturbación humana y los efectos del cambio climático afectan a los individuos (Chapman *et al.*, 2023). Sumado, esta nos puede brindar información sobre enlaces entre hábitats o ecosistemas para entender cómo se relacionan recursos, genes y procesos entre localidades. El considerar la ecología del movimiento puede mejorar la habilidad de conservación de diversidad genética, especies y ecosistemas (Jeltsh *et al.*, 2013).

Se espera que este estudio proporcione una comprensión más completa y detallada de la ecología del comportamiento de *C. palearis*. El estudio determinará cómo la calidad del hábitat y

la temperatura afectan la ecología del movimiento en *C. palearis*. Adicionalmente, se realizarán comparaciones entre iguanas urbanas y rurales en cuanto a sus patrones de actividad (VeDBA). Además, se llevará a cabo una evaluación de los factores que influyen en los cambios en los ángulos de giro, longitudes de paso y áreas de distribución en *C. palearis*, contribuyendo a la toma de decisiones de conservación para la especie.

Los resultados de esta investigación podrán dar información para la toma de decisiones de conservación más acertadas para esta iguana amenazada (*C. palearis*) en el contexto del aumento de temperatura a causa del cambio climático y la pérdida de hábitat dado por la urbanización (Chapman *et al.*, 2023; Ariano, 2023). Se ha documentado que aproximadamente el 60% de la investigación sobre la ecología del movimiento disponibles se utiliza para la planificación de conservación de especies (Fraser *et al.*, 2018). A pesar del crecimiento de la investigación en esta rama de la biología, existen lagunas de conocimiento sobre el movimiento de las especies, provocando obstáculos en la toma de decisiones para la conservación de especies (Fraser *et al.*, 2018).

IV. OBJETIVOS

A. General

Determinar cómo la calidad de hábitat y la temperatura afectan en la ecología del movimiento de la iguana *Ctenosaura palearis*.

B. Específicos

1. Evaluar la relación entre la temperatura ambiental y la actividad medida como aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) en la iguana *Ctenosaura palearis*.
2. Comparar los ámbitos de hogar, patrones de movimiento y patrones de actividad en aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) entre iguanas *Ctenosaura palearis* que habitan ambientes urbanos y rurales.
3. Comparar los ámbitos de hogar, patrones de movimiento y los patrones de actividad en aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) entre *Ctenosaura palearis* machos y hembras.

V. HIPÓTESIS

Cuadro 1. – Hipótesis y predicciones del efecto de la temperatura ambiental y pérdida de hábitat sobre la ecología del movimiento de la iguana amenazada *Ctenosaura palearis*.

| Hipótesis | Predicciones |
|--|--|
| 1. Los patrones de actividad medidos como VeDBA son afectados por la temperatura ambiental. | 1.1. Existe una disminución de los patrones de actividad medidos como VeDBA a medida que aumenta la temperatura ambiental. |
| 2. Existe una diferencia clara en los ámbitos de hogar, patrones de movimiento y patrones de actividad medido en VeDBA entre iguanas <i>C. palearis</i> que habitan ambientes urbanos y rurales. | 2.1. Las iguanas <i>C. palearis</i> que habitan ambientes urbanos presentarán menores ámbitos de hogar, patrones de movimiento y patrones de actividad medidos en VeDBA comparado con aquellas que habitan en ambientes rurales. |
| 3. Existe una diferencia clara en los ámbitos de hogar, patrones de movimiento y los patrones de actividad medido en VeDBA entre <i>C. palearis</i> machos y hembras. | 3.1. Las iguanas <i>C. palearis</i> machos tendrán mayores ámbitos de hogar, patrones de movimiento y patrones de actividad medido en VeDBA con respecto a las hembras. |

VI. MÉTODOS

A. Área de estudio

Los datos se colectaron en cuatro áreas de estudio ubicadas en el bosque estacionalmente seco (**Figura 1 y 2**) del Valle de Motagua, Zacapa, Guatemala. La primera área de estudio fue la Reserva Natural Heloderma (RNH), El Arenal y sus áreas adyacentes. La segunda área de estudio fue el Parque Regional Municipal Niño Dormido (PRMND), Cabañas y sus áreas adyacentes. La tercera área de estudio fue el municipio de Huité, Zacapa. Por último, la cuarta área de estudio fue Finca La Laguna-Naranjo, Cabañas. La RNH y el PRMND serán consideradas como áreas rurales y el municipio de Huité y la Finca La Laguna-Naranjo como áreas urbanas.



Figura 1. Perfil generalizado de la vegetación del bosque seco bajo en el bosque estacionalmente seco de El Progreso, Guatemala.

Fotografía: Daniel Ariano.



Figura 2. Perfil generalizado de la vegetación del bosque seco alto en el bosque estacionalmente seco de Zacapa, Guatemala.

Fotografía: Daniel Ariano.

B. Duración del estudio

Se realizó el monitoreo y toma de datos de *C. palearis* desde abril hasta septiembre de 2023. El estudio se realizó durante época seca y época lluviosa con 8 viajes de campo.

C. Especie modelo

Como especie modelo se utilizó la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) (**Figura 3**), una especie endémica de Guatemala, restringida a los remanentes de bosque tropical estacionalmente seco del Valle de Motagua (IIF, 2023). Según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), esta iguana se encuentra en peligro y su población tiende a la disminución (Ariano-Sánchez *et al.*, 2019). Una de las características de esta especie es que pueden esconderse en ramas huecas, grietas entre las rocas o madrigueras. Cuando sienten amenazas, estas bloquean la entrada de sus áreas de escondite con su cola espinosa (**Figura 4**)

(Gil, 2016). Existe una diferenciación del sexo de las iguanas por medio de mediciones morfológicas, donde los poros femorales son más grandes en los machos (**Figura 5A**) a comparación de los poros femorales de las hembras (**Figura 5B**) (Arcos-García *et al.*, 2005).



Figura 3. Iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) macho en la Reserva Natural Heloderma, bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua, Zacapa, Guatemala.

Fotografía: Francisco Castillo-Obregón.



Figura 4. Iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) bloqueando entrada a cueva en una rama hueca en el bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua, Zacapa, Guatemala.
Fotografía: Francisco Castillo-Obregón.

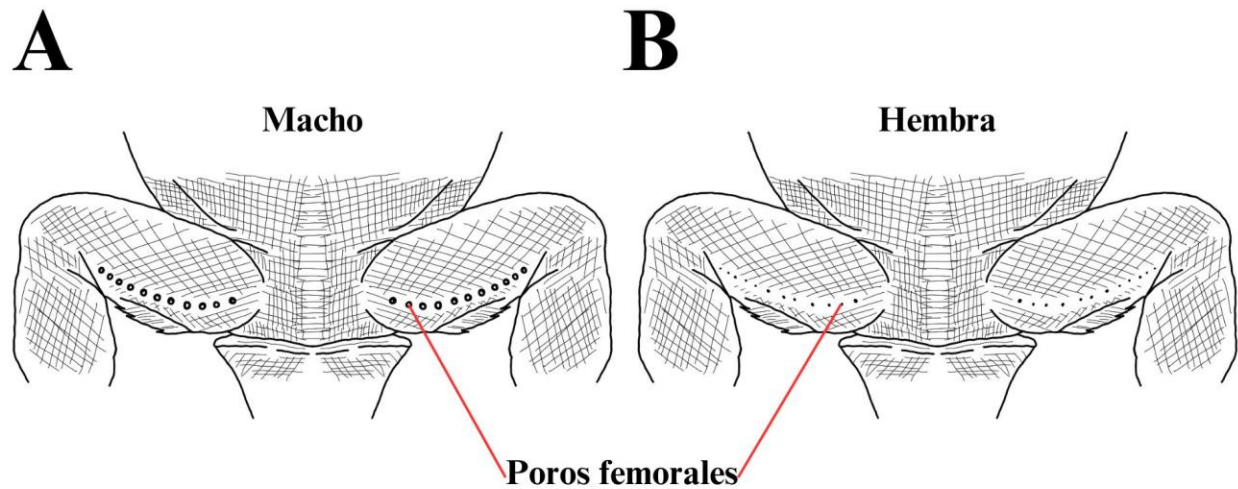


Figura 5. Poros femorales de iguanas de órgano (*Ctenosaura palearis*) machos (A) y hembras (B), donde se nota una ligera reducción de los poros en hembras a comparación de los machos. Ilustración: Francisco Castillo-Obregón.

D. Métodos de campo

Se adquirieron etiquetas de radio PinPoint GPS Beacon Tags, los cuales fueron programados por medio del programa Lotek PinPoint Host. Estas etiquetas incorporaron ubicaciones Swift, las cuales tienen un tiempo de punto GPS más corto, permitiendo registrar más puntos GPS. Estas etiquetas tienen opción programable de fábrica. Las ubicaciones de Swift son las más apropiadas para implementaciones a largo plazo donde todas las ubicaciones son fijas (Lotek, 2018). Las etiquetas de radio PinPoint GPS Beacon Tags se conectaron a la computadora por medio de una interfaz DLC-1 con cable USB. Posteriormente, se realizó la programación de las etiquetas por medio del programa de Lotek. Se programaron los horarios de los dispositivos para toma de datos de posicionamiento global (GPS), Beacon y actividad. Los dispositivos fueron programados para tomar 15 puntos GPS y 132 datos de VeDBA de 7:30 AM a 5:30 PM a diario. Los datos de GPS y actividad se descargaron por medio del programa Lotek, conectando las etiquetas a la computadora por medio de la interfaz mencionada anteriormente. El

programa de Beacon se utilizó para la recuperación de las etiquetas de radios por medio de receptores de mano y antenas Yagi.

Se comenzó una búsqueda de iguanas *C. palearis ad libitum* durante horarios diurnos dentro de las cuatro diferentes localidades establecidas previamente (RNH, PRMND y Huité). Cuando se contaba con un encuentro de *C. palearis*, estas eran capturadas utilizando el método de “Lizard noose” (**Figura 6**), método utilizado específicamente para la captura de estos reptiles (Savage, 2002); este método nos permite atrapar lagartijas activas y en lugares de difícil acceso. Este método consiste en una caña de pescar modificada con una sogá con nudo corredizo, la cual será lentamente acercada al cuello del individuo y levantada para cerrar el nudo e inmovilizarlo temporalmente (**Figura 6**) (Naccarato, Dejarnette y Allman, 2015). Las iguanas fueron colectadas temporalmente y obtuvieron las medidas de longitud hocico-cloaca (SVL), largo de cola (TL), ancho de cabeza (AC), largo de cabeza (LC), peso y se evaluó la ausencia o presencia de regeneración de cola para cada ejemplar; las medidas fueron obtenidas con ayuda de cinta métrica, un calibrador Vernier digital y una balanza de mano digital. Posteriormente se colocaba una etiqueta de transpondedor (PIT) pasiva, microchips AVID, subdérmica de identificación personal vía subcutánea al nivel de la escápula derecha con las respectivas condiciones asépticas.

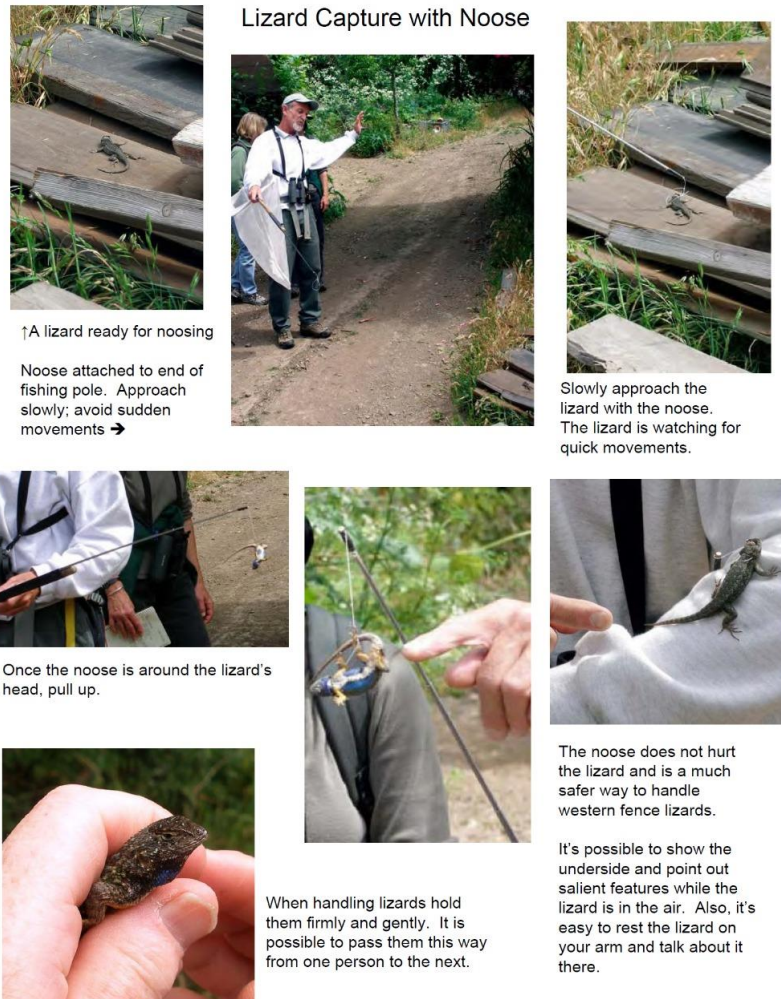


Figura 6. Diagrama explicativo de técnica de captura a utilizar “Lizard noosing”.

Se colocaron los dispositivos PinPoint GPS Beacon Tags (con un peso de 3.5g, representando menos del 5% del peso promedio de los ejemplares) ya programados en los laterales de la cola a dos centímetros de la abertura de la cloaca (**Figura 7**). Los dispositivos PinPoint GPS Beacon Tags fueron colocados utilizando pegamento y cinta americana. Los dispositivos permanecieron adheridos a los ejemplares durante un periodo de 15 días. Los dispositivos fueron previamente programados para tomar 15 posiciones de GPS y 132 registros VeDBA por día. Posteriormente, los ejemplares fueron liberados en los mismos sitios donde fueron encontrados en horarios diurnos.



Figura 7. Posición de etiquetas de radio PinPoint GPS Beacon Tags a colocar en iguanas de órgano (*C. palearis*) utilizando pegamento y cinta americana.

Elaborado con BioRender.

Al finalizar la toma de datos (periodo de 15 días) de los dispositivos PinPoint GPS Beacon Tags, estos fueron recuperados utilizando técnicas de telemetría con un receptor de mano ATS FieldMaster FM100, un receptor de mano Telonics TR-4, una antena Yagi de 3 elementos plegables y un kit de antena VHF RA-24K. Al encontrar a las iguanas con los dispositivos, estas se capturaron por medio de la técnica “lizard noose” (**Figura 6**), con ayuda de caña e hilo de pescar. Al encontrarse alguna iguana resguardada en cueva, se esperó a que esta saliera para poder capturarse.

E. Análisis de datos

Las etiquetas de radio PinPoint GPS Beacon Tags se conectaron a la computadora a través de una interfaz DLC-1 con cable USB y se descargaron los datos por medio del programa de Lotek. Posteriormente, se creó una base de datos de actividad y otra base de datos de posicionamiento global. Las bases de datos fueron analizadas en RStudio.

F. Análisis estadísticos

Todos los datos fueron analizados en el programa R, versión 4.2.1 (R Foundation, 2023). Para la generación de gráficos se utilizó el paquete ggplot2 (Wickham, 2016). Para determinar cómo la calidad de hábitat y la temperatura ambiental afectan en la ecología del movimiento de la iguana *C. palearis*, se calculó el ámbito de hogar de las iguanas que fueron monitoreadas utilizando el paquete adehabitatHR (Calenge, 2006). Para evaluar las diferencias entre los ámbitos de hogar de iguanas de ambientes urbanos y rurales se analizaron a través de Modelos Lineales (LM) utilizando el tipo de hábitat (urbano/rural), el tamaño de la iguana (SVL), largo de cabeza (LC), ancho de cabeza (AC), el sexo, la época (lluviosa/seca), la regeneración de la cola (con regeneración/entera) y el peso de la iguana como efectos fijos utilizando el paquete lme4 (Bates *et al.*, 2022). Los patrones de movimiento como los ángulos de giro y el largo de paso de cada iguana fueron generados utilizando el paquete amt (Signer *et al.*, 2019). Para evaluar que variables afectan el ángulo de giro y los rumbos se utilizaron factores de Bayes para un modelo circular bayesiano de efectos mixtos utilizando el paquete bpnreg. Para evaluar que variables afectan los largos de paso (SL) se utilizaron Modelos Lineales Mixtos (LMM) utilizando la temperatura ambiental, altitud, el tipo de hábitat (urbano/rural), el tamaño de la iguana (SVL), largo de cabeza (LC), ancho de cabeza (AC), el sexo, la época (lluviosa/seca), la regeneración de la cola (con regeneración/entera) y el peso de la iguana como efectos fijos, mientras que la identidad de la iguana se utilizará como efecto aleatorio utilizando el paquete lme4 (Bates *et al.*, 2022). Para evaluar que variables afectan el gasto metabólico medido como la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) se utilizaron Modelos Aditivos Generalizados Mixtos (GAMM) en los cuales se tuvo como efectos fijos la temperatura ambiental, el tipo de hábitat (urbano/rural), el tamaño de la iguana (SVL), largo de la cola (LC), ancho de la cola (AC), el sexo, la época (lluviosa/seca), la regeneración de la cola (con regeneración/entera) y el peso de la iguana mientras que la identidad de la iguana se mantuvo como efecto aleatorio utilizando el paquete lme4 (Bates *et al.*, 2022). En todos los análisis estadísticos se utilizó el enfoque de modelos candidatos y se seleccionó el mejor modelo con base al Criterio de Información de Akaike para muestras pequeñas (AICc) utilizando el paquete MuMIn con un delta < 2 (Barton, 2023). Previo a la realización de los modelos candidatos se evaluó colinearidad con coeficientes

de correlación de Pearson < 0.5 y el Factor de Inflación de Varianza de los efectos fijos con VIF < 3 .

Cuadro 2. - Resumen de modelos candidatos evaluados para la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA), Largo de paso (SL), Ángulo de giro (TA) y Ámbito de hogar (HR) de la iguana de órgano *Ctenosaura palearis*.

| Variable respuesta | Modelo candidato |
|--|--|
| Aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) | VeDBA ~ Temperatura Ambiental + Hábitat + Época + Hora + Sexo + SVL + TL + Ancho de cabeza + Daño de cola |
| | VeDBA ~ Temperatura Ambiental + Época + Hora + Sexo + SVL + TL + Ancho de cabeza + Daño de cola |
| | VeDBA ~ Temperatura Ambiental + Hábitat + Época + Hora + Sexo + SVL + Ancho de cabeza + Daño de cola |
| Largo de paso (SL) | SL ~ Temperatura ambiental + Hábitat + Altitud + Época + Sexo + SVL + TL + Ancho de cabeza + Daño de cola + (1 ID) + (1 Correlativo) |
| | SL ~ Temperatura Ambiental + Hábitat + Altitud + Época + (1 ID) + (1 Correlativo) |
| | SL ~ Sexo + SVL + TL + Ancho de cabeza + Daño de cola + (1 ID) + (1 Correlativo) |
| | SL ~ 1 |
| Ángulo de giro (TA) | TA ~ Temperatura Ambiental + Hábitat + Altitud + Época + Sexo + SVL + TL + Ancho de cabeza + Daño de cola + (1 ID) |
| | TA ~ Temperatura Ambiental + Hábitat + Altitud + Época + (1 ID) |
| | TA ~ Sexo + SVL + TL + Ancho de cabeza + |

| Variable respuesta | Modelo candidato |
|----------------------|---|
| | Daño de cola + (1 ID) |
| Ámbito de hogar (HR) | HR ~ Hábitat + Época + Sexo + SVL + TL + Ancho de cabeza + Daño de cola |
| | HR ~ Hábitat + Época |
| | HR ~ Sexo + SVL + TL + Ancho de cabeza + Daño de cola |

G. Declaración de ética

El proyecto fue respaldado con fondos externos de la Reserva Natural Heloderma, Forgotten Nature y la International Iguana Foundation (IIF) de la UICN, con trámites éticos específicos ya aprobados para estos fondos. Asimismo, este proyecto cuenta con la aceptación del Comité de Ética, Uso y Cuidado de Animales (CEUCA) de la Universidad del Valle de Guatemala.

H. Evaluación de riesgos y beneficios de la publicación de datos

Para garantizar llevar a cabo conservación de manera efectiva con base en el conocimiento de distribución y abundancia de especies, se debe comprender los beneficios y costos de compartir o no los datos. Según el árbol de decisiones para publicar datos de biodiversidad (**Figura 8**) es conveniente publicar los datos obtenidos sobre *C. palearis*. (Tulloch *et al.*, 2018).

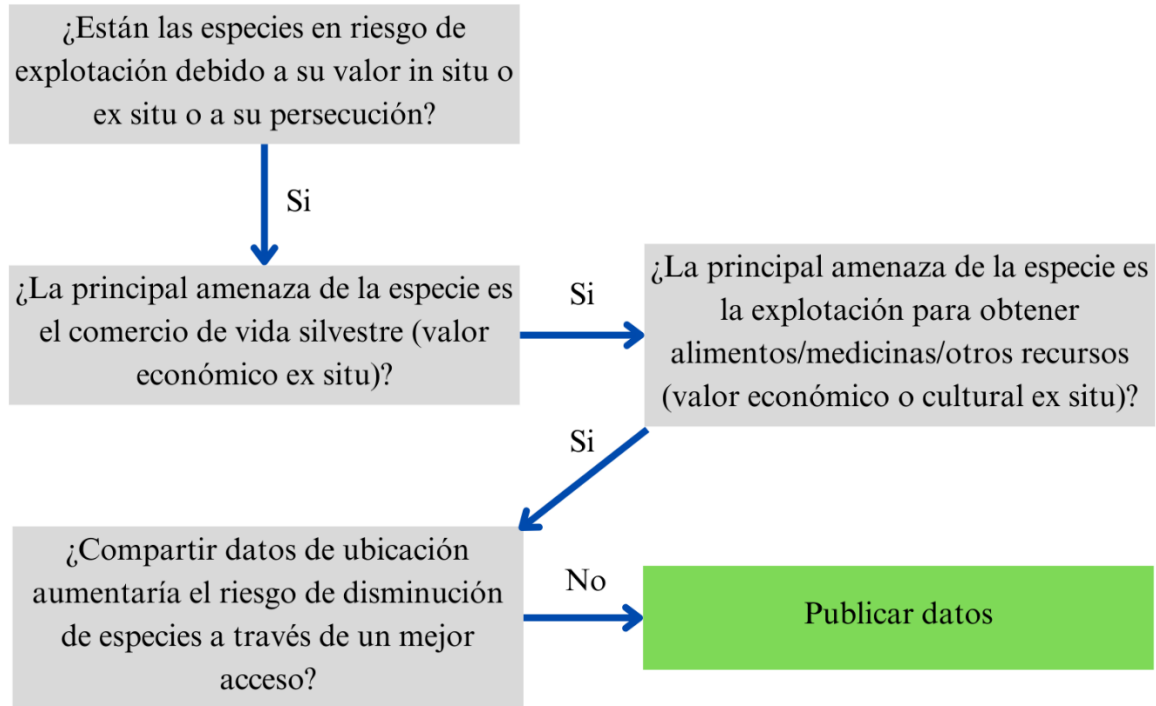


Figura 8. Árbol de decisiones para publicar datos de biodiversidad provenientes de monitoreo y levantamiento para la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

La publicación de datos de biodiversidad trae diversos beneficios para los investigadores, la sociedad, participación pública, la estimulación de investigaciones nuevas y para informar a aquellas personas que no son investigadores sobre ecología y conservación. Para *C. palearis*, como especie en peligro, cualquier dato de ubicación conocido es crucial para proteger sus hábitats restantes. El ignorar las ubicaciones donde se encuentra esta especie puede perjudicar drásticamente en los planes de conservación en el momento de la selección de áreas clave para preservar (Tulloch *et al.*, 2018).

Con el seguimiento de esta toma de decisiones (**Figura 8**), se podrá asegurar no pasar por alto oportunidades potenciales de conservación para la iguana de órgano (*C. palearis*) y que no se produzcan errores de conservación debido a la publicación inadecuada de estos datos (Tulloch *et al.*, 2018).

VII. RESULTADOS

Los individuos monitoreados ($n = 20$) presentaron un promedio de longitud hocico-cloaca (SVL) de 22.82 ± 2.94 cm (rango: 17.9-27.2 cm) y un promedio de masa corporal de 397.3 ± 133.27 (rango: 180-600 g). La longitud de cola tuvo un promedio de 23.91 ± 5.57 cm (rango: 17.9-27.2 cm). El promedio del ancho de cabeza fue de 24.36 ± 8.19 mm (rango: 11.8-37.7 mm) y el de la longitud de la cabeza fue de 33.87 ± 11.29 mm (rango: 18.07-53.2 mm). El promedio de los puntos GPS obtenidos por individuo ($n = 18$) fue de 62.06 ± 47.52 (rango: 1-149 puntos GPS). La duración promedio de seguimiento por individuo fue de 11.95 ± 2.76 días antes de ser recapturado para recuperar los dispositivos PinPoint Tags.

Cuadro 3. - Nombre, sexo, localidad, peso, longitud hocico-cloaca (SVL), longitud de cola (TL), ancho de cabeza (AC), longitud de cabeza (LC), hábitat, fechas de seguimiento, días seguidos, puntos GPS, actividad medida como VeDBA y regeneración de cola para cada iguana monitoreada.

| ID | Nombre | Sexo | Localidad | Peso (g) | SVL (cm) | TL (cm) | AC (mm) | LC (mm) | Hábitat | Fechas de seguimiento (d/m/y) | Días seguidos (n) | GPS fixes (n) | VeDBA (n) | Cola regenerada |
|-----------------|--------------------|--------|--|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---|-------------------|---------------|-----------|-----------------|
| 900215006375135 | Emperatriz Furiosa | Hembra | Reserva Natural Heloderma | 270 | 22.5 | 11.5 | 29.4 | 41.4 | Bosque | 23/04/2023 - 28/04/2023 y 1/05/2023 - 12/05/2023 | 18 | 104 | 2159 | Si |
| 900215006375137 | Lilith | Hembra | Reserva Natural Heloderma | 180 | 17.9 | 24 | 23.2 | 34.9 | Bosque | 23/04/2023 - 28/04/2023 | 6 | 50 | 720 | No |
| 900215006375140 | Ozzy | Macho | Reserva Natural Heloderma | 230 | 20 | 20 | 26.2 | 39 | Bosque | 23/04/2023 - 28/04/2023 | 6 | 39 | 720 | Si |
| 900215006375139 | Poseidon | Macho | Reserva Natural Heloderma | 536 | 26.8 | 30.5 | 37.7 | 53.2 | Bosque | 23/04/2023 - 28/04/2023 y 15/05/2023 - 26/05/2023 | 18 | 149 | 2160 | Si |
| 900215006375128 | Ferne | Hembra | Huité | 370 | 23 | 24.4 | 15.51 | 20.43 | Urbano | 29/5/2023 - 9/6/2023 | 12 | 19 | 1440 | Si |
| 900215006375126 | Gilberto | Macho | Reserva Natural Heloderma | 540 | 27.2 | 33.5 | 18.46 | 25.18 | Bosque | 29/05/2023 - 9/6/2023 | 12 | 127 | 1440 | No |
| 900215006375129 | Juanito | Macho | Parque Regional Municipal Niño Dormido | 230 | 18.5 | 27.3 | 11.8 | 18.07 | Bosque | 29/05/2023 - 9/6/2023 | 12 | 114 | 1440 | No |
| 900215006375138 | Peluda | Hembra | Parque Regional Municipal Niño Dormido | 300 | 19 | 17.5 | 13.72 | 18.93 | Bosque | 29/05/2023 - 9/6/2023 | 12 | 57 | 1440 | Si |
| 900215006375134 | Valeria | Hembra | Parque Regional Municipal Niño Dormido | 440 | 23.5 | 26.4 | 16.09 | 21.24 | Bosque | 12/6/2023 - 22/6/2023 | 11 | 48 | 1320 | Si |
| 900215006375132 | Coquita | Hembra | Huité | 550 | 23.7 | 15.5 | 16.67 | 22.32 | Urbano | 26/06/2023 - 7/07/2023 | 12 | 7 | 1440 | Si |
| 900215006375133 | Fatima | Hembra | Huité | 490 | 24.2 | 28.6 | 15.06 | 21.89 | Urbano | 26/06/2023 - 7/07/2023 | 12 | 7 | 1440 | No |
| 900215006375123 | Mocca | Hembra | Huité | 600 | 26 | 28.2 | 18.03 | 25.14 | Urbano | 26/06/2023 - 7/07/2023 | 12 | 0 | 1440 | Si |
| 900215006372822 | Cristy | Hembra | Reserva | 250 | 20 | 26.5 | 26 | 35 | Bosque | 31/07/2023 | 12 | 97 | 1440 | No |

| ID | Nombre | Sexo | Localidad | Peso (g) | SVL (cm) | TL (cm) | AC (mm) | LC (mm) | Hábitat | Fechas de seguimiento (d/m/y) | Días seguidos (n) | GPS fixes (n) | VeDBA (n) | Cola regenerada |
|-----------------|-----------|--------|--|----------|----------|---------|---------|---------|---------|-------------------------------|-------------------|---------------|-----------|-----------------|
| | | | Natural Heloderma | | | | | | | - 11/08/2023 | | | | |
| 900215006372836 | Francisco | Macho | Parque Regional Municipal Niño Dormido | 500 | 26.5 | 17.9 | 36 | 44 | Bosque | 31/07/2023 - 11/08/2023 | 12 | 48 | 1440 | Si |
| 900215006372824 | Fraklin | Macho | Parque Regional Municipal Niño Dormido | 400 | 23.9 | 25.9 | 31 | 45 | Bosque | 31/07/2023 - 11/08/2023 | 12 | 105 | 1440 | Si |
| 900215006372823 | Sandy | Hembra | Parque Regional Municipal Niño Dormido | 220 | 19 | 18 | 26.6 | 34 | Bosque | 31/07/2023 - 11/08/2023 | 12 | 11 | 1440 | Si |
| 900215006372832 | Daniel | Macho | Reserva Natural Heloderma | 550 | 26.3 | 25.7 | 36.03 | 49.56 | Bosque | 14/09/2023 - 25/09/2023 | 12 | 24 | 1440 | Si |
| 900215006372840 | Johan | Macho | Entrada a El Arenal | 470 | 23.7 | 26.2 | 32.23 | 45.57 | Urbano | 14/09/2023 - 25/09/2023 | 12 | 1 | 1440 | No |
| 900215006372830 | Cecilio | Macho | Entrada a El Arenal | 430 | 22.6 | 28.5 | 27.21 | 41.73 | Urbano | 14/09/2023 - 25/09/2023 | 12 | 0 | 0 | No |

Dos dispositivos PinPoint Tags no fueron capaces de tomar datos de posicionamiento global (GPS) (**Cuadro 3**). Asimismo, se hizo una revisión de la dilución de la precisión para la posición (hDop) de la toma de puntos y se eliminaron aquellos datos con un valor mayor a 9.

A. Ámbitos de hogar

Se obtuvo el ámbito de hogar de las iguanas monitoreadas por medio del método de Kernel y el método de Polígono Convexo Mínimo (PCM). Las iguanas presentaron un ámbito de hogar promedio de 2.16 ± 3.53 Ha (rango: 0.23-14.72) de acuerdo con el método de Kernel (**Cuadro 4**). El ámbito de hogar promedio de acuerdo con el método de PMC (**Cuadro 5**) fue de 0.88 ± 1.61 Ha (rango: 0.15-6.80 Ha).

Cuadro 4. - Ámbitos de hogar por medio del método de Kernel de cada iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) monitoreada en el bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua.

| Nombre | Sexo | Área (Ha) | Hábitat |
|------------|--------|-------------|---------|
| Axel | Macho | 1.083512576 | Urbano |
| Cristy | Hembra | 0.852765891 | Bosque |
| Daniel | Macho | 0.97330882 | Bosque |
| Emperatriz | Hembra | 0.967837244 | Bosque |
| Ferme | Hembra | 4.004683136 | Urbano |
| Fraklin | Macho | 2.845880234 | Bosque |

| Nombre | Sexo | Área (Ha) | Hábitat |
|-----------|--------|-------------|---------|
| Francisco | Macho | 0.278703632 | Bosque |
| Furiosa | Hembra | 0.898420142 | Bosque |
| Gilberto | Macho | 0.456402997 | Bosque |
| Juanito | Macho | 0.228996158 | Bosque |
| Lilith | Hembra | 0.991396255 | Bosque |
| Ozzy | Macho | 3.285714563 | Bosque |
| Peluda | Hembra | 1.101413239 | Bosque |
| PoseidonA | Macho | 14.72010915 | Bosque |
| PoseidonM | Macho | 1.412317633 | Bosque |
| Valeria | Hembra | 0.40911178 | Bosque |

Cuadro 5. - Ámbitos de hogar por medio del método de PMC de cada iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) monitoreada en el bosque estacionalmente seco del Valle de Motagua.

| Nombre | Sexo | Área (Ha) | Hábitat |
|------------|--------|-------------|---------|
| Axel | Macho | 0.623014948 | Urbano |
| Cristy | Hembra | 0.698960794 | Bosque |
| Daniel | Macho | 0.333116867 | Bosque |
| Emperatriz | Hembra | 0.527971689 | Bosque |
| Ferme | Hembra | 0.173126703 | Urbano |
| Fraklin | Macho | 0.389338025 | Bosque |
| Francisco | Macho | 0.150826001 | Bosque |
| Furiosa | Hembra | 0.417368808 | Bosque |
| Gilberto | Macho | 0.423391672 | Bosque |
| Juanito | Macho | 0.186356281 | Bosque |
| Lilith | Hembra | 0.514077554 | Bosque |
| Ozzy | Macho | 1.246146326 | Bosque |
| Peluda | Hembra | 0.281859418 | Bosque |
| PoseidonA | Macho | 6.796611938 | Bosque |
| PoseidonM | Macho | 1.0090979 | Bosque |
| Valeria | Hembra | 0.249309686 | Bosque |

B. Intensidad de actividad y patrones de movimiento

El promedio de datos de actividad medida como aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) por individuo ($n = 19$) fue de 1433.63 ± 340.41 datos (rango: 720-2160 datos). El promedio del largo de paso (SL) de las iguanas monitoreadas fue de 27.78 ± 23.17 m (rango: 1.08-158.55 m). Se observó que el ángulo de giro (TA) de los ejemplares monitoreados estuvo en un promedio de $-0.73 \pm 159.54^\circ$ (rango: -350.66 - 344.93 , con una mediana de -2.25°), mientras que el promedio de los rumbos fue de $176.56 \pm 106.7^\circ$ (rango: 0.46 - 359.64°).

C. Efectos sobre los ámbitos de hogar

El mejor modelo que se ajusta para predecir el ámbito de hogar para el método de Kernel y PMC es el que contiene las variables ambientales (hábitat y época) (**Cuadro 6**). Las pruebas de residuos de DHARMA (**Figura 9 y 10**) para ambos métodos demuestran que los modelos evaluados no son apropiados para interpretación. Por lo mismo, se observa que ninguna de las variables analizadas mostró un efecto claro en los ámbitos de hogar de la iguana *C. palearis*.

Cuadro 6. - Resumen de la selección de Modelo Lineal (LM) para los ámbitos de hogar con el método de Kernel y del Polígono Convexo Mínimo (PCM) donde se muestra la probabilidad logarítmica (LL), criterio de información de Akaike (AICc), el cambio en AICc ($\Delta AICc$) y el peso ($\omega AICc$).

| Modelo | Modelo candidato | LL | AICc | $\Delta AICc$ | $\omega AICc$ |
|---|---|--------|--------|---------------|---------------|
| Ámbito de hogar por método de Kernel | | | | | |
| Ambiente | lm(Área ~ Hábitat + Epoca) | -41.07 | 93.80 | 0.00 | 1.00 |
| Iguana | lm(Área ~ Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada) | -39.33 | 106.70 | 12.89 | 0.00 |
| Todo | lm(Área ~ Habitat + Epoca + Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada) | -37.78 | 123.60 | 29.79 | 0.00 |
| Ámbito de hogar por método de PMC | | | | | |
| Ambiente | lm(Área ~ Hábitat + Epoca) | -28.09 | 67.80 | 0.00 | 1.00 |

| Modelo | Modelo candidato | LL | AIC _c | ΔAIC _c | ωAIC _c |
|--------|---|--------|------------------|-------------------|-------------------|
| Iguana | ln(Área ~ Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada) | -26.70 | 81.40 | 13.59 | 0.00 |
| Todo | ln(Área ~ Habitat + Epoca + Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada) | -24.71 | 97.40 | 29.61 | 0.00 |

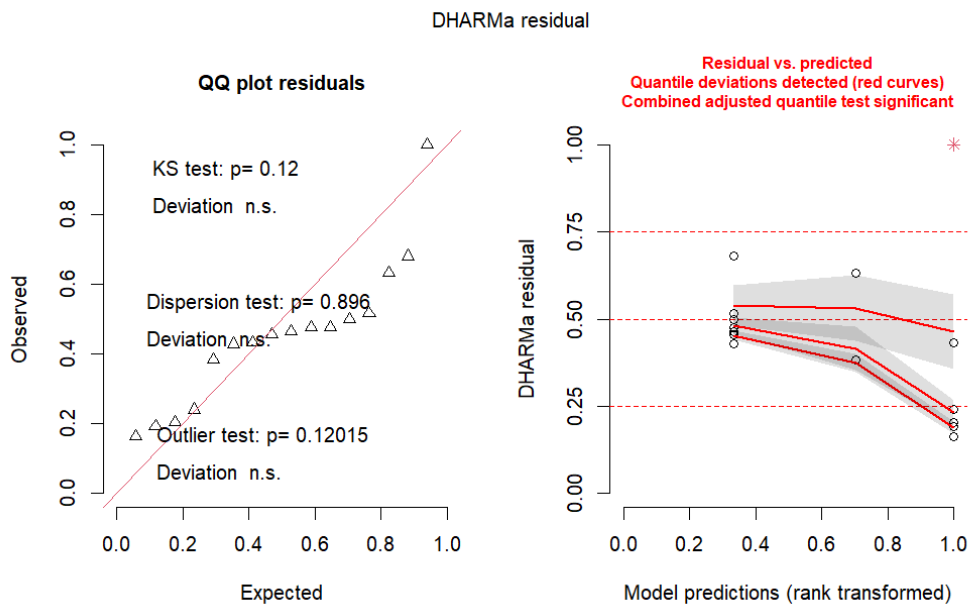


Figura 9. Prueba de residuales escalados de DHARMA para el modelo de variables ambientales en el método de Kernel.

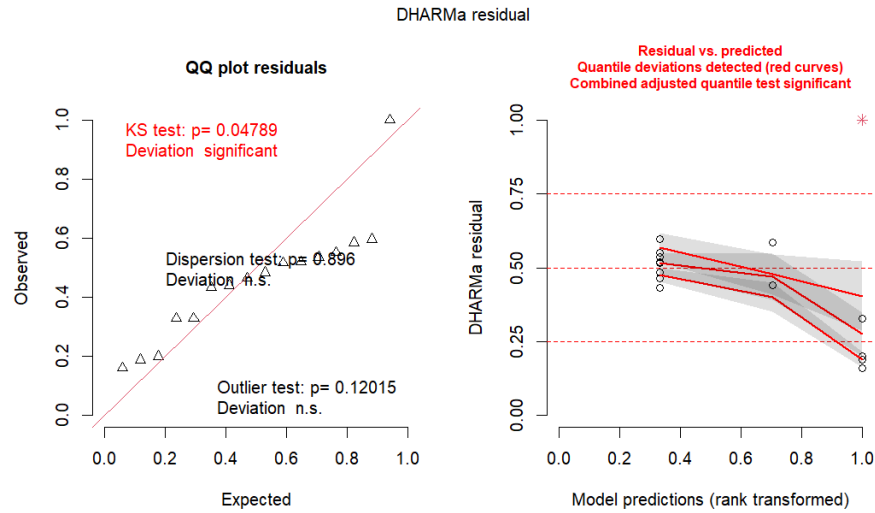


Figura 10. Prueba de residuales escalados de DHARMA para el modelo de variables ambientales en el método de PMC.

D. Efectos sobre la intensidad de actividad

El modelo que mejor se ajustó para predecir la actividad medida como VeDBA de cada iguana evaluada fue aquel que incluyó todas las variables (variables ambientales y medidas de las iguanas) (**Cuadro 7**). Se observaron efectos positivos claros del hábitat urbano, machos, longitud de cola, regeneración de cola presente y temperatura sobre la actividad de las iguanas. Por otro lado, existen efectos negativos claros de la época seca, SVL y ancho de cabeza sobre la actividad de las iguanas (**Cuadro 8**).

Cuadro 7. - Resumen de la selección de Modelo Aditivo Generalizado Mixto (GAMM) para la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) donde se muestra la probabilidad logarítmica (LL), criterio de información de Akaike (AICc) y el cambio en AICc (Δ AICc).

| Modelo | Modelo candidato | LL | AICc | Δ AICc |
|--|--|-----------|-----------|---------------|
| Aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) | | | | |
| Todo | gam(VeDBA ~ s(Temperatura) + Hábitat + Época + s(Hora) + Sexo + SVL + TL + AC | -96067.95 | 192188.80 | 0.00 |

| Modelo | Modelo candidato | LL | AIC _c | ΔAIC _c |
|--------|--|-----------|------------------|-------------------|
| | + Cola regenerada | | | |
| 2 | gam(VeDBA ~ s(Temperatura) + Época + s(Hora) + Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada | -96070.39 | 192191.70 | 2.88 |
| 3 | gam(VeDBA ~ s(Temperatura) + Hábitat + Época + s(Hora) + Sexo + SVL + AC + Cola regenerada | -96075.66 | 192202.20 | 13.37 |
| 4 | gam(VeDBA ~ s(Temperatura) + Época + s(Hora) + Sexo + SVL + AC + Cola regenerada | -96077.30 | 192203.50 | 14.70 |

Cuadro 8. - Tamaño de efecto (β), error estándar e intervalos de confianza del 95% inferior (LCI) y superior (UCI) de las variables explicativas para el modelo seleccionado de la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

| Variables | Tamaño de efecto (β) | Error | | |
|--|------------------------------|----------|-------|-------|
| | | estándar | LCI | UCI |
| Aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) | | | | |
| Intercepto | 17.12 | 0.49 | 16.16 | 18.08 |
| Hábitat (urbano) | 0.29 | 0.13 | 0.03 | 0.55 |
| Época (seca) | -6.58 | 0.14 | -6.84 | -6.31 |
| Sexo (macho) | 0.95 | 0.15 | 0.65 | 1.25 |
| SVL | -0.46 | 0.03 | -0.52 | -0.41 |
| TL | 0.05 | 0.01 | 0.03 | 0.08 |
| AC | -0.05 | 0.01 | -0.07 | -0.03 |

| Variables | Error | | | |
|----------------------|------------------------------|----------|--------|--------|
| | Tamaño de efecto (β) | estándar | LCI | UCI |
| Cola regenerada (si) | 0.88 | 0.16 | 0.57 | 1.20 |
| s(Temperatura).1 | -13.82 | NA | -16.43 | -11.21 |
| s(Temperatura).2 | 17.72 | NA | 12.79 | 22.65 |
| s(Temperatura).3 | -6.84 | NA | -8.28 | -5.39 |
| s(Temperatura).4 | -11.62 | NA | -15.13 | -8.11 |
| s(Temperatura).5 | 6.59 | NA | 5.14 | 8.04 |
| s(Temperatura).6 | 12.05 | NA | 8.60 | 15.51 |
| s(Temperatura).7 | -6.38 | NA | -7.76 | -4.99 |
| s(Temperatura).8 | 35.71 | NA | 24.80 | 46.61 |
| s(Temperatura).9 | -16.09 | NA | -20.45 | -11.73 |
| s(Hora).1 | -0.95 | NA | -2.05 | 0.16 |
| s(Hora).2 | -0.92 | NA | -4.10 | 2.25 |
| s(Hora).3 | 0.12 | NA | -0.63 | 0.86 |
| s(Hora).4 | -0.08 | NA | -2.24 | 2.07 |
| s(Hora).5 | 1.03 | NA | 0.20 | 1.85 |
| s(Hora).6 | 2.09 | NA | 0.20 | 3.98 |
| s(Hora).7 | 0.00 | NA | -0.81 | 0.81 |
| s(Hora).8 | 2.08 | NA | -3.24 | 7.41 |
| s(Hora).9 | 0.49 | NA | -1.77 | 2.75 |

Las iguanas que se encuentran en hábitats urbanos demostraron tener una mayor actividad (VeDBA) que las iguanas en hábitats rurales (**Figura 15**). También se observó que los machos poseen una mayor actividad (VeDBA) que las hembras. Sumado, la actividad de la época seca (VeDBA) fue claramente menor en comparación con la época lluviosa (**Figura 11**). Las iguanas más pequeñas cuentan con mayor actividad (VeDBA) que las iguanas más grandes (**Figura 12**), así como las iguanas con cola regenerada presentaron mayor actividad (VeDBA) que las iguanas con cola completa (**Figura 13**).

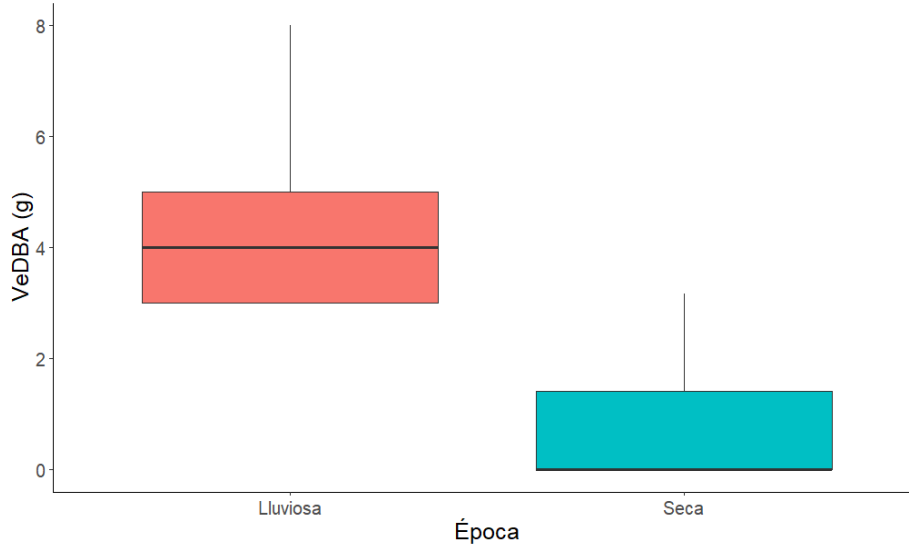


Figura 11. Gráfico de caja y bigote de la actividad de *C. palearis* medida como VeDBA en época seca y lluviosa.

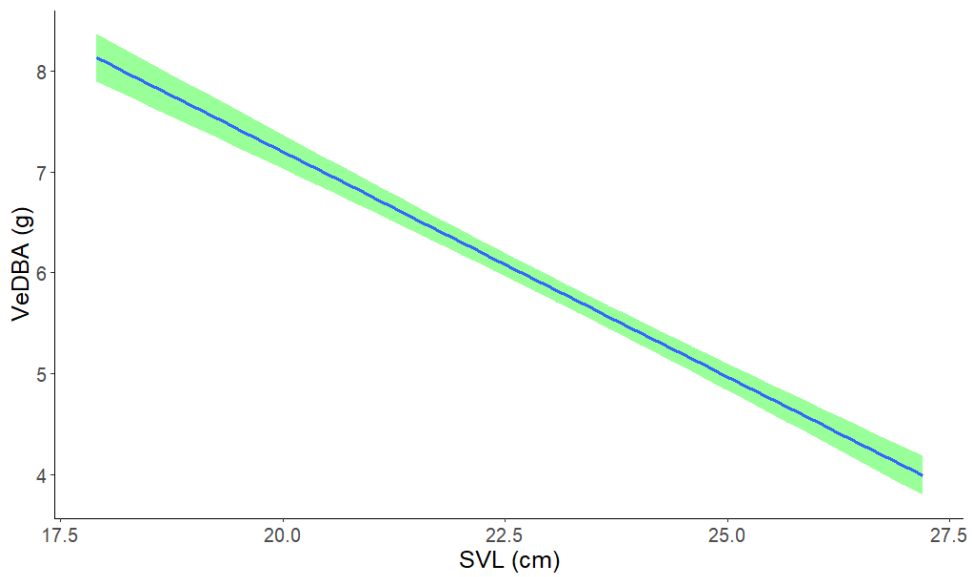


Figura 12. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la longitud hocico-cloaca (SVL) de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

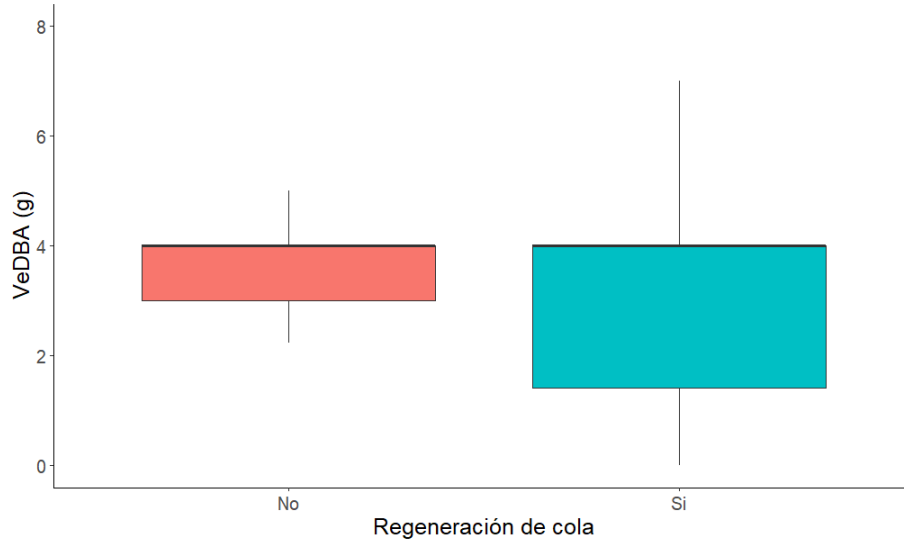


Figura 13. Gráfico de caja y bigote de la actividad medida como VeDBA de *C. palearis* evaluando la regeneración de cola.

La temperatura ambiental afecta claramente a la actividad medida como VeDBA, con baja actividad en temperaturas entre 25 °C y 30 °C, mayor actividad entre 31 °C y 43 °C, y luego una fuerte disminución de la actividad a temperaturas superiores a 43 °C (**Figura 14**).

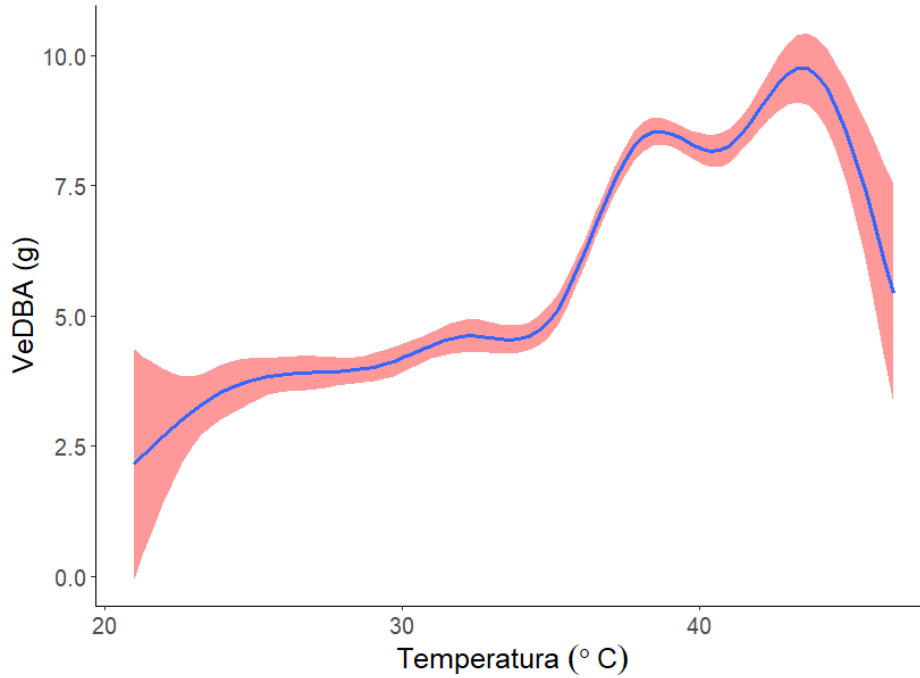


Figura 14. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la temperatura ambiental en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

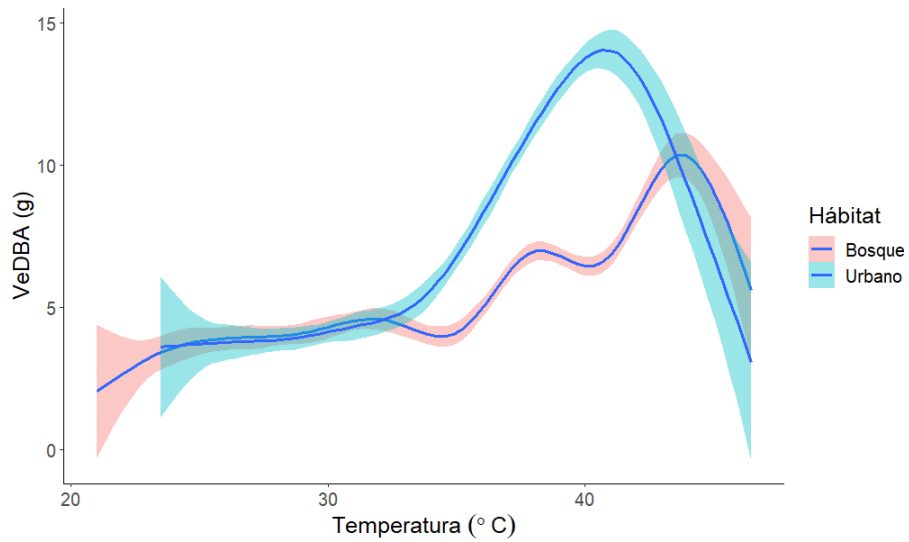


Figura 15. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la temperatura ambiental en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) separado por tipo de hábitat.

Se observan efectos claros de la hora hacia la actividad medida como VeDBA (**Figura 16**). Hay un incremento gradual desde las 7:30 AM, alcanzando su punto máximo de actividad a mediodía (12:00 PM). Después se observa una leve disminución post-mediodía, y, experimentando un segundo aumento notorio cerca de las 1:30 PM, con un segundo punto máximo a las 2:00 PM. A partir de esto, la actividad medida como VeDBA de *C. palearis* disminuye gradualmente, indicando un periodo de menor actividad durante el resto de la tarde.

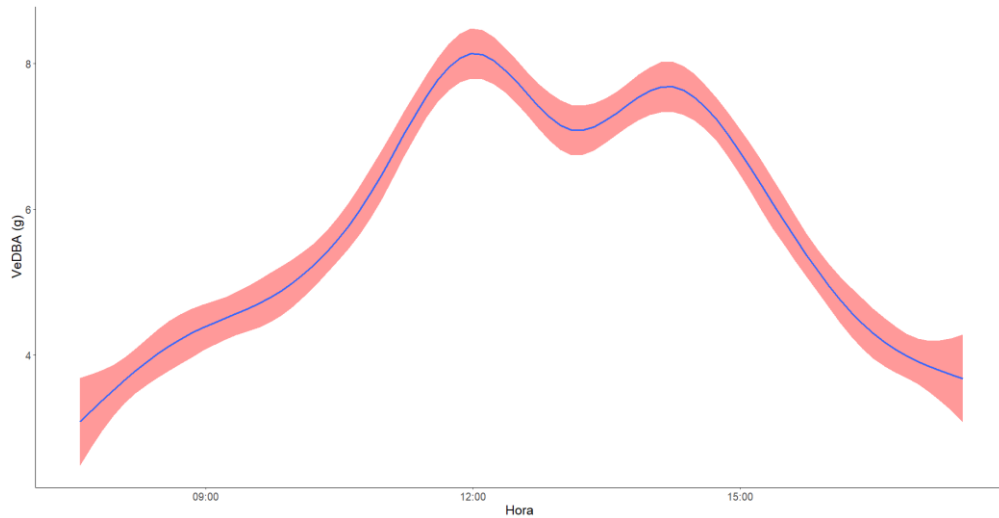


Figura 16. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*)

Estos dos puntos máximos de actividad mencionados anteriormente se hacen notorios en las iguanas de áreas urbanas (**Figura 17**). *C. palearis* de hábitats urbanos tiene un punto de actividad máximo antes de mediodía (alrededor de las 11:30 AM) y otro punto máximo cerca de las 2:00 PM. Por otro lado, las iguanas de hábitats de bosque solamente presentan un punto máximo de actividad a mediodía, seguido de una disminución gradual en su actividad.

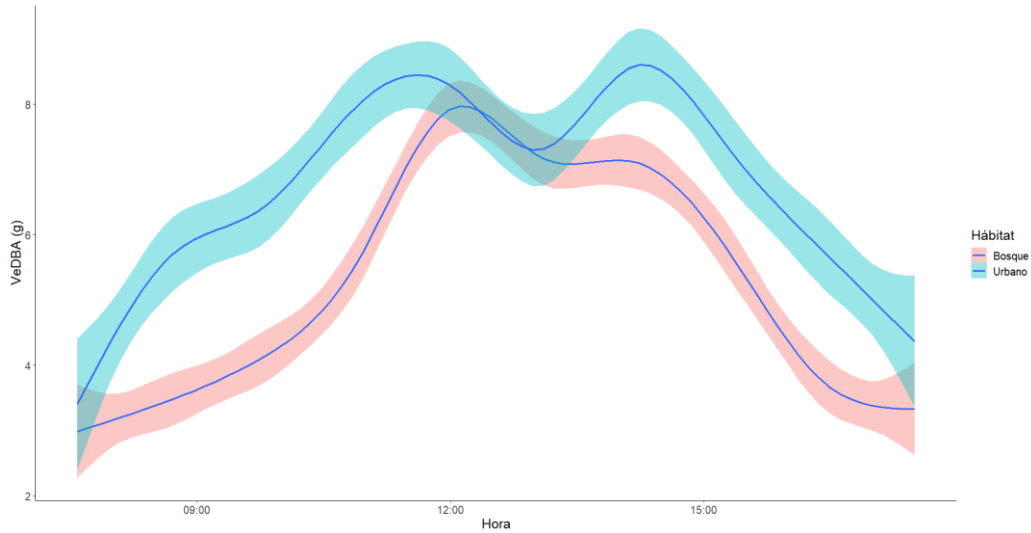


Figura 17. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) separado por tipo de hábitat.

Las iguanas, en época lluviosa, muestran un comportamiento con una distribución bimodal, con dos puntos máximos de actividad establecidos (**Figura 18**). Por otro lado, las iguanas en la época seca tienden a mantener una distribución unimodal con una menor actividad comparado con la época lluviosa.

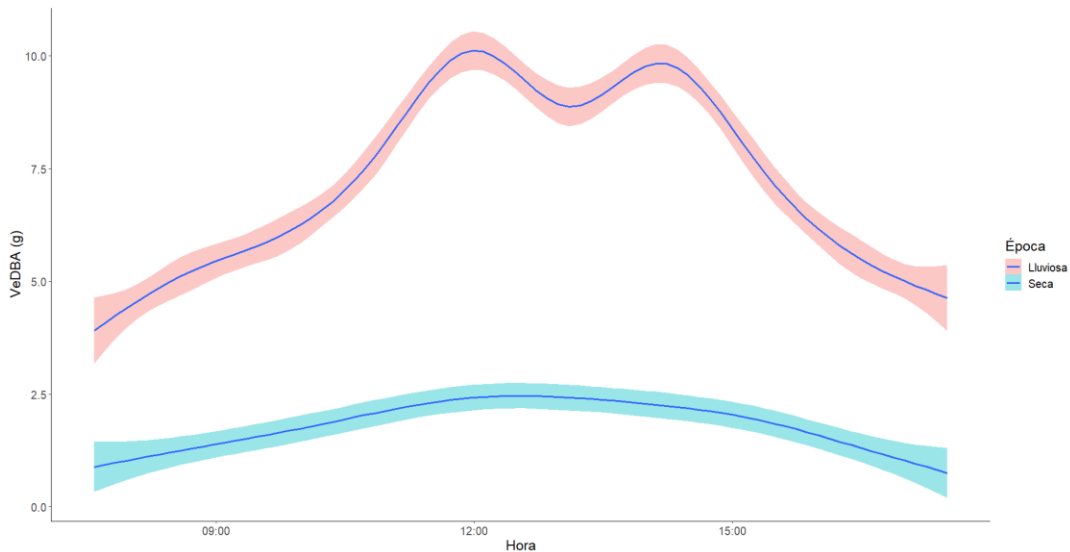


Figura 18. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) separado por época.

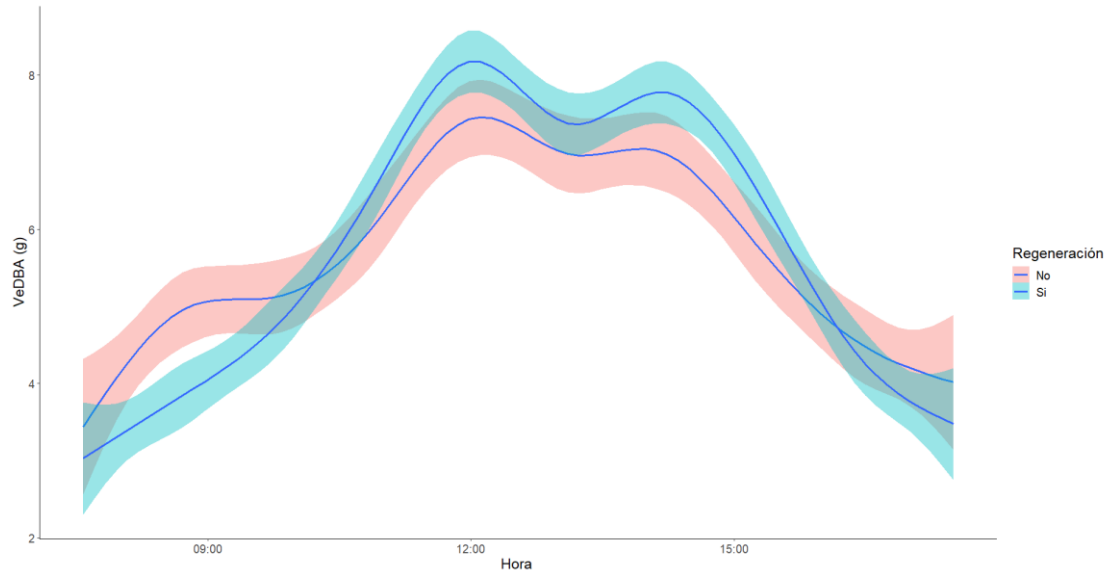


Figura 19. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) separado por la regeneración de la cola.

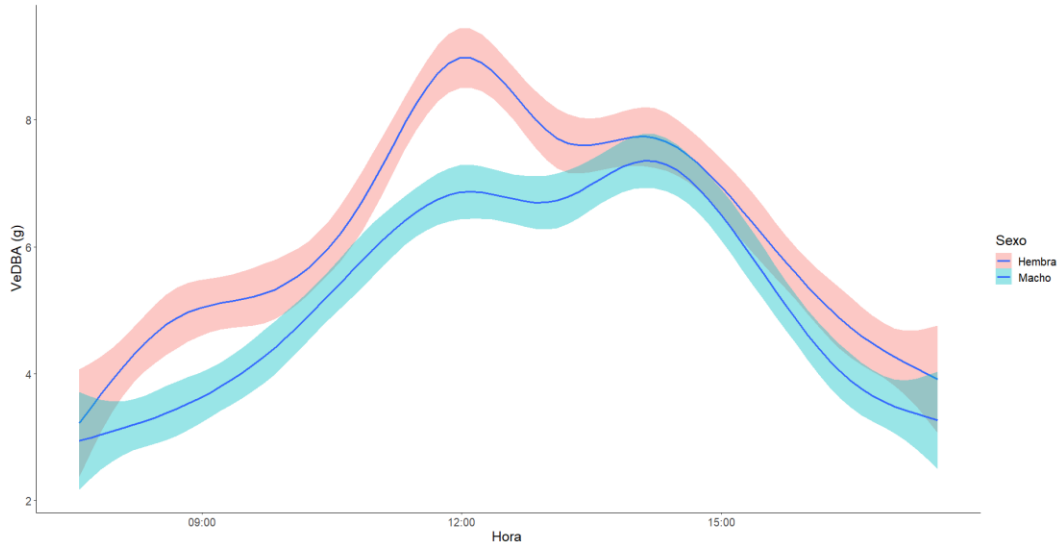


Figura 20. Relación predicha para aceleración corporal dinámica corporal (VeDBA) entre la hora en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*) por sexo.

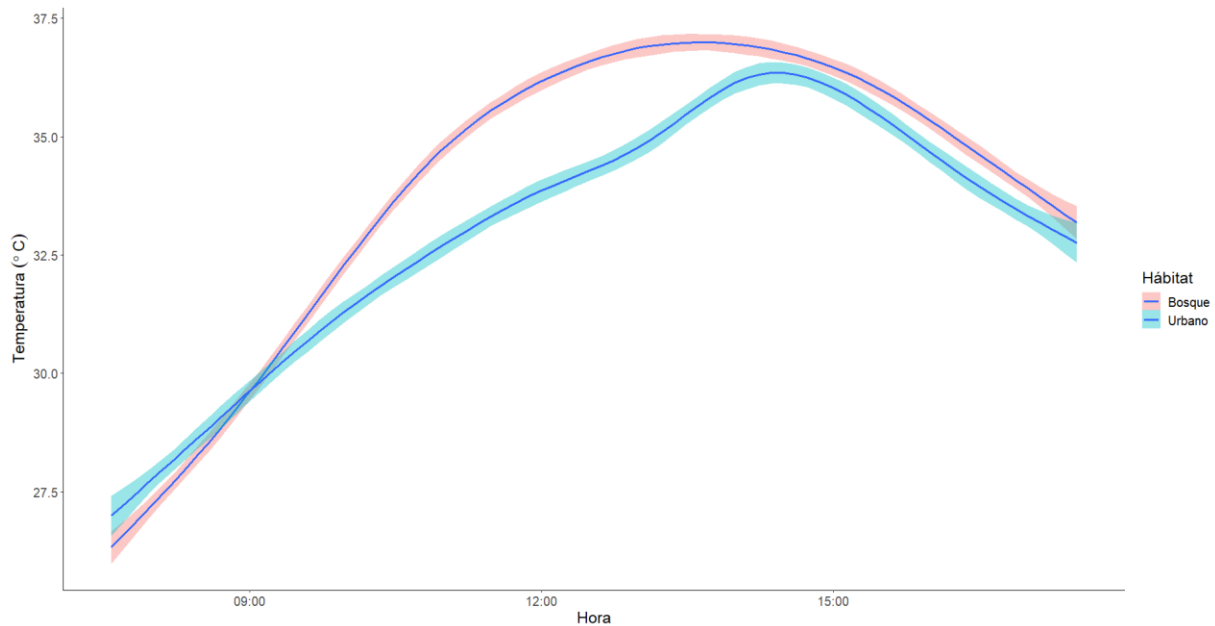


Figura 21. Relación entre temperatura ambiental y horas monitoreadas de hábitats urbanos y bosques en Zacapa, Guatemala.

E. Efectos sobre los patrones de movimiento

El modelo que mejor se ajustó para predecir los ángulos de giro de los patrones de movimiento de *C. palearis* fue el modelo que incluía variables ambientales (temperatura, hábitat,

altitud y época) (**Cuadro 9**). Por otro lado, el modelo con mejor ajuste para los rumbos de las iguanas monitoreadas fue el modelo que contaba con las medidas propias de los individuos (sexo, SVL, TL, AC y regeneración de la cola) (**Cuadro 9**). Se observa un efecto positivo claro de la altitud, y un efecto negativo claro de la época seca y el hábitat urbano en época seca sobre los ángulos de giro de los patrones de movimiento de *C. palearis* (**Cuadro 10**). También se observó un efecto positivo claro de la longitud de la cola sobre el rumbo de *C. palearis* (**Cuadro 10**). Las trayectorias de movimiento de las iguanas durante la estación seca mostraron ángulos de giro menores, especialmente en las áreas urbanas, mostrando un movimiento más sinuoso. Por contraparte, se hizo notorio que los ángulos de giro son mayores en elevaciones más altas, mostrando un movimiento más lineal.

Cuadro 9. - Selección de modelo basada en el criterio de información Watanabe-Akaike (WAIC) y el cambio en WAIC (Δ WAIC) de los modelos de factores de Bayes para un modelo circular bayesiano de efectos mixtos para ángulos de giro y rumbos de la iguana *Ctenosaura palearis*.

| Modelo | Modelo candidato | WAIC | Δ WAIC |
|----------------------------|--|---------|---------------|
| Ángulo de giro (TA) | | | |
| Ambiente | TA ~ Temperatura + Hábitat + Altitud + Época + (1 ID) | 3422.68 | 0.00 |
| Iguana | TA ~ Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada + (1 ID) | 3426.10 | 3.42 |
| Todo | TA ~ Temperatura + Hábitat + Altitud + Época + Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada + (1 ID) | 3432.32 | 9.64 |
| Bearing (BRN) | | | |
| Iguana | BRN ~ Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada + (1 ID) | 3419.95 | 0.00 |
| Todo | BRN ~ Temperatura + Hábitat + Altitud + Época + Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada + (1 ID) | 3421.53 | 1.58 |

| Modelo | Modelo candidato | WAIC | Δ WAIC |
|----------|---|---------|---------------|
| Ambiente | BRN ~ Temperatura + Hábitat + Altitud + Época + (1 ID) | 3425.53 | 5.59 |

Cuadro 10. - Tamaño de efecto (β), error estándar e intervalos de confianza del 95% inferior (LCI) y superior (UCI) de las variables explicativas para el modelo seleccionado de la aceleración corporal dinámica vectorial (VeDBA) de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

| Variables | Tamaño de efecto (β) | Error estándar | LB | UB |
|-------------------------------------|------------------------------|----------------|-------|------|
| Ángulo de giro (TA) | | | | |
| Temperatura (AS) | -0.01 | 0.79 | -0.21 | 0.26 |
| Temperatura (SAM) | 0.03 | 0.65 | -0.17 | 0.21 |
| Altitud (AS) | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 |
| Altitud (SAM) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Intercepto | -2.17 | 1.41 | 0.83 | 0.00 |
| Hábitat (urbano) | -0.96 | 0.95 | -2.99 | 1.48 |
| Época (seca) | -2.49 | 1.29 | 1.06 | 0.05 |
| Hábitat (urbano) + época (seca) | -1.24 | 1.14 | 2.26 | 1.06 |
| Bearing (BRN) | | | | |
| SVL (AS) | 0.03 | 0.33 | -0.20 | 0.33 |
| SVL (SAM) | 0.04 | 1.68 | -0.11 | 0.16 |
| TL (AS) | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.01 |
| TL (SAM) | 0.01 | 0.37 | 0.00 | 0.02 |
| AC (AS) | 0.00 | 0.14 | -0.05 | 0.10 |
| AC (SAM) | 0.01 | 0.19 | -0.05 | 0.10 |
| Intercepto | 0.89 | 1.51 | -1.77 | 3.78 |
| Sexo (macho) | 0.23 | 1.72 | -2.27 | 3.42 |
| Cola regenerada (si) | 0.42 | 1.09 | -1.72 | 3.12 |
| Sexo (macho) + Cola regenerada (si) | 0.11 | 1.18 | -3.02 | 2.16 |

Los ángulos de giro más cercanos a 0°, 180° y 360° indican direcciones más rectas de movimiento con respecto a las reubicaciones previas. Se observa que *C. palearis* tiende a moverse en línea recta y con movimientos de norte a sur (**Figura 22 y 23**).

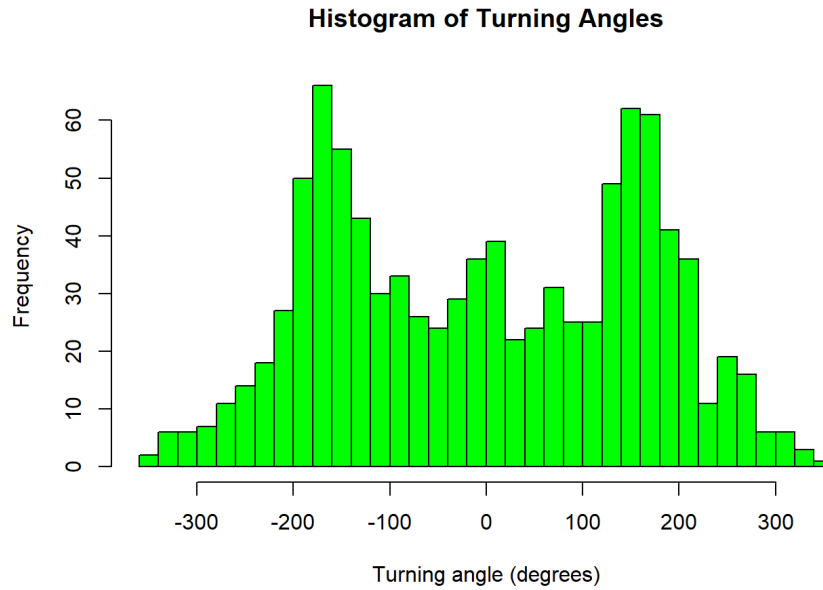


Figura 22. Histograma de frecuencia de ángulos de giro para la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

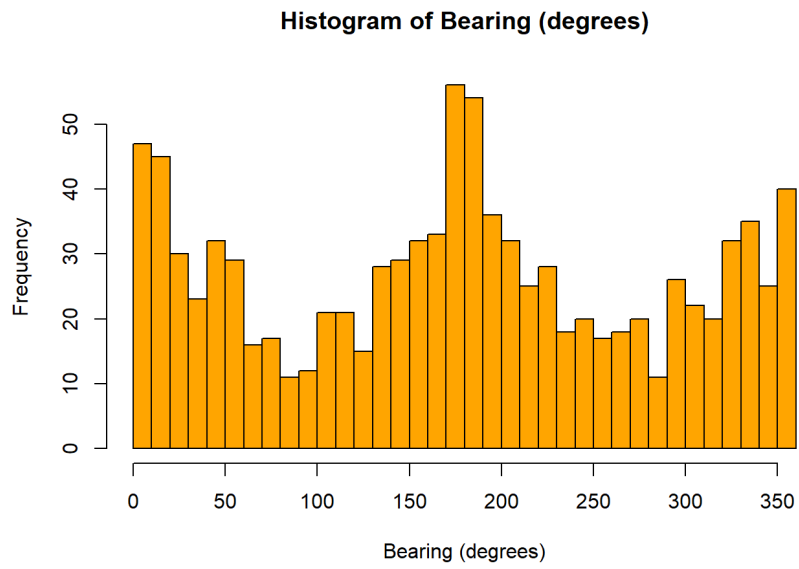


Figura 23. Histograma de frecuencia de rumbo para la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

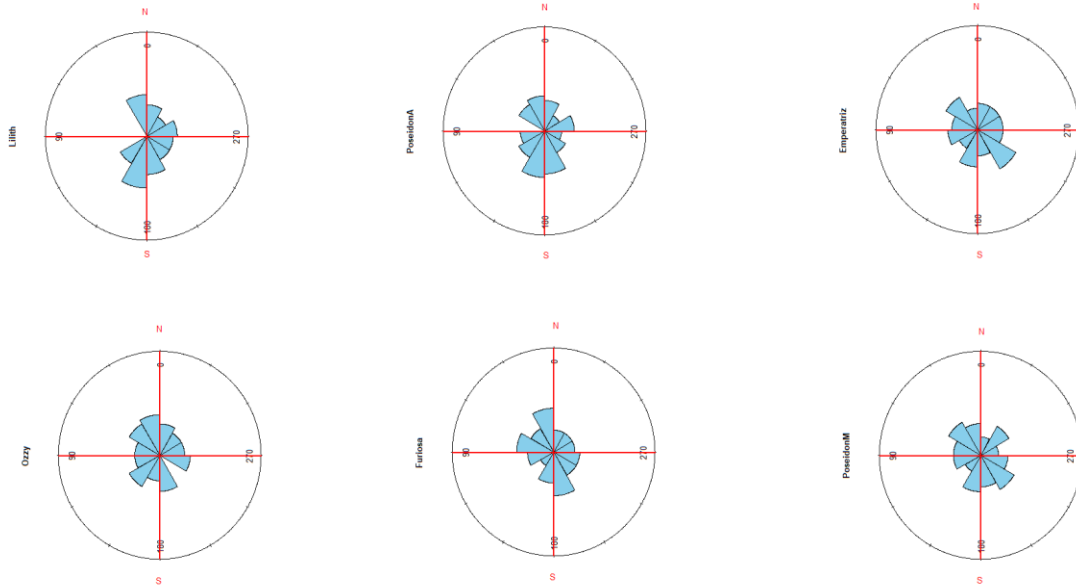


Figura 24. Diagramas de rosa de los rumbos de las trayectorias de movimiento de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*)

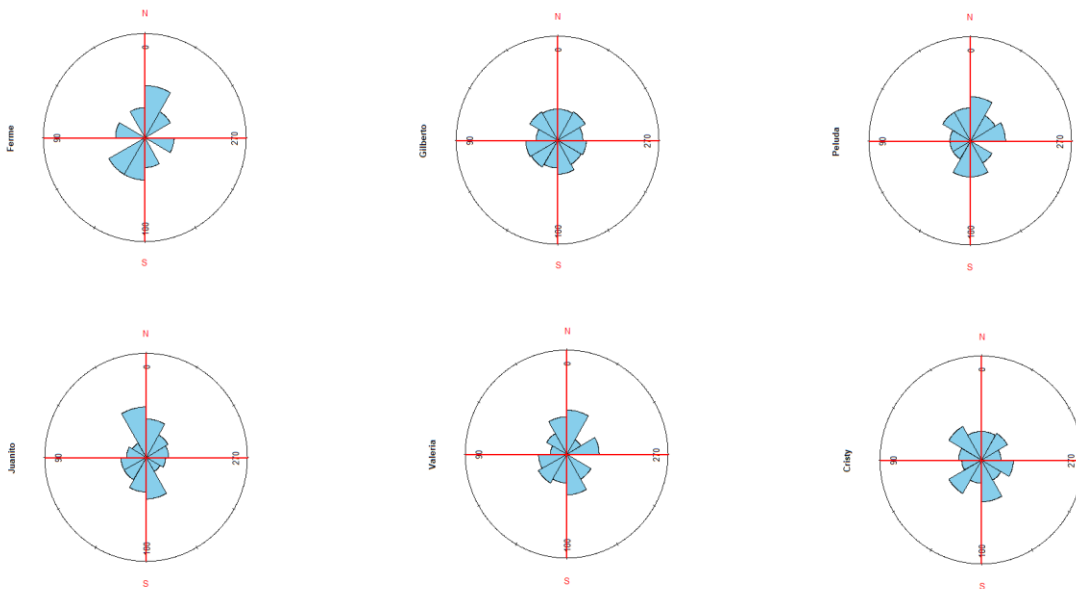


Figura 25. Diagramas de rosa de los rumbos de las trayectorias de movimiento de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*)

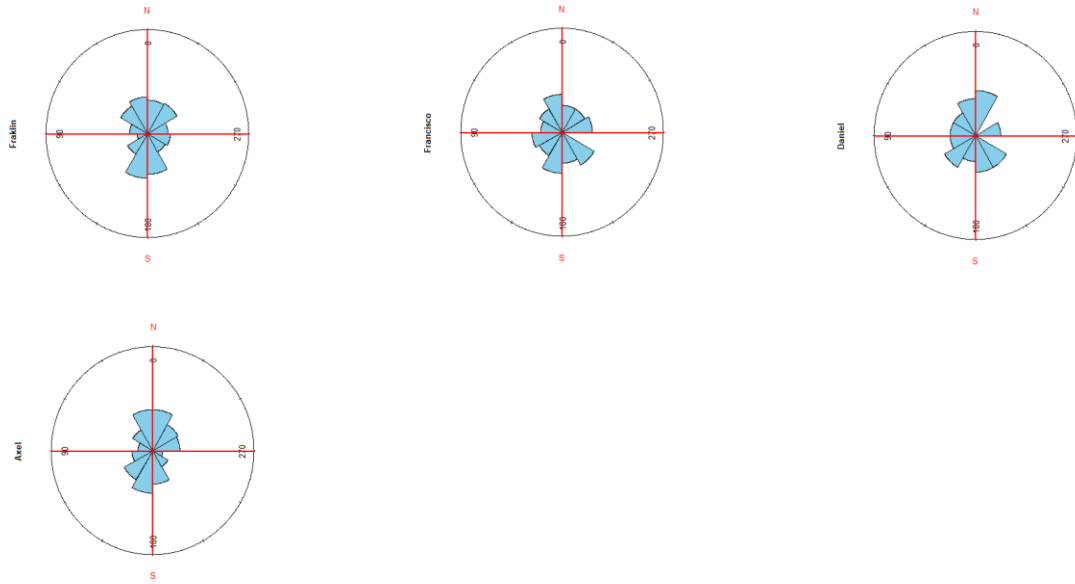


Figura 26. Diagramas de rosa de los rumbos de las trayectorias de movimiento de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*)

Se observa una simetría en los rumbos dirigidos en dirección norte-sur en algunos de los ejemplares monitoreados. Las direcciones de trayectorias de movimiento se dirigen igualmente entre direcciones norte-sur (**Figura 24 a 26**).

F. Efectos sobre el largo de paso

El modelo que mejor se ajustó para predecir los largos de paso de las iguanas fue el que incluía las variables ambientales (temperatura, hábitat, altitud y época) (**Cuadro 11**). Existe un efecto positivo claro de la temperatura y la altitud sobre el largo de paso de *C. palearis* (**Cuadro 12**).

Cuadro 11. - Resumen de la selección de Modelo Lineal Mixto (LMM) para el largo del paso (SL) donde se muestra la probabilidad logarítmica (LL), criterio de información de Akaike (AICc), el cambio en AICc ($\Delta AICc$) y el peso ($\omega AICc$).

| Modelo | Modelo candidato | LL | AICc | $\Delta AICc$ | $\omega AICc$ |
|---------------------------|--|----------|---------|---------------|---------------|
| Largo de paso (SL) | | | | | |
| Ambiente | lmer(log(SL) ~ Temperatura + Hábitat + Altitud + Época + (1 Nombre) + (1 Correlativo)) | -1122.51 | 2261.20 | 0.00 | 1.00 |
| Iguana | lmer(log(SL) ~ Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada + (1 Nombre) + (1 Correlativo)) | -1129.53 | 2277.30 | 16.09 | 0.00 |
| Todo | lmer(log(SL) ~ Temperatura + Hábitat + Altitud + Época + Sexo + SVL + TL + AC + Cola regenerada + (1 Nombre) + (1 Correlativo)) | -1129.95 | 2286.30 | 25.12 | 0.00 |
| Nulo | lm(log(SL) ~ 1 | -1162.37 | 2328.80 | 67.59 | 0.00 |

Cuadro 12. - Tamaño de efecto (β), error estándar e intervalos de confianza del 95% inferior (LCI) y superior (UCI) de las variables explicativas para el modelo seleccionado del largo de paso (SL) de la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

| Variabes | Tamaño de efecto (β) | Error estándar | LCI | UCI |
|---------------------------|------------------------------|----------------|-------|------|
| Largo de paso (SL) | | | | |
| Intercepto | 1.53 | 0.30 | 0.95 | 2.07 |
| Temperatura | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.04 |
| Hábitat (urbano) | 0.06 | 0.21 | -0.32 | 0.45 |
| Altitud | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| Variables | Tamaño de efecto (β) | Error estándar | LCI | UCI |
|--------------|------------------------------|----------------|-------|------|
| Época (seca) | 0.05 | 0.10 | -0.14 | 0.24 |

Con el aumento de la temperatura (**Figura 27**) y, a medida que aumenta la altitud (**Figura 28**), se observa un incremento en el largo de paso de la iguana *C. palearis*. Por lo mismo, existe un efecto positivo claro (**Cuadro 12**) por parte de la temperatura y altitud hacia el largo de paso.

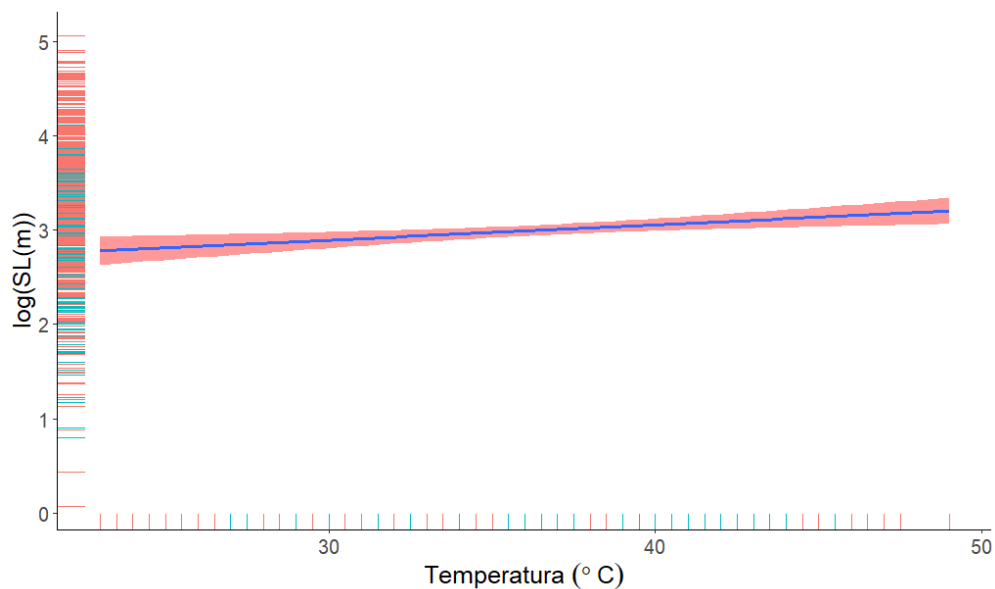


Figura 27. Relación predicha para el largo de paso entre la temperatura ambiental en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

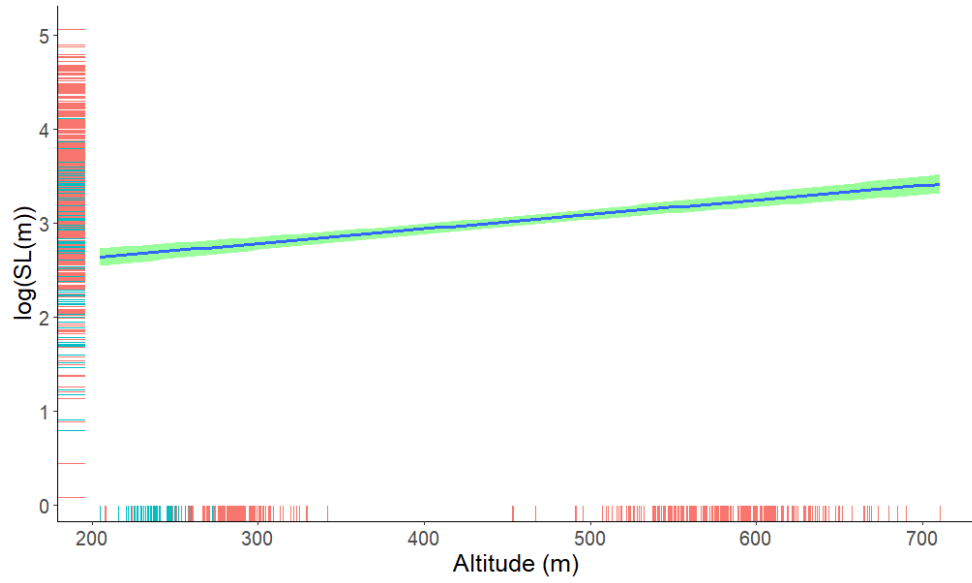


Figura 28. Relación predicha para el largo de paso entre la altitud en la iguana de órgano (*Ctenosaura palearis*).

VIII. DISCUSIÓN

Se ha vinculado la temperatura con patrones temporales de crecimiento, supervivencia y reproducción hasta patrones espaciales de tamaño corporal, densidad de población y diversidad de especies. Las fluctuaciones térmicas han ejercido presiones sobre los animales para poder adaptarse a estos cambios. Existen organismos que dependen de su temperatura (termosensibilidad), organismos cuyo desempeño depende de la temperatura (especialistas térmicos) y aquellos que tienen un buen rendimiento en amplios rangos térmicos (generalistas térmicos). Con esto, se asocian diversos grados de termorregulación. Algunos organismos mantienen su temperatura corporal constante (termorreguladores) y otros se ajustan a su temperatura ambiental (termoconformadores) (Angilletta, 2009).

Los reptiles suelen contar con una menor capacidad de regular su temperatura corporal a comparación de otros grupos (como aves y mamíferos). Por lo mismo, el comportamiento y fisiología de los reptiles depende de la temperatura ambiental, provocando que estos sean vulnerables a cambios de temperatura en el ambiente. Esta dependencia ha funcionado como una presión para desarrollar estrategias de comportamiento que les permitan sobrevivir. Las estrategias pueden incluir movimiento entre microhábitats y cambio en periodos de actividad (Valenzuela-Ceballos *et al.*, 2015).

A. Evaluación de la actividad medida como VeDBA

Se ha documentado previamente que la iguana de cola espinosa (*Ctenosaura oaxacana*) es capaz de variar su comportamiento termorregulador para lograr temperaturas corporales óptimas en diferentes tipos de vegetación o estaciones. Con esto, se cree que la especie puede mantener temperaturas corporales funcionales para ella cuando utiliza diferentes tipos de vegetación según sus necesidades en el momento (Valenzuela-Ceballos *et al.*, 2015). *C. palearis* ha demostrado aumentar su actividad (VeDBA) con el aumento de la temperatura, teniendo valores de actividad estables de 25 °C y 30 °C y mayores actividades de 31 °C a 43°C, con una posterior decaída en la actividad (**Figura 14**). Estos cambios de actividad dados al aumento de temperatura son más marcados en hábitats urbanos (**Figura 14**) y en épocas lluviosas (**Figura 11**).

La actividad (VeDBA) de *C. palearis* aumenta gradualmente desde la mañana (7:00 AM) hasta llegar a un primer pico de actividad al mediodía (**Figura 16**). Después se observa una leve disminución post-mediodía, y, experimentando un segundo aumento notorio cerca de las 1:30 PM, con un segundo punto máximo a las 2:00 PM. A partir de esto, la actividad medida como VeDBA de *C. palearis* disminuye gradualmente, indicando un periodo de menor actividad durante el resto de la tarde. Esto se relaciona con el aumento de la temperatura gradual del área de estudio, donde se observa que se alcanza la mayor temperatura cerca de las 2:30 PM (**Figura 21**). Cuando se alcanzan las mayores temperaturas a lo largo del día, se tiene una mayor actividad por parte de las iguanas. El aumento de la temperatura a lo largo del día muestra un efecto positivo en la actividad (VeDBA) de *C. palearis*, similar a lo que se ha documentado en *Heloderma charlesbogerti* (Ariano-Sánchez *et al.*, 2022).

Usualmente los reptiles son sensibles al cambio en su hábitat por su baja capacidad de dispersarse, su ámbito de hogar limitado y su dependencia a las condiciones ambientales (como temperatura ambiental) (Yu *et al.*, 2022). Se sabe que las construcciones artificiales e infraestructura urbana puede alterar el microclima, afectando directamente el comportamiento de los reptiles (Poole y Berman, 2001; Yu *et al.*, 2022). En el caso de *C. palearis*, se hace evidente un efecto que favorece el gasto energético en hábitats urbanos, siendo la alteración del microclima una de las posibles causas. Cabe resaltar que se ha reportado que algunos reptiles utilizan con frecuencia refugios artificiales al ser eficientes para evitar depredación y mantener, en algunos casos, temperaturas internas constantes (Yu *et al.*, 2022). Sin embargo, es de considerar que las iguanas de órgano no solamente cuentan con la amenaza alteración de hábitat, sino que estas también tienen presiones de caza por parte de las familias locales del área que consumen a la misma (CITES, 2010; Cotí y Ariano-Sánchez, 2008). Se puede conjeturar que los efectos positivos claros observados en los hábitats urbanos hacia la actividad (**Figura 15**) puede deberse dado a la limitada cantidad de refugios térmicos que estas áreas ofrecen, la presión de depredación natural y la presión de la caza selectiva hacia la especie por parte de los locales. La escasez de refugios térmicos podría restarle oportunidades a *C. palearis* para mantener temperaturas corporales funcionales.

Las iguanas *C. palearis* machos mostraron una mayor actividad medida como VeDBA comparado con las hembras (**Cuadro 8**). Los machos de *C. palearis* suelen tener batallas territoriales. Las áreas con árboles altos tienen un papel importante para los machos, sirviendo para sus despliegues reproductivos, alejar otros machos con amenazas visuales, para ser vistos por hembras que cruzan el territorio y para conseguir refugios (Cotí, 2008; Carothers, 1984). Dado a la territorialidad de los machos, se puede esperar una mayor actividad (VeDBA) en estos, lo que se hipotetiza que puede verse ligado con la protección de sus territorios y despliegues reproductivos.

C. palearis suele tener respuestas ante depredadores. Las respuestas de esta iguana pueden ser agitar y rotar la cabeza, mover la cabeza lentamente y de forma exagerada, comprimir el cuerpo lateralmente, alinearse paralelamente a la amenaza teniendo erecta la cresta dorsal, abrir la boca o atacar físicamente (Elfström, 1994). Se ha observado que la *Ctenosaura* juveniles y recién nacidas son más propensas a utilizar la estrategia de salir corriendo de un agujero o del nido y buscar refugio cuando existe la presencia de depredadores (Mora, 1991). Los resultados muestran que las iguanas de menor tamaño suelen tener una mayor actividad (**Figura 12**), existe un efecto claro negativo (**Cuadro 8**) del SVL con respecto a la actividad. Esto mismo puede estar relacionado a la estrategia previamente mencionada y documentada y, con el aumento de SVL en las iguanas, puede que se esté utilizando a menor medida este comportamiento, por lo que podría representarse como una menor actividad (VeDBA) en las iguanas con mayor SVL.

Se sabe que las lagartijas tienen la habilidad de regenerar la cola entera (Sagonas *et al.*, 2021). Las colas de las lagartijas cumplen diversas funciones (McElroy y Bergmann, 2013), por lo que la autotomía de la cola conlleva a varias desventajas. Para lograr regenerar la cola adecuadamente, las lagartijas atraviesan varios ajustes fisiológicos y biomecánicos (Sagonas *et al.*, 2021; Barr *et al.*, 2019). Se ha demostrado que la regeneración de la cola y las presiones por parte de depredadores inducen cambios en el proceso digestivo de las lagartijas. También se ha observado que las lagartijas que se encuentran en áreas con mayores presiones poseen un crecimiento de cola más rápido (Sagonas *et al.*, 2021). Los resultados obtenidos demuestran que las iguanas con cola regenerada presentan una mayor actividad (VeDBA) que aquellas con cola entera (**Figura 13**). Esto puede verse influenciado por la desventaja y gasto metabólico que

conlleva la pérdida de la cola en las iguanas (Sagonas *et al.*, 2021). Cuando se pierde un trozo de cola vertebrada en las iguanas, estas se regeneran como cartílago rígido que no puede llevar a cabo la autotomía (Lozito y Tuan, 2017). Se hipotetiza que la pérdida de la cola puede volver susceptibles a estímulos de presiones a las iguanas, generando que aumente su actividad para movilizarse más rápido y evitar situaciones desfavorables que puedan promover un escenario que requiera la autotomía de la cola. El aumento de la actividad de *C. palearis* puede ser una respuesta específica a la autotomía.

B. Evaluación de patrones de movimiento

Se ha documentado previamente cómo las estrategias de termorregulación pueden variar en los diferentes rangos altitudinales y la época en lagartijas (Rivera-Rea *et al.*, 2023). Asimismo, se ha reportado mejores calidades térmicas para lagartijas a menores altitudes dentro de sus rangos de distribución (Domínguez-Godoy *et al.*, 2020). Dentro de los resultados observados está el efecto claro de la altitud sobre el largo de paso de *C. palearis*. A medida que aumenta la altitud, mayores serán los largos de paso. Comúnmente los largos del paso se relacionan con los ángulos de giro, por lo que al contar con ángulos de giro menores puede asociarse con ángulos de giro pequeños (Hodel y Fieberg, 2022). Los datos obtenidos reflejan una relación entre el ángulo de giro y el largo de paso, como se indica en la literatura. A mayores altitudes se observan mayores largos de paso (**Figura 28**) y movimientos más lineares (**Cuadro 10**), lo que puede deberse a una menor calidad térmica para las iguanas al aumentar la altitud.

Se reporta que *C. palearis* habita principalmente en el bosque seco montano bajo, a menores altitudes. El bosque seco montano bajo está formado principalmente por arbustos pequeños que no suelen sobrepasar los 8 metros de altura, cuenta con cactus columnares (*Stenocereus* spp. y *Pilosocereus leucocephalus*) de los cuales la iguana es dispersora y cactus rastreros (*Mamillaria* spp. y *Melacactus curvispinus*) (INAB, 2021). El aumento de altitud para la especie representa un cambio de hábitat, pues a mayores altitudes, dentro del bosque estacionalmente seco, se encuentra el bosque seco montano alto, representando un cambio en la estructura vegetal. El bosque seco montano alto cuenta con árboles de hasta 20 metros con mayores DAP, se encuentran más especies leñosas y maderables (INAB, 2021). Esto podría explicar el por qué el aumento de altitud afecta el largo de paso y ángulo de giro de *C. palearis*.

Las trayectorias de movimiento de las iguanas *C. palearis* durante la estación seca mostraron ángulos de giro menores (**Figura 22 y 23; Cuadro 10**), especialmente en las áreas urbanas, mostrando un movimiento más sinuoso. Este comportamiento se ha reportado previamente para *Heloderma charlesbogerti*, lagartija que comparte algunas áreas de distribución con la iguana *C. palearis*. Se resalta la posibilidad de que estos movimientos con ángulos de giro menores durante la época seca en *H. charlesbogerti* es una estrategia adaptativa para reducir el gasto de energía metabólica en estas áreas con sequías recurrentes (Ariano-Sánchez *et al.*, 2020). Se puede conjeturar que, dado a la interacción que tiene *H. charlesbogerti* hacia *C. palearis* (Ariano-Sánchez, 2003), estos pueden compartir algunas estrategias adaptativas para el ahorro de energía metabólica. Sumado, así como se encontró evidencia de la disminución en los ángulos de giro en época seca (**Cuadro 10**), con movimientos más sinuosos, también se observa una disminución de la actividad medida como VeDBA en la época seca comparado con la época lluviosa. Similar a *H. charlesbogerti*, *C. palearis* disminuye su actividad durante la época seca (Ariano-Sánchez *et al.*, 2020). Se hipotetiza que *C. palearis* también podría presentar movimientos más sinuosos en época seca dado a una estrategia de adaptación de sobrevivencia por la carencia de recursos en el bosque estacionalmente seco.

C. Ámbitos de hogar

Para las iguanas monitoreadas se obtuvo un ámbito de hogar de 2.16 ± 3.53 Ha por el método de Kernel y 0.88 ± 1.61 Ha por el método de Polígono Convexo Mínimo (PCM). Ambas mediciones obtenidas con los diferentes métodos demuestran una menor área de ocupación de la especie comparado con lo reportado previamente, donde antes las iguanas demostraban un ámbito de hogar de 3.84 ± 2.17 Ha (Gil, 2016). Se utilizaron modelos lineales para determinar diferencias entre los ámbitos de hogar de iguanas de áreas rurales y urbanas y entre machos y hembras; sin embargo, las pruebas de residuos de DHARMA (**Figura 9 y 10**) para ambos métodos demuestran que los modelos evaluados no son apropiados para interpretación. Por esto, se plantea que, con la información obtenida para este estudio, ninguna de las variables analizadas mostró un efecto claro en los ámbitos de hogar de *C. palearis*.

Previamente se había documentado que la época seca y lluviosa influían en los ámbitos de hogar de *C. palearis*, presentando diferencias significativas entre épocas (Gil, 2016). En contraste con estudios previos no se observaron diferencias significativas en los ámbitos de hogar durante las estaciones seca y lluviosa.

IX. CONCLUSIONES

- La temperatura ambiental afecta claramente a la actividad (VeDBA) de *C. palearis*, con baja actividad en temperaturas entre 25 °C y 30 °C, mayor actividad entre 31 °C y 43 °C, y luego una fuerte disminución de la actividad a temperaturas superiores a 43 °C.
- La hora afecta claramente a la actividad medida como VeDBA de *C. palearis*, con un incremento gradual de actividad desde las 7:30 AM, alcanzando un punto máximo de actividad a las 12:00 PM y otro punto máximo a las 2:00 PM, y luego una fuerte disminución.
- Las iguanas de hábitats urbanos mostraron mayor actividad (VeDBA) que las iguanas de hábitats rurales.
- La actividad de la época seca (VeDBA) fue claramente menor en comparación con la época lluviosa.
- Los machos mostraron mayor actividad (VeDBA) que las hembras.
- Las iguanas más pequeñas cuentan con mayor actividad (VeDBA) que las iguanas más grandes.
- Las iguanas con cola regenerada presentaron mayor actividad (VeDBA) que las iguanas con cola completa.
- Las trayectorias de movimiento de las iguanas durante la estación seca mostraron ángulos de giro menores, especialmente en las áreas urbanas, mostrando un movimiento más sinuoso.
- Los ángulos de giro son mayores en elevaciones más altas, mostrando un movimiento más lineal.

- Ninguna de las variables analizadas mostró un efecto claro en los ámbitos de hogar de *Ctenosaura palearis*.

X. RECOMENDACIONES

1. Tamaño de la muestra

De ser posible, sería conveniente la inclusión de un mayor número de individuos en el estudio para obtener una muestra más representativa de la población y fortalecer la validez estadística de los resultados.

2. Duración de monitoreo

Ampliar el período de monitoreo a lo largo de más meses para capturar posibles variaciones estacionales en el comportamiento de movimiento de los individuos.

3. Aumento de etiquetas PinPoint

Explorar la posibilidad de utilizar más etiquetas PinPoint simultáneamente para monitorear múltiples individuos, lo que proporcionaría una visión más completa de las interacciones y comportamientos colectivos.

4. Monitoreo a largo plazo individual

Considerar la extensión del tiempo de monitoreo para algunos individuos específicos a fin de obtener una comprensión más profunda de los patrones de movimiento a largo plazo y las posibles adaptaciones a lo largo del tiempo.

5. Accesos a zonas urbanas

De replicarse el estudio, se debe reconocer la posible limitación de acceso debido a situaciones del país. Será de gran aporte considerar estrategias para obtener información valiosa en estas áreas de acceso limitado. Estrategias que involucren la menor exposición en estas áreas serán importantes.

XI. LITERATURA CITADA

- Allen, A. y Singh, N. (2016). Linking Movement Ecology with Wildlife Management and Conservation. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3: 155. <https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00155>
- Angilletta, M. (2009). *Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198570875.001.1>
- Arcos-García, J., Reynoso, V., Mendoza, G. y Hernández, D. (2005). Identificación del sexo y medición del crecimiento en iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en las etapas de cría y juvenil. *Veterinaria México*, 36(1).
- Ariano-Sánchez, D. (2023). *Distribución e historia natural del Escorpión, Heloderma horridum charlesbogerti Campbell y Vannini, (Sauria: Helodermatidae) en Zacapa, Guatemala y caracterización de su veneno*. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- Ariano-Sánchez, D. (2023). *Impact of climate change and habitat degradation on two endangered reptiles: the Guatemalan Beaded Lizard and the Olive Ridley sea turtle*. Doctoral dissertation No. 165, Faculty of Technology, Natural Sciences and Maritime Sciences, University of South-Eastern Norway.
- Ariano-Sánchez, D., Gil-Escobedo, J., del Valle, E. & Pasachnik, S.A. (2019). *Ctenosaura palearis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T44192A129419077. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T44192A129419077.en>.
- Ariano-Sánchez, D., Mortensen, R., Reinhardt, S. y Rosell, F. (2020). Escaping drought: Seasonality effects on home range, movement patterns and habitat selection of the Guatemalan Beaded Lizard. *Global Ecology and Conservation*, 23: e01178. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01178>

- Ariano-Sánchez, D., Mortensen, R., Wilson, R., Bjureke, P., Reinhardt, S. y Rosell, F. (2022). Temperature and barometric pressure affect the activity intensity and movement of an endangered thermoconforming lizard. *Ecosphere*, 13: e3990. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3990>
- Barr, J., Boisvert, C., Somaweera, R., Trinajstić, K. y Bateman, P. (2019). Re-regeneration to reduce negative effects associated with tail loss in lizards. *Scientific Reports*, 9(18717). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55231-6>
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. y Steven Walker. 2022. lme4: Linear Mixed-Effects Models Using Eigen and S4. <https://github.com/lme4/lme4/>
- Barton, K. (2020). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.17. https://r-forge.r-project.org/R/?group_id=346
- BioRender.com (2023). BioRender. Obtenido de <https://www.biorender.com/>
- Bozinovic, F., and H. Pörtner. (2015). Physiological Ecology Meets Climate Change. *Ecology and Evolution*, 5(5): 1025–1030. <https://doi.org/10.1002/ece3.1403>
- Calenge, C. (2006). The package “adehabitat” for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling*, 197(3-4): 516-519. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.03.017>
- Carothers, J. (1984). Sexual Selection and Sexual Dimorphism in Some Herbivorous Lizards. *The American Naturalist*, 124(2): 244-254. <https://www.jstor.org/stable/2461493?origin=JSTOR-pdf>
- Ceballos, G., Mazari, M., Bojórquez, L., Búrquez, A., List, R., Mandujano, M., Martínez, A., Medellín, R., Molina, F., Tinoco, C., Valiente, A., Sarukhán, J. y Vázquez, E. (2011). Ecología y conservación los grandes retos de este siglo. *Ciencias*, 103: 42-49.

- Chapman, C., Reyna-Hurtado, R. y Melletti, M. (2023). Linking Movement Ecology to Conservation Biology. In: Reyna-Hurtado, R., Chapman, C.A., Melletti, M. (eds) Movement Ecology of Afrotropical Forest Mammals. *Springer, Cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27030-7_11
- CITES. (2010). *Decimoquinta reunión de la Conferencia de las Partes Doha (Qatar)*. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres (CITES). <https://cites.org/sites/default/files/esp/cop/15/prop/S-15%20Prop-12.pdf>
- CONAP, Zootropic, CECON y TNC. (2011). Plan de conservación de las Regiones Secas de Guatemala. Editores: D. Ariano y E. Secaira. Documento Técnico No. 99 (01-2011). Guatemala. 76 pp.
- Cotí, P. (2008). *Ecología y aprovechamiento de la iguana de órgano, Ctenosaura palearis, en el bosque seco del Valle del Motagua* [Tesis de licenciatura]. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/bitstream/handle/123456789/1474/TESIS%20PAOLA%20COTI%202008.pdf?sequence=1>
- Cotí, P. y Ariano-Sánchez, D. (2008). Ecology and Traditional Use of the Guatemalan Black Iguana (*Ctenosaura palearis*) in the Dry Forests of the Motagua Valley, Guatemala. *Iguana*, 15(3): 142-149. <https://journals.ku.edu/iguana/article/view/17788/16043>
- Deveson, I., Holleley, C., Blackburn, J., Marshall, J., Mattick, J., Waters, P. y Georges, A. (2017). Differential intron retention in *Jumonji* chromatin modifier genes is implicated in reptile temperature-dependent sex determination. *Science Advances*, 3(6). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700731>

- Diele-Viegas, L. M., Vitt, L. J., Sinervo, B., Colli, G. R., Werneck, F. P., Miles, D. B., Magnusson, W. E., Santos, J. C., Sette, C. M., Caetano, G. H. O., Pontes, E., & Ávila-Pires, T. C. S. (2018). Thermal physiology of Amazonian lizards (Reptilia: Squamata). *PloS One*, *13*(3): e0192834. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192834>
- Domínguez-Godoy, M., Hudson, R., Pérez-Mendoza, H., Ancona, S. y Díaz de la Vega-Pérez, A. (2020). Living on the edge: Lower thermal quality but greater survival probability at a high altitude mountain for the mesquite lizard (*Sceloporus grammicus*). *Journal of Thermal Biology*, *94*. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102757>.
- Elfström, B. (1994). The Palearctic Spiny-Tailed Iguana, *Ctenosaura palearis* Stejneger: Distribution and Life History. *Iguana Times*, *3*(4). https://library.iucn-isg.org/documents/1994/Elfstrom_1994_Iguana_Times_Journal_of_the_International_Iguana_Society-1.pdf
- Fenkes, M., Fitzpatrick, J., Ozolina, K., Shiels, H. y Nudds, R. (2017). Sperm in hot water: direct and indirect thermal challenges interact to impact on brown trout sperm quality. *Journal of Experimental Biology*, *220*(14): 2513–2520. <https://doi.org/10.1242/jeb.156018>
- Fitch, H. y Hackforth-Jones. (Janzen D.H.). (1983). *Ctenosaura similis* (Garrobo, Iguana Negra, *Ctenosaur*). Costa Rican Natural History. Chicago & London.
- Forman, R. (2014). *Urban ecology: science of cities*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fraser, K., Davies, K., Davy, C., Ford, A., Flockhart, D. y Martins, E. (2018). Tracking the Conservation Promise of Movement Ecology. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00150>

- García, A., Arriaga-Noguez, A. y Ramírez-Bautista, A. (2020). Historia natural de la iguana negra *Ctenosaura similis* (Squamata:Iguanidae) en isla Contoy, Quintana Roo, México. *Acta Biológica Colombiana*, 25(3): 394-402. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v25n3.79707>
- Gil, L. (2016). *Ámbitos de hogar de la Iguana de órgano Ctenosaura palearis (Sauria: Iguanidae) en el bosque tropical estacionalmente seco de Cabañas, Zacapa, Guatemala*. Trabajo de graduación de licenciatura, Facultad de ciencias químicas y farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. 88pp.
- Gilbert, J. P., Chelini, M. C., Rosenthal, M. F., y DeLong, J. P. (2016). Crossing regimes of temperature dependence in animal movement. *Global Change Biology*, 22(5): 1722–1736. doi:10.1111/gcb.13245
- Gunderson, A. y Stillman, J. (2015). Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. *Proceedings of the Royal Society*, 282: 20150401. <http://doi.org/10.1098/rspb.2015.0401>
- Hebblewhite, M. y Haydon, D. (2010). Distinguishing technology from biology: a critical review of the use of GPS telemetry data in ecology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365:2303–2312. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0087>
- Hodel, F. y Fieberg, J. (2022). Circular–linear copulae for animal movement data. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(5): 1001-1013. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13821>
- INAB. (2021). Plan de monitoreo del bosque seco en Guatemala. *Instituto Nacional de Bosques (INAB)*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.36604.21121>
- International Iguana Foundation (IIF). (2023). *Motagua Spiny-tailed Iguana (Ctenosaura palearis)*. International Iguana Foundation (IIF). <https://www.iguanafoundation.org/what-we-support/spiny-tailed-iguanas/motagua-spiny-tailed-iguana/>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Summary for Policymakers. Climate Change and Land: IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems* (pp. 1-36). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009157988.001

IPCC. (2018). Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1.5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1.5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)].

Ironside, K., Mattson, D., Theimer, T., Jansen, B., Holton, B., Arundel, T., Peters, M., Sexton, J. y Edwards, T. (2017). Quantifying animal movement for caching foragers: the path identification index (PII) and cougars, *Puma concolor*. *Movement Ecology* 5(24). <https://doi.org/10.1186/s40462-017-0115-z>

Jeltsch, F., Bonte, D., Pe'er, G., Reineking, B., Leimgruber, P., Balkenhol, N., Schröder, B., Buchmann, C., Mueller, T., Blaum, N., Zurell, D., Böhning-Gaese, K., Wiegand, T., Eccard, J., Hofer, H., Reeg, J., Eggers, U. y Bauer, S. (2013). Integrating movement ecology with biodiversity research - exploring new avenues to address spatiotemporal biodiversity dynamics. *Movement Ecology*, 1(6). <https://doi.org/10.1186/2051-3933-1-6>

Köhler, G. (2003). *Reptiles o Central America*. Herpeton, Verlag.

Lotek. (2018). *PinPoint Host Application for PinPoint GPS Tags*. Lotek Wireless Inc.

- Lozito, T. y Tuan, R. (2016). Lizard tail regeneration as an instructive model of enhanced healing capabilities in an adult amniote. *Connective Tissue Research*, 58(2): 145-154. <https://doi.org/10.1080/03008207.2016.1215444>
- Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. y Álvarez, F. (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección?. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85: S01-S09. <https://doi.org/10.7550/rmb.43248>
- McElroy, E. y Bergmann, P. (2013). Tail Autotomy, Tail Size, and Locomotor Performance in Lizards. *Physiological and Biochemical Zoology*, 86(6). <https://doi.org/10.1086/673890>
- MINTRAB. (2023). *Diagnóstico sobre la implementación de la nueva metodología para estimar la informalidad en el departamento de Zacapa*. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. <https://www.mintrabajo.gob.gt/images/gobiernoabierto/acances13/Medioverificacion/Hit o5/actividad5/Diagn%C3%B3stico Informalidad Zacapa.pdf>
- Mora, J. (1991). Comparative Grouping Behavior of Juvenile Ctenosaurs and Iguanas. *Journal of Herpetology*, 25(2): 244-246. doi:10.2307/1564664
- Naccarato, A., Dejarnette, J. y Allman, P. (2015). Successful Establishment of a Non-Native Species after an Apparent Single Introduction Event: Investigating ND4 Variability in Introduced Black Spiny-Tailed Iguanas (*Ctenosaura similis*) in Southwestern Florida. *Journal of Herpetology*, 49(2), 230-236. <https://doi.org/10.1670/13-060>
- Nathan, R., Getz, W., Revilla, E., Holyoak, M., Kadmon, R., Saltz, D. y Smouse, P. (2008). A movement ecology paradigm for unifying organismal movement research. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(49): 19052-19059. <https://doi.org/10.1073/pnas.0800375105>
- Navas, C., Gomes, F. y Aguiar, E. (2016). *Physiological ecology and conservation of anuran amphibians*. CRC Press. <http://dx.doi.org/10.1201/b20420-7>

- Poole, G. y Berman, C. (2001). An ecological perspective on in-stream temperature: natural heat dynamics and mechanisms of human-caused thermal degradation. *Environmental Management*, 27(6): 787-802. <https://doi.org/10.1007/s002670010188>
- Pons, D., Castellanos, E., Conde, D., Brincker, J., Incer, D. y López, A. (2018). Escenarios de aridez para Guatemala para los años 2030, 2050 y 2070 utilizando modelos de cambio climático. *Revista Yu'am* 2(4): 4-16 pp.
- Qasem, L., Cardew, A., Wilson, A., Griffiths, I., Halsey, L., Shepard, E., Gleiss, A. y Wilson, R. (2012). Tri-Axial Dynamic Acceleration as a Proxy for Animal Energy Expenditure; Should We Be Summing Values or Calculating the Vector?. *PLOS ONE* 7(2): e31187. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031187>
- R Foundation. (2023). *The R Project for Statistical Computing*. R Foundation.
- Rivera-Rea, J., Macotela, L., Moreno-Rueda, G., Suárez-Varón, G., Bastiaans, E., Quintana, E. y González-Morales, J. (2023). Thermoregulatory behavior varies with altitude and season in the sceloporine mesquite lizard. *Journal of Thermal Biology*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103539>
- Reyes-Palomino, S. y Cano, D. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1): 53-64.
- Rossi, N., Chiaraviglio, M., Cardozo, G. (2023). Behavioural plasticity in activity and sexual interactions in a social lizard at high environmental temperatures. *PLoS ONE*, 18(7): e0285656. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0285656>
- Rossi, N., Lopez, G., Chiaraviglio, M. y Cardozo, G. (2021). Oviductal fluid counterbalances the negative effect of high temperature on sperm in an ectotherm model. *Biology Open*, 10(4): bio058593. <https://doi.org/10.1242/bio.058593>

- Sagonas, K., Deimezis-Tsikoutas, A., Reppa, A., Domenikou, I., Papafoti, M., Synevrioti, K., Polydouri, I., Voutsela, A., Bletsas, A., Karambotsi, N., Pafilis, P. y Valakos, E. (2021). Tail regeneration alters the digestive performance of lizards. *Journal of Evolutionary Biology*, 34(4): 671-679. <https://doi.org/10.1111/jeb.13769>
- Savage, J. 2002. *The amphibians and reptiles of Costa Rica: A herpetofauna between two continents, between to seas*. The University of Chicago Press, USA. 1054pp.
- Seddon, N., Mace, G., Naeem, S., Tobias, J., Pigot, A., Cavanagh, R., Mouillot, D., Vause, J. y Walpole, M. (2016). Biodiversity in the Anthropocene: prospects and policy. *Proceedings of the Royal Society B*, 283: 20162094. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.2094>
- Signer, J., Fieberg, J. y Avgar, T. (2019). Animal movement tools (amt): R package for managing tracking data and conducting habitat selection analyses. *Ecology and Evolution*, 9(2): 880-890. <https://doi.org/10.1002/ece3.4823>
- Thurfjell, H., Ciuti, S. y Boyce, M. (2014). Applications of step-selection functions in ecology and conservation. *Movement Ecology*, 2(4). doi:10.1186/2051-3933-2-4
- Tulloch, A., Auerbach, N., Avery-Gomm, S., Bayraktarov, E., Butt, N., Dickman, C., Ehmke, G., Fisher, D., Grantham, H., Holden, M., Lavery, T., Leseberg, N., Nicholls, M., O'Connor, J., Roberson, L., Smyth, A., Stone, Z., Tulloch, V., Turak, E., Wardle, G. y Watson, J. (2018). A decision tree for assessing the risks and benefits of publishing biodiversity data. *Nature Ecology & Evolution*, 2(8): 1209–1217. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0608-1>
- Uribe, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29216>

- Valenzuela-Ceballos, S., Castañeda, G., Rioja-Paradela, T., Carrillo-Reyes, A. y Bastiaans, E. (2015). Variation in the thermal ecology of an endemic iguana from Mexico reduces its vulnerability to global warming. *Journal of Thermal Biology*, 48: 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.12.011>
- Vásquez-Contreras, A. y Ariano-Sánchez, D. (2016). Endozoochory by the Guatemalan Black Iguana, *Ctenosaura palearis* (Iguanidae), as a germination trigger for the Organ Pipe Cactus *Stenocereus pruinosus* (Cactaceae). *Mesoamerican Herpetology*, 3(3): 662-668.
- Vidal, A., Pradel, R. y Cézilly, F. (2023). Do Suburban Populations of Lizards Behave Differently from Forest Ones? An Analysis of Perch Height, Time Budget, and Display Rate in the Cuban Endemic *Anolis homolechis*. *Diversity*, 15(2): 261. <https://doi.org/10.3390/d15020261>
- Wickham, H. (2016). Ggplot2. *Springer Cham*, (2): 1-260. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Winchell, K., Briggs, D. y Revell, L. (2019). The perils of city life: patterns of injury and fluctuating asymmetry in urban lizards. *Biological Journal of the Linnean Society*, 126(2): 276-288. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/bly205>
- Yu, X., Wu, N., Ge, L., Li, L., Zhang, Z. y Lei, J. (2022). Artificial shelters provide suitable thermal habitat for a cold-blooded animal. *Scientific Reports*, 12(1): 5879. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09950-y>

XII. APÉNDICES

UVG
UNIVERSIDAD
DEL VALLE
DE GUATEMALA

COMITÉ DE ÉTICA, USO Y CUIDADO ANIMAL
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Comité de Ética, Uso y Cuidado animal de
la Universidad del Valle de Guatemala**

CEUCA - UVG

Investigadores Principales: Francisco José Castillo Obregón (tesista), Daniel Ariano Sánchez (asesor)
Propuesta: I – 2023 (4)
Edificio y oficina: Departamento de Biología
E-Mail: cas19309@uvg.edu.gt, dariano@uvg.edu.gt
Teléfono: 40111452 / 59960659

Guatemala, 5 de septiembre 2023.

Estimados investigadores,

Por este medio se hace constar que la propuesta del proyecto titulado **“Efecto de la temperatura ambiental y pérdida de hábitat sobre la ecología del movimiento de la iguana amenazada *Ctenosaura palearis*”** ha sido recibida al Comité de Ética, para el Uso y Cuidado Animal de la Universidad Del Valle de Guatemala (CEUCA – UVG).

Se ha realizado una revisión del protocolo con el fin de asegurar el trato ético a los animales que serán utilizados para cumplir con los propósitos del estudio. Se ha determinado que se cumple con los requisitos necesarios, así como también se ha cumplido con los procedimientos y lineamientos descritos por el comité.

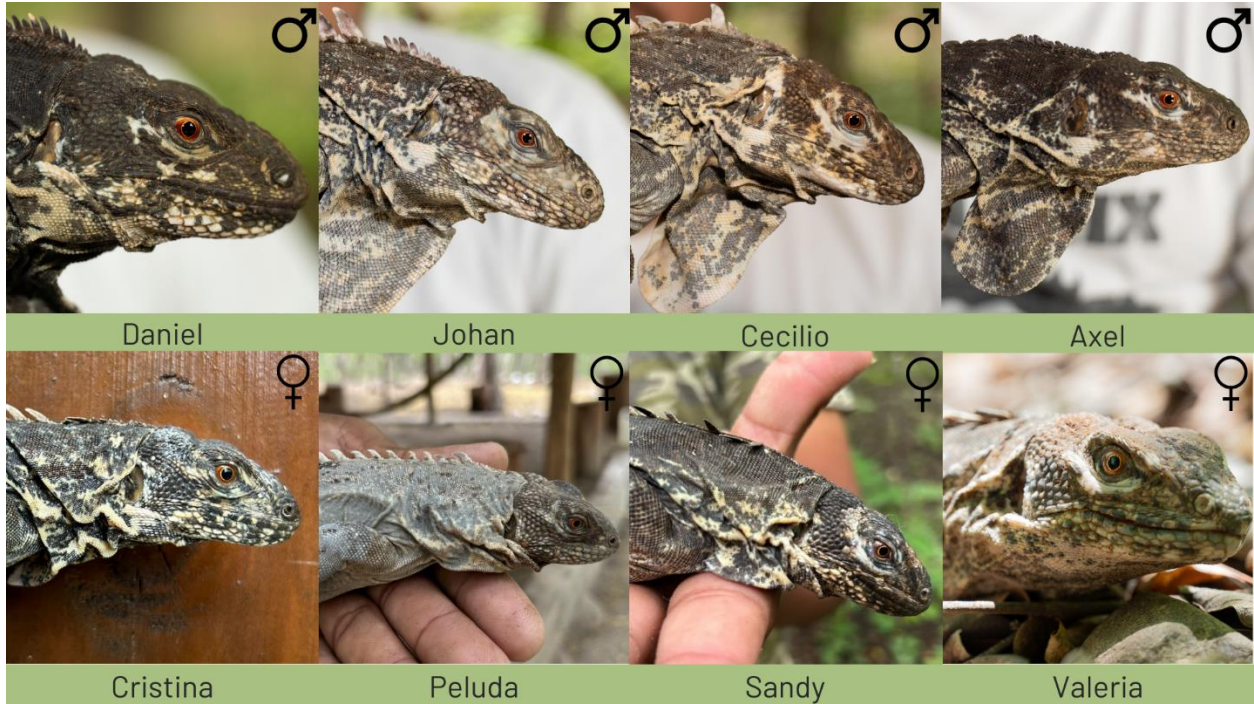
Por este medio se le informa se autoriza llevar a cabo la práctica con animales tal y como se describe en el protocolo aprobado por un periodo de un año a partir de la fecha de la presente carta.

Se le solicita que, si hubiese necesidad de hacer cualquier otra modificación a lo descrito en la propuesta, se comunique previamente con el comité para que dichas enmiendas sean evaluadas de manera que se pueda garantizar que se cumple a cabalidad con los lineamientos del CEUCA-UVG y la regulación nacional.

Sin otro particular quedando a sus órdenes,

MV Vanessa Granados B
Médico Veterinario
Colegiado 997
CEUCA – UVG (Comité de Ética, Uso y Cuidado Animal, Universidad del Valle de Guatemala).

Apéndice 1. Carta de aprobación del proyecto “Efecto de la temperatura ambiental y pérdida de hábitat sobre la ecología del movimiento de la iguana amenazada *Ctenosaura palearis*” por parte del Comité de Ética, para el Uso y Cuidado Animal de la Universidad Del Valle de Guatemala (CEUCA – UVG).



Apéndice 2. Iguanas de órgano (*Ctenosaura palearis*) monitoreadas en el presente estudio.