

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## **TESIS**

Abundancia de Iguana verde  
(*Iguana iguana*) en un gradiente  
de urbanización en el río  
Sabinal, Tuxtla Gutiérrez,  
Chiapas

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

**RICARDO ALFONSO ESPINO GÓMEZ**

Director

DR. CÉSAR TEJEDA CRUZ

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. UNICACH

Asesor

DR. SERGIO LÓPEZ MENDOZA

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. UNICACH



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Noviembre de 2024.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. César Tejeda Cruz por proporcionarme un tema de tesis, así como su guía y apoyo durante el desarrollo de la misma, además de la calidez y la confianza hacia mi persona.

Al Dr. Sergio López por su asesoría, apoyo especialmente en la parte estadística y las palabras de aliento durante todo el proyecto.

A la Dra. María de Lourdes Gómez Tolosa por el apoyo en campo, así como sus consejos tanto en lo personal como en la realización del documento.

Al Lic. José Manuel Rousse Mayor y a la comunidad de “El Zapote” por el apoyo brindado y la confianza al permitir nuestra presencia en sus hogares.

A mis amigos Lilian Gómez Escobar y Erick Ramírez Rodas por su invaluable amistad, así como la compañía y el apoyo durante todas las salidas de campo de este proyecto

A Luis Gerardo Vázquez Hernández por su amistad a lo largo de la carrera, así como el apoyo otorgado durante las prácticas de campo.

A Sathya Lakshmi Álvarez Jaramillo, Valeria Cruz Saldaña, Andrea Citlalli González Gómez y Eliseo Ovilla Corzo por su gran amistad, cariño y apoyo durante y después de la carrera, dentro y fuera de la institución.

A mis padres Alfonso Espino Liévano e Irene Margarita Gómez Gutiérrez por su amor, paciencia, confianza y todo el apoyo mostrado en cada una de mis decisiones, así como las enseñanzas y los valores que me han inculcado a lo largo de mi vida.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermanas, mi familia, que son la razón por la cuál me esfuerzo y busco mejorar día a día. Agradezco todo su amor, comprensión, paciencia, y todo lo bueno que hacen por mí. Espero poder devolver un poco de todo lo que me han dado.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
RESUMEN .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Biodiversidad urbana .....	4
2.2. Efectos de la urbanización en zonas riparias.....	5
2.3. Efectos de la urbanización sobre la diversidad y riqueza de especies .....	6
2.4. Efectos de la urbanización sobre el tamaño corporal .....	7
2.5. Ecología de la iguana verde .....	8
2.6. Depredación y cacería de iguanas.....	10
III. ANTECEDENTES.....	11
IV. OBJETIVOS.....	16
4.1. General .....	16
4.2. Particulares.....	16
V. HIPÓTESIS.....	17
VI. ZONA DE ESTUDIO .....	18
6.1. Relieve .....	18
6.2. Clima.....	18
6.3. Hidrología .....	18
6.4. Vegetación.....	19
VII. MÉTODO .....	21
7.1. Diseño de muestreos .....	21
7.2. Registro de avistamientos.....	24
7.3. Caracterización de hábitat .....	25
7.4. Densidad de vegetación .....	26
7.5. Análisis estadísticos.....	27
VIII. RESULTADOS.....	28
8.1. CARACTERIZACIÓN DE HÁBITAT.....	28
8.2. Respuesta de las iguanas al gradiente de perturbación .....	29
8.3. ÍNDICE DE VEGETACIÓN AJUSTADO AL SUELO.....	30
8.4. Proporción de uso de estrato.....	33
8.5. Proporción de uso de árboles .....	34

8.6. Estado de la población.....	35
IX. DISCUSIÓN.....	37
9.1. Relación entre el grado de perturbación y las poblaciones de iguanas ..	37
9.2. relación entre el gradiente de urbanización, el estado de vegetación y las poblaciones de iguanas .....	37
9.2.1. Zonas periurbanas .....	37
9.2.1.1. Probables causas de la ausencia de iguanas en sitios periurbanos.....	38
9.2.2. Zonas urbano arboladas .....	40
9.2.3. Zonas urbanas .....	41
9.3. PREFERENCIA DE SUSTRATOS.....	42
9.4. PREFERENCIA DE ÁRBOLES .....	42
9.5. ESTADO DE LA POBLACIÓN.....	43
X. CONCLUSIÓN .....	44
XI. RECOMENDACIONES.....	45
XII. REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	46

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ejemplos de especies vegetales presentes en el río Sabinal (SEMAVI, 2009).....	20
Cuadro 2 . Sitios según el grado de perturbación .....	21
Cuadro 3. Características y valores utilizados para el HII.....	25
Cuadro 4. Número máximo de observaciones en cada mes .....	28
Cuadro 5. Número de ejemplares observados por temporada .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Iguana adulta con coloración naranja (Fuente: López-Ramírez, 2022).....	9
Figura 2. Hidrología de la Subcuenca del Río Sabinal (SEMAVI, 2009).....	19
Figura 3. Sitios de monitoreo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	23
Figura 4. Sitios periurbanos (PU).....	23
Figura 5. Sitios Urbano-Arbolados (UA) y Urbanos (UR).....	24
Figura 6. Relación entre el valor obtenido por el HII y el promedio de ejemplares <i>I. iguana</i> observados en todos los sitios ( $p= 0.01324$ , $R^2= 0.7634$ ) .....	30
Figura 7. Relación entre el valor obtenido por el HII y el promedio de ejemplares <i>I. iguana</i> observados sólo en sitios dentro de la ciudad (UR y UA) ( $p= 0.01613$ , $R^2= 0.79998$ ) .....	30
Figura 8. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) en la Zona Urbana y Periurbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	31
Figura 9. SAVI de los sitios Periurbanos (PU) .....	31
Figura 10. SAVI de los sitios Urbano-Arbolado #1 y #2 (UA).....	31
Figura 11. SAVI del sitio UA #3 .....	32
Figura 12. SAVI de los sitios Urbanos (UR).....	32
Figura 13. Relación entre la densidad de vegetación y la población de iguanas ( $p= 0.0238$ , $R^2= 0.8585$ ) .....	33
Figura 14. Proporción de uso de estratos .....	34
Figura 15. Proporción de uso de árboles por iguanas .....	35

## RESUMEN

El desarrollo urbano ha provocado la reducción, fragmentación y destrucción de diversos hábitats naturales. Entre los ambientes más afectados se encuentran las zonas riparias, que son importantes por su papel como transición entre ecosistemas terrestres y acuáticos. Estas zonas poseen características biofísicas únicas que les proporcionan suelos muy fértiles y les permiten actuar como reservorios genéticos y corredores biológicos. La iguana verde (*Iguana iguana*) habita en estos ambientes, y debido a sus hábitos arborícolas, sus poblaciones pueden verse afectadas por la reducción de la cobertura vegetal en estos hábitats. Este estudio tiene como objetivo observar cómo diferentes grados de urbanización influyen en las poblaciones de iguana verde en el río Sabinal, mediante conteos de ejemplares en sitios completamente urbanizados, áreas urbanas con un alto nivel de vegetación y zonas periurbanas. En cada categoría de urbanización se establecieron tres transectos de muestreo, sumando un total de 9 transectos. Se aseguró una separación mínima de 500 metros entre ellos. En cada sitio, se registraron la etapa de desarrollo del organismo y el sustrato donde fue observado. Los muestreos se realizaron en dos horarios: de 10:00 a 11:30 horas y de 12:30 a 14:00 horas, llevándose a cabo una vez al mes durante dos meses de lluvias y dos meses de sequía. Los valores del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo y el Índice de Integridad de Hábitat mostraron que las mayores poblaciones se encuentran en los sitios urbanos arbolados, que presentaron niveles similares tanto en grado de conservación como en la abundancia de iguanas. En contraste, los sitios urbanos presentaron una baja abundancia de iguanas. Las características ambientales, como la presencia de árboles dentro del área del río o la ubicación junto a un parque con vegetación riparia más abundante y accesible, se relaciona con una mayor abundancia de iguanas en dichos sitios. En contraste, en las zonas periurbanas, a pesar de tener mayores niveles de conservación en general, se observó una presencia casi nula de iguanas. La presión de caza podría ser la causa de este fenómeno. El mayor número de individuos de iguana fue observado posando sobre los árboles. Entre las especies de árboles que destacaron como sustrato se encuentran *Mangifera indica*, *Ficus insipida* y *Taxodium huegelii*, siendo este último donde se registraron más individuos. Estas especies son las más abundantes en los sitios estudiados, además de ser perennes, lo que ofrece refugio y alimento

constante durante todo el año. Finalmente, se observaron diferencias significativas en las categorías de edad en diferentes épocas del año, debido a los periodos de reproducción de las poblaciones estudiadas. La iguana verde está protegida por la NOM-059, y se recomienda realizar más estudios sobre factores como temperatura, vegetación disponible y densidad poblacional humana para entender mejor su conservación. Investigaciones previas indican que la abundancia de iguanas es mayor en áreas con alta densidad de árboles, por lo que la preservación de vegetación, especialmente en zonas riparias, es crucial en entornos urbanos. Además, en zonas periurbanas, donde la caza representa una amenaza significativa, se sugiere implementar campañas educativas para concienciar a la comunidad sobre la importancia de conservar a esta especie y respetar las regulaciones de caza.

Palabras clave: perturbación, población, reptiles, urbano, iguana verde.

# I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo urbano es una de las principales causas de extinción de especies a nivel local, ya que elimina a una gran cantidad de especies nativas debido a las alteraciones de hábitat ocasionadas por el desarrollo urbano (McKinney, 2002). Sin embargo, la urbanización no es el único factor que influye en la fragmentación de los hábitats; el cambio del uso de suelo es también un factor determinante, pues la agricultura y la ganadería, así como los desechos producidos por fábricas y la extracción de recursos naturales, contribuyen a este fenómeno (Riley et al., 2003; Knapp y Perez-Heydrich, 2012).

Una de los ecosistemas afectados por la urbanización son las zonas riparias o ribereñas, que son sistemas de transición entre ecosistemas acuáticos y terrestres, con características biofísicas (temperatura, humedad, luz, altitud, pH, materia orgánica, etc.) y procesos ecológicos únicos, con numerosas especies tanto vegetales como animales, y muchos procesos biológicos diferentes a las áreas adyacentes de tierra firme (Wilmer et al., 2010; Meli et al., 2017). Estas zonas tienen una importante función ecológica, pues permiten procesar una mayor cantidad de materia orgánica y capturar más nitrógeno, mejorar la cantidad y calidad del agua, facilitar el procesamiento de contaminantes y regular la temperatura y luz que ingresa a los sistemas acuáticos de mejor manera que aquellos sitios sin este tipo de vegetación, reduciendo las probabilidades de afectar negativamente los ecosistemas río abajo (Romero et al., 2014). Las zonas riparias poseen algunos de los sistemas biológicos más diversos, complejos y dinámicos, ya que son excepcionalmente fértiles, lo que permite el desarrollo de una gran diversidad de plantas que sirven como refugio y alimento de muchas especies de animales, estas a su vez actúan indirectamente como controladoras de plagas, pues algunas especies que habitan en los árboles ayudan a controlar a fauna que puede ser perjudicial para cultivos (Sweeney *et al.* 2004; Granados-Sánchez *et al.*, 2006).

Las zonas riparias también funcionan como áreas sustentadoras de biodiversidad, teniendo una gran variedad de hábitats y microhábitats que actúan como reservorios genéticos para las especies que los ocupan, además de funcionar también como corredores biológicos, conectando zonas aisladas,

reduciendo el efecto isla y permitiendo el desplazamiento de algunos animales por terrenos fragmentados (Granados-Sánchez *et al.*, 2006). Es importante destacar que, aunque las zonas riparias no posean una mayor riqueza de especies que otras zonas, al albergar grupos de especies diferentes pueden incrementar significativamente la biodiversidad de la región (Sabo *et al.*, 2005).

En el ámbito económico, las zonas riparias pueden actuar como áreas recreativas de las cuales se pueden obtener beneficios monetarios además de ser una fuente de recursos, así como por tener un valor social y cultural importante que puede influenciar en su conservación (Naiman *et al.*, 2005). Estos beneficios de biodiversidad y servicios del ecosistema son aún más importantes en paisajes urbanos, porque las áreas ribereñas a menudo representan los únicos espacios verdes continuos que quedan (Aronson *et al.*, 2017).

Los estudios de la respuesta de los organismos a la urbanización se centran principalmente en aves y mamíferos en regiones templadas, mientras que los estudios en reptiles son escasos (Ramos *et al.*, 2023). La iguana verde (*Iguana iguana*) tiene un rol ecológico importante, pues son controladoras de plagas, contribuyen a la regeneración de la vegetación al ser dispersoras de semillas y sirven de alimento para especies depredadoras (Gómez-Mora *et al.*, 2012). Su población se ha visto disminuida por la actividad humana, ya que son cazadas y/o comercializadas, debido a que suelen servir como fuente de proteínas para algunas comunidades, por la presión de la fauna urbana y además se le atribuyen propiedades medicinales en ciertas zonas, además de los efectos negativos de la fragmentación y destrucción de su hábitat (Arcos-García *et al.*, 2010). Sin embargo, la iguana verde es una especie eurioica con alta tolerancia al disturbio que se ha adaptado a la actividad antropogénica y que tolera ambientes urbanos (Bastidas-Astudillo, Arias Jimenez y Narváez García, 2010).

La iguana verde es una de las dos especies pertenecientes al género *Iguana* y la única que se encuentra en México (García-Grajales *et al.*, 2018). Es de hábitos diurnos y arbóreos, utilizando el follaje para camuflarse y alimentándose de las hojas, flores y frutos que estos producen. Suele pasar casi todo su tiempo en los árboles, pero desciende para anidar o mudarse de sitio. También suele vivir cerca de cuerpos de agua, donde puede beber y en caso de

ser necesario, resguardarse de los depredadores o alguna otra amenaza (Roblero-Vázquez, 2005).

Este trabajo tiene como objetivo conocer la relación entre la abundancia de la iguana verde y la urbanización a lo largo de un gradiente de urbanización a lo largo del río Sabinal. Se espera encontrar una relación entre la calidad del hábitat y la abundancia de iguanas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. BIODIVERSIDAD URBANA

La biodiversidad es un componente importante en cualquier ecosistema para que este mantenga su estabilidad y funcionalidad, de esta manera pueda resistir a los cambios ambientales. Por esta razón, los espacios verdes en zonas urbanas son considerados como hábitats locales importantes en las ciudades (Montoya, 2016).

Estos espacios verdes urbanos mantienen importantes funciones ecológicas, ya que tienen la capacidad de albergar y proteger a la fauna nativa, al permitir que estas vivan en las ciudades o mediante la creación de corredores biológicos (Crooks *et al.*, 2004; Dearborn y Kark, 2010).

Los espacios verdes también brindan beneficios notables a los humanos, ya que permiten la polinización de plantas, ayudan a absorber las emisiones de carbono, purificar el aire, mejorando su calidad y por ende, la salud de sus pobladores, además de incrementar el valor de una propiedad (Magle *et al.*, 2012).

La importancia de los hábitats urbanos también radica en la conexión que generan entre la población humana y su entorno, pues las actividades recreativas pueden dar a conocer la importancia de la conservación a las personas, un mensaje que suele ser difícil de transmitir sólo con discursos, generando así conciencia conservacionista en la gente (Magle *et al.*, 2012).

En los ecosistemas urbanos la riqueza de plantas suele estar más correlacionada con el tamaño de la población humana que con el tamaño de la ciudad. De igual forma, las ciudades con mayor edad y mayor riqueza económica suelen tener una mayor diversidad de vegetación. El 20% de las especies de aves del mundo y el 5% de las especies de plantas vasculares se viven en las ciudades, mientras que, en promedio, el 70% de las especies de plantas y el 94% de las especies de aves que se encuentran en las zonas urbanas son nativas de la región circundante (Montoya, 2016).

En algunas ocasiones, las áreas urbanas presentan una mayor riqueza de especies en comparación a esa misma área antes de la perturbación. Sin embargo, mucha de esta diversidad la conforman especies introducidas, ya que en ocasiones

a estas les es más difícil adaptarse y prosperar en sus nuevas condiciones. Una mayor diversidad puede deberse a la presencia de especies exóticas, capaces de persistir en los ambientes antropogenizados (McKinney, 2008; Dearborn y Kark, 2010).

En caso de que dicha riqueza no se deba a especies exóticas, podría significar que las especies nativas que se han adaptado a las áreas urbanizadas, o aprovecharon el aumento en los recursos y la heterogeneidad del hábitat en áreas suburbanas y periurbanas (Blair 1996; Kark *et al.* 2007; Dearborn y Kark, 2010).

## **2.2. EFECTOS DE LA URBANIZACIÓN EN ZONAS RIPARIAS**

Los ambientes riparios se encuentran entre los más perturbados, pues son sensibles al cambio de uso de suelo producido por la actividad humana. La introducción de especies exóticas tanto animales como vegetales al igual que la ganadería pueden alterar la geomorfología ribereña y el flujo de materia orgánica, además de perjudicar a las especies nativas, causando en ciertos casos, la extinción local (Naiman *et al.* 2005; Arismendi *et al.* 2008; Steinfeld *et al.* 2009).

La constante necesidad de espacio en zonas urbanas provoca que la vegetación ribereña se elimine, aumentando la erosión y afectando la capacidad de absorción y retención de materia orgánica, algo indispensable para los ambientes riparios, ya que no son ecosistemas productivos, sino que dependen de la materia orgánica de ecosistemas adyacentes (Granados-Sánchez *et al.*, 2006; Reis *et al.*, 2015). Además, la falta de sombra provocada por la deforestación provoca niveles muy altos de radiación fotosintéticamente activa, radiación solar UV y temperatura; y menos amortiguamiento contra contaminantes de fuentes difusas (Sweeney *et al.* 2004).

La fragmentación y alteración del hábitat y la introducción de especies vegetales no nativas puede incrementar la heterogeneidad del hábitat, lo cual tiene diversos efectos sobre la fauna ribereña. Las plantas invasoras pueden afectar la fisonomía del hábitat, cambiando las condiciones micro climáticas del entorno como la temperatura, lo que podría afectar la ocurrencia y abundancia de algunas especies, principalmente de insectos, que son piezas clave en los ecosistemas (Bateman y Merritt, 2020). Este incremento en la heterogeneidad del paisaje puede

incrementar la riqueza, mientras que, en otros casos, puede generar ambientes homogéneos, afectando negativamente la diversidad. (Thews *et al.*, 2004; Bateman y Merritt, 2020).

La riqueza de aves en zonas riparias no sufre un gran cambio entre las áreas perturbadas y urbanizadas y las áreas más conservadas, sin embargo, la composición de especies sí se ve afectada (Brummelhaus *et al.*, 2012). Por su parte, los hábitats ribereños con menos plantas no nativas tienden a tener una mayor diversidad de herpetofauna ya que la vegetación nativa sustenta de mejor manera a los grupos de reptiles y anfibios (Bateman y Merritt, 2020).

### **2.3. EFECTOS DE LA URBANIZACIÓN SOBRE LA DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE ESPECIES**

Aunque en teoría lo esperado sería que a mayor grado de fragmentación exista una menor riqueza de especies, no siempre se sucede de esa manera. Hay muchas variables a considerar que pueden afectar el ratio entre pérdida de especies y el grado de urbanización (McKinney, 2002; Bateman y Merritt, 2020).

Se ha documentado que, en ambientes con un bajo nivel de desarrollo urbano, la riqueza de aves e insectos incrementa, como respuesta a la introducción de plantas no nativas que van sustituyendo a la vegetación nativa, así como una mayor cantidad de recursos provenientes de fuentes humanas, como pueden ser restos de comida, a los cuales ciertos animales se han adaptado a consumir. Las estructuras antropogénicas pueden ser también aprovechadas como refugio por algunas especies (McKinney, 2002, 2006; Moreno-Rueda y Pizarro, 2009; Bateman y Merritt, 2020).

Sin embargo, la deforestación para la construcción de áreas pavimentadas que se da en centros urbanos reduce drásticamente la cantidad de espacios disponibles para muchas especies, disminuyendo la biodiversidad en las ciudades. Esta deforestación da lugar a zonas homogéneas, lo que muchas veces permite que especies no nativas, más generalistas, sustituyan a las especies nativas. Las aves y otros animales cuya diversidad está correlacionada con la estructura de la vegetación son las más afectadas (Rottenborn, 1999; McKinney, 2006, 2008).

Los sonidos provocados por las actividades, herramientas y otras fuentes antropogénicas también afectan a la diversidad. Los ruidos pueden inhibir los sonidos provenientes de los animales, o incluso afectar su oído. Los ruidos alteran la comunicación entre los organismos, así como su uso de espacio, su comportamiento e incluso su capacidad reproductiva. Todos los grupos animales son afectados en mayor o menor medida (Sordello *et al.*, 2020).

La contaminación lumínica es otro factor que afecta a la fauna nativa. Las luces artificiales provenientes de casas, edificios, autos, entre otras, pueden tener severos efectos sobre los animales. Especies con hábitos nocturnos que se han adaptado para aprovechar el mínimo de luz que hay en la noche, pueden ver dañadas sus pupilas por un repentino aumento en la iluminación, dejándoles daños de los que no se recuperan fácilmente. El exceso de iluminación por las noches puede alterar el ciclo circadiano de algunos animales, así como afectar su tiempo para buscar alimento, quedando más expuestos ante depredadores (Newport *et al.*, 2014).

## **2.4. EFECTOS DE LA URBANIZACIÓN SOBRE EL TAMAÑO CORPORAL**

El tamaño del cuerpo es una característica de suma importancia en muchos aspectos de la vida de un organismo. Esto puede influir en cómo se comporta, como se desarrolla, como se relaciona, etc. El tamaño es afectado por varios factores tanto bióticos como abióticos, además de reflejar las condiciones de vida a la que un organismo está sujeto (Chejanovski y Kolbe, 2019).

En el caso de los depredadores, mayores dimensiones puede dar acceso a mejores condiciones alimenticias, ya que son capaces de cazar a presas más grandes y con más facilidad, además les da ventaja al competir con otros depredadores por el territorio o alimento (French y Smith, 2005; Chejanovski y Kolbe, 2019).

En ciertos casos, un mayor tamaño representa una ventaja reproductiva, teniendo más oportunidades de aparearse. También les da la capacidad de dominar y desplazar a los ejemplares más pequeños, teniendo así mejores condiciones de hábitat (French y Smith, 2005; Chejanovski y Kolbe, 2019).

Los cuerpos más grandes también conservan mejor la temperatura, hablando de animales endotérmicos. Por esta razón, los animales que viven en zonas más frías son más grandes a comparación de otros individuos de su especie (Meiri y Dayan, 2003). Por su parte, los animales ectotérmicos que experimentan bajas temperaturas durante su desarrollo pueden ver disminuido su crecimiento, para luego incrementar su talla en la madurez (Angilletta *et al.*, 2004).

Un tamaño pequeño también tiene sus ventajas. Los animales con un menor tamaño pueden acceder a áreas estrechas para buscar alimento, y en épocas de escasez, el menor requerimiento de energía les da más posibilidades de sobrevivir (Chejanovski y Kolbe, 2019).

La urbanización produce cambios en las condiciones ambientales que pueden influir en el tamaño de cuerpo de la fauna urbana. La temperatura suele ser más alta en las ciudades y esto, junto a la heterogeneidad de la vegetación urbana, puede generar una mayor abundancia de ciertos artrópodos, lo que convierte en una fuente de alimentos para algunas especies de vertebrados. La falta de depredadores y/o competidores también puede generar que los organismos presenten variaciones de tamaño en las ciudades a comparación de ejemplares que vivan fuera de estas (Chejanovski y Kolbe, 2019).

## **2.5. ECOLOGÍA DE LA IGUANA VERDE**

La iguana verde (*Iguana iguana*) es una especie de reptil perteneciente a la familia Iguanidae. Su distribución va desde México hasta Brasil, llegando a habitar algunas islas caribeñas cercanas al continente. Prefiere vivir en bosques riparios, sin embargo, es capaz de adaptarse a numerosos hábitats, escogiendo sitios donde no llueva todo el año (Etheridge, 1982).

En su estado adulto, las hembras adultas pueden medir hasta 2 metros y pesar de 4 a 6 kilos, mientras que los machos pueden alcanzar hasta 2.2 m y pesar de 8 a 10 kilos (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 2021). Presentan un cuerpo robusto, con cuatro patas provistas de fuertes y largas garras, que son las que les permiten escalar árboles con suma facilidad, además de una larga cola que les sirve como timón al nadar o bucear y también pueden utilizarla como látigo al momento de defenderse. Su piel es seca, con escamas secas y puntos como

espinas en el cuello, una glándula (pápula) bien desarrollada debajo del “oído” (membrana timpánica) y un gran pliegue gular o papada en la garganta. Posee una cresta de púas en forma de peine que recorre todo su cuerpo hasta la punta de la cola, acentuándose en la zona del cuello (González y Ríos, 1997).

El color de su piel varía dependiendo de la edad, estado de ánimo, salud o temperatura. Cuando son crías tienen un color verde brillante, que se va opacando a medida que crecen, y pueden adquirir tonos naranjas, que suele ser más notorio en los machos que en las hembras (Figura 1). Por otra parte, cuando las temperaturas son bajas, su coloración se oscurece para absorber mejor el calor mientras que a temperaturas más elevadas su piel se torna más clara (González y Ríos, 1997; Calderón Mandujano, 2002).



Figura 1. Iguana adulta con coloración naranja (Fuente: López-Ramírez, 2022)

Durante la época de reproducción, los machos son muy territoriales, marcando con feromonas un área especial escogida con el objetivo de ser visible ante las hembras. Esta área puede ser la rama de un árbol o un “chaparral” (maraña de bejucos y hojas secas). Durante el periodo de reproducción los machos se vuelven activos al intentar robar el territorio del otro macho ya establecido, llegando

a tener feroces combates hasta que uno muera o salga del territorio. Este periodo de apareamiento es de octubre a diciembre (Dugan, 1982).

La puesta e incubación de huevos se da durante la estación seca, en los meses de febrero a mayo, periodo durante el cual la hembra desciende en busca de playas o sitios abiertos donde excavan un túnel para depositar sus huevos, para que estos terminen de desarrollarse por el calor, por un periodo de 75 a 90 días. Al completar su desarrollo, las crías esperan a sus hermanos para realizar una fuga masiva en todas direcciones, aprovechando su color para esconderse entre el follaje (Flores-Villela, 1980).

## **2.6. DEPREDACIÓN Y CACERÍA DE IGUANAS**

Al momento de establecer un territorio o de descender en búsqueda de un sitio para anidar, las iguanas quedan más expuestas a la depredación. Sus depredadores más comunes, tanto de huevos como de individuos, son los gatos, hormigas, culebras, armadillos, tlacuaches, perros, cerdos y aves de rapiña, además de los seres humanos, que son uno de sus más grandes depredadores (González y Ríos, 1997).

La cacería por parte de los humanos se da principalmente por los huevos para consumo, aunque la carne de iguana forma parte importante de la dieta de algunas comunidades. La cacería de las hembras preñadas por parte del hombre es una de las principales causas de la reducción de la población de iguanas, al exterminar no sólo a la madre, sino también a las crías (González y Ríos, 1997).

La sobreexplotación y destrucción de las áreas boscosas otro factor antropogénico que afecta a las poblaciones, al reducir o eliminar su hábitat natural, obligando a las iguanas a desplazarse a otras áreas o a adaptarse a un entorno completamente diferente al natural (González y Ríos, 1997).

### III. ANTECEDENTES

Germaine y Wakeling (2001) examinaron las relaciones de hábitat de lagartos en Tucson, Arizona, y observaron que la abundancia total, el número de especies y la uniformidad era mayor en zonas con un nivel de perturbación bajo o moderado en comparación con zonas más urbanizadas.

Muñoz *et al.* (2003) cuantificaron la estructura demográfica y la densidad de dos poblaciones de *I. iguana* en la Depresión Momposina en Colombia, en relación al grado de perturbación, así como el consumo constante de la carne de iguanas por parte los pobladores de la región, considerando los comportamientos en la época de anidación y los diversos factores que puedan influir en esto. Ellos encontraron que las poblaciones de iguanas son mayores cercanas a las orillas de ríos a comparación de las que están en pantanos. También encontraron una proporción machos:hembras de 1:2.5, que concuerda con lo documentado en otros organismos sociales. Por último, encontraron que los nidos son un poco más pequeños que el promedio, no sufren de mucha depredación, pero sí de daños por factores abióticos o por actividades antropogénicas.

White y Greer (2006) evaluaron los efectos de la urbanización de cuencas hidrográficas en las características del flujo de agua y la comunidad de vegetación ribereña de Los Peñasquitos Creek, en la costa del sur de California, usando fotografías. Encontraron que conforme el uso de suelo incrementaba, también lo hacían las descargas diarias, las escorrentías y la magnitud de inundaciones.

Morales-Mávil, J. E. (2007) estudió a las hembras de *I. iguana* durante la época de anidación para observar si los ejemplares que habitaban en zonas perturbadas se desplazaban a áreas arenosas con mejor conservación o si se arriesgaban a quedarse en sus sitios y anidaban en lugares menos favorables. Concluyeron que ambas estrategias son utilizadas, dependiendo de si el camino a la playa presenta condiciones adecuadas para su protección.

Barret y Guyer (2008) evaluaron la riqueza de herpetofauna en zonas ribereñas y aguas de arroyos de segundo y tercer orden en la ecorregión de Piamonte según cuatro categorías de uso de suelo: Ellos observaron que, en zonas urbanizadas, la riqueza de anfibios era menor, pero se equilibraba con un mayor

número de especies de reptiles. También concluyeron que aunque se trate de grupos similares fisiológicamente, anfibios y reptiles no pueden ser tomados como equivalentes.

French et al (2008) examinaron cómo la urbanización influye en los niveles de corticosterona, parasitismo sanguíneo e inmunidad innata en poblaciones de lagartijas arborícolas (*Urosaurus ornatus*) y determinar qué grado de afectación tiene sobre esta especie. Sus resultados sugieren que las lagartijas que se encontraban en ambientes urbanos pueden haber suprimido las concentraciones generales de corticosterona, además de haber reforzado su inmunocompetencia al estar expuestos a tantos nuevos agentes patógenos.

Figueiredo-de-Andrade et al., (2011) analizaron el estado y comportamiento de la población de *I. iguana* dentro de un humedal de agua dulce restaurado ubicado en 'Ciénaga Las Cucharillas', en Puerto Rico. Para esto estudiaron la densidad de población en el área y si consumían las plantas usadas en la restauración. Lo que encontraron fue que había una alta densidad de población en el área, más no en las zonas donde se realizó la restauración. Además, aunque una de las actividades más frecuentes fue el forrajeo, este no era dirigido hacia las plantas utilizadas por el proyecto de restauración.

Hunt et al., (2013) realizaron una investigación usando bases de datos para determinar los efectos de dos modificaciones del hábitat ribereño, la construcción de represas y la urbanización, en los patrones de ocupación de reptiles en general y específicos. Observaron que la riqueza de especies era mayor entre más lejos, río arriba, se encontraran, además, no encontraron una diferencia significativa dada por el cambio de uso de suelo.

Con el objetivo de determinar el estado de las poblaciones de *Iguana iguana* y *Ctenosaura pectinata* dentro del área natural protegida "Estero el Salado", Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico, Penilla et al., (2013) llevaron a cabo un estudio para identificar las causas de la disminución de las poblaciones de ambas especies. Las poblaciones de *I. iguana* fueron las más dominantes, con una mayor presencia de macho y ejemplares adultos. También observaron que la presencia de perros y gatos, al igual que la cacería ilegal afectan de manera negativa a las poblaciones de ambas especies.

La urbanización tiene efectos sobre el comportamiento de los reptiles, tal como demostraron Avilés-Rodríguez y Kolbe en 2015, que estudiaron el comportamiento de escape de *Anolis cristatellus* en San Juan, Puerto Rico, y en Miami, Florida. Encontraron que las lagartijas son menos cautelosas ante los humanos en los árboles de zonas urbanas, pero eran más cuidadosas en estructuras hechas por el hombre debido a su pobre capacidad de escape en dichas superficies.

Winchell *et al.*, (2016) estudiaron las diferencias en la ecología y morfología de la lagartija neotropical *Anolis cristatellus* en áreas urbanas y naturales en tres municipios de Puerto Rico: Mayagüez, Ponce y San Juan, encontrando que las lagartijas en áreas urbanas usan sustratos artificiales la mayor parte del tiempo, y que estos sustratos tienden a ser más anchos que los sustratos en el bosque natural, así como también observaron un mayor tamaño en las extremidades en relación al cuerpo y más escamas subdigitales en comparación con las lagartijas de hábitats boscosos.

En 2017, Winchell *et al.*, realizaron un estudio en dos especies de lagartijas arbóreas en los municipios de San Juan, Arecibo, Aguadilla y Mayagüez, Puerto Rico, la ya mencionada *A. cristatellus* y *A. stratulus*, cuantificando las diferencias en el uso del hábitat entre estas dos especies en un entorno urbano, midiendo el uso y la preferencia del hábitat, y el espacio de nicho de cada taxón, con respecto a las características del entorno urbano. Los resultados que obtuvieron mostraron una ocupación de diferentes porciones del hábitat urbanos, pues *A. stratulus* se localiza en zonas con más vegetación que se asemeje a su entorno natural, mientras que *A. cristatellus* utiliza con mayor frecuencia en construcciones humanas en comparación con su congénero. Los autores concluyeron con esto que algunas especies como *A. stratulus* simplemente son tolerantes a la urbanización, mientras que otras pueden aprovechar los ambientes urbanizados de maneras novedosas.

Gómez-Benítez (2017) realizó un estudio para determinar si la urbanización en el municipio de Ixtapa de la Sal, Estado de México, tenía algún efecto sobre la lagartija *Aspidoscelis costata costata* y observó que efectivamente había efectos

sobre la morfología, su variación morfológica y ciertos aspectos ecológicos, sin embargo, no encontró ningún efecto en lo que respecta a la asimetría fluctuante.

Díaz-Pascacio *et al.*, (2018) compararon la calidad de tres cuencas ribereñas con diferente uso de suelo a lo largo del río Sabinal en Chiapas y examinaron el nivel de alteración que presentan y compararon la vegetación leñosa de dichas cuencas. Los resultados mostraron una mejor calidad de ambiente en las zonas más alejadas de pastizales, cultivos y asentamientos humanos, así como una menor perturbación y mayor riqueza y diversidad de especies leñosas

Thawley *et al.*, (2018) buscaban estudiar cómo los aumentos en la temperatura ambiental y los cambios en la presencia y abundancia de depredadores, presas y parásitos provocados por la urbanización afectaban a las lagartijas del género *Anolis*. Tomando como sujetos de estudio a *A. sagrei* y *A. cristatellus* en hábitats naturales y urbanos del área metropolitana de Miami, Florida, observaron que ambas especies tenían un tamaño mayor en los ejemplares que habitaban áreas urbanas, sin mostrar diferencias en sus temperaturas corporales preferidas, pero sí un mayor nivel de infección de parásitos para *A. sagrei* en áreas urbanas, mientras que no hubo diferencias significativas en *A. cristatellus* en este aspecto, sugiriendo que la explotación de los hábitats urbanos puede tener un costo y conducir a cambios específicos de especies del mismo género ecológicamente similares.

Un estudio realizado en 2019, De Andrade midió la densidad de lagartijas de la especie *Tropidurus hispidus* en un gradiente de urbanización en Brasil, considerando factores bióticos y abióticos como la cobertura vegetal o superficies impermeables que pudieran afectar la abundancia de las lagartijas, observando una mayor densidad de población en zonas urbanas, mostrando un efecto positivo en esta especie.

En ese mismo año, De Andrade *et al* evaluaron también la densidad de *Kentropyx calcarata* y la ocurrencia de *Ameiva ameiva* y *Tupinambis merianea* que habitaban en zonas fragmentadas del bosque atlántico, en Paraíba, Brasil, en distintos niveles de perturbación. La ocurrencia de *K. calcarata* y *A. ameiva* fue nula, sin embargo, en áreas no urbanas, *K. calcarata* aumentó su abundancia. Concluyen

además, que este grupo de lagartijas pueden ser buenos indicadores del estado del bosque.

Bury y Zajac (2020) estudiaron los efectos que la urbanización en la ciudad de Cracovia y sus alrededores tiene sobre el tamaño de la serpiente *Natrix natrix*. Encontraron una disminución en el tamaño de las hembras en zonas urbanas en comparación con los ejemplares de zonas sub-urbanas y no-urbanas, sin embargo, esta diferencia sólo se observó en los ejemplares femeninos, más no en los masculinos.

Bastidas-Astudillo *et al.*, (2021) realizaron observaciones en el Río Milagro del cantón Milagro, en Guayas, Ecuador, con el objetivo de determinar el hábitat mayormente utilizado por la iguana verde en la ribera del río, considerando factores como animales callejeros como potenciales depredadores o el nivel de contaminación. En este estudio no se encontró relación entre la densidad de población de iguanas y la presencia de animales callejeros, pero si mayores poblaciones en zonas con bajos niveles de contaminación y mayor cobertura vegetal.

## IV. OBJETIVOS

### 4.1. GENERAL

Evaluar la relación entre la abundancia de *Iguana iguana* y el gradiente de urbanización a lo largo del río Sabinal, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

### 4.2. PARTICULARES

- Determinar la abundancia relativa de las iguanas en tres segmentos del río Sabinal con diferente nivel de urbanización.
- Detectar el sustrato más utilizado por la iguana verde.
- Analizar la relación entre el tamaño poblacional de las iguanas y la integridad del hábitat mediante el HII (Índice de integridad de hábitat) y el SAVI (Índice de vegetación ajustado por el suelo).
- Identificar otras posibles variables que influyen en la población de iguanas.

## V. HIPÓTESIS

Las perturbaciones ambientales pueden ser de origen natural, tales como desastres naturales, o de origen humano, como suele ser el caso de la deforestación y urbanización. El río Sabinal atraviesa la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, a su paso se pueden observar diversos grados de perturbación, que tienen efectos sobre las zonas riparias causados por las actividades humanas; esto genera deforestación y pérdida de riqueza y abundancia de algunas especies ribereñas. Tomando en cuenta que las iguanas verdes son de hábitos arbóreos, se espera que la población de iguanas varíe según el grado de urbanización y la densidad arbórea, teniendo poblaciones más abundantes en zonas con menor urbanización y mayor cantidad de árboles.

## **VI. ZONA DE ESTUDIO**

La cuenca del río Sabinal abarca parcialmente los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, Ocozocoautla de Espinosa y San Fernando. Con una extensión de 407.4 km<sup>2</sup>, se localiza entre los 16° 42' y 16° 50.4' de LN y los 93° 03' y 93° 20' de LO (SEMAVI, 2009) (Figura 2).

En cuanto a la elevación en la Cuenca del río Sabinal, la cota más alta en la zona se encuentra a los 1,240 msnm, por el contrario, la cota menor está en los 380 msnm. Debido al relieve irregular, existe una tendencia a decrecer gradualmente de norte a sur hacia el cauce principal del río y sus afluentes (SEMAVI, 2009).

### **6.1. RELIEVE**

El área de la Subcuenca se encuentra casi en su totalidad dentro de la Provincia Tectónica del Sinclinorio Central. Limitada en el norte por la Provincia Tectónica de Fallas de Transcurrencia y al sur por la Provincia Tectónica del Macizo Granítico de Chiapas, esta estructura coincide con lo que actualmente se conoce como Depresión Central. Su afloramiento rocoso se compone de caliza dolomita, caliza arcillosa, margas, lutitas y derivados que datan del Cretácico superior (SEMAVI 2009).

### **6.2. CLIMA**

El clima dominante es cálido húmedo, con subgrupos climáticos de cálido subhúmedo en el sur y cálido de humedad media en el norte. La temperatura media anual mínima es de 15° y la máxima de 33°C aproximadamente; su promedio anual de precipitación pluvial va desde los 800 a los 1200 mm, aproximadamente (SEMAVI 2009).

### **6.3. HIDROLOGÍA**

La subcuenca del Río Sabinal nace en la loma “El Chupadero” a 5 km al noroeste del municipio de Berriozábal a una altitud del orden de los 1100 msnm, con dirección al sureste, finalmente descarga al Río Grijalva en las cercanías del Cañón

del Sumidero, aportando a éste, un área de drenaje de 375 km<sup>2</sup> aproximadamente (SEMAVI, 2009).

## 6.4. VEGETACIÓN

El tipo de vegetación más abundante presente en la subcuenca, es el de la selva baja caducifolia, siendo el más común en los ecosistemas a las orillas del río. También se puede encontrar bosque mesófilo de montaña en las zonas más elevadas, y selva alta y mediana subperennifolia en las zonas más cálidas y humanas. Algunas de las especies de árboles que se pueden encontrar en la subcuenca del río Sabinal se pueden ver en el cuadro 1 (SEMAVI, 2009).

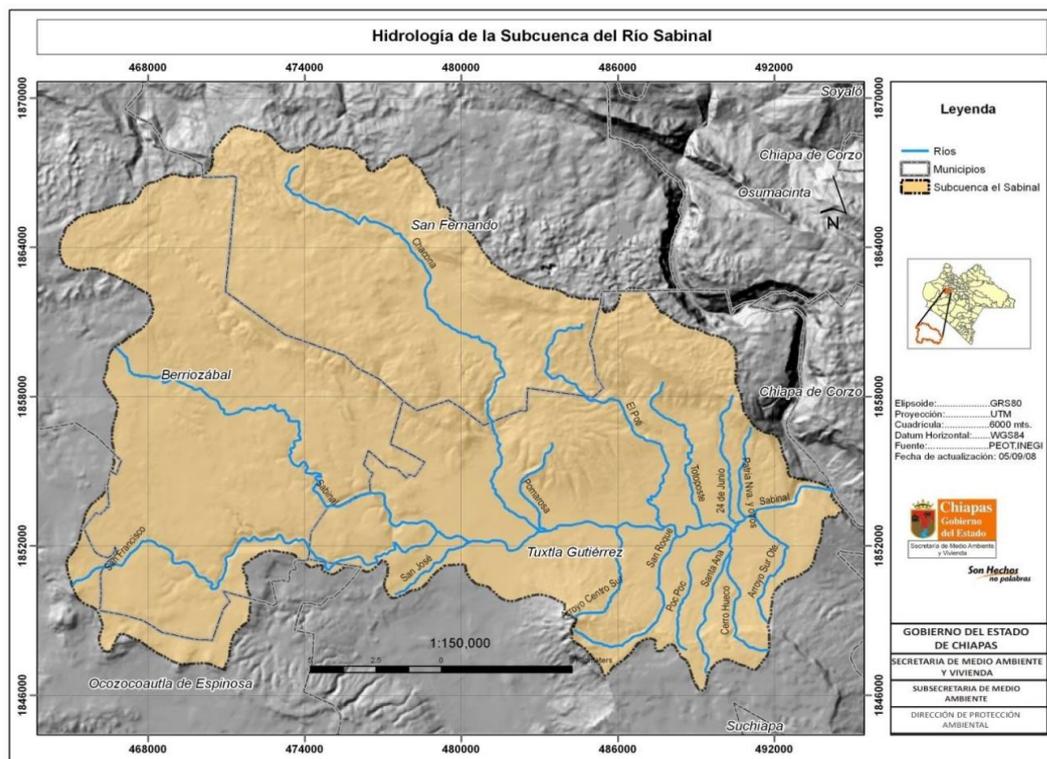


Figura 2. Hidrología de la Subcuenca del Río Sabinal (SEMAVI, 2009)

Cuadro 1. Ejemplos de especies vegetales presentes en el río Sabinal (SEMAVI, 2009).

Nombre común	Nombre científico
Amate	<i>Ficus sp</i>
Cacho de toro	<i>Bucida macrostachya</i>
Canelo	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>
Caobilla	<i>Swietenia humilis</i>
Cedro	<i>Cedrela mexicana</i>
Chicozapote	<i>Achras zapota</i>
Copal	<i>Bursera excelsa</i>
Granadillo	<i>Lafoensia punicaefolia</i>
Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
Guanacastillo	<i>Albizzia longepedata</i>
Guayabillo.	<i>Psidium sartorianum</i>
Jocotillo	<i>Astronium graveolens</i>
Limón	<i>Citrus aurantifolia</i>
Mango	<i>Mangifera indica</i>
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>
Mulato	<i>Bursera simaruba</i>
Pochota	<i>Ceiba aesculifolia</i>
Roble	<i>Quercus sp</i>
Sabino	<i>Taxodium huegelli</i>
Zapote	<i>Manilkara zapota</i>

## VII. MÉTODO

### 7.1. DISEÑO DE MUESTREOS

El área de estudio se dividió en tres grados de perturbación (urbano, urbano arbolado y periurbano) a lo largo del río, con tres transectos cada uno (Cuadro 2). Cada transecto tiene una longitud de 300 m con una distancia mínima entre punto y punto de 500 m (Figuras 2 y 3).

Cuadro 2 . Sitios según el grado de perturbación

GRADO DE PERTURBACIÓN	SITIO	COORDENADAS
ZONA PERIURBANA (PU)	Sitio #1	16°45'17.69"N 93°11'36.20"W
		16°45'23.73"N 93°11'43.98"W
	Sitio #2	16°45'35.56"N 93°11'55.11"W
		16°45'38.56"N 93°12'4.44"W
	Sitio #3	16°45'31.86"N 93°12'41.19"W
		16°45'38.24"N 93°12'47.85"W
ZONA URBANO-ARBOLADA (UA)	Sitio #1	16°45'38.01"N 93°8'35.69"W
		16°45'35.18"N 93°8'44.28"W
	Sitio #2	16°45'31.61"N 93°8'4.08"W
		16°45'30.39"N 93°8'14.25"W
	Sitio #3	16°45'35.85"N 93°5'16.81"W
		16°45'28.10"N 93°5'21.60"W

ZONA URBANA (UR)	Sitio #1	16°45'31.07"N 93°7'23.28"W
		16°45'30.90"N 93°7'32.96"W
	Sitio #2	16°45'26.92"N 93°6'57.21"W
		16°45'29.80"N 93° 7'6.50"W
	Sitio #3	16°45'33.00"N 93°6'40.72"W
		16°45'23.70"N 93°6'39.39"W

Las zonas urbanas se caracterizan por tener un bajo porcentaje de cobertura vegetal dentro y fuera del canal, así como presentar un canal totalmente de concreto y un flujo de autos y personas elevado en los alrededores. Son áreas que suelen estar en el centro de la ciudad. Las zonas urbano arboladas son áreas con una vegetación relativamente abundante dentro y fuera del cauce del río, con un canal mixto, así como un flujo de personas y vehículos moderado. Generalmente se trata de parques. Por último, las zonas periurbanas se encuentran en la periferia de la ciudad, siendo zonas con una vegetación abundante, un canal mayormente natural, y dado que suelen estar en comunidades de baja densidad, tienen pocas construcciones cerca, al igual que un bajo flujo de autos y personas.

Cada sitio fue visitado dos veces en temporada de lluvias (septiembre y octubre) y dos en temporada de secas (abril y mayo), haciendo un total de 4 muestreos en los 9 transectos.

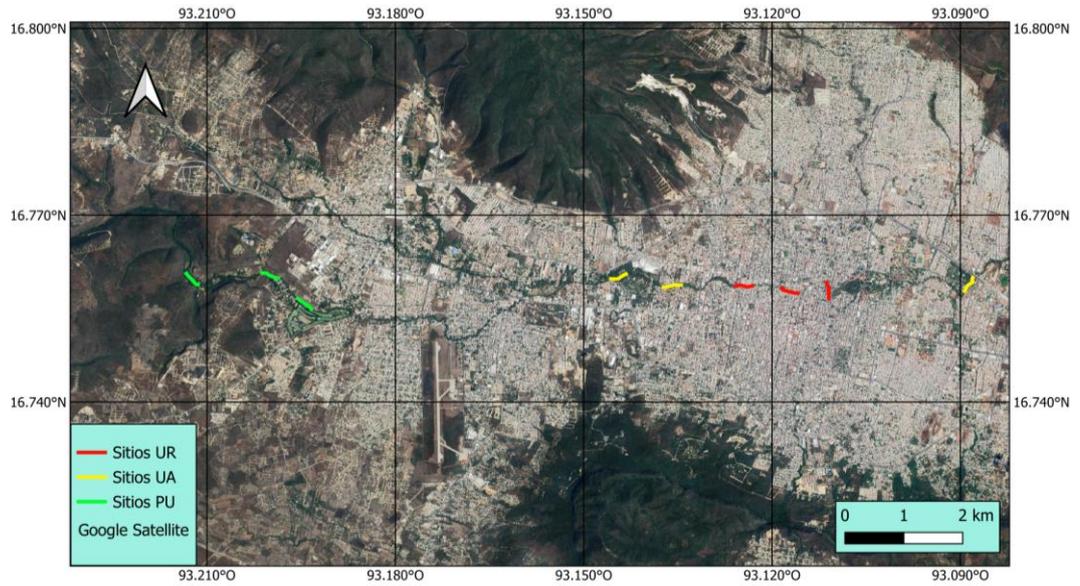


Figura 3. Sitios de monitoreo, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

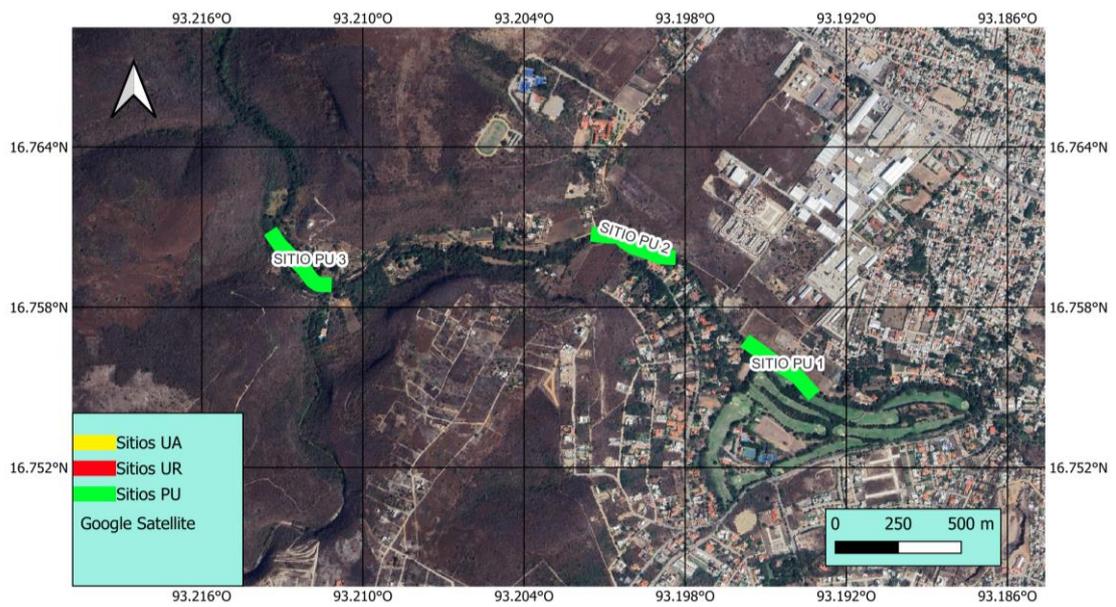


Figura 4. Sitios periurbanos (PU)



Figura 5. Sitios Urbano-Arbolados (UA) y Urbanos (UR)

## 7.2. REGISTRO DE AVISTAMIENTOS

En cada sitio se realizaron monitoreos durante una hora en dos horarios, siendo el primer horario de 10:00 a 11:30 horas y el segundo horario de 12:30 a 14:00 horas. Durante cada horario se contabilizaron todos los ejemplares observados al recorrer el sitio, de un extremo al otro, sin hacer doble recorrido registrando el sustrato en el que se encontraban al momento del avistamiento y el estadio del individuo (Bastidas *et al.*, 2021). Las iguanas suelen pasar la mayor parte de su día en reposo (Figueiredo-de-Andrade *et al.*, 2011), y durante el tiempo de estudio fueron observadas mayormente en este estado, excepto si alguna persona, ya sea del grupo observador o algún transeúnte se acercaba, por lo que, en estos casos, se vigilaba hacia dónde se desplazaba el individuo para evitar conteos dobles.

El estadio se determinó por el tamaño aproximado del organismo, clasificándolos como joven a los ejemplares más pequeños, con una longitud menor a 50 cm, adultos jóvenes a los ejemplares que no superen los 100 cm y adultos a los ejemplares que superen esta última talla. La coloración de la piel también fue de utilidad para la determinación del estadio (De Vosjoli *et al.*, 2003).

### 7.3. CARACTERIZACIÓN DE HÁBITAT

Para estimar la disponibilidad de hábitat, se llevó a cabo una caracterización usando el índice de integridad de hábitat (HII) modificado por Monteiro-Junior *et al.* (2014) y Suárez-Tovar *et al.* (2022). Este índice fue desarrollado por Nessimian en 2008 y se utiliza para evaluar la calidad y salud de los ecosistemas acuáticos y determinar el impacto ambiental en estos. Las variables empleadas fueron: (I) condiciones del bosque ripario cerca de los 10 m del río, (II) ancho del bosque ripario (III), preservación del bosque ripario, (IV) residuos antrópicos, (V) estructura del canal, (VI) tipo de canal, (VII) descargas de aguas residuales, (VIII) media de personas caminando, (IX) media de vehículos pasando (X) tipos de construcciones alrededor y (XI) cubierta del dosel (Cuadro 3).

Para determinar el valor de cada variable ( $P_i$ ) se dividió la puntuación de cada elemento ( $a_o$ ) entre la puntuación máxima del mismo ( $a_m$ ). La puntuación final se da promediando los valores finales de cada característica.

$$P_i = \frac{a_o}{a_m} \quad HII = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

El índice varía de cero a uno, donde los valores más altos representan ambientes mejor conservados.

Cuadro 3. Características y valores utilizados para el HII

Características	Condición	Puntaje
1. Condiciones del bosque ripario cerca de los 10 m del río	Hierba con algunos arbustos	0
	Hierba mezclada con algunos árboles y arbustos pioneros	1
	Hábitat regenerado, con especies pioneras predominantes, bosque secundario y maleza densa	2
	Especies pioneras con árboles maduros	3
	Más del 90% constituido por vegetación nativa o árboles no pioneros	4
2. Ancho del bosque ripario	Sin vegetación leñosa riparia	0
	No hay bosque ripario, pero si algunos arbustos	1
	Bosque ripario bien definido, de 1 a 5 m de ancho	2
	Bosque ripario bien definido, de 5 a 30 m de ancho	3
	Bosque de ribera bien definido, de más de 30 m de ancho.	4

	Vegetación ribereña contigua al bosque circundante.	5
3. Preservación del bosque ripario	Brechas frecuentes con algún rebrote.	0
	Brechas a intervalos de 25 m–50 m.	1
	Brechas a intervalos de más de 50 m.	2
	Bosque de ribera intacto.	3
4. Residuos antrópicos	>20	0
	10.1-20	1
	5-10	2
	0-4.9	3
5. Estructura del canal	Relación-ancho/profundidad 25-50	0
	Relación-ancho/profundidad 15-25	1
	Relación-ancho/profundidad 8-15	2
	Relación-ancho/profundidad <7	3
6. Tipo de canal	Concreto	0
	Mixto	1
	Natural	2
7. Descargas de aguas residuales	Descargas residuales directas (de casas o industrias)	0
	Descargas ocasionales cerca o dentro de cuerpos de agua (jabón, pesticidas, etc)	1
	Descargas no obvias	2
8. Media de personas caminando	11-15	0
	6-10	1
	0-5	2
9. Media de vehículos pasando	>30	0
	16-30	1
	11-15	2
	6-10	3
	0-5	4
10. Tipos de construcciones alrededor	Tiendas, escuelas y/o caminos anchos	0
	Hogares	1
	Sin construcción	2
11. Cubierta de dosel	Abierto – 0% a 10%.	0
	Parcialmente abierto – 11% a 40%	1
	Intermedio – 41% a 60%.	2
	Parcialmente cerrado – 61% a 90%.	3
	Cerrado – 91% a 100%.	4

#### 7.4. DENSIDAD DE VEGETACIÓN

Para analizar la densidad de vegetación para cada sitio se utilizó el Índice de Vegetación Ajustado por el Suelo (SAVI) debido a la presencia de áreas notablemente expuestas (Bastidas et al., 2021). Para esto se utilizó una imagen satelital Sentinel 2, tomando las bandas 8 y 4.

La fórmula para calcular el índice se representa de la siguiente manera:

$$\text{SAVI} = ((\text{IRC} - \text{ROJO}) / (\text{IRC} + \text{ROJO} + \text{L})) * (1 + \text{L})$$

Donde:

IRC= Banda del infrarrojo cercano (B08)

R= Banda del rojo (B04)

L= es un factor de corrección que tiene en cuenta la influencia del suelo, tomando un valor de 0.8 para sitios urbanizados.

## 7.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizó un gráfico de dispersión con los datos del HII a lo largo del gradiente de urbanización, así como una regresión polinomial para establecer la relación entre la población de iguanas (variable dependiente), y el grado de perturbación (Monteiro-Junior *et al.*, 2014; Bastidas *et al.*, 2021). De igual manera se realizó una regresión lineal pero excluyendo los datos de los sitios periurbanos para realizar una comparativa entre los sitios dentro de la ciudad y los sitios de los alrededores.

Una prueba de bondad de G fue utilizada para determinar si existían diferencias significativas entre los sitios con diferente gradiente de urbanización y la abundancia de iguanas, además de una prueba de normalidad y una t de Student para analizar las abundancias en los nueve sitios.

Para analizar la preferencia de estrato, de árboles, así como la variación de abundancia de iguanas según los meses se utilizó la prueba de independencia de  $X^2$ , mientras que la prueba de Kruskal-Wallis se utilizó para analizar las preferencias de estratos y las variaciones de edad en los diferentes grados de perturbación

## VIII. RESULTADOS

Se registraron un total de 445 avistamientos en el total de censos (matutino y vespertino), mientras que, tomando el número máximo de avistamientos de cada día, se obtuvo un número de 288 (cuadro 4). El mes con mayor número de ejemplares registrados fue en mayo con 86, siendo septiembre el que tuvo menos registros, con 50.

Cuadro 4. Número máximo de observaciones en cada mes

Máximo de avistamientos	MES				
	May	Sep	Oct	Abr	Total general
Gradiente de urbanización					
PU	0	0	1	0	1
UA	78	46	74	62	260
UR	8	4	2	13	27
Total general	86	50	77	75	288

### 8.1. CARACTERIZACIÓN DE HÁBITAT

Los valores del Índice de Integridad de Hábitat (HII) coincidieron con la clasificación inicial asignada a los sitios. Los sitios periurbanos mostraron los valores más altos, los sitios urbano-arbolados presentaron valores intermedios, y los sitios urbanizados tuvieron los valores más bajos. Estos valores variaron en un rango de 0.06969 a 0.88106, siendo el valor mínimo correspondiente al sitio UR #3 y el máximo al sitio PU #3.

Los sitios urbanos (UR) se caracterizaron por tener una mínima cantidad de vegetación dentro del cauce del río, compuesta principalmente por maleza no muy alta. Una excepción es el sitio #3, donde se encontraron algunos ejemplares de *Taxodium huegelii*. Estos sitios también presentan muros de contención hechos de concreto y rocas, tanto en el suelo como en las paredes, además de un elevado tráfico vehicular y peatonal. Aunque la vegetación fuera de los márgenes del río puede ser relativamente abundante en ciertas zonas, no se observaron individuos de iguana verde en esos árboles.

Los sitios urbano-arbolados (UA) se encuentran en parques ciudadanos o en

áreas adyacentes a ellos, con niveles de vegetación comparables a los parques. Estos sitios se caracterizan por tener una vegetación más abundante que los sitios urbanizados, incluyendo árboles y maleza tanto dentro como fuera del cauce del río. Presentan suelos arenosos, muros de contención de piedra o la ausencia de muros en ciertos sectores, y una mayor cobertura de dosel.

Los sitios periurbanos (PU) mostraron las menores alteraciones humanas a nivel de infraestructura. El sitio #1 presentaba áreas más abiertas, pero con un nivel elevado de maleza. A medida que se avanzaba hacia el sitio #2, los claros se volvían menos frecuentes y los árboles más frondosos. El suelo, aunque rocoso, contenía una gran cantidad de hojarasca y era mucho más accesible. Debido a que se trata de una zona poco poblada con actividades de ranchería, el tránsito de personas era escaso, pero en algunas áreas se podía observar la presencia de ganado bovino.

A pesar de tener los valores más altos del HII debido a un buen nivel de vegetación y un bajo grado de perturbación aparente, los sitios periurbanos mostraron un menor número de avistamientos de iguanas, con solo un registro durante los meses de observación. En contraste con las zonas urbanas (UR) que mantuvieron presentaron una abundancia mayor de iguanas.

## **8.2. RESPUESTA DE LAS IGUANAS AL GRADIENTE DE PERTURBACIÓN**

Al realizar una línea de tendencia se puede ver una distribución polinomial, contraria a la hipótesis, sin embargo, al hacer el análisis sin los datos de las zonas periurbanas se puede observar una distribución lineal tal y como se esperaba (Figuras 6 y 7).

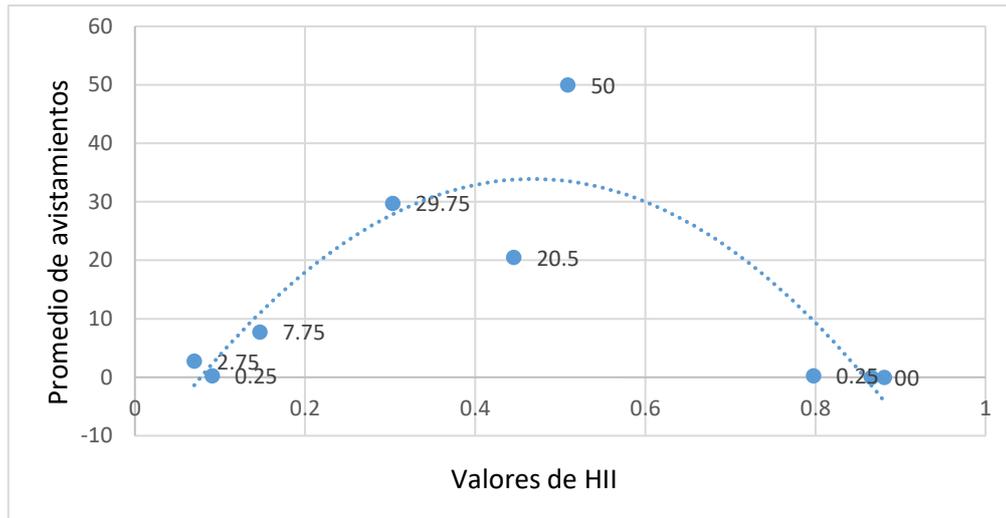


Figura 6. Relación entre el valor obtenido por el HII y el promedio de ejemplares *I. iguana* observados en todos los sitios ( $p= 0.01324$ ,  $R^2= 0.7634$ )

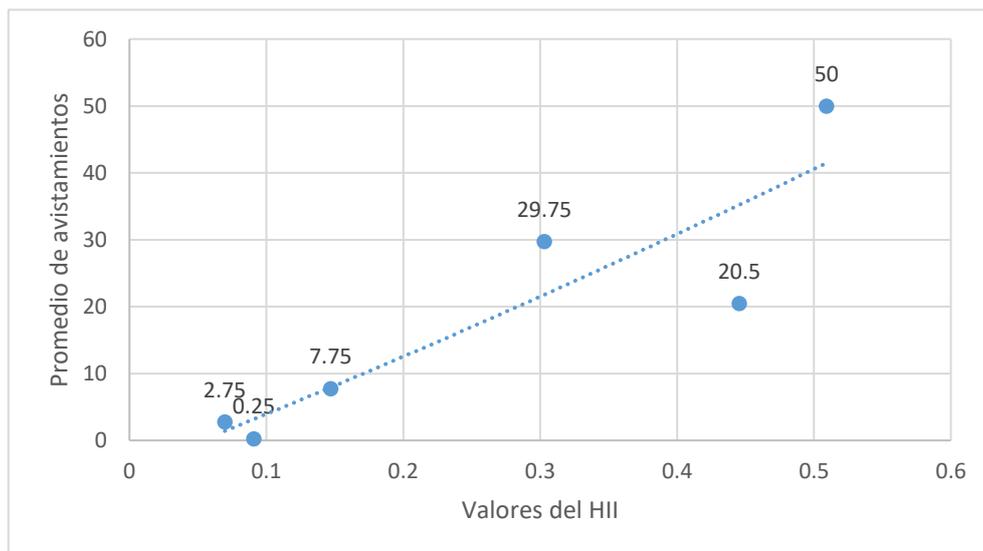


Figura 7. Relación entre el valor obtenido por el HII y el promedio de ejemplares *I. iguana* observados sólo en sitios dentro de la ciudad (UR y UA) ( $p= 0.01613$ ,  $R^2= 0.79998$ )

### 8.3. ÍNDICE DE VEGETACIÓN AJUSTADO AL SUELO

Los valores de SAVI indican una cubierta arbórea que varía del 7% al 74%, , aunque los sitios periurbanos y urbano-arbolados presentaron porcentajes similares, siendo los sitios urbanos los que mostraron los valores más bajos. (figuras 8, 9, 10, 11 y 12).

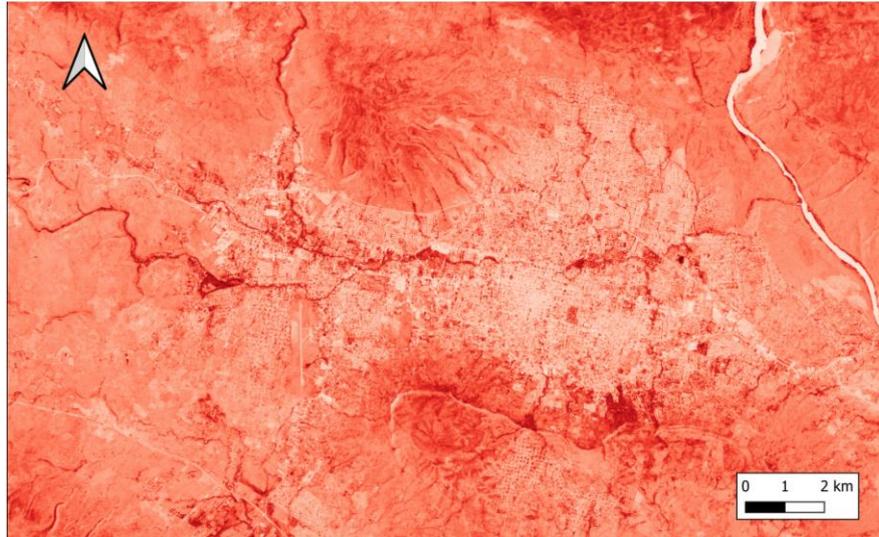


Figura 8. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) en la Zona Urbana y Periurbana de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

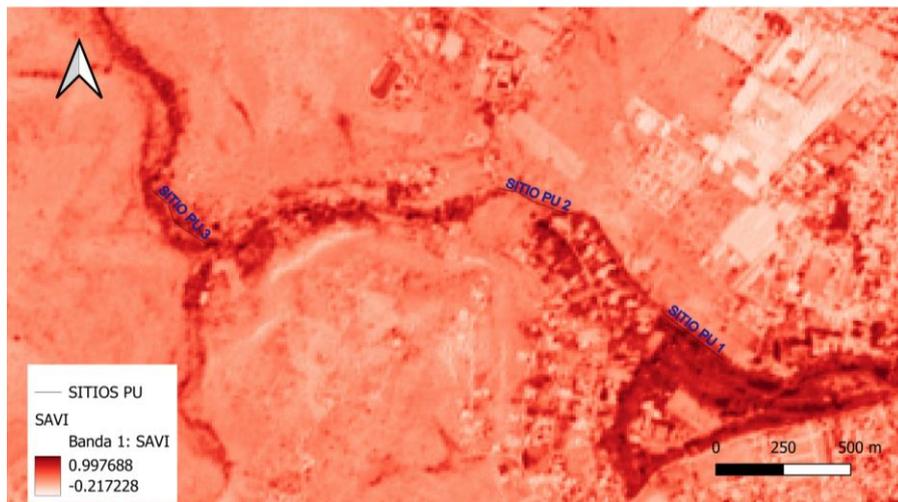


Figura 9. SAVI de los sitios Periurbanos (PU)

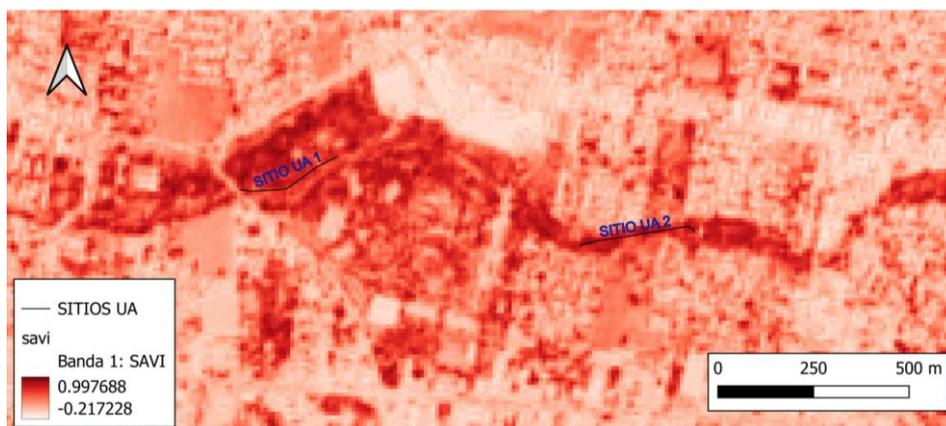


Figura 10. SAVI de los sitios Urbano-Arbolado #1 y #2 (UA)

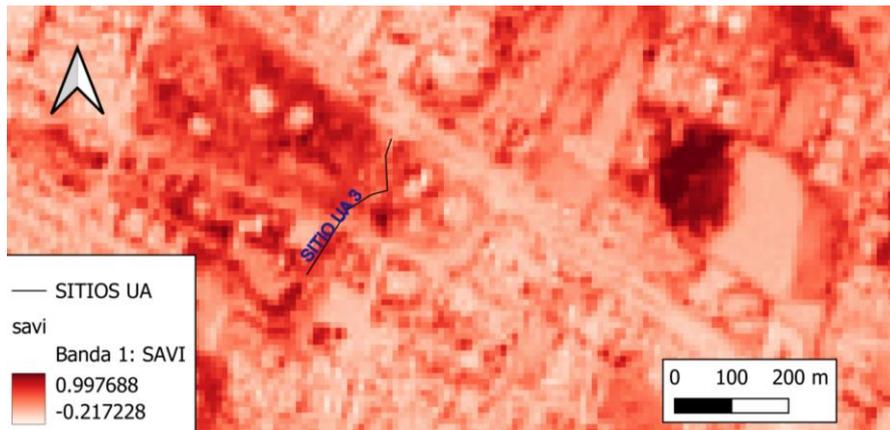


Figura 11. SAVI del sitio UA #3

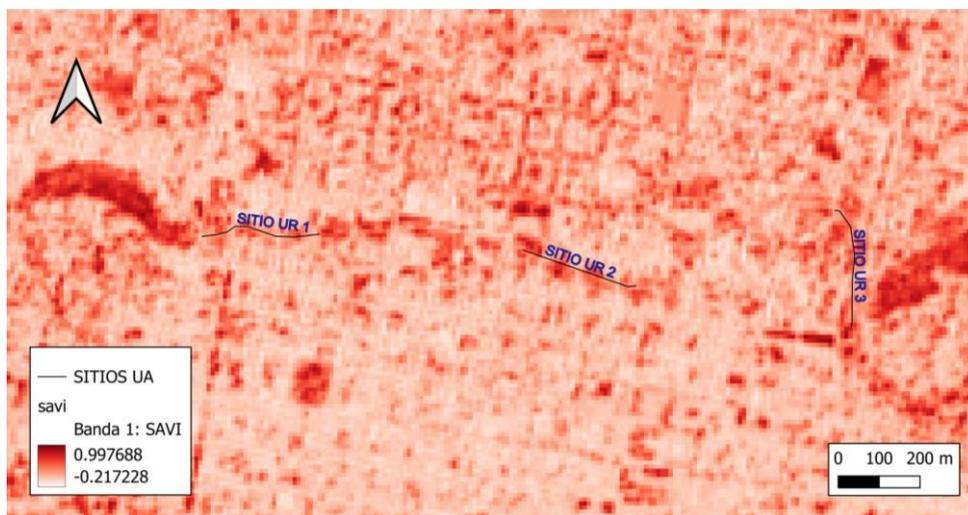


Figura 12. SAVI de los sitios Urbanos (UR)

Al analizar estos valores utilizando una gráfica de dispersión, se pueden observar tres grupos. El grupo con los valores más altos corresponde a los sitios PU #3 y UA #1, con un porcentaje superior al 70%, y al sitio PU #1, con un 57%. El grupo con los valores más bajos está compuesto únicamente por los sitios UR, mientras que los demás sitios se agrupan en un rango del 33-40%. La línea de tendencia muestra una relación positiva entre la densidad de vegetación y el número de iguanas en un área. Sin embargo, también hay sitios con alta densidad arbórea que poseen pocos o nulos ejemplares de iguanas, y viceversa, sitios con baja densidad de árboles que tienen un número relativamente elevado de individuos (Figura 13).

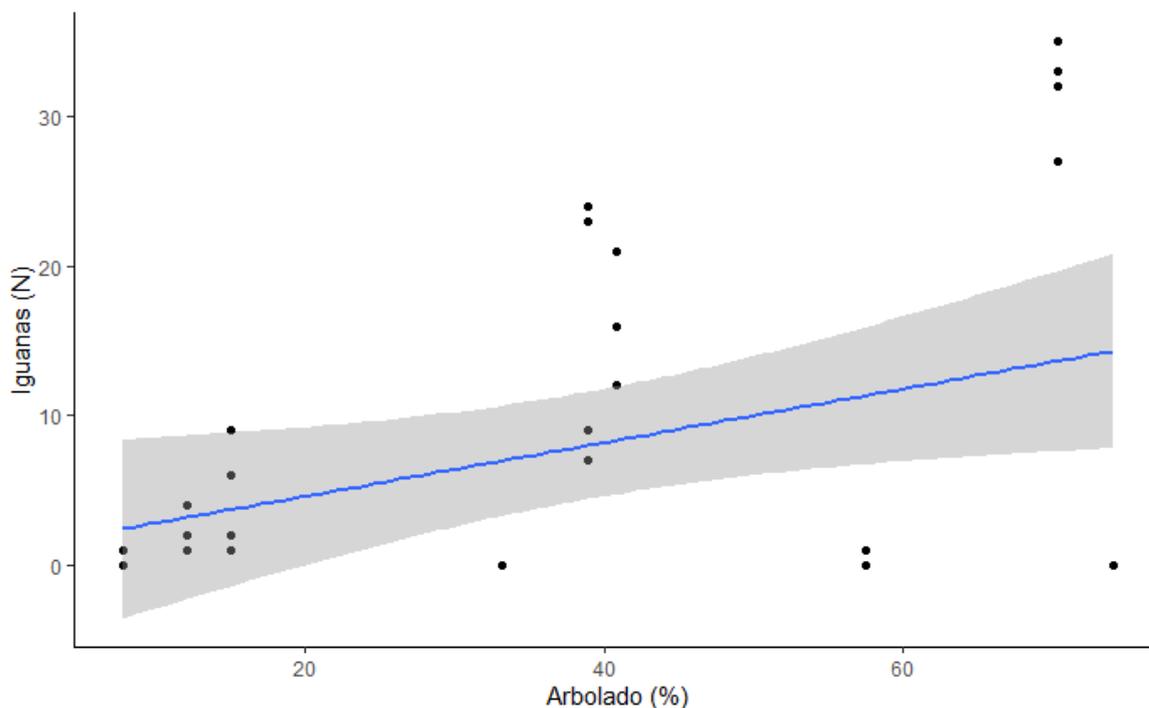


Figura 13. Relación entre la densidad de vegetación y la población de iguanas ( $p=0.0238$ ,  $R^2=0.8585$ )

#### 8.4. PROPORCIÓN DE USO DE ESTRATO

Los cuatro estratos más usados que se registraron fueron árboles, maleza, río y orillas. Los árboles registrados corresponden a 11 especies diferentes, de las cuales 4 no se pudieron identificar (figura 14).

La categoría orilla agrupa a todo el tipo de suelo presente, debido a las variaciones que se encontraban en los sitios. Con esto se tomó en cuenta como “Orilla” las extensiones de terreno que sobrepasara el nivel del río pero que estuviera dentro del cauce, los muros de contención, así como el terreno a los lados del río.

La categoría de Maleza se le dio a la vegetación herbácea que se encontraba en la zona, dentro o fuera del río, así mismo, los ejemplares a los que se les registró en la categoría de “Río” fue debido a que al momento de ser avistados se encontraban nadando, independientemente si estos fueron vistos posteriormente saliendo del cuerpo de agua para posarse en otro estrato o simplemente siguieron desplazándose a través de él a una zona fuera del sitio de muestreo.

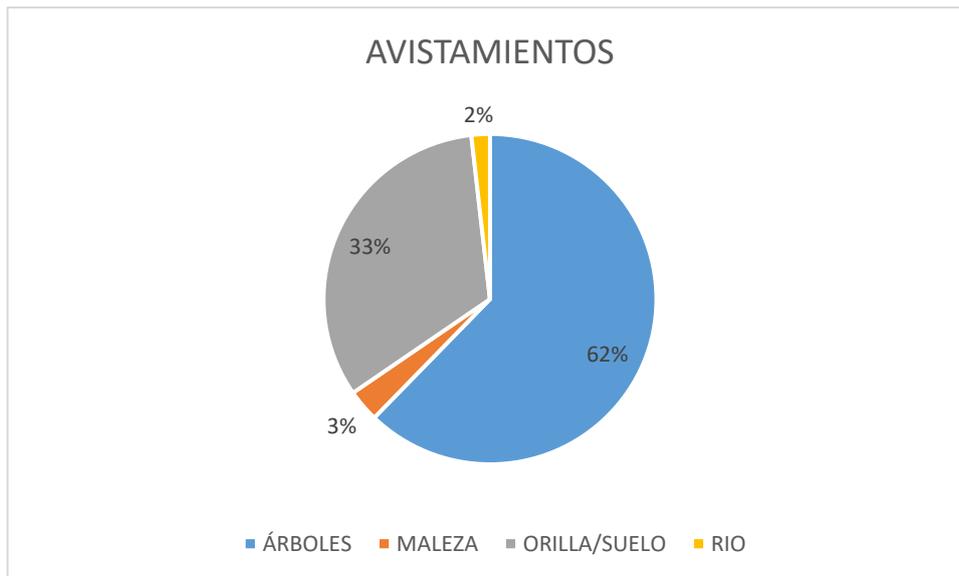


Figura 14. Proporción de uso de estratos

El estrato más frecuente utilizado fueron los árboles, mientras que sólo la tercera parte se logró observar a nivel de suelo, como las orillas, muros de contención o bancos de arena dentro del río, así como un porcentaje mínimo que se ocultaba en la maleza o se desplazaba a través de agua. La prueba de independencia  $X^2$  mostró diferencias significativas entre los estratos observados ( $p= 2.2E-16$ ), lo cual es de esperarse si se toma en cuenta que el número de observaciones en los árboles representa casi la mitad del número total de observaciones. Por otro lado, la prueba de Kruskal-Wallis nos revela diferencias significativas ( $p=0.03405$ ) de los sustratos observados en cada grado de perturbación.

## 8.5. PROPORCIÓN DE USO DE ÁRBOLES

La presencia de iguanas en los árboles no fue uniforme. La especie de árbol con mayor presencia de iguanas fue el sabino (*Taxodium huegelii*), en el cual se observaron en 191 ocasiones, seguido por *Ficus* spp. con 31 avistamientos y *Mangifera indica* con 22 (figura 15). Cabe destacar la distribución de estas especies, ya que en los sitios donde predominaban *Ficus* spp. y *M. indica* no había presencia de *T. huegelii*, que es la especie más abundante dentro del cauce del río en otros sitios. El análisis estadístico de la prueba de G mostró diferencias significativas ( $p = 2.2e-16$ ) en el uso de los diferentes árboles en los sitios de monitoreo, lo que sugiere que las iguanas tienen preferencia por ciertas especies de árboles (*T. huegelii*).

Durante el periodo de observaciones, se pudo visualizar a dos ejemplares alimentándose de hojas de *T. huegelii*, suceso que no se repitió en ninguna otra especie de árbol, aunque no se descarta la posibilidad de que se alimenten de otras especies arbóreas que existan en las zonas observadas pero que no se hayan registrado.

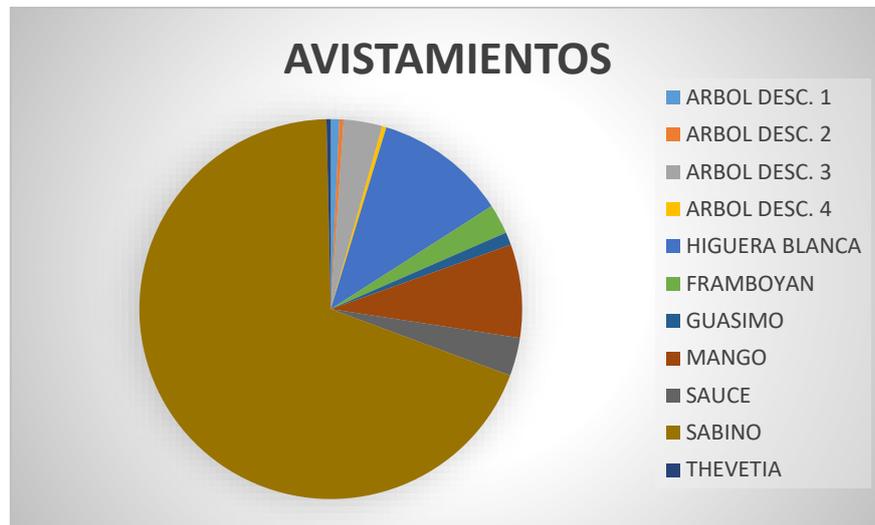


Figura 15. Proporción de uso de árboles por iguanas

## 8.6. ESTADO DE LA POBLACIÓN

Las observaciones muestran que la población predominante es de adultos jóvenes, con 118 avistamientos, siendo mayo el mes con mayor presencia. Por otro lado, los individuos juveniles presentaron un menor número de registros, con 73 avistamientos, alcanzando su pico en octubre. La prueba de  $X^2$  reveló diferencias significativas entre las distintas edades y las dos temporadas ( $p=0.0495$ ) (cuadro 5).

Al comparar las distintas edades y los diversos grados de perturbación mediante una prueba de Kruskal-Wallis, también se observaron diferencias significativas ( $p=0.0265$ ). La abundancia de iguanas verdes, tanto adultas como juveniles, es mayor en las zonas urbano-arboladas.

Cuadro 5. Número de ejemplares observados por temporada

Edad	Gradiente de perturbación	T. de lluvias		T. de secas	
		Sep	Oct	Abr	May
ADULTO	PU	0	1	0	0
	UA	20	19	27	18
	UR	2	0	5	5
ADULTO-JOVEN	PU	0	0	0	0
	UA	18	22	27	40
	UR	0	1	7	3
JUVENIL	PU	0	0	0	0
	UA	8	33	8	20
	UR	2	1	1	0

## IX. DISCUSIÓN

### 9.1. RELACIÓN ENTRE EL GRADO DE PERTURBACIÓN Y LAS POBLACIONES DE IGUANAS

Los valores obtenidos en cada uno de los sitios con el Índice de Integridad de Hábitat (HII) y el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) fueron acordes a la clasificación inicial del proyecto. Sin embargo, el número de avistamientos de iguanas no estuvo relacionado con la calidad del hábitat ya que en las zonas periurbanas solo se registró un avistamiento durante los meses de observación, en contraste con lo reportado por Bastidas et al. (2021). Aunque en los sitios urbanos (UR) y urbano-arbolados (UA) se presentó una relación lineal con el grado de conservación. Al analizar únicamente los datos de los sitios urbanos (UR) y urbano-arbolados (UA), se observa una relación lineal entre el grado de conservación y las poblaciones de iguanas, lo que podría indicar algún fenómeno que afecta a las poblaciones periurbanas.

### 9.2. RELACIÓN ENTRE EL GRADIENTE DE URBANIZACIÓN, EL ESTADO DE VEGETACIÓN Y LAS POBLACIONES DE IGUANAS

#### 9.2.1. Zonas periurbanas

La presencia de vegetación riparia, especialmente de sabinos (*T. huegelii*), en los sitios periurbanos fue mayor a medida que se alejaban de la ciudad, por lo que se esperaba obtener un mayor número de registros de iguanas. Sin embargo, a pesar de contar con un menor nivel de perturbación, mayor vegetación y poblaciones humanas más pequeñas, el hecho de haber registrado solo una iguana durante los cuatro meses de observación en estas zonas indicaba la posible existencia de algún fenómeno no visible que afecta la presencia de *I. iguana* en dichos sitios.

Un factor que podría explicar el casi nulo número de avistamientos de ejemplares a pesar de estar en sitios más conservados que los sitios UR y UA podría ser la cacería excesiva, ya sea por motivos deportivos, comerciales o para consumo local, algo común en zonas rurales. En Chiapas, aunque algunos de los hábitats de la iguana verde presentan un nivel de conservación relativamente bueno, las poblaciones de esta se han visto drásticamente reducidas debido a la

presión de caza (Fitch, Henderson y Hills, 1982).

La destrucción de hábitat con fines agrícolas también es un factor que afecta a las poblaciones de iguanas en Latinoamérica. La deforestación y sustitución de plantas nativas por cultivos, así como el uso de insecticidas es una de las razones de la reducción de las poblaciones de estos reptiles en países como Guatemala (Fitch, Henderson y Hills, 1982, Flores Villela, 1993). Esto podría tener un efecto negativo en las zonas periurbanas, aunque en mucho menor medida en comparación con la presión de caza, ya que existen áreas dedicadas al cultivo, pero estas son pocas y no muy extensas.

A pesar de todo, el único registro obtenido da indicios de que puede que haya una pequeña población de *I. iguana* y que por razones que aún no se han podido determinar con exactitud, no se pudo repetir la observación de ningún otro individuo, ya sea que el ejemplar observado haya sido el último de la zona, que haya más en los espacios entre cada transecto o que se desplazaran a territorios más alejados de la colonia o en su defecto, del río.

#### **9.2.1.1. Probables causas de la ausencia de iguanas en sitios periurbanos**

Algunos pobladores de la comunidad “El Zapote”, (donde se ubica el sitio PU #3 comentaron que en la zona había poblaciones notables de iguana verde, mientras que otros respondieron que en realidad no habían visto ninguna en el tiempo en el que llevaban viviendo ahí y que la única especie de iguana en la zona era la iguana negra (*Ctenosaura sp*), sin embargo, incluso los comentarios sobre esta especie variaron, pues unas personas dijeron que era posible verlas en el río, mientras que otros mencionaron que sólo eran visibles en zonas alejadas.

Las personas que mencionaron que sí era posible encontrar iguanas verdes también mencionaron que, en la comunidad, algunos realizaban actividades de cacería de varias especies, entre las cuales se encontraba la iguana verde.

En gran parte de Latinoamérica, la iguana verde forma parte importante de la dieta de pequeñas comunidades, incluso siendo la mayor fuente de proteína animal de algunos pueblos. La carne de iguana es un alimento bastante nutritivo, además de que el sabor de su carne es comparado con el de la carne de pollo o de conejo (siendo la primera comparación la que le da el nombre de gallina de palo,

así como los hábitos arbóreos de la especie). En países como Nicaragua, Panamá y Colombia, la carne de iguana verde es incluso más apreciada que la carne de pollo o de pescado (Flores Villela, 1980; Márquez Escobar y Velásquez Calderón, 2003; Abdalá Romero, 2005).

Con lo dicho anteriormente, una posible razón acerca de la falta de registros en la zona es que se deba al consumo de ejemplares por parte de algunos pobladores. No obstante, en caso de que la razón de la presunta cacería de iguanas de la zona no se realice con fines alimenticios, esta podría tener como objetivo la extracción de ejemplares para venderse en tiendas u otros sitios como mascotas exóticas, ya que su carácter tranquilo, así como su apariencia y su tamaño resultan atractivos para muchas personas incluyendo extranjeros provenientes de Europa, Asia y Estados Unidos, en donde esta especie se ha llegado a convertir en una especie invasora por su uso como mascota (Meshaka, Barlett y Smith, 2004; Fálcon et al., 2013)

Considerando que, en muchos casos, la cacería de iguanas es común en sitios rurales, en nuestra área de estudio esto podría tener un efecto sobre la supervivencia y éxito reproductivo de la población local de iguanas, evitando que los ejemplares sobrevivan lo suficiente para poder reproducirse, cazando ejemplares muy jóvenes antes de que lleguen a una etapa reproductiva o quizá consumiendo los huevos, afectando así la población local de iguanas (Fitch, Henderson y Hills, 1982).

La presencia de iguanas negras del género *Ctenosaura* puede ser razón de confusión en algunos pobladores, ya que los ejemplares juveniles de algunas de estas especies que están presentes en Chiapas (*C. acanthura*, *C. pectinata* y *C. similis*) comparten la coloración verde característica de los ejemplares juveniles de *I. iguana*, y dado que la coloración de la iguana verde se va opacando y adquiriendo un tono grisáceo en etapas adultas, además de que pueden compartir el hábitat y tener hábitos similares (aunque *I. iguana* es más arborea que las especies de *Ctenosaura* mientras que estas prefieren zonas más rocosas) existe la posibilidad de confusión con los ejemplares juveniles o adultos jóvenes si es que no se les presta mucha atención o se observan a gran distancia (Flores Villela, 1980).

### 9.2.2. Zonas urbano arboladas

Las zonas urbano-arboladas presentaron la mayor abundancia durante el período de observaciones; sin embargo, ocurrieron algunos eventos inesperados.

El primer fenómeno visible era la presencia de obras de construcción en el sitio UA #2. En algunas de las visitas los trabajadores realizaban sus actividades, las cuales requerían del uso de maquinaria. Si bien dichas actividades no se realizaban específicamente dentro de los márgenes del río o dentro del área delimitada para el sitio de observaciones, era notorio que las ocasiones donde los trabajadores estaban activos, el número de ejemplares observables disminuyó considerablemente. El uso de la maquinaria de construcción puede provocar niveles de ruido que alteran a las poblaciones animales, incluidos los reptiles, pudiendo desplazar a los habitantes a una zona más tranquila (Mancera et al., 2017), como probablemente fue el caso en el sitio UA #2, ya que cuando las actividades cesaban era más sencillo observar iguanas.

Otro aspecto a destacar es la ausencia de árboles de sabino en el sitio UA #2, que contrastaba con los otros sitios urbano-arbolados, donde es la especie más abundante. Sin embargo, a pesar de que los resultados muestran una mayor presencia de iguanas en estos árboles, el número de ejemplares observados era similar entre los tres sitios aún con la ausencia de esta especie en el sitio #UA2, teniendo a *M. indica* y *Ficus sp*, como especies sustitutas.

A pesar de tener un valor más bajo del HII dentro de los sitios urbano-arbolados, el sitio UA #3 registró el segundo valor más alto de ejemplares observados. Este sitio presentaba una menor cantidad y diversidad de árboles en el área del río, siendo la mayoría de estos el árbol *T. huegelii*, una especie de vegetación riparia de gran valor y de amplia distribución en México, que presenta un follaje abundante, en el cual es posible encontrar iguanas resguardándose.

Los parques urbanos tienen importantes funciones ecológicas. Regulan la temperatura y la humedad, disminuyen los efectos de la polución atmosférica, sónica y lumínica que se da en las zonas urbanas, además de ser importantes puntos de conservación de la biodiversidad no sólo del área que dichos parques abarcan, sino también de zonas aledañas (García Lorca, 1989), lo que podría

explicar por qué los sitios UA #1 y #3 presentan cifras tan altas en cuanto al HII y a los ejemplares observados, y por qué el sitio #2, a pesar de no ser un parque como tal, muestra un nivel de valores tan altos en los dos aspectos antes mencionados al ubicarse cerca de uno de los parques más grandes de Tuxtla Gutiérrez.

### **9.2.3. Zonas urbanas**

Las iguanas pueden adaptarse a diferentes ambientes, incluyendo sitios con poca vegetación arbórea o sitios con vegetación exclusivamente arbustiva o en túneles construidos en la arena en lugares deforestados (Bock, 2013). El sitio urbano #1 se encuentra cerca de un parque con una pequeña población de iguanas, por lo que es probable que los ejemplares observados, siendo en su gran mayoría ejemplares juveniles o adultos jóvenes, aprovecharan la maleza y los huecos en los muros de la rampa de concreto que se encuentra ahí para ocultarse, ya que, si bien los adultos viven en los árboles, los más jóvenes suelen ocultarse en zonas bajas, principalmente en maleza ya que su color les ayuda a ocultarse más fácilmente.

El sitio urbano #3 resultó ser el de mayor cantidad de avistamientos dentro de esta categoría, lo cual se atribuye a la presencia de vegetación riparia. Este sitio cuenta con algunos ejemplares de *T. huegelii* que sirven de refugio y fuente de alimento para las iguanas. También tiene vegetación arbórea en ciertas secciones fuera del cauce del río, aunque estas áreas pueden ser de difícil acceso debido a la distancia con los sabinos donde comúnmente se encuentran las iguanas. Sin embargo, en la temporada de lluvias, este sitio ofrece un buen refugio para estos reptiles debido al incremento de maleza y el aumento del nivel del agua.

La falta de suelos arenosos o de algún otro material suave podría ser un factor que determina la poca o ausente población en esta clase de sitios, ya que las iguanas construyen sus nidos excavando madrigueras de entre 20 y 30 cm para mantener sus huevos cálidos y resguardados de depredadores. Al tener un suelo duro aplanado con rocas y concreto, deben las iguanas desplazarse a zonas con un suelo más blando en épocas de anidación (Morales-Mavil, 2007). Además, puede que la presencia de muros de contención poco rugosos y de un alto grado de inclinación dificulte el acceso a árboles que pudieran servir como fuente de alimento y/o refugio.

### 9.3. PREFERENCIA DE SUSTRATOS

La iguana verde es una especie mayormente arborícola, llegando a pasar hasta el 96% de su tiempo reposando en árboles excepto en temporada reproductiva, donde bajan para reproducirse y anidar (Figueiredo-de-Andrade *et al.*, 2011), hábito que se corrobora al tener el mayor número de avistamientos en árboles. También viven cerca de cuerpos de agua, aunque pueden desplazarse buscando un sitio de anidación. Sin embargo, considerando que en las zonas urbano-arboladas era relativamente común ver ejemplares reposando o comiendo en las orillas, probablemente se deba a que los parques son sitios vigilados donde se protege a la fauna (Cornelis y Hermy, 2004), por lo que las iguanas de esos sitios son un poco menos cautelosas con los humanos y por lo tanto, se permiten descender con más frecuencia. De igual manera, en estos sitios hay personas que tienden a alimentar a la fauna local, por lo que algunas especies animales pueden llegar a considerar a los seres humanos como una fuente segura de alimento y cambiar algunos de sus hábitos (Morrow *et al.*, 2019).

### 9.4. PREFERENCIA DE ÁRBOLES

De acuerdo a los datos obtenidos, las iguanas tienen una preferencia por los árboles de *T. huegelli*, sin embargo, hay factores que no se tomaron en cuenta, como la cantidad de árboles total que había en cada uno de los sitios de observación, así como diversidad de especies arbóreas y la disponibilidad de estas, ya que aunque hay evidencia de consumo hacia *M. indica* y *Ficus* sp. (Lara-López y González-Romero, 2002), no hay datos que mencionen a *T. huegelli* por lo que se sugiere la aplicación de un modelo nulo, es decir, un modelo que nos sirve para saber si existe el azar en los procesos que generan algún patrón ecológico y que podría determinar si efectivamente hay una preferencia por parte de las iguanas a los sabinos, o por el contrario, son indiferentes a esta especie y nuestros resultados son debido a su mayor presencia en los sitios (Vilchis, 2000)

Flores Villela (1980) indica que las iguanas verdes prefieren las especies de árboles perennes, característica que cumplen las tres especies con más observaciones.

## **9.5. ESTADO DE LA POBLACIÓN**

Al analizar los datos podemos observar que hay variaciones en cuanto a las edades de los ejemplares observados en cada temporada, ya que a principios de verano inicia la temporada de apareamiento y es en la temporada de lluvias cuando los huevos eclosionan. Además, es en esta temporada cuando las hojas de los árboles son más suaves y fáciles de digerir por parte de las crías. Sin embargo, las variaciones del clima pueden dar pie a variaciones en las fechas de reproducción, anidación y eclosión, iniciando antes o después, dependiendo del lugar, aunque siempre con condiciones climáticas similares (Bock, 2013).

Al eclosionar los huevos las crías se dispersan en múltiples direcciones (González y Ríos, 1997), lo que explicaría la dispersión de ejemplares juveniles de las zonas UA a las zonas UR, y formando posteriormente pequeñas poblaciones si encuentran sitios con árboles suficientes, como sucedió en el sitio UR#3.

## X. CONCLUSIÓN

- La relación entre el grado de conservación del ambiente y las poblaciones de iguana verde se esperaba que fuera lineal, sin embargo, es probable que otros factores como la cacería excesiva alteren dicha relación de manera drástica, lo que explicaría la ausencia casi total de individuos en los sitios periurbanos.
- El hecho de que la mayor cantidad de avistamientos se dieron en parques urbanos o zonas adyacentes a estos, puede ser un indicador de la importancia que dichos espacios tienen en materia de conservación para las iguanas, así como otras especies animales y vegetales, al ofrecer refugio y alimento,
- Las regulaciones establecidas en parques urbanos juegan un papel importante en la protección de estas áreas y su biota asociada.
- La iguana verde suele pasar mucho tiempo reposando sobre árboles, sin embargo, los resultados muestran una presencia notable en zonas más expuestas, como las orillas de los ríos, lo que indica que en algunos sitios probablemente al sentirse más seguras tomarían más riesgos al descender de los árboles en busca de calor y alimentos.
- Aunque la especie arbórea donde se registró el mayor número de avistamientos fue en *T. huegelli*, es probable que no sea debido a una preferencia por esta especie en específica, si no a que era la más abundante en la mayoría de los sitios de monitoreo. Pero que la prefieren cuando está disponible.
- Durante la temporada de reproducción, en los meses de sequía, es probable ver a más ejemplares adultos y adultos-jóvenes descender para alimentarse, buscar pareja, anidar o combatir (machos), mientras que, en temporada de lluvias, puede ser más sencillo observar a ejemplares juveniles. Los meses específicos para cada temporada pueden variar según la región.

## **XI. RECOMENDACIONES**

La NOM-059 cataloga a la iguana verde como una especie sujeta a protección especial, por lo que se sugiere realizar más estudios considerando otras variables como la temperatura, diversidad de especies vegetales disponibles, y densidad de población humana entre otros para estimar qué otros parámetros podrían estar afectando a las poblaciones de iguanas y así formular mejores estrategias de conservación para la especie.

Estudios previos han sugerido que las poblaciones de iguanas son más abundantes cuanto mayor es la densidad de árboles en el ambiente, por lo que la conservación de la vegetación riparia dentro y fuera de los parques urbanos puede ayudar a la conservación de las poblaciones de iguana verde en las ciudades.

En las zonas periurbanas, en dónde creemos que la presión de caza afecta severamente a las poblaciones de iguana verde, sería recomendable realizar campañas educativas para informar a la comunidad sobre la importancia de la conservación de la iguana verde y las regulaciones de caza.

## XII. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Angilletta, M. J., Steury, T. D. y Sears, M. W. 2004. Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: fitting pieces of a life-history puzzle. *Integrative and Comparative Biology*. 44 (6): 498-509.
- Arcos-García, J. L., Mendoza Martínez, G. D., Bárcena Gama, R., Villarreal Espino Barrios, O. V. y Leyte Morales, G. E. 2010. Análisis reproductivo en hembras de *Iguana iguana* criadas en cautiverio en Oaxaca, México. *Veterinaria México*. 41 (4): 251-262.
- Arismendi, I., Szejner, P., Lara, A. y González, M. 2008. Impacto del castor en la estructura de bosques ribereños de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego, Chile. *Bosque*. 29 (2): 146-154.
- Aronson, M. F. J., Patel, M. V., O'Neill, K. M., & Ehrenfeld, J. G. 2017. Urban riparian systems function as corridors for both native and invasive plant species. *Biological Invasions*, 19(12), 3645–3657. doi:10.1007/s10530-017-1583-1
- Avilés-Rodríguez, K. J. y Kolbe, J. J. 2019. Escape in the city: urbanization alters the escape behavior of *Anolis* lizards. *Urban Ecosystems*. 22:733–742
- Barrett, K. y Guyer, C. 2008. Differential responses of amphibians and reptiles in riparian and stream habitats to land use disturbances in western Georgia, USA. *Biological Conservation*. 141 (9): 2290–2300.
- Bastidas-Astudillo, J. A., Arias-Jiménez, P. E. y Narváez-García, A. E. 2021. Notas sobre fauna urbana: características del hábitat y potenciales predadores de *Iguana iguana* (Squamata: Iguanidae). *Yachana Revista Científica*. 10 (1): 85- 95.
- Bateman, H. L. y Merrit, D. M. 2020. Complex riparian habitats predict reptile and amphibian diversity. *Global Ecology and Conservation*. 22. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00957>. Consultado el 05 de abril de 2022
- Blair, R. B. 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications*. 6: 506–519.

- Bock, B. 2013. Iguana iguana (Linnaeus 1758): iguana verde, iguana común. *Catálogo de anfibios y réptiles de Colombia*, 1. 10-14.
- Brummelhaus, J., Bohn, M. S. y Petry, M. V. 2012. Bird community structure in riparian environments in Cai River, Rio Grande do Sul, Brazil. *Biotemas*. 25 (2): 81-96.
- Bury, S. y Zajac, B. 2020. The loss of sexual size dimorphism in urban populations of a widespread reptile, the European grass snake *Natrix natrix*. *Current Zoology*. 66 (2): 217–218.
- Calderón Mandujano, R. R. 2002. Ficha técnica de *Iguana iguana*. Citado en: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). *Iguana iguana*. <https://enciclovida.mx/especies/26706-iguana-iguana>. Consultado el 07 de noviembre de 2022.
- Chejanovski, Z. A. y Kolbe, J. J. 2019. Close encounters of the urban kind: predators influence prey body size variation in an urban landscape. *Evolutionary Ecology*. 33: 791–809.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2017. Elaboración de guías de densidad. Comisión Nacional Forestal. Puebla, México. Pp. 7.
- Cornelis, J. y Hermy, M. 2004. Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and urban and suburban parks in Flanders*. 69(4): 385-401
- Crooks, K. R., Suarez, A. V. y Bolger, D. T. 2004. Avian assemblages along a gradient of urbanization in a highly fragmented landscape. *Biological Conservation*. 115: 451-462.
- De Andrade, A. C. 2019. Metropolitan lizards? Urbanization gradient and the density of lagartixas (*Tropidurus hispidus*) in a tropical city. *Ecology and Evolution*. 10: 1740-1750.
- De Andrade, A. C., Dellefrate Franzini, L. y Mesquita, D. O. 2019. Assessing the effect of urbanization on tropical forest dwelling teiid lizards. *Ecological Indicators*. 99: 225–229.

- De Vosjoli, P., Donoghue, S., Klingenberg, R. y Blair, D. 2003. The Green Iguana Manual. Fox Chapel Publishing. California, United States of America.
- Dearborn, D. C. y Kark, S. 2010. Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Conservation Biology*. 24 (2): 432-440.
- Díaz-Pascacio, E., Ortega-Argueta, A., Castillo-Uzcanga, M. M. y Ramirez-Marcial, N. 2018. Influence of land use on the riparian zone condition along an urban-rural gradient on the Sabinal River, Mexico. *Botanical Sciences*. 96 (2): 180-199.
- Drummond, H. y Burghardt, G. M. 1983. Nocturnal and diurnal nest emergence in green iguanas. *Journal of Herpetology*. 17(3). 290-292.
- Dugan, B. 1982. The mating behavior of the Green iguana, *Iguana iguana*. En: Burghardt, G. M. y Rand, A. S (Editores). Iguanas of the world. Their behavior, ecology and conservation. Noyes Publications. New Jersey, United States of America
- Etheridge, R. E. 1982. Checklist of the Iguanine and Malagasy Iguanid Lizards. En: Burghardt, G. M. y Rand, A. S (Editores). Iguanas of the world. Their behavior, ecology and conservation. Noyes Publications. New Jersey, United States of America. Pp. 7-37
- Falcón, W., Ackerman, J. D., Recart, W., & Daehler, C. C. 2013. Biology and Impacts of Pacific Island Invasive Species. 10. *Iguana iguana*, the Green Iguana (Squamata: Iguanidae). *Pacific Science*, 67(2), 157–186.
- Figueiredo-de-Andrade, C. A., Montoya-Ospina, R. A., Voltolini, J. C. y Ruiz-Miranda, C. R. 2011. Population biology and behaviour of the alien species *Iguana iguana* (Linnaeus, 1758) on a restored wetland in Puerto Rico. *Herpetology Notes*. 4: 445-451.
- Fitch, H. S., Henderson, R.W. y Hillis D.M. 1982. The exploitation of iguanas in Central America. En: Iguanas of the world: their behavior, ecology and conservation (G.M. Burghardt y A.S. Rand, eds). Noyes Publications, Park Ridge, 397-417.

- Flores Villela, O. 1993. Riqueza de los anfibios y reptiles. Ciencias. 007.
- Flores-Villela, O. A. 1980. Reptiles de importancia económica en México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. México.
- French, A. R. y Smith, T. B. 2005. Importance of body size in determining dominance hierarchies among diverse tropical frugivores. *Biotropica*. 37 (1): 96-101.
- French, S. S., Fokidis, H. B. y Moore, M. C. 2008. Variation in stress and innate immunity in the tree lizard (*Urosaurus ornatus*) across an urban–rural gradient. *Journal of Comparative Physiology B*. 178 (8): 997–1005.
- García Grajales, J., Pacheco Cruz, J. A. y Buenrostro Silva, A. 2018. Bases técnicas para el manejo y crianza en cautiverio de la iguana verde (*Iguana iguana*): Una compilación para biólogos y zootecnistas. *Ciencia y Mar*. 22 (64): 39-54.
- García Lorca, A. M. 1989. El parque urbano como espacio multifuncional: origen, evolución y principales funciones. *Paralelo 37°* 13. 105-111.
- Germaine, S. S. y Wakeling, B. F. 2001. Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA. *Biological Conservation*. 97 (2): 229–237.
- Gómez Benitez, A. 2017. Efecto de la urbanización en *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México. México. 35 pp
- Gómez-Mora, A., Suazo-Ortuño, I. y Alvarado-Díaz, J. 2012. Distribución, abundancia y uso de hábitat de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) y la iguana verde (*Iguana iguana*) en el municipio de Buenavista, Michoacán. *Biológicas*. 14 (2): 67-74.
- González, A. y Ríos, V. 1997. Guía para el manejo y cría de la iguana verde *Iguana iguana* Linneo. Convenio Andrés Bello, Ancón. Colombia. 46 pp.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á. y López-Ríos, G. F. 2006.

Ecología de las Zonas Ribereñas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 12 (1):55-69.

Hunt, S. D., Guzy, J. C., Price, S. J., Halstead, B. J., Eskew, E. A. y Dorcas, M. E. 2013. Responses of riparian reptile communities to damming and urbanization. *Biological Conservation*. 157: 277-284.

Knapp, C. y Pérez-Heydrich, C. 2012. Using non-conspicuous metrics to examine selected impacts of disturbance on a long-lived reptile. *Endangered Species Research*. 17 (3): 193-200

Lara-López, M. del S. y González-Romero, A. 2002. Alimentación de la Iguana Verde Iguana Iguana (Squamata: Iguanidae) en La Mancha, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 85: 135-152.

Magle, S. B., Hunt, V. M., Vernon, M. y Crooks, K. R. 2012. Urban wildlife research: Past, present and future. *Biological Conservation*. 155: 23-32.

Márquez Escobar, M. y Velásquez Calderón, C. 2003. Estado actual de conservación de la iguana verde *Iguana iguana* Rhinolopa y su perspectiva de manejo en la Isla de San Andrés (Colombia) Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali, Colombia.

McKinney, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience*. 52 (10): 883-890.

McKinney, M. L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*. 127 (3): 247-260.

McKinney, M. L. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosyst*. 11: 161-176.

Meiri, S. y Dayan, T. 2003. On the validity of Bergmann's rule. *Journal of Biogeography*. 30 (3): 331-351.

Meli, P., Ruiz, L., Aguilar, R., Rabasa, A., Rey-Benayas, J. M. y Carabias, J. 2017. Bosque ribereños del trópico húmedo de México: un caso de estudio y aspectos críticos para una restauración exitosa. *Madera y Bosques*, 23 (1):

181-193.

- Meshaka, W. E. Jr., Barlett R. D. y H. T. Smith. 2004. Colonization success by green iguanas in Florida. *Iguana*, 11 (3): 154-161.
- Monteiro-Júnior, C. S. Juen, L. y Hamada, N. 2014. Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. *Landscape and Urban Planning*. 127: 28-40.
- Montoya, J. 2016. Reconocimiento de la biodiversidad urbana para la planeación en contextos de crecimiento informal. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*. 9 (18): 232-275.
- Morales-Mávil, J. E., Vogt, R. C. y Gadsden-Esparza, H. 2007. Desplazamientos de la iguana verde, *Iguana iguana* (Squamata: Iguanidae) durante la estación seca en La Palma, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*. 55(2): 709-715.
- Moreno-Rueda, G. y Pizarro, M. 2009. Relative influence of habitat heterogeneity, climate, human disturbance, and spatial structure on vertebrate species richness in Spain. *Ecological Research*. 24: 335-344.
- Morrow, K. S. Glanz, H. Ngakan, P. O. y Riley, E. P. 2019. Interactions with humans are jointly influenced by life history stage and social network factors and reduce group cohesion in moor macaques (*Macaca maura*). *Scientific Reports*, 9(1), 20162
- Muñoz, E. M., Ortega, A. M., Bock, B. C. y Páez, V. P. 2003. Demografía y ecología de anidación de la iguana verde, *Iguana iguana* (Squamata: Iguanidae), en dos poblaciones. *Revista de Biología Tropical*. 51(1): 229-240.
- Naiman, R. J., Decamps, H. y McClain, M. E. 2005. Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Academic Press. London, UK. 430 pp.
- Newport, J., Shorthouse, D. J. y Manning, A. D. 2014. The effects of light and noise from urban development on biodiversity: Implications for protected areas in Australia. *Ecological Management y Restoration*. 15 (3): 204-214.

- Penilla-Juárez, A., Cruz-Sáenz, D. y Lazcano, D. 2013. Notes on the Herpetofauna of Western Mexico 9: Current status of Green Iguanas (*Iguana iguana*) and Western Spiny-tailed Iguanas (*Ctenosaura pectinata*) in the Natural Protected Area “Estero El Salado” in Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico. *The Bulletin of the Chicago Herpetological Society*. 48(7): 92-96.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa). 2021. Iguana verde (Iguana iguana). <https://www.gob.mx/profepa/es/articulos/iguana-verde-iguana-iguana?idiom=es> Consultado el 6 de febrero de 2024.
- Ramos, E., Meza-Joya, F. L., Torres, M., Ramírez-Pinilla, M. P. y Serrano-Cardozo, V. H. 2023. Living in the city: Reproductive and population ecology of green iguanas, *Iguana iguana* (Linnaeus, 1758), in an urban landscape in Colombia. *Reptiles & Amphibians* 30(1):e18124.
- Reis, D. R., Plangg, R., Tundisi, J. G. y Quevedo, D. M. 2015. Physical characterization of a watershed through GIS: a study in the Schmidt stream, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 75 (4 Suppl 2): S16-S29. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01313suppl>.
- Riley, S. P., Sauvajot, R. M., Fuller, T. K., York, E. C., Kamrat, D. A., Bromley, C. y Wayne, R. K. 2003. Effects of urbanization and habitat fragmentation on bobcats and coyotes in southern California. *Conservation Biology*. 17 (2): 566-576.
- Roblero-Vázquez, D. 2005. Conservación de la iguana verde Iguana iguana, en la Reserva de La Biosfera “La Encrucijada” en el estado de Chiapas: Una propuesta ambiental. Tesis de Licenciatura. División de Ciencia Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Chiapas, México 106 pp.
- Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas, R. A. y Naulin, P. I. 2014. Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. *BOSQUE*. 35 (1): 3-12.
- Rottenborn, S. C. 1999. Predicting the impacts of urbanization on riparian bird communities. *Biological Conservation*. 88: 289-299.
- Sabo, J. L., Sponseller, R., Dixon, M., Gade, K., Harms, T., Heffernan, J., Jani, A., Katz, G., Soykan, C., Watts, J. y Welter, J. 2005. Riparian zones increase

regional species richness by harboring different, not more, species.  
*Ecology*. 86: 56-62

Secretaría de Medio Ambiente y Vivienda. 2009. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Cuenca Río Sabinal. [https://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/descargas/ord\\_territorial/Sabinal/Resumen.pdf](https://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/descargas/ord_territorial/Sabinal/Resumen.pdf). Consultado el 19 de mayo de 2022.

Sordello, R., Ratel, O., Flamerie De Lachapelle, F., Leger, C., Dambry, A., y Vanpeene, S. 2020. Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: a systematic map. *Environmental Evidence*. 9 (20). doi:10.1186/s13750-020-00202-y

Steinfeld H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y de Haan, C. 2009. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación(FAO). Roma, Italia. Pp. 25.

Sweeney, B. W., Bott, T. L., Jackson, J. K., Kaplan, L. A., Newbold, J. D., Standley, L. J., Hession, W. C. y Horwitz, R. J. 2004. Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101 (39): 14132-14137.

Thawley, C. J., Moniz, H. A., Merritt, A. J., Battle, A. C., Michaelides, S. N. y Kolbe, J. J. 2019. Urbanization affects body size and parasitism but not thermal preferences in *Anolis* lizards. *Journal of Urban Ecology*. 5 (1): 1-9. <https://doi.org/10.1093/jue/juy031>.

Thews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M. y Jeltsch, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*. 31: 79-92.

Vilchis, O. M. 2000. Modelos nulos en interacciones biológicas, una propuesta: depredación en *Chrostoma* riojai-zooplancton. *Ciencias naturales y agropecuarios*.7(2): 153-156.

- White, M. D. y Greer, K. A. 2006. The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Peñasquitos Creek, California. *Landscape and Urban Planning*. 74 :125-138.
- Winchell, K. M., Carlen, E. J., Puente-Rolón, A. R. y Revell, L. J. 2017. Divergent habitat use of two urban lizard species. *Ecology and Evolution*. 8: 25-35.
- Winchell, K. M., Reynolds, R. G., Prado-Irwin, S. R., Puente-Rolón, A. R. y Revell, L. J. 2016. Phenotypic shifts in urban areas in the tropical lizard *Anolis cristatellus*. *Evolution*. 70 (5): 1009-1022.