

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA



**TRABAJO DE GRADO**

FACTORES ECOLÓGICOS PRESENTES EN LA ANIDACIÓN *in situ* y *ex situ* DEL  
*Crocodylus acutus* EN EL SITIO RAMSAR BARRA DE SANTIAGO, AHUACHAPÁN, EL  
SALVADOR

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO (A) EN BIOLOGIA**

**PRESENTADO POR**

GERARDO ENRIQUE DÍAZ HERRERA  
GRACIELA MARÍA IBARRA VALLADARES

**DOCENTES ASESORES**

MAESTRO JOSÉ SANTOS ORTEZ SEGOVIA  
LICENCIADO JORDI HUMBERTO SEGURA YANES

**ABRIL, 2025**

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
AUTORIDADES



ING. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA  
RECTOR

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN MATA  
VICERRECTORA ACADÉMICA

M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

LICDO. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA  
SECRETARIO GENERAL

LICDA. ANA RUTH AVELAR VALLADARES  
DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDO. CARLOS AMÍLCAR SERRANO RIVERA  
FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE  
AUTORIDADES



M.Ed. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS  
DECANO

DR. JOSÉ GUILLERMO GARCÍA ACOSTA  
VICEDECANO

LICDO. JAIME ERNESTO SERMEÑO DE LA PEÑA  
SECRETARIO

LICDO. CARLOS MAURICIO LINARES HERNÁNDEZ  
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño y gratitud, dedico este trabajo a quienes me han apoyado, motivado e inspirado en todos estos años de estudio.

A mi mamá Antonia Valladares, quien, sin importar las circunstancias, me brindo todo lo que estuvo a su alcance para que pudiera salir adelante. Su esfuerzo, perseverancia y amabilidad han sido mi mayor ejemplo, enseñándome a dar lo mejor de nosotros y ayudar siempre.

A mi padrastro Roberto Rivera, quien siempre se preocupó por mí y me crio como si fuera su hija dándome un apoyo incondicional.

A mis familiares, por su ayuda y amor en todo momento, que me permitió salir adelante pese a cualquier dificultad o problema.

A mis docentes, por compartir conmigo su conocimiento y guiarme, brindándome herramientas valiosas que me acompañarán a lo largo de mi carrera profesional.

A mis amigos, quienes me alegraban los días de estrés por los estudios y con quienes nos apoyábamos para superarnos en nuestro rendimiento académico.

Graciela Ibarra.

Este trabajo está dedicado a:

A mis padres, Doris Marilú Herrera Dubón y Mercedes Díaz Álvarez por siempre estar apoyándome en todo momento.

A mis hermanos, Jonatan Díaz y Oscar Lemus por ser una motivación para superarme cada día.

Gerardo Díaz.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al finalizar este proyecto, que marca el inicio de mi carrera profesional, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me apoyaron y contribuyeron a mi crecimiento, no solo académico, sino también personal.

En especial, agradezco a mi mamá y a mi padrastro por su constante apoyo. A mis familiares, en particular a mis primos David y Ulises, a mi tía Flor y mi tío Oscar, quienes siempre estuvieron presentes cuando los necesité. A mi hermano, Rosendo, por su apoyo y ánimo que me dio a su manera.

A todos los docentes que me acompañaron a lo largo de la carrera, especialmente al Lic. Ortez, por su paciencia y dedicación al guiarnos en la realización de esta tesis como nuestro asesor interno. A Lic. Jordi Segura, por brindarnos la oportunidad de desarrollar este proyecto sobre cocodrilos y ser nuestro asesor externo. También a mis amigos y compañeros, sobre todo a Gerardo por su paciencia, compromiso y dedicación para la realización de nuestro proyecto de grado que después de este largo trayecto lo considero el mejor colega que pude tener.

También quiero agradecer a quienes me instruyeron fuera de la facultad, en especial a Diana Barahona, por todo lo que me enseñó y por ser mi modelo a seguir. A Raúl López y Germán Henríquez, a quienes conocí por poco tiempo, pero cuyo impacto en mi formación profesional y personal fue invaluable.

Finalmente, un agradecimiento especial a la comunidad de Barra de Santiago por su apoyo y cálido recibimiento, que hicieron posible la realización de mi primer proyecto profesional. En particular, agradezco a los Guarda Recursos Juan Pérez, Alberto León, Eduardo Orellana, Valentín Castillo, María Santos y Alcides Pérez por su colaboración, compromiso y

no solo agradezco el conocimiento que nos brindaron también guardo un gran aprecio por la convivencia y consejos que me dieron.

Graciela Ibarra.

Agradezco a Dios por permitirme concluir esta etapa de mi vida.

A mi familia por estar siempre apoyándome y motivándome.

A mi novia, Gissell Henríquez por estar apoyándome en todo momento.

A Graciela Ibarra por haber sido una compañera de tesis comprometida y por culminar esta etapa después de todo el esfuerzo que hicimos.

A Joel Espinal por compartirnos datos y brindarnos su ayuda al inicio de la fase de campo.

A nuestro asesor interno, Lic. José Santos Ortéz por estar pendiente de nosotros y solventar nuestras dudas siempre y a nuestro asesor externo, Lic. Jordi Humberto Segura por darnos la oportunidad de realizar nuestra investigación y por el apoyo brindado.

A los Guarda Recursos de Barra de Santiago, Juan Alberto León, Juan Pérez, Eduardo Orellana, María Santos, Alcides Pérez y Valentín Castillo, por todo el apoyo brindado en la logística y en el trabajo de campo. También por lo amables y por todo el conocimiento que adquirí en todo momento. Atte. Gerardo Díaz.

## ÍNDICE

Resumen.....	xi
Introducción.....	xiii
<b>CAPITULO I: REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
1.1. Generalidades biológicas.....	16
1.2. Distribución.....	18
1.3. Alimentación.....	20
1.4. Reproducción.....	20
1.5. Anidación.....	21
1.6. Ecología general.....	22
1.7. Importancia.....	23
1.8. Conservación en El Salvador.....	24
<b>CAPITULO II: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
2.1. Tipo de investigación.....	25
2.2. Descripción del área de estudio.....	25
2.3. Universo, población y muestra.....	26
2.4. Técnicas de la investigación.....	26
2.5. Fase de recolección de datos.....	27
2.5.1. Recolección de huevos y toma de datos.....	27
2.5.2. Incubación de huevos.....	31
2.5.3. Registro de parámetros ecológicos.....	32
2.5.4. Toma de parámetros acústicos en las vocalizaciones de los preneonatos durante la eclosión.....	33
2.5.5. Conteo de eclosiones in situ y ex situ.....	34
2.6. Procesamiento y tabulación de datos.....	35
2.7. Análisis de datos.....	35
<b>CAPITULO III: RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
3.1. Recolección de nidadas.....	38
3.2. Vegetación y factores físicos de los nidos.....	40

3.3. Tiempo de incubación.....	42
3.4. Cantidad y biometría de los huevos.....	43
3.5. Parámetros ecológicos.....	44
3.5.6. Prueba de Shapiro-Wilk.....	44
3.5.7. Temperatura de los nidos in situ y ex situ.....	44
3.5.8. Temperatura ambiental de los nidos in situ y ex situ.....	48
3.5.9. Humedad ambiental de los nidos in situ y ex situ.....	51
3.6. Porcentaje de eclosiones.....	54
3.7. Toma de parámetros acústicos en las vocalizaciones de los preneonatos durante la eclosión.....	59
CAPITULO IV: DISCUSIÓN.....	63
4.1. Tiempo de incubación.....	63
4.2. Cantidad y biometría de los huevos.....	64
4.3. Vegetación y factores físicos de los nidos.....	65
4.4. Parámetros ecológicos.....	66
4.4.1. Temperatura del nido.....	66
4.4.2. Temperatura ambiental.....	68
4.4.3. Humedad ambiental.....	69
4.5. Porcentaje de eclosiones.....	70
4.6. Toma de parámetros acústicos en las vocalizaciones de los preneonatos durante la eclosión.....	73
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS.....	81
Anexo 1. Programa Audacity, utilizado para recortar y limpiar el sonido de fondo.....	82
Anexo 2. Programa PRAAT, utilizado para recopilar los parametros de las vocalizaciones de los preneonatos.....	82
Anexo 3. Cocodrilo hembra sacando los preneonatos del nido.....	82
Anexo 4. Nidada <i>in situ</i> intervenida por depredadores.....	82



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de <i>Crocodylus acutus</i> . Fuente: (ITIS, 2024).....	18
<b>Tabla 2.</b> Ubicación de los nidos encontrados entre febrero y marzo de 2024. ....	38
<b>Tabla 3.</b> Tipos de vegetación que se encuentran alrededor de los nidos durante el periodo de incubación.....	40
<b>Tabla 4.</b> Factores físicos de los nidos. ....	41
<b>Tabla 5.</b> Fechas de encuentro y de eclosiones. ....	42
<b>Tabla 6.</b> Biometría de huevos por nidada ....	43
<b>Tabla 7.</b> Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk.....	44
<b>Tabla 8.</b> Promedios, máxima y mínima de temperatura del nido. ....	45
<b>Tabla 9.</b> Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la temperatura del nido. ....	46
<b>Tabla 10.</b> Resultados de la prueba de Mann-Whitney de temperatura de los nidos por ubicación. ....	47
<b>Tabla 11.</b> Promedios, máxima y mínima de temperatura ambiental por nido. ....	49
<b>Tabla 12.</b> Resultados de prueba de Kruskal-Wallis para la temperatura ambiental. ....	50
<b>Tabla 13.</b> Resultados de prueba de Mann-Whitney de la temperatura ambiental entre ubicaciones ....	51
<b>Tabla 14.</b> Promedios, máxima y mínima de humedad ambiental por nido.....	52
<b>Tabla 15.</b> Resultados de prueba de Kruskal-Wallis de la humedad ambiental por nido.....	53
<b>Tabla 16.</b> Resultados de prueba de Mann-Whitney por ubicación. ....	54
<b>Tabla 17.</b> Porcentaje de éxito de eclosiones. ....	55
<b>Tabla 18.</b> Resultados de prueba de Mann-Whitney por ubicación ....	56

## Índice de ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Vista lateral del cráneo de un <i>Crocodylus acutus</i> adulto de la colección del Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande en Maracay. Note el marcado desarrollo de la elevación pre-ocular, rasgo que caracteriza a esta especie. Imagen extraída de (Seijas, 2011).....	17
<b>Ilustración 2.</b> Ámbito de distribución del caimán aguja ( <i>Crocodylus acutus</i> ) a través de Norte, Centro y Sur América. Fuente: (Vides, Balaguera Reina, & Farfan Ardila, 2019).....	19
<b>Ilustración 3.</b> Distribución potencial y sitios de registro de <i>C. acutus</i> en El Salvador (Henriquez, Arana Coello, & Herrera, 2022). .....	20
<b>Ilustración 4.</b> Área geográfica del sitio RAMSAR Barra de Santiago en donde se realizó la investigación.....	26
<b>Ilustración 5.</b> Recorridos en busca de nidos de <i>Crocodylus acutus</i> . .....	30
<b>Ilustración 6.</b> Toma de medidas del nido .....	30
<b>Ilustración 7.</b> Marcaje de posición de huevos de <i>Crocodylus acutus</i> .....	30
<b>Ilustración 8.</b> Pesaje de huevos de <i>Crocodylus acutus</i> .....	31
<b>Ilustración 9.</b> Toma de medida de ancho del huevo de <i>Crocodylus acutus</i> .....	31
<b>Ilustración 10.</b> Incubación de huevos de <i>Crocodylus acutus</i> .....	32
<b>Ilustración 11.</b> Toma de temperatura en nidos Ex situ. ....	33
<b>Ilustración 12.</b> Toma de pH en nidos de <i>Crocodylus acutus</i> . ....	33
<b>Ilustración 13.</b> Colocación de cámaras trampa en los nidos.....	35
<b>Ilustración 14.</b> Conteo de eclosiones de <i>Crocodylus acutus</i> .....	35
<b>Ilustración 15.</b> Distribución de nidos encontrados en Barra de Santiago.....	39

## Resumen.

El “cocodrilo americano” (*Crocodylus acutus*) es una especie nativa de El Salvador que se encuentra en declive debido a la reducción y contaminación de su hábitat por factores antropogénicos. Para su adecuada conservación, es necesario conocer su ciclo biológico y como la intervención humana puede reducir su vulnerabilidad. El objetivo de la presente tesis es describir los factores ecológicos presentes en la anidación *in situ* y *ex situ* de *Crocodylus acutus* en el sitio RAMSAR Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

Durante los meses de febrero y marzo de 2024 se localizaron 11 nidos ubicados en Costa Azul, Isla Cajete e Isla Tacachol, de las que se obtuvieron 309 huevos, donde 242 fueron trasladados al vivero El Zapatero y 67 permanecieron en vida libre. Los nidos *in situ* y *ex situ* mostraron tiempos de incubación de  $72 \pm 6.56$  y  $76 \pm 3.96$  días, con tasas de eclosión de 79.10 % y 80.58 % respectivamente, siendo monitoreados desde febrero hasta mayo. Se realizaron mediciones de los parámetros físicos 2 veces al día por 4 días a la semana donde la temperatura del nido promedio fue de  $33.26 \pm 0.79$  °C (*ex situ*) y  $33.22 \pm 2.76$  °C (*in situ*), con temperatura ambiental promedio de  $31.81 \pm 0.03$  °C y  $31.09 \pm 0.25$  °C y con humedad ambiental de  $67.61 \pm 0.39$  % y  $70.13 \pm 1.84$  % respectivamente.

En la toma de parámetros acústicos, se muestrearon 4 nidos (2 *in situ* y 2 *ex situ*). Las vocalizaciones se grabaron desde el primer día que empezaron a escucharse hasta completar 5 días de grabación. Los resultados arrojaron una mayor actividad en el cuarto día debido a que tuvo un número de vocalizaciones, frecuencia promedio y tiempo de vocalización mayor, mientras que la intensidad de sonido fue más alta el tercer día.

Los resultados sugieren que los parámetros ambientales inciden en los porcentajes de

eclosión. Al aplicar la prueba Mann-Whitney en los nidos *in situ* y *ex situ* se demuestra que no tienen una diferencia significativa en el caso de la humedad, temperatura ambiental y porcentaje de eclosiones, mientras que la temperatura de los nidos difiere significativamente.

Se concluye que los parámetros ambientales *ex situ* proporcionan un área adecuada para las eclosiones, siendo similar a las observadas *in situ* y además el cuarto día desde que empiezan a vocalizar es ideal para apoyar el nacimiento de los preneonatos.

## Introducción

Se indica en (RED LIST UICN, 2020) que el cocodrilo americano se encuentra en estado “vulnerable” a nivel mundial, mientras que en El Salvador se encuentra “En peligro” según se estipula en el 2023 en el Acuerdo No. 257 Listado Oficial De Especies De Vida Silvestre Amenazadas O En Peligro De Extinción pág. 43. Los cocodrilos son de mucha importancia debido a que se consideran especies clave de su hábitat, ya que con sus actividades ayudan al buen funcionamiento del ecosistema, manteniendo abiertos los cursos de agua, incrementando el reciclaje de nutrientes y proporcionando refugios en el cuerpo de agua para otras especies durante la época de sequía (Ross, 1998).

La comparación de los factores ecológicos presentes en la anidación *in situ* y *ex situ* no se conocen en El Salvador, esto es porque las investigaciones con crocodylianos es escasa y solo se han investigado las poblaciones. Estos factores son de mucha importancia ya que influyen directamente en los nidos del cocodrilo americano, es por eso que Mazzotti (1989) mencionó que, para asegurar la sobrevivencia de una especie en peligro de extinción, es importante tener un conocimiento sólido de los factores que afectan el éxito reproductivo de la población cit. por (Avendaño, 2013).

El *Crocodylus acutus* se localiza en el continente americano, por la vertiente Atlántica, desde Florida y Luisiana en Estados Unidos de América, hasta el noreste de Venezuela. Por la vertiente Pacífica, desde Nayarit en México hasta el norte de Perú. Habita también en Cuba, Jamaica, Republica Dominicana y Haití (Álvarez Del Toro, 1974; Ayarzagüena, 1983; Medem, 1983; Kushlan y Mazzotti, 1989; Cerrato, 1991; Singler, 1995 citado por (Pérez de la Ossa, 2005).

En el Salvador, los registros de la especie se han realizado a lo largo de la costa e incluso

dentro de algunos de los lagos interiores del país, tales como el Lago Guija, Laguna de Olomega, Laguna El Jocotal y humedales cercanos a las fronteras con Guatemala y Honduras, pero la mayoría de estas poblaciones se encuentran altamente presionadas. La creciente población humana dentro de El Salvador y las subsiguientes reducciones en el tamaño de hábitat constituyen una grave amenaza para la supervivencia dentro del país (Escobedo-Galván et al., 2004) cit. por (Henriquez, Arana Coello, y Herrera, 2022).

La conservación de los nidos de cocodrilo americano es de mucha relevancia ya que se ha identificado que personas rastrean y destruyen los nidos por miedo a la especie, por tal razón el Programa Nacional de Conservación de Caimán y Cocodrilo aprobado por el Ministerio de Medio Ambiental y Recursos Naturales en 2021 asegura el resguardo de estos nidos en los viveros y de esa manera se brinda una oportunidad a las nuevas generaciones de cocodrilo americano de continuar su ciclo de vida (MARN).

Por tal motivo se tiene como objetivo general describir los factores ecológicos presentes en la anidación *in situ* y *ex situ* de *Crocodylus acutus* en el sitio RAMSAR Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador, mientras que los objetivos específicos se basaran en la comparación de los factores ecológicos de ambos tipos de nidadas, también en determinar los porcentajes de eclosión por ubicación y por ultimo analizar los parámetros acústicos presentes en las vocalizaciones de los preneonatos para auxiliarlos en el nacimiento el día con mayor actividad vocal.

Para lograr dichos objetivos se implementó la siguiente metodología: recolección de huevos y toma de datos, incubación de huevos *ex situ*, toma de registros ecológicos en los nidos, toma de parámetros acústicos de las vocalizaciones de los preneonatos durante la eclosión y conteo

de eclosiones *in situ* y *ex situ*.

Este trabajo generará datos respecto a los factores ecológicos que inciden en la anidación del cocodrilo americano en el sitio RAMSAR Barra de Santiago y ayudará a mejorar las técnicas empleadas en el vivero del zapatero.

## CAPITULO I: REVISION DE LITERATURA

### 1.1. Generalidades biológicas.

Los machos de *Crocodylus acutus* pueden alcanzar entre 5 y 6 m de longitud, mientras que las hembras por lo general no alcanzan tallas mayores a los 3.5 m de longitud, aunque se han registrado hembras de hasta 4.4 m (Domínguez-Laso, 2009) cit. por (CITES, 2019)<sup>1</sup>, pero la especie puede llegar a medir más de 6 m, actualmente es raro encontrar organismos en vida silvestre que superen los 4 m de longitud (Thorbjarnarson, 1989, 2010; Domínguez-Laso, 2007) cit. Por (CITES, 2019).

Entre las características más distintivas de la especie resalta, en primer lugar, su reducido e irregular arreglo de escamas dorsales, donde usualmente no hay más de cuatro escamas en ninguna de sus 13 a 18 filas transversales y, en segundo lugar, la presencia de una elevación de la zona pre-ocular del hocico, que se manifiesta mejor en los individuos de mayor tamaño (ilustración 1). Estos dos rasgos son suficientes para distinguirlo de cualquier otro cocodrilo del mundo. Además, presenta una amplia separación entre las escamas nucales y las dorsales y la sínfisis mandibular se completa al nivel del quinto diente (Seijas, 2011).

---

<sup>1</sup> CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres





**Ilustración 1.** Vista lateral del cráneo de un *Crocodylus acutus* adulto de la colección del Museo de la Estación Biológica de Rancho Grande en Maracay. Note el marcado desarrollo de la elevación pre-ocular, rasgo que caracteriza a esta especie. Imagen extraída de (Seijas, 2011).

El hocico es relativamente largo y estrecho, siendo visible el cuarto diente de la mandíbula, aun cuando ese se mantiene cerrado. Su cuerpo es macizo, aplanado, ancho, recubierto de grandes placas córneas (escamas) reforzadas por huesos y, a todo lo largo de la espina dorsal de la cola, pueden presentar grandes tubérculos. La cola es comprimida y las patas más bien cortas. La coloración de la piel es la parte ventral es blanco amarillento, en el dorso y cuerpo es grisáceo en los adultos y gris con tonos verdes en los juveniles, generalmente aparecen manchas negras en el tronco y la cola. Presenta las patas palmeadas rasgo que aprovecha para cambiar de dirección durante la natación, dado que la propulsión es generada por la cola. Los orificios nasales, situados en la parte superior del hocico, quedan herméticamente cerrados gracias a una válvula, al momento de la inmersión que dura varios minutos (hasta una hora aproximadamente), el cocodrilo cierra las válvulas de los orificios nasales, tapona los tímpanos con el pliegue dérmico y los ojos son protegidos por sus parpados transparentes (Pérez de la Ossa, 2005). La taxonomía del *C. acutus* se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1.** Taxonomía de *Crocodylus acutus*. Fuente: (ITIS, 2024)

<b>Categoría</b>	<b>Taxa</b>	<b>Descripción</b>
Reino	Animalia	Animal
Subreino	Bilateria	Triploblastos o triblastos
Infrareino	Deuterostomia	
Filo	Chordata	Cordados
Subfilo	Vertebrata	Vertebrados
Infracilo	Gnathostomata	
Superclase	Tetrapoda	
Clase	Reptilia (Laurenti, 1768)	Reptiles
Orden	Crocodylia	Crocodilo, jacaré, Crocodilians, crocodiles, Alligators, caimanes, gaviales
Familia	Crocodylidae	Cocodrilos
Genero	Crocodylus	Laurenti, 1768 – Crocodiles
Especie	<i>Crocodylus acutus</i> (Cuvier, 1807)	American Crocodile, Cocodrilo americano, caimán de la costa, Central American Alligator, cocodrilo, lagarto

## 1.2. Distribución.

El cocodrilo americano se localiza en el continente americano, por la vertiente Atlántica, desde Florida y Luisiana en Estados Unidos de América, hasta el noreste de Venezuela. Por la vertiente Pacífica, desde Nayarit en México hasta el norte de Perú (Ilustración 2). Habita también en Cuba, Jamaica, Republica Dominicana y Haití (Álvarez Del Toro, 1974; Ayarzagüena, 1983; Medem, 1983; Kushlan y Mazzotti, 1989; Cerrato, 1991; Singler, 1995 citado por (Pérez de la Ossa, 2005).



**Ilustración 2.** Ámbito de distribución del caimán aguja (*Crocodylus acutus*) a través de Norte, Centro y Sur América. Fuente: (Vides, Balaguera Reina, & Farfan Ardila, 2019).

El cocodrilo americano está presente en 41 sitios para El Salvador, con centros de abundancia en los departamentos de La Unión, San Vicente, Usulután, San Miguel y Ahuachapán. Encontrando una relación entre la presencia de ejemplares y los sistemas hidrológicos de los ríos: Lempa, Grande San Miguel, Goascorán y los embalses hidroeléctricos: Cerrón Grande, 5 de noviembre y 15 de septiembre. Asimismo, se encontró un vínculo del río Grande de San Miguel con las lagunas El Jocotal y Olomega, donde la especie está presente y los sitios con mayor número de registros fueron bosques salados de Barra de Santiago, Estero de Jaltepeque, Bahía de Jiquilisco y la Bahía de La Unión (Ilustración 3), éste se puede encontrar principalmente en bosque tropical semicaducifolio latifoliado de tierras bajas, bosque tropical siempre verde latifoliado aluvial de tierras bajas, bosque de mangle, principalmente cerca de los ríos, lagos, lagunas y esteros; sistemas agropecuarios, canales de riego, así como en salineras y

camaroneras que se encuentren cerca de los ecosistemas naturales (Henriquez, Arana Coello, & Herrera, 2022).



**Ilustración 3.** Distribución potencial y sitios de registro de *C. acutus* en El Salvador (Henriquez, Arana Coello, & Herrera, 2022).

### 1.3. Alimentación.

Los *Crocodylus* son exclusivamente carnívoros y su dieta varía según la edad y la disponibilidad de recursos en su ambiente. Se alimentan de insectos y otros invertebrados en sus primeras etapas de vida. Progresivamente, a medida que aumentan de tamaño, aparecen pequeños peces e invertebrados más grandes (cangrejos, camarones, caracoles) y cuando adquieren tallas mayores se alimentan de aves, grandes peces y vertebrados terrestres (Seijas, 2011).

### 1.4. Reproducción.

El apareamiento ocurre entre los meses de diciembre y enero, mientras que la anidación

se da entre enero y febrero (Medem, 1981) cit. Por (Escobedo Galván, 2003). El *Crocodylus acutus* deposita sus huevos en huecos de unos 40 cm de profundidad por 70 cm de diámetro.

Los machos dominantes establecen territorios de cortejo y apareamiento, en esta especie como en otras de cocodrilos, el sistema de apareamiento es polígamo y la relación entre machos y hembras es de 1 macho a 3-5 hembras, los días de incubación varían entre 80 y 90 días. Los nacimientos se presentan en época lluviosa (Ramos Barahona & Salazar Colocho, 2017).

### **1.5. Anidación.**

Las hembras inician las visitas a las zonas de anidación potencial aproximadamente cuatro semanas antes de que se depositen los huevos. Durante estas visitas, la hembra sale con frecuencia y remueve el suelo, haciendo varias excavaciones en el lugar, hasta que en un momento dado pone los huevos. (CASAS-ANDREU, 2003), dándose en El Salvador durante los meses de febrero y marzo. Otro factor que parece mostrar cierta relación con el período de anidación es el de las fases lunares, y particularmente la fase de luna nueva parece coincidir con la excavación de los primeros nidos en el mes de abril en México, dato que coincidió durante las cuatro temporadas estudiadas (CASAS-ANDREU, 2003).

La anidación es uno de los periodos del ciclo reproductivo de los cocodrilos que tiene mayor impacto sobre la sobrevivencia de la especie, algunos estudios enfatizan la importancia de las características del sitio de anidación, ya que las mismas pueden afectar el éxito de eclosión (Doody et al., 2006) cit. por (Mora, 2016).

Se ha encontrado que diferencias en tipo de suelo, material vegetal utilizado para la construcción del nido, distancia al agua, altura sobre el agua, pH, humedad del suelo y cobertura

del dosel, tienen efecto sobre la temperatura de incubación, el éxito de eclosión, la proporción sexual, y la supervivencia de las crías (Casas-Andreu, 2003) cit. por (Mora, 2016).

Las hembras de *Crocodylus acutus* depositan sus huevos en un hoyo que excavan en los bancos arenosos de las orillas de los ríos o en playas u otras zonas elevadas cerca de las orillas de los cuerpos de agua que habitan. En los embalses, donde el sustrato arenoso es escaso o ausente, las hembras utilizan material más compacto y duro, pero se desconoce la incidencia que este tipo de sustrato tiene sobre el éxito de la eclosión. Se ha reportado que *C. acutus* también construye nidos de montículo con detritus de material vegetal Ogden, 1978; Thorbjarnarson, 1990 citado por (Seijas, 2011).

En México de manera particular se han realizado estudios en el estero Boca Negra (Cupul-Magaña et al., 2004), en el río Cuitzmala (Casas-Andreu, 2003), en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (Valtierra-Azotla, 2007) en Jalisco y en la Reserva de la Biósfera Banco Chinchorro, en Quintana Roo (Charruau, 2012); encontrando que variables como la distancia al agua, la altura sobre el agua, el sustrato y el porcentaje de cobertura arbórea son variables importantes para las zonas de anidación (Mora, 2016).

### **1.6. Ecología general.**

Es una especie de hábitos nocturnos preferencialmente. Dependiendo aun de la estacionalidad productiva del ecosistema o de su época reproductiva puede tener amplia actividad crepuscular o durante las primeras horas matinales. Durante las épocas críticas de sequía presentan un comportamiento de estivación; es decir, proceden a enterrarse en el fango o bajo pilas de hojarasca donde sobreviven de sus reservas alimenticias hasta cuando vuelven las

lluvias Ossa (2001) citado por (Pérez de la Ossa, 2005).

Ejerce un papel regulador de las poblaciones animales de los cuales se alimenta, son transformadores de la materia orgánica en detritos a partir de sus excrementos y sus propios cadáveres, lo cual contribuye a elevar el nivel de productividad del ecosistema al cual pertenecen (Cortez, 1993) citado por (Pérez de la Ossa, 2005).

Al igual que los demás crocodylianos, presenta un comportamiento más bien estático, permaneciendo la mayor parte del tiempo inmóvil, parcialmente sumergido en el agua o asoleándose en las orillas preferiblemente a media mañana y en la tarde, a excepción de los días nublados. No obstante, su aparente inmutabilidad es substituida por movimientos ágiles y rápidos en presencia de una presa potencial o situaciones que merecen una respuesta de huida o agresión. Se alimentan en el agua a cualquier hora, pero principalmente en la noche. Los machos adultos se tornan agresivos y aparentemente territoriales al iniciarse el periodo lluvioso y su época de celo. Son relativamente confiados en habitas tranquilos pero ariscos donde son perseguidos (Ojasti, 1993) citado por (Pérez de la Ossa, 2005).

### **1.7. Importancia.**

El cocodrilo americano se encuentra en la cima de la cadena trófica cumple un papel como controlador de poblaciones de vertebrados y contribuyendo al ciclo de transformación de nutrientes en el ecosistema. La presencia o ausencia de grandes depredadores como el cocodrilo de la costa podría determinar el grado de salud de los ecosistemas estuarinos. Por otro lado, los cocodrilos tienen una importancia fundamental para los ecosistemas costeros porque funcionan como los ingenieros hidráulicos de los humedales tropicales, ya que mediante su tránsito diario conservan canales de agua abiertos, lo que contribuye a mantener la biodiversidad principalmente

ítica en los pantanos y esteros (Hernández *et al.*, 2006) citado por (Larreal, 2010).

### **1.8. Conservación en El Salvador.**

Se indica en (RED LIST UICN, 2020)<sup>2</sup> que el cocodrilo americano se encuentra en estado “vulnerable” a nivel mundial, mientras que en El Salvador se encuentra “En peligro” según se estipula en el 2023 en el Acuerdo No. 257 Listado Oficial De Especies De Vida Silvestre Amenazadas O En Peligro De Extinción pág. 43

Se considera que las poblaciones más grandes se encuentran en las áreas naturales protegidas de Barra de Santiago, Estero de Jaltepeque, Bahía de Jiquilisco, Laguna El Jocotal y Golfo de Fonseca, las cuales se encuentran bajo estatus de protección legal por el estado, cuentan con personal y equipo para la protección de las poblaciones. Asimismo, *Crocodylus acutus* se encuentra protegida por el estado a través de la Ley de Conservación de Vida Silvestre y la convención CITES, de la cual el país es signatario. Aunado a ello el gobierno, realiza campañas de información a través de redes sociales y medios de comunicación del estado para combatir el tráfico ilegal, la compra y tenencia en cautiverio de cocodrilos como mascotas (Henriquez, Arana Coello, & Herrera, 2022).

---

<sup>2</sup> UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza



## CAPITULO II: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1. Tipo de investigación:

La investigación es de tipo descriptiva porque como define (Sabino, 1992), su preocupación primordial radica en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos. Las investigaciones descriptivas utilizan criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto la estructura o el comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando de ese modo información sistemática y comparable con la de otras fuentes. En este caso se abordaron los factores ecológicos en los nidos *in situ* y *ex situ* de *Crocodylus acutus* tales como: temperatura de nido, temperatura ambiental, humedad ambiental, distancia del nido al cuerpo de agua, pendiente, tipo de sustrato, tipo de vegetación, profundidad del primer al último huevo, diámetro del nido y el pH.

### 2.2. Descripción del área de estudio:

Esta investigación se realizó en el Sitio RAMSAR Barra de Santiago, distrito de Jujutla, Ahuachapán Sur, El Salvador, específicamente en Costa Azul, Isla El Espino, Isla Cajete, Isla Tacachol y vivero de incubación “El Zapatero” (Ilustración 4).



**Ilustración 4.** Área geográfica del sitio RAMSAR Barra de Santiago en donde se realizó la investigación.

### 2.3. Universo, población y muestra.

**UNIVERSO:** todos los nidos de *Crocodylus acutus* de El Salvador.

**POBLACION:** todos los nidos de *Crocodylus acutus* de la costa de Ahuachapán Sur.

**MUESTRA:** nidos de *Crocodylus acutus* del Sitio RAMSAR, Barra de Santiago, monitoreados por el Programa Nacional de Conservación del Caimán y Cocodrilo (PNCCC).

### 2.4. Técnicas de la investigación.

- La investigación se realizó según el protocolo de incubación utilizado por los Guardas Recursos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en Barra de Santiago.

- Conteo de huevos de nidos *in situ*.
- Incubación de huevos *ex situ* de *Crocodylus acutus*.
- Registro de factores ecológicos en los nidos.
- Toma de parámetros acústicos en las vocalizaciones de los preneonatos durante la eclosión.
- Conteo de eclosiones *in situ* y *ex situ*.

## **2.5. Fase de recolección de datos.**

### *2.5.1. Recolección de huevos y toma de datos.*

**Recolección de huevos:** El trabajo se llevó a cabo con la colaboración de los Guarda Recursos, desde la tercera semana de febrero hasta la segunda semana de marzo. Durante este período, se utilizó una lancha de 15 pies con motor de 4 tiempos EVINRUDE para acceder a las zonas de Costa Azul, El Espino, las islas Cajete, la Chácara y Tacachol. En estos lugares, se realizaron recorridos a pie en las áreas previamente identificadas en años anteriores como sitios de anidación, con el fin de detectar posibles indicios de actividad reciente, como huellas y rastros del cuerpo entre la orilla y los puntos de anidación (Ilustración 5). La identificación de los nidos se realizó de dos maneras: observando los movimientos y excavaciones efectuadas por las hembras, así como introduciendo un bastón con punta en el suelo, lo que en algunos casos puede haber causado la ruptura de uno o dos huevos. Una vez localizados los nidos se tomaron los siguientes datos:

**Punto geográfico:** el punto geográfico se tomó mediante la aplicación de Gaia GPS y se nombró a la vez para no confundir los nidos, así como también se anotaron datos como el número de huevos que contenía el nido y observaciones.

**Mediciones del nido:** se realizaron medidas del diámetro, la profundidad a la que se encontraba el primer huevo y la profundidad total del nido, mediante la utilización de una cinta métrica y una regla de 20 cm. (Ilustración 6).

**Pendiente del nido al cuerpo de agua:** la pendiente se midió con una aplicación de teléfono llamada "Inclinómetro", el teléfono se colocó en el suelo y se anotaron los grados en que se encontró inclinado el terreno.

**Distancia del nido al cuerpo del agua:** los nidos *in situ* se midieron con una cinta métrica de 50 metros Stanley cuando el nido se encontraba cerca del cuerpo del agua (menos de 20 m), pero cuando había una mayor distancia (más de 20 m) se utilizó la aplicación de Gaia GPS para poder guardar el punto geográfico hasta donde se encontraba el cuerpo de agua y posteriormente se utilizó Google Earth Pro para medir la distancia.

**Altura del nido al cuerpo del agua:** se midió la altura utilizando una vara<sup>3</sup> de madera de 3 metros colocándola de manera horizontal al nivel del suelo en donde se encontraba el nido y se colocó la cinta métrica de manera vertical a la vara de madera para ver la altura a la que se encontraba el nido.

---

<sup>3</sup> Palo largo y delgado

**Tipo de vegetación:** se identificó la vegetación más cercana que se encontraba alrededor de los nidos *in situ* y *ex situ*, tomando un radio de 20 metros para poder determinar que especie de vegetación se encontraba en mayor proporción.

**Distancia del nido a la vegetación más cercana:** la distancia se midió con la cinta métrica de 50 metros Stanley.

Una vez hecho esto, se seleccionaron nidadas las cuales no serían movidas de la zona (*in situ*) debido a que no sufrirían riesgo antropogénico y las que se trasladarían al vivero (*ex situ*); en el segundo caso para sacar los huevos se utilizaron guantes de látex durante su manipulación para evitar la contaminación antropogénica y se sacaron de la misma posición en la que se encontraba en el nido marcándolos con un lápiz para saber la posición al momento de incubarlos en el vivero, evitando hacer movimientos bruscos durante el transporte (Ilustración 7). Al momento de colocarlo en el recipiente se agregó sustrato del nido para que los huevos se mantuvieran estables al momento de ser transportados.

**Biometría de los Huevos:** en las nidadas *in situ* y *ex situ* se realizaron mediciones del largo, ancho y peso de cinco huevos por nido (Ilustración 8 y 9 respectivamente), en donde se utilizó una cinta métrica, pie de rey, balanza y guantes, luego de realizar las mediciones en los nidos *in situ*, se colocaron en el nido en la misma posición en que se encontraban.



**Ilustración 5.** Recorridos en busca de nidos de *Crocodylus acutus*.



**Ilustración 6.** Toma de medidas del nido



**Ilustración 7.** Marcaje de posición de huevos de *Crocodylus acutus*



**Ilustración 9.** Pesaje de huevos de *Crocodylus acutus*



**Ilustración 8.** Toma de medida de ancho del huevo de *Crocodylus acutus*

#### 2.5.2. *Incubación de huevos:*

Los huevos se llevaron al vivero que se encuentra iniciando el Canal del Zapatero y se procedió a nombrar el nido en estacas de madera donde se señalaba la ubicación de donde se extrajo, fecha de encuentro y cantidad de huevos, en donde dicha estaca se colocó cerca del nido, los huevos se posicionaron de la misma manera en que fueron encontrados basándose en la marca previamente hecha con lápiz y se incubaron respetando las dimensiones del nido del que se extrajeron, luego se cubrieron con una parte del mismo sustrato del nido del que provenían, y el resto del sustrato que se encontraba en el vivero (Ilustración 10), posteriormente se anotaron los factores ecológicos de los nidos *ex situ* (temperatura, pH, pendiente, nubosidad, distancia y altura al cuerpo de agua) según “Hoja de parámetros físicos de los nidos”.



**Ilustración 10.** Incubación de huevos de *Crocodylus acutus*

### 2.5.3. Registro de parámetros ecológicos.

La toma de mediciones de factores ecológicos para los nidos *in situ* y *ex situ* se hicieron de martes a viernes, dos veces al día, una en la mañana y otra en la tarde, hasta que se cumplió el tiempo de eclosión.

**Temperatura y humedad ambiental:** Se utilizó la aplicación "The weather channel" para anotar la temperatura y humedad ambiental a la que se encontraba la zona a la hora de tomar los parámetros ambientales.

**Temperatura del nido:** Se introdujo el "Termómetro Taylor 1470N" a 5 cm de profundidad en el centro de la nidada durante 1 minuto y se anotó el dato en la ficha (Ilustración 11).

**pH:** Se colocó sustrato hasta la mitad de un tubo de ensayo y se vertió agua destilada, luego



se mezcló con una espátula hasta que tuviera una consistencia más líquida y posteriormente se sujetó la tira de papel pH por un extremo y se sumergió en la mezcla por 30 segundos, después se retiró la tira de prueba y se sumergió brevemente en agua destilada para eliminar los restos de tierra, finalmente se comparó la coloración de la prueba con la cartilla del kit y se anotó en la ficha los datos obtenidos (Esta medición se realizó 1 vez al mes) (Ilustración 12).



**Ilustración 12.** Toma de temperatura en nidos *ex situ*.



**Ilustración 11.** Toma de pH en nidos de *Crocodylus acutus*.

#### 2.5.4. Toma de parámetros acústicos en las vocalizaciones de los preneonatos durante la eclosión.

Para la toma de parámetros acústicos, se utilizaron cuatro nidos como muestra (2 *in situ* y 2 *ex situ*). Las grabaciones fueron tomadas por una aplicación de teléfono llamada “Grabadora de voz” y se inició desde el primer día que empezaron las vocalizaciones.

Para iniciar las grabaciones en cada nido, se proporcionó una palmada por encima del nido, esto provocó que los preneonatos se activaran y comenzaran a realizar las llamadas pre-eclosionales. Durante las llamadas, se grabó por un minuto en cada nido, en la mañana y en la tarde, hasta completar 5 días de grabación.

Al finalizar el periodo de grabación, los audios se ordenaron en archivos por cada nido y posteriormente cada grabación se subió en el programa de “Audacity versión 3.5.1” en donde se recortó el mejor intervalo de grabación entre la primera palmada que se dio al nido para que empezaran a vocalizar hasta que el ultimo preneonato dejara de hacerlo, posterior a eso se limpió el sonido de fondo (Anexo 1); luego se subió el archivo de audio seleccionado y editado en el programa de “PRAAT versión 6.2.23”, donde se modificaron los parámetros de Derived Intensity en un rango de 20-100 dB y Derived Pitch de 75-1000 Hz, posteriormente se analizó la frecuencia (Hertz), intensidad de sonido (Decibeles), tiempo de vocalización, tiempo entre vocalización y el número de vocalizaciones (Anexo 2). Asimismo, la información extraída se registró en Excel 2016 a través de tablas y gráficos para poder determinar el día en que los preneonatos mostraron más actividad.

#### *2.5.5. Cuento de eclosiones in situ y ex situ.*

**Cuento de eclosiones *ex situ*:** Pasado el periodo de incubación, se procedió a escuchar si en el nido había varias vocalizaciones a la vez para luego comenzar a sacar los huevos del nido y así poder ayudarles a salir del cascarón como sucede en vida silvestre, en donde posteriormente se contabilizaron los huevos eclosionados y los no eclosionados.

**Cuento de eclosiones *in situ*:** Cuando el periodo de incubación llegó a su fin, se empezó a monitorear mediante cámaras trampa para observar y contabilizar los neonatos que el cocodrilo va transportando en su boca al cuerpo de agua (Ilustración 13), de igual manera, al finalizar la actividad de eclosión, se llegó hasta los nidos y se contabilizaron los cascarones y huevos no eclosionados (Ilustración 14).



**Ilustración 13.** Colocación de cámaras trampa en los nidos.



**Ilustración 14.** Conteo de eclosiones de *Crocodylus acutus*

## 2.6. Procesamiento y tabulación de datos.

Los datos que se tomaron en la investigación fueron organizados en forma digital a través del software Excel 2016 utilizando tablas dinámicas y representaciones por medio de grafica de pastel para las ubicaciones de los nidos, graficas de barra para los parámetros ambientales y acústicos, box plots para los parámetros físicos y finalmente graficas de dispersión para la comparación de los porcentajes de eclosiones con los parámetros ambientales.

## 2.7. Análisis de datos.

El análisis de los datos se hizo mediante Excel versión 2016 con ayuda de la versión gratis del complemento XLSTAT, con el que se realizó todas las pruebas estadísticas las cuales se detallan a continuación.

Para el caso de la biometría de los huevos se sacó el promedio del ancho, largo y peso con fórmulas en Excel para posteriormente obtener la desviación estándar de los nidos.

Se determinó si los datos de los parámetros ambientales cumplen con una distribución normal y al no cumplir con esto se aplicaron pruebas no paramétricas, para esto se utilizó la fórmula de Shapiro-Wilk que es la siguiente.

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)}\right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

**Formula 1: De Shapiro-Wilk**

En donde:

$x_i$ : son los valores de muestra aleatorios ordenados

$a_i$ : son constantes generadas a partir de las covarianzas, varianzas y medias de la muestra (tamaño  $n$ ) de una muestra normalmente distribuida.

Posteriormente se analizó individualmente cada mediana de los parámetros ambientales entre cada nido para determinar si había una diferencia significativa entre ellos, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left( \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3(N+1)$$

**Formula 2: Prueba de Kruskal-Wallis**

En donde:

$K$ = número de grupos.

$N$ = número total de sujetos.

$n_i$ = número de sujetos en cada grupo.

$R_i$ = suma de los rangos en cada grupo.

Luego se hizo una comparación de cada parámetro ambiental y porcentaje de eclosiones separado por ubicación *In situ* y *Ex situ* para determinar si había diferencia significativa, utilizando la prueba de Mann-Whitney.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

**Formula 3:** Prueba de Mann-Whitney.

En donde: valores estadísticos de U Mann-Whitney.

$n_1$ = tamaño de la muestra del grupo 1.

$n_2$ = tamaño de la muestra del grupo 2.

$R_1$ =sumatoria de los rangos del grupo 1.

$R_2$ = sumatoria de los rangos del grupo 2.

Posteriormente se hizo un análisis descriptivo en base a graficas de dispersión de como cada parámetro ambiental incide en el porcentaje de eclosión.

Finalmente, para el análisis de los parámetros acústicos de las vocalizaciones se realizó utilizando los programas de Audacity y PRAAT para analizar los audios y luego de forma descriptiva se comparó la frecuencia (Hertz), intensidad de sonido (Decibeles), tiempo de vocalización, tiempo entre vocalización y el número de vocalizaciones que había por día por medio de graficas de barra.

## CAPITULO III: RESULTADOS

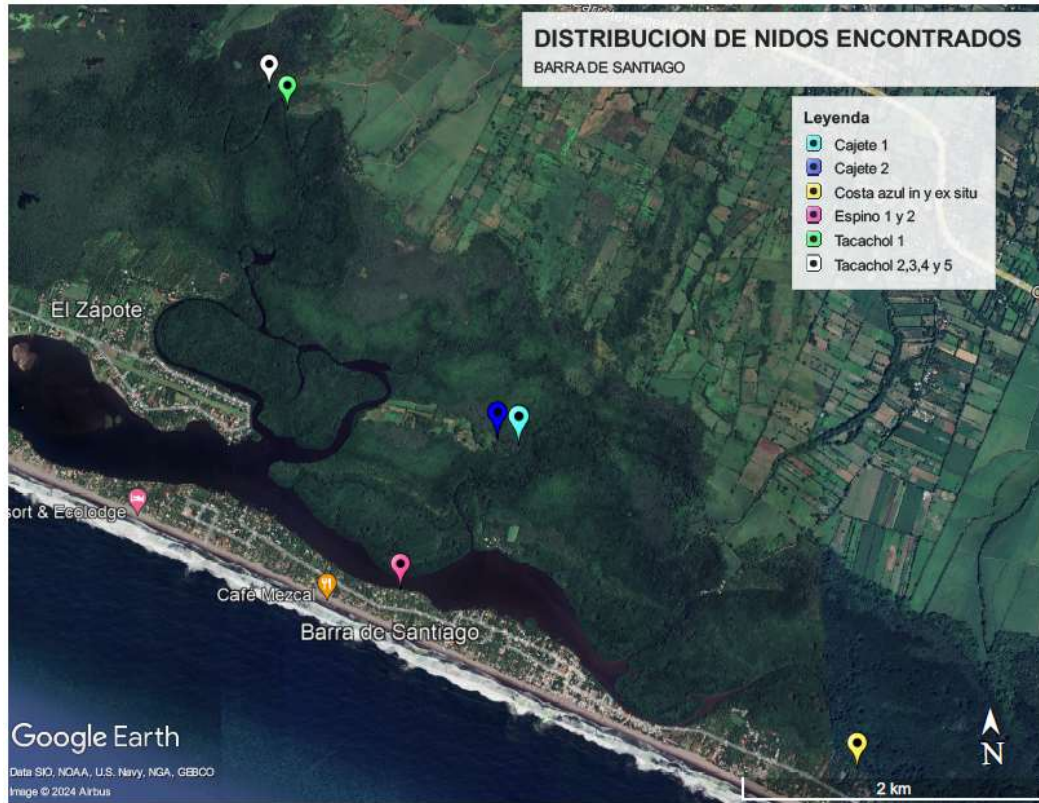
### 3.1. Recolección de nidadas.

Entre los meses de febrero y marzo de 2024 se encontraron un total de 11 nidadas de *Crocodylus acutus* (Tabla 2). De estos, cinco fueron encontrados en la Isla Tacachol, dos en Isla Cajete, dos en Costa Azul y dos en El Espino (Ilustración 15) (Grafica 1).

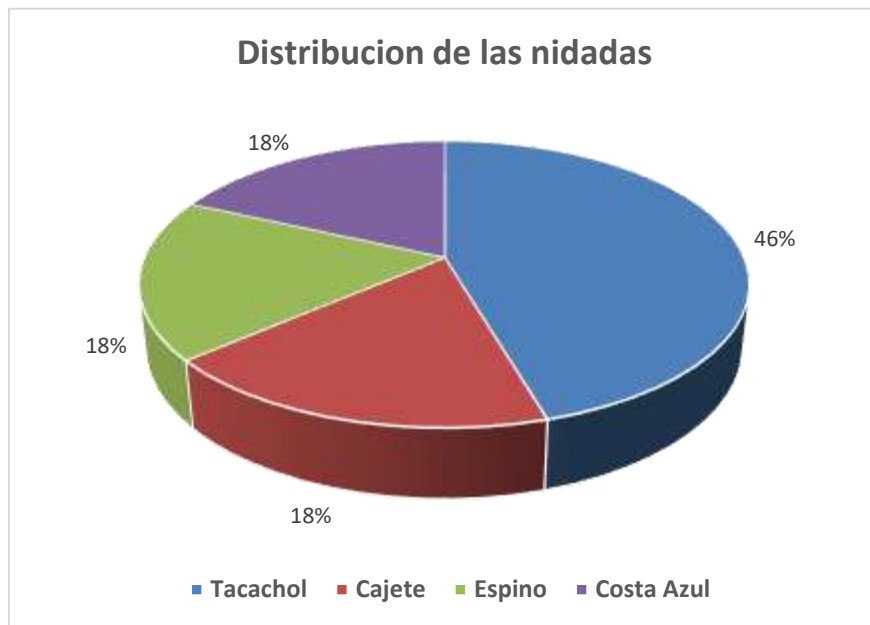
De las 11 nidadas, se trasladaron ocho al vivero “El Zapatero” (*ex situ*) debido a que se determinó que corrían riesgo antropogénico por su ubicación y tres se dejaron en vida libre (*in situ*).

**Tabla 2.** Ubicación de los nidos encontrados entre febrero y marzo de 2024.

<b>Isla</b>	<b>Coordenadas</b>	<b><i>In situ</i> / <i>Ex situ</i></b>	<b>Fecha de encuentro</b>
Espino (1)	13°41'42.94"N, 90°0'43.7" W	<i>Ex situ</i>	17/2/2024
Espino (2)	13°41'42.88"N, 90° 0'43.41"W	<i>Ex situ</i>	23/2/2024
Tacachol (1)	13°43'32.90"N, 90°1'9.38" W	<i>Ex situ</i>	24/2/2024
Tacachol (2)	13°43'38.32"N, 90°1'13.89" W	<i>Ex situ</i>	29/2/2024
Tacachol (3)	13°43'38.15"N, 90°1'13.70" W	<i>Ex situ</i>	1/3/2024
Costa Azul <i>Ex situ</i>	13°41'2.41"N, 89°59'2.95" W	<i>Ex situ</i>	2/3/2024
Tacachol (4)	13°43'38.31"N, 90°1'14.04" W	<i>Ex situ</i>	2/3/2024
Tacachol (5)	13°43'38.37"N, 90°1'14.11" W	<i>Ex situ</i>	8/3/2024
Cajete (1)	13°42'13.85"N, 90°0'16.22" W	<i>In situ</i>	2/3/2024
Costa Azul <i>In situ</i>	13°41'2.38"N, 89°59'3.19" W	<i>In situ</i>	2/3/2024
Cajete (2)	13°42'15.46"N, 90°0'21.08" W	<i>In situ</i>	9/3/2024



**Ilustración 15.** Distribución de nidos encontrados en Barra de Santiago.



**Grafica 1.** Porcentaje de nidadas por ubicación.

### 3.2. Vegetación y factores físicos de los nidos.

Los nidos fueron encontrados en zonas con vegetación alrededor de ellos como, pastizales, herbazales y árboles, en el que predominó el coco, izcanal, mangle rojo, mangle negro, icaco y mango en la mayoría del área de estudio (Tabla 3).

En los nidos *in situ*, dos hembras desovaron relativamente cerca del canal de agua más cercano, exceptuando la hembra correspondiente a Cajete 2 que realizó un recorrido bastante largo a comparación de las demás hembras que se monitorearon (recorriendo 163 m). Para los nidos *ex situ* que se colocaron en el vivero se sacó un promedio al momento de medir la distancia tomando en cuenta el nido más cercano y lejano para cada variable física. El sustrato de los nidos *in situ* fue de tipo limoso mientras que en el vivero fue de tipo arenoso. También se observan los valores de las variables físicas de cada nidada (Tabla 4).

**Tabla 3.** Tipos de vegetación que se encuentran alrededor de los nidos durante el periodo de incubación

Isla	Vegetación
Cajete	Coco ( <i>Cocos nucifera</i> ), Izcanal ( <i>Acacia hindsii</i> ), palo de pito ( <i>Erythrina berteroana</i> ), Ceiba ( <i>Ceiba pentandra</i> ), huiscoyol ( <i>Bactris major</i> ), mangle rojo ( <i>Rizophora mangle</i> ) Mangle negro ( <i>Avicennia germinans</i> ), Almendro de playa ( <i>Terminalia catappa</i> )
Cajete	Coco ( <i>Cocos nucifera</i> ), Izcanal ( <i>Acacia hindsii</i> ), Banana ( <i>Musa sapientum</i> ), Guarumo ( <i>Cecropia obtusifolia</i> ), Cedro ( <i>Cedrela odorata</i> ), Mango ( <i>Mangifera indica</i> ), Cedro blanco ( <i>Cedrela salvadorensis</i> ), tihuilote ( <i>Cordia dentata</i> ), palo mora ( <i>Maclura tinctoria</i> ), Abanico de Fiji ( <i>Pritchardia pacifica</i> )
Costa azul	Almendro de playa ( <i>Terminalia catappa</i> ), Coco ( <i>Cocos nucifera</i> ), icaco ( <i>Chrysobalanus icaco</i> ), Árbol de fuego ( <i>Delonix regia</i> ), Aceituno ( <i>Simaruba glauca</i> ), Amate blanco ( <i>Ficus insipida</i> ), mango ( <i>Mangifera indica</i> )
La chacara	Coco ( <i>Cocos nucifera</i> ), Izcanal ( <i>Acacia hindsii</i> ), Aceituno ( <i>Simaruba glauca</i> ), Mango ( <i>Mangifera indica</i> ), icaco ( <i>Chrysobalanus icaco</i> ), Mangle rojo ( <i>Rizophora mangle</i> ) Mangle negro ( <i>Avicennia germinans</i> ), marañón ( <i>Anacardium occidentale</i> ), nance ( <i>Byrsonima crassifolia</i> ) mangle blanco ( <i>Laguncularia racemosa</i> ), cerezo ( <i>Ardisia paschalis</i> )



**Tabla 4.** Factores físicos de los nidos.

Nido	Distancia al cuerpo de agua (m)	Distancia a la vegetación más cercana (m)	Altura del nido sobre el cuerpo de agua (m)	Profundidad al 1° huevo (cm)	Diámetro del nido (cm)	Profundidad del nido (cm)	Sustrato	pH	Pendiente
Tacachol (1)	7.5	4.7	0.42	13	31,5	22	Arenoso	6	14°
Tacachol (2)	7.5	4.7	0.42	30	30	42	Arenoso	6	14°
Tacachol (3)	7.5	4.7	0.42	20	30	30	Arenoso	6	14°
Tacachol (4)	7.5	4.7	0.42	16	29	30	Arenoso	6	14°
Costa Azul <i>In situ</i>	4.86	0.35	1.15	20	33	28	Limoso	5	27°
Costa Azul <i>Ex situ</i>	7.5	4.7	0.42	14	29	26	Arenoso	6	14°
Cajete (1)	13.2	4.25	0.1	16	30	30	Limoso	6	5°
Tacachol (5)	7.5	4.7	0.42	26	30	34	Arenoso	6	14°
Cajete (2)	163	1.20	0.1	24	34	30	Limoso	7	5°
Espino (1)	7.5	4.7	0.42	15	97	26	Arenoso	6	14°
Espino (2)	7.5	4.7	0.42	14	18.4	25	Arenoso	6	14°

### 3.3. Tiempo de incubación.

Las eclosiones de los nidos *ex situ* se dieron en un intervalo entre 72 y 84 días dando un promedio de tiempo de incubación de  $76 \pm 3.96$  días, mientras que en los nidos *in situ* fue de  $72 \pm 6.56$  (contabilizando desde el día que fueron encontrados), en el caso de Costa Azul (*in situ*), fue localizado por los pobladores pasada una semana y también en el caso de cajete 2, que se estimó que tenía tres días de haber desovado ya que en ese periodo de tiempo fue observada la hembra por parte de los pobladores y también se observó que ya no había presencia de material gelatinoso<sup>4</sup>, mientras que en los demás nidos se detectaron que fueron puestos en la madrugada del día que se encontró debido a que se presencié capa mucosa en los huevos. Se detallan las fechas en que se encontraron y eclosionaron las nidadas (Tabla 5).

**Tabla 5.** Fechas de encuentro y de eclosiones.

Nido	Inicio	Final	Días transcurridos
Espino 1	23/2/2024	4/5/2024	72
Espino 2	23/2/2024	8/5/2024	76
Tacachol 1	24/2/2024	11/5/2024	78
Tacachol 2	1/3/2024	23/5/2024	84
Tacachol 3	29/2/2024	11/5/2024	73
Tacachol 4	2/3/2024	13/5/2024	73
Tacachol 5	8/2/2024	20/5/2024	74
Costa azul <i>ex situ</i>	2/3/2024	18/5/2024	78
Costa azul <i>in situ</i>	2/3/2024	6/5/2024	66
Cajete 1	2/3/2024	19/5/2024	79
Cajete 2	9/3/2024	18/5/2024	71

<sup>4</sup> Capa mucosa que actúa como protección inicial para los huevos.

### 3.4. Cantidad y biometría de los huevos.

De las 11 nidadas se obtuvieron 309 huevos con un promedio de  $28.09 \pm 5.18$  huevos por nidada, siendo Cajete 1 el que obtuvo la menor cantidad con 14 huevos, al contrario de Tacachol 5 que fue el que alcanzó la mayor cantidad con 36 huevos.

En la tabla 6 se presenta los promedios del largo, ancho y peso de 5 huevos tomados al azar por cada nido. El ancho obtuvo un promedio de  $4.64 \pm 0.12$  cm con un intervalo entre 4.58 y 4.76 cm; mientras que el largo obtuvo un promedio de  $7.71 \pm 0.19$  cm con un intervalo entre 7.17-7.96 cm; finalmente el peso obtuvo un promedio de  $101.09 \pm 6.65$  g con un intervalo entre 77-109.8 g, cabe recalcar que en el caso de los nidos *in situ* que tenían más de una semana de haberse dado el desove, se realizaron las mediciones de los huevos no eclosionados para interferir lo menos posible la nidada.

**Tabla 6.** Biometría de huevos por nidada

Nido	Cantidad de huevos	Ancho (cm)	Largo (cm)	Peso (g)
Espino 1	34	4.66	7.74	109.7
Espino 2	31	4.43	7.17	100.33
Tacachol 1	34	4.76	7.96	109.8
Tacachol 2	30	4.64	7.94	108.4
Tacachol 3	18	4.58	7.44	92.4
Tacachol 4	27	4.62	7.80	104
Tacachol 5	36	4.82	7.86	100
Costa Azul <i>ex situ</i>	32	4.58	7.88	102
Costa Azul <i>in situ</i>	17	4.47	7.50	77
Cajete 1	14	4.74	7.68	103.8
Cajete 2	36	4.75	7.83	105.3

### 3.5. Parámetros ecológicos.

#### 3.5.6. Prueba de Shapiro-Wilk.

Antes del análisis de resultados se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 7), en donde se determinó que la base de datos en donde se recolectaron los parámetros ambientales no es paramétrica debido a que p-valúe es mucho menor que el nivel de significancia (0.05) para todos los parámetros considerados, por tal motivo para el análisis se aplicaron pruebas no paramétricas y descriptivas.

**Tabla 7.** Resultados de la prueba de Shapiro-Wilk.

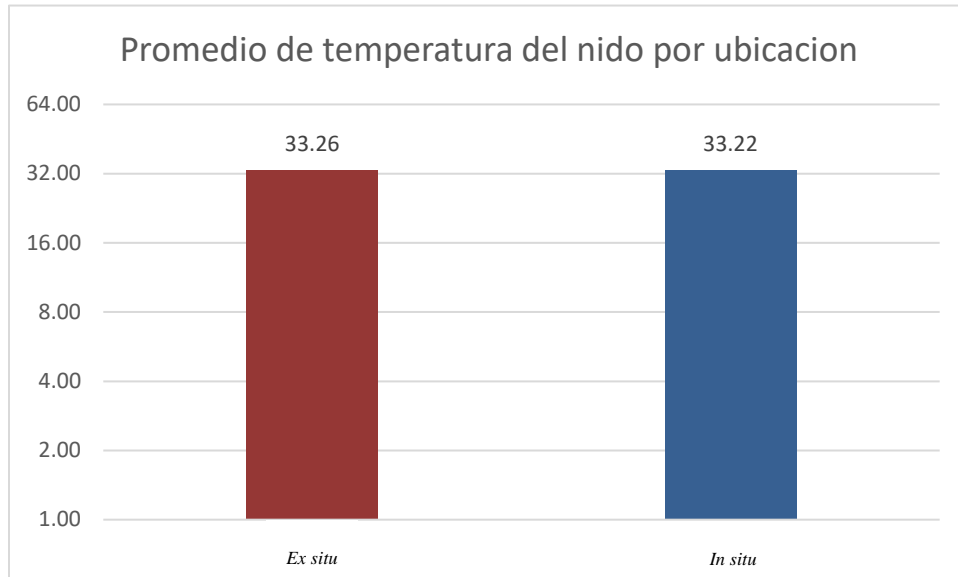
	<b>Promedio de Temperatura °C (ambiental)</b>	<b>Promedio de Temperatura °C (nido)</b>	<b>Promedio de humedad (ambiental)</b>	<b>Porcentaje de eclosión</b>
W-stat	0.69418311	0.84397668	0.83016398	0.84824885
p-valúe	0.00039382	0.03560373	0.02346172	0.04048922
Alpha	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	no	no	no	no

#### 3.5.7. Temperatura de los nidos *in situ* y *ex situ*.

La temperatura del nido promedio por ubicación fue de  $33.26 \pm 0.79$  °C para el caso de los nidos *ex situ*, mientras que los nidos *in situ* fue de  $33.22 \pm 2.76$  °C; donde el nido con el menor promedio fue Tacachol 2, con  $31.26 \pm 0.28$  °C y el que obtuvo el mayor promedio fue el nido Cajete 2, con  $34.21 \pm 0.31$  °C; además, los que presentaron la mayor temperatura fueron Tacachol 1, 4 y Cajete 2 con 38 °C y los que presentaron la menor temperatura fueron Tacachol 2 y Cajete 1 con 29 °C. Se presentan promedios, máxima, mínima y desviación estándar de la temperatura por nido en la tabla 8. Además, se comparan las temperaturas por ubicación en la Grafica 2.

**Tabla 8.** Promedios, máxima y mínima de temperatura del nido.

<b>Nidos</b>	<b>Temperatura mínima (°C)</b>	<b>Promedio de temperatura (°C)</b>	<b>Temperatura máxima (°C)</b>	<b>Desviación estándar(°C)</b>
<i>Ex situ</i>				
Costa azul	30	33.29	37	1.614
Espino 1	31	33.69	37	1.468
Espino 2	31	33.88	37	1.365
Tacachol 1	30	33.74	38	1.520
Tacachol 2	29	31.26	34	1.316
Tacachol 3	31	33.06	37	1.403
Tacachol 4	31	33.88	38	1.480
Tacachol 5	30	33.27	37	1.618
<i>In situ</i>				
Cajete 1	29	32.01	36	1.703
Cajete 2	31	34.21	38	1.412
Costa azul	32	33.45	35	0.907

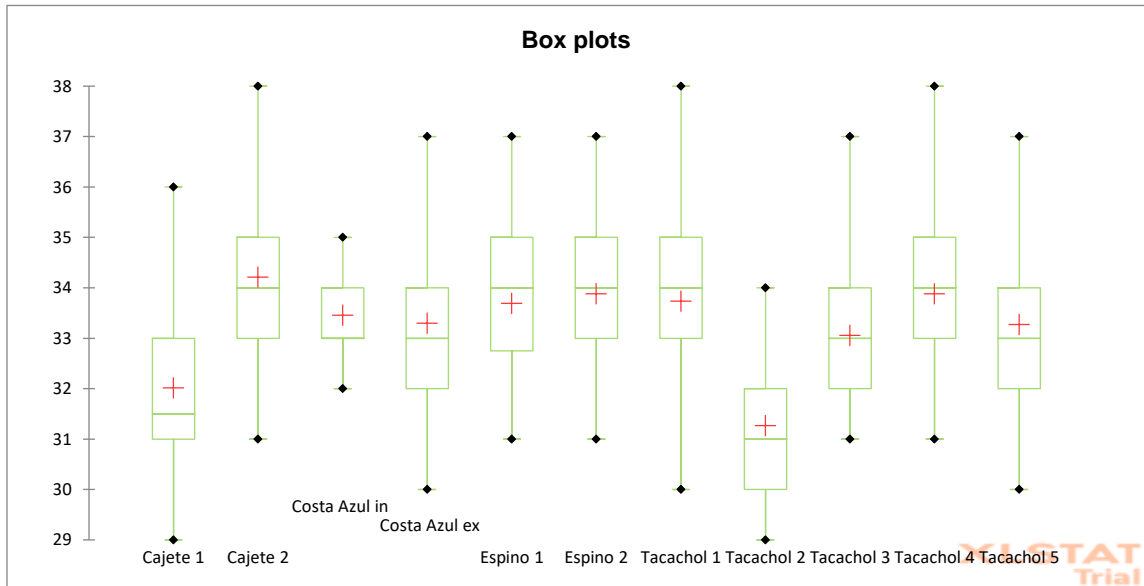


**Grafica 2.** Promedios de temperaturas de las ubicaciones *in situ* y *ex situ*

Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medias de temperaturas entre todos los nidos como se muestra en los resultados (Tabla 9), debido a que el valor observado de K (209.424) es mucho mayor al valor crítico (18.307) y que el valor de p (0.0001) es mucho menor al valor de significancia (0.05), se determina que las temperaturas entre los nidos difieren significativamente. Se observa como difieren las medias de la temperatura de los nidos (Grafica 3).

**Tabla 9.** Resultados de la prueba Kruskal-Wallis de la temperatura del nido.

K (Valor observado)	209.424
K (Valor crítico)	18.307
GL	10
valor-p (unilateral)	<0.0001
alfa	0.05

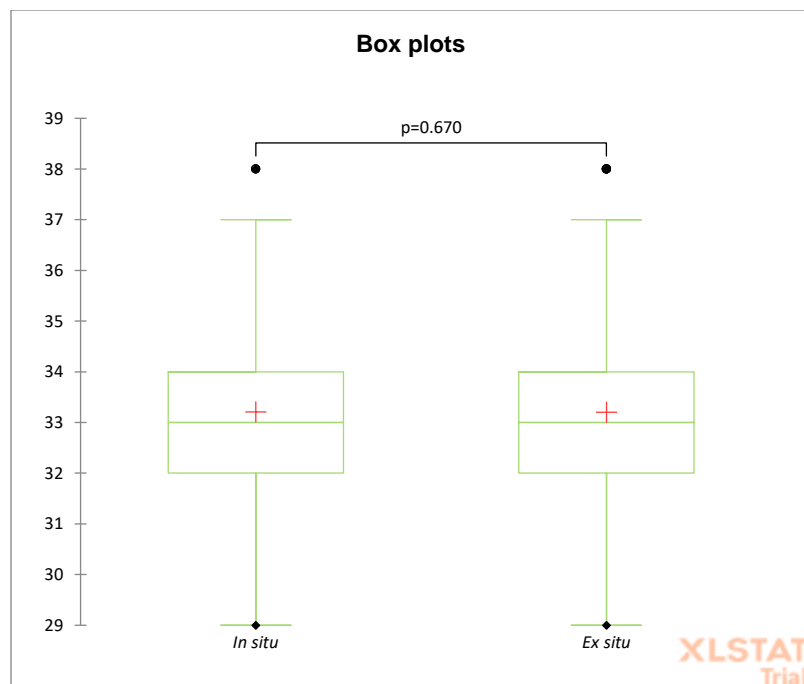


**Grafica 3.** Box plots de promedios de temperatura de los nidos.

Al realizar la prueba de Mann-Whitney entre las temperaturas de los nidos *in situ* y *ex situ* como se muestra (Tabla 10), se determina que no hay diferencia significativa debido a que el valor de p (0.67) es mucho mayor que el nivel de significancia (0.05), además de que U observado (69689.5) es mayor al valor esperado (68400) para estimar que no hay diferencia significativa. Se observa como en el Box plots las medias son iguales (Grafica 4).

**Tabla 10.** Resultados de la prueba de Mann-Whitney de temperatura de los nidos por ubicación.

U (observado)	69689.500
U (estandarizado)	0.426
Valor esperado	68400
Varianza (U)	9148575.017
valor-p (bilateral)	0.670
alfa	0.05



**Grafica 4.** Box plots de la temperatura de los nidos por ubicación

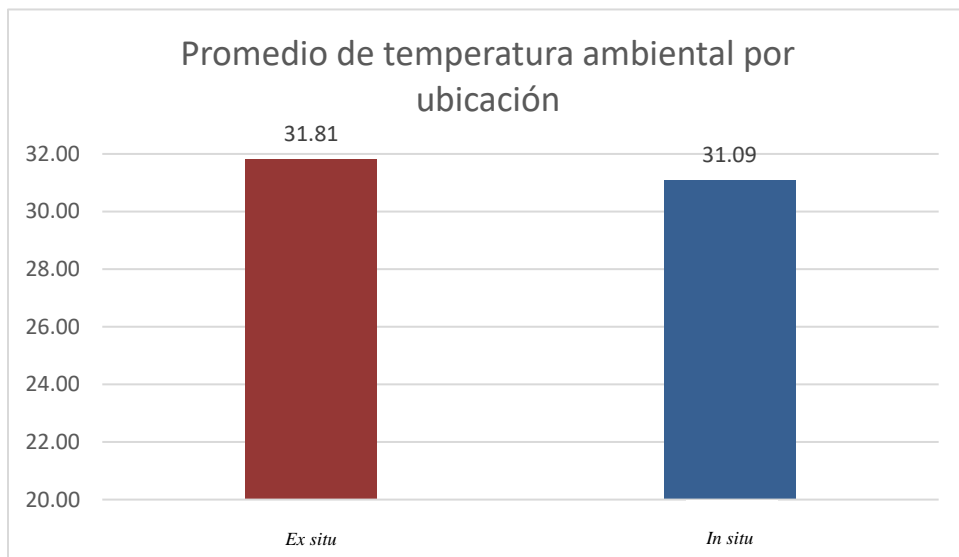
### 3.5.8. Temperatura ambiental de los nidos *in situ* y *ex situ*.

Mientras que en el caso de la temperatura ambiental se obtuvo un promedio de  $31.81 \pm 0.03$  °C para los nidos *ex situ* y de  $31.09 \pm 0.25$  °C en los nidos *in situ*, el nido con menor promedio fue Costa Azul *in situ* con  $30.98 \pm 0.49$  °C, y el que obtuvo mayor promedio fue Tacachol 2 con  $31.86 \pm 0.30$  °C. Las diferencias en los promedios de temperatura ambiental en los nidos *ex situ* ocurre debido al tiempo de incubación que ocasionó que se tomaran más muestras de temperatura en unos nidos que en otros, se detalla por nidada (Tabla 11) y se presenta la comparación de temperatura ambiental por ubicación (Grafica 5).



**Tabla 11.** Promedios, máxima y mínima de temperatura ambiental por nido.

Nidos	Temperatura mínima (° C)	Promedio de temperatura (°C)	Temperatura máxima (° C)	Desviación estándar(°C)
<i>Ex situ</i>				
Costa azul	28	31.84	37	2.02
Espino 1	28	31.75	37	1.46
Espino 2	28	31.76	37	1.44
Tacachol 1	28	31.79	37	1.44
Tacachol 2	28	31.86	37	1.42
Tacachol 3	28	31.79	37	1.41
Tacachol 4	28	31.81	37	1.42
Tacachol 5	28	31.84	37	1.41
<i>In situ</i>				
Cajete 1	25	31.15	37	2.11
Cajete 2	25	31.15	37	2.11
Costa azul	26	30.98	36	1.40

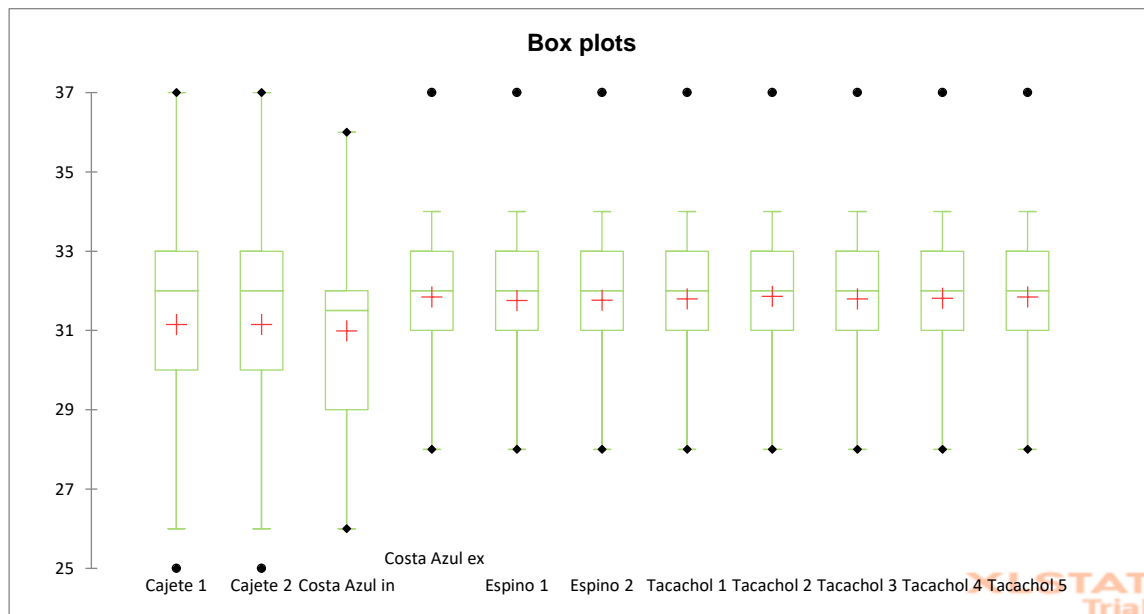


**Grafica 5.** Promedios de temperatura ambiental por ubicación.

Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medias entre todos los nidos como se muestra los resultados (Tabla 12), debido a que el valor observado de K (13.802) es menor al valor crítico (18.307) y a que el valor de p (0.182) es mayor que el nivel de significancia (0.05), se determina que la temperatura ambiental no posee diferencia significativa entre los nidos, además se observa como las medias de la temperatura ambiental es similar entre los nidos (Grafica 6).

**Tabla 12.** Resultados de prueba de Kruskal-Wallis para la temperatura ambiental.

K (Valor observado)	13.802
K (Valor crítico)	18.307
GL	10
valor-p (unilateral)	0.182
alfa	0.05



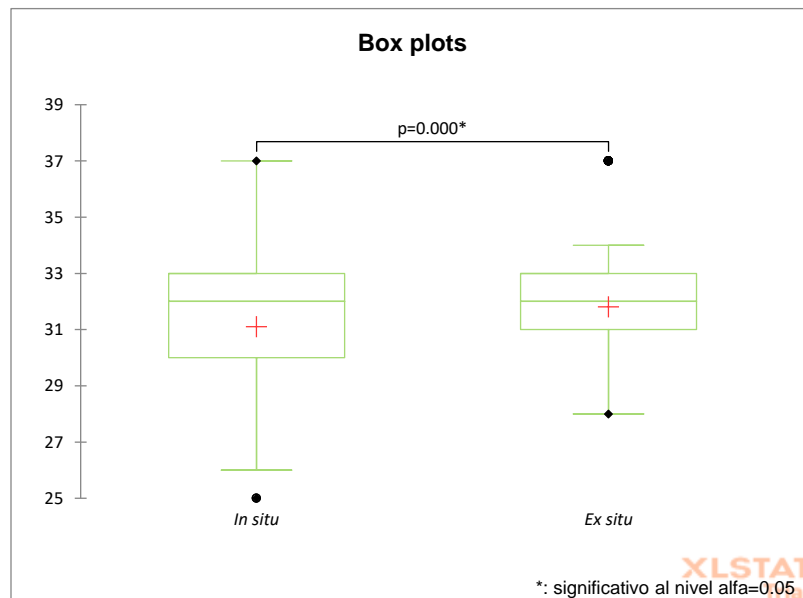
**Grafica 6.** Box plots de promedios de temperatura ambiental por nido

Al realizar la prueba de Mann-Whitney entre la temperatura ambiental de los nidos *in situ* y *ex situ* como se muestra (Tabla 13), se observa que son diferentes debido a que el valor de p

(0.000) es mucho menor que el nivel de significancia (0.05), además de que el U observado (57863) es menor al valor esperado (68400) junto al hecho de que el valor de U estandarizado es negativo. Se observa como en el Box plots las medias son diferentes (Grafica 7).

**Tabla 13.** Resultados de prueba de Mann-Whitney de la temperatura ambiental entre ubicaciones

U (Observada)	57863
U (estandarizado)	-3.532
Valore esperado	68400
Varianza (U)	8897371.064
valor-p (bilateral)	<b>0.000</b>
alfa	0.05



**Grafica 7.** Box plots de promedios de temperatura ambiental por ubicación.

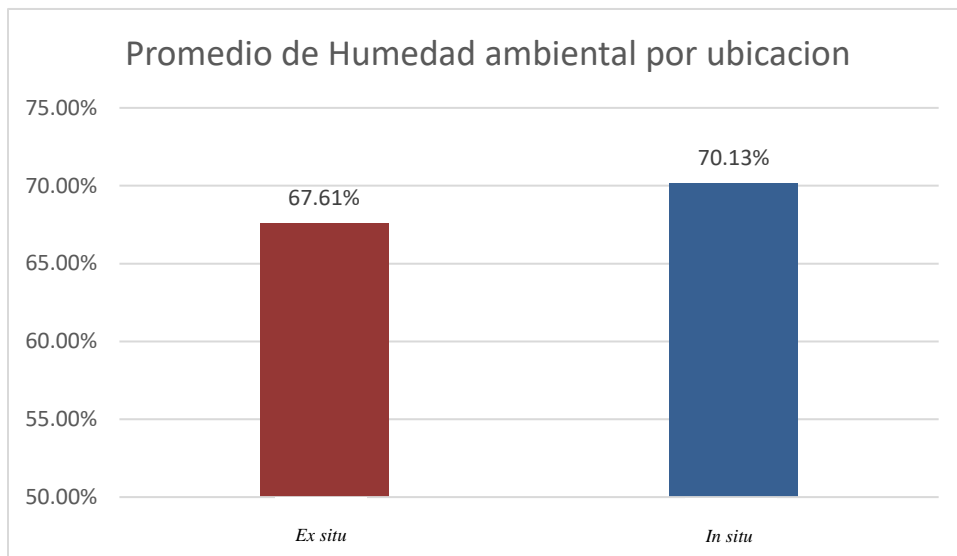
### 3.5.9. Humedad ambiental de los nidos *in situ* y *ex situ*.

El promedio de la humedad ambiental para los nidos *ex situ* fue de  $67.61 \pm 0.39$  % mientras que en los nidos *in situ* fue de  $70.13 \pm 1.84$  % (tabla 14). El nido con el menor promedio fue Espino 1, con  $66.91 \pm 1.75$  % y el que obtuvo el mayor promedio fueron los nidos *in situ* Cajete 1 y 2 con  $70.56 \pm 1.53$  %, además, los que presentaron el mayor porcentaje fueron todos los nidos *in situ*

con 87 % y los que presentaron el menor porcentaje fueron todos los nidos *ex situ* con 34 %. Se observan los promedios de humedad ambiental por ubicación (Grafica 8).

**Tabla 14.** Promedios, máxima y mínima de humedad ambiental por nido.

Nidos	Humedad mínima (%)	Promedio de Humedad (%)	Humedad máxima (%)	Desviación estándar (%)
<i>Ex situ</i>				
Costa azul	34	67.95	84	7.49
Espino 1	34	66.91	80	7.16
Espino 2	34	67.30	80	7.25
Tacachol 1	34	67.46	80	7.03
Tacachol 2	34	68.25	84	7.04
Tacachol 3	34	67.46	80	7.01
Tacachol 4	34	67.58	80	7.04
Tacachol 5	34	67.95	84	7.00
<i>In situ</i>				
Cajete 1	44	70.56	87	7.05
Cajete 2	44	70.56	87	7.05
Costa azul	49	69.27	87	7.02



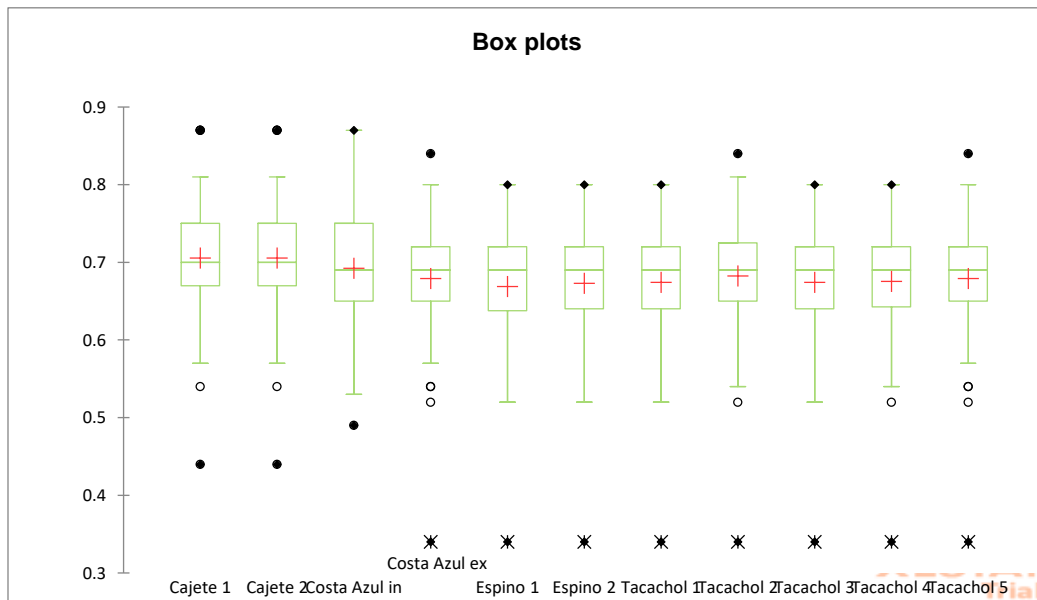
**Grafica 8.** Promedios de humedad ambiental por ubicación.

Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medias de la humedad ambiental entre todos los nidos como se muestra los resultados (Tabla 15), el valor observado de K (20.333)

es mayor al valor crítico (18.307), debido a que el valor de  $p$  (0.026) es menor que el nivel de significancia (0.05), se determina que la humedad ambiental no posee diferencia significativa entre los nidos. Se observa como las medias de la humedad ambiental es similar entre los nidos (Grafica 9).

**Tabla 15.** Resultados de prueba de Kruskal-Wallis de la humedad ambiental por nido.

K (Valor observado)	20.333
K (Valor crítico)	18.307
GL	10
valor-p (unilateral)	<b>0.026</b>
alfa	0.05



**Grafica 9.** Box plots de promedios de humedad ambiental por nido.

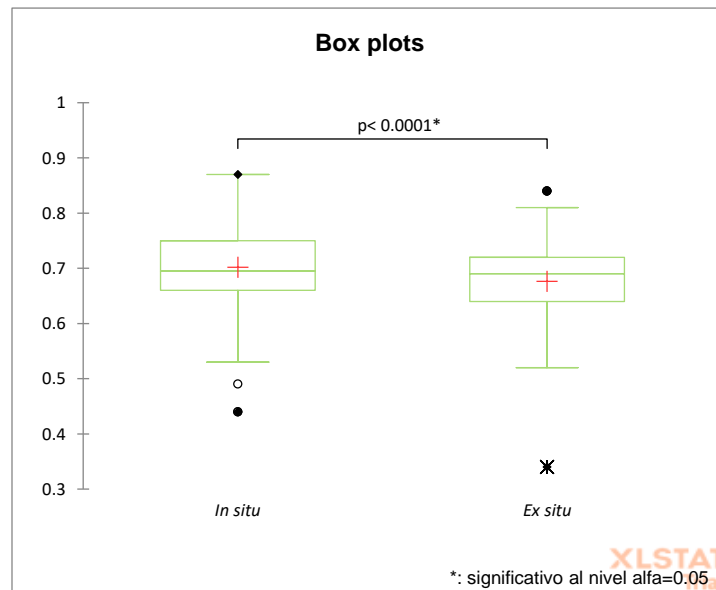
Al realizar la prueba de Mann-Whitney entre la humedad ambiental de nido *in situ* y *ex situ* como se muestra (Tabla 16), se determina que hay una diferencia significativa, aunque el  $U$  observado (80965) es mayor al  $U$  esperado debido a que el valor de  $p$  ( $<0.0001$ ) es mucho menor

que el nivel de significancia (0.05), por lo que se considera que son significativamente diferentes.

También se observa que en el Box plots las medias son diferentes (Grafica 10).

**Tabla 16.** Resultados de prueba de Mann-Whitney por ubicación.

U (observado)	80965
U (estandarizado)	4.102
Valor esperado	68400
Varianza (U)	9383537.821
valor-p (bilateral)	<b>&lt;0.0001</b>
alfa	0.05



**Grafica 10.** Box plots de promedios de humedad ambiental por ubicación.

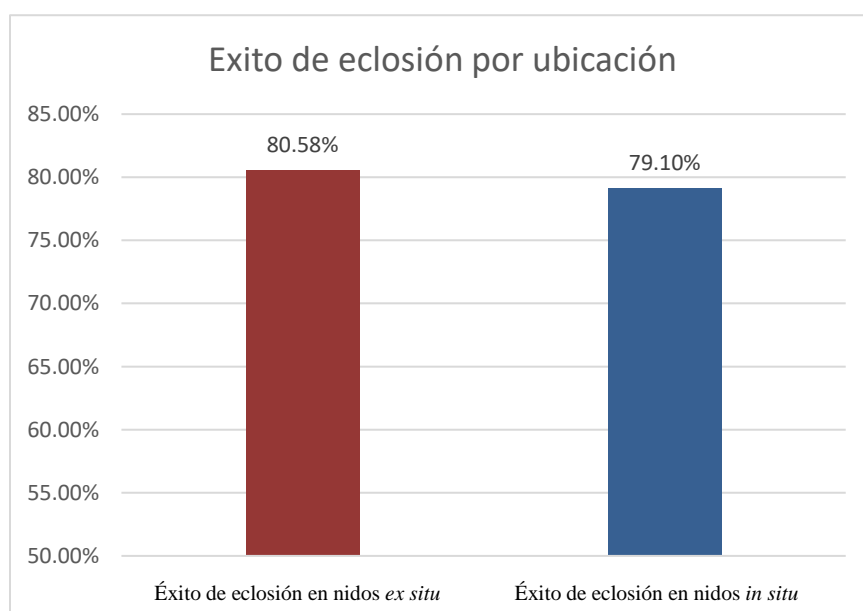
### 3.6. Porcentaje de eclosiones.

De los 309 huevos provenientes de las 11 nidadas, 242 fueron trasladados al vivero y 67 permanecieron en su entorno natural. El total de huevos eclosionados fueron 248, lo que representó un **80.26 %** de éxito. Los huevos eclosionados en los nidos *in situ* fueron 53/67, obteniendo un éxito de eclosión de **79.10 %**, mientras que en los nidos *ex situ* eclosionaron 195/242, logrando un

porcentaje de éxito de **80.58 %**. El nido con el menor porcentaje de eclosión fue Tacachol 3 con un 38.89 % y el que obtuvo el mayor porcentaje de nacimientos fue Tacachol 1 con 97.06 % (Tabla 17). Se presenta la comparación de éxito de eclosiones por ubicación (Gráfica 11).

**Tabla 17.** Porcentaje de éxito de eclosiones.

Nidos	Cantidad de huevos	Sin eclosionar	Eclosionados	Porcentaje de eclosión
<i>Ex situ</i>				
Costa azul	32	13	19	59.38 %
Espino 1	34	6	28	82.35 %
Espino 2	31	2	29	93.55 %
Tacachol 1	34	1	33	97.06 %
Tacachol 2	30	3	27	90.00 %
Tacachol 3	18	11	7	38.89 %
Tacachol 4	27	3	24	88.89 %
Tacachol 5	36	8	28	77.78 %
<i>In situ</i>				
Cajete 1	14	3	11	78.57 %
Cajete 2	36	8	28	77.78 %
Costa azul	17	3	14	82.35 %

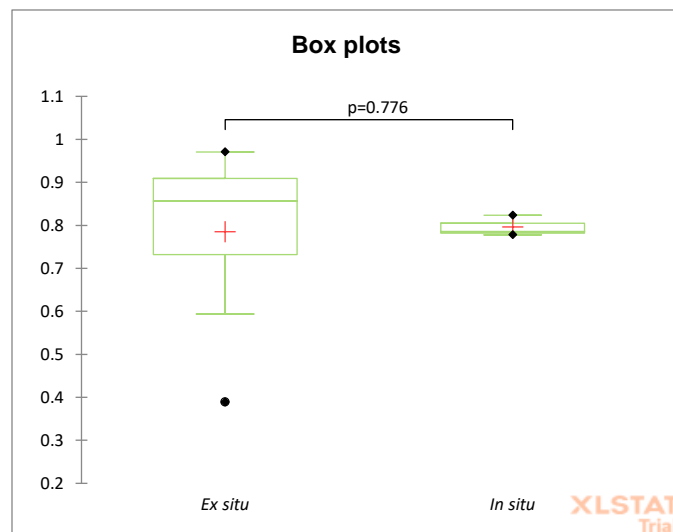


**Gráfica 11.** Éxito de eclosiones por ubicación.

Se le aplico la prueba de Mann-Whitney a los porcentajes de eclosión por ubicación para determinar qué tan similares son, dando como resultado que no difieren entre sí (Tabla 18), debido a que el valor de U (15) es muy cercano al valor esperado (12) junto con una U estandarizada de 0.000 indica que no hay diferencia significativa, confirmándose con el hecho de que el valor de p (0.776) supera el nivel de significancia (0.05), en el Box plots se aprecia que las medias del porcentaje de eclosión son iguales, no obstante por la cantidad de datos, la ubicación *ex situ* presenta una mayor dispersión (Grafica 12).

**Tabla 18.** Resultados de prueba de Mann-Whitney por ubicación

U (observado)	15
U (estandarizado)	0.000
Valore esperado	12
Varianza (U)	23.782
valor-p (bilateral)	0.776
alfa	0.05

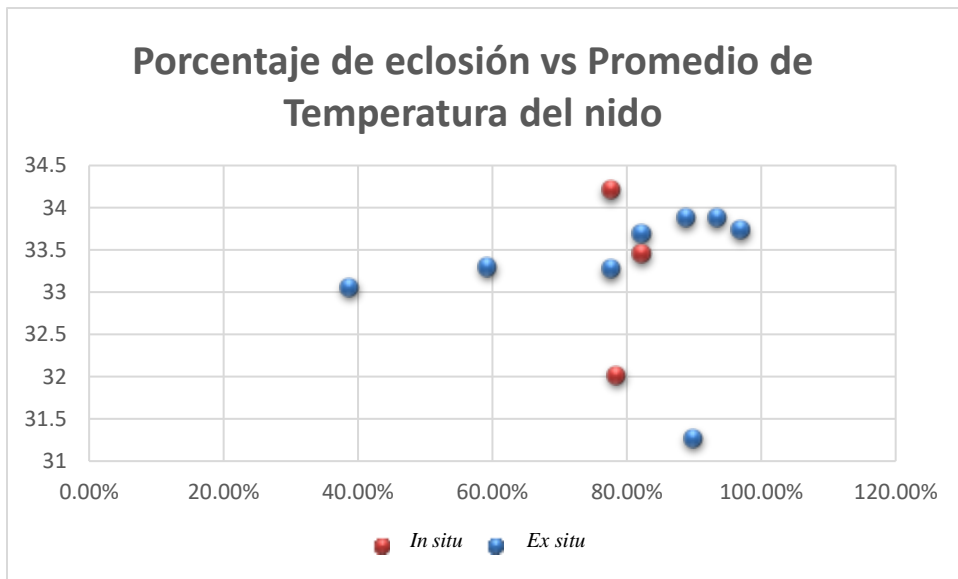


**Grafica 12.** Box plots del éxito de eclosiones por ubicación.



Al comparar la temperatura promedio de los nidos tanto *in situ* como *ex situ* versus los porcentajes de eclosión se puede observar que hay un mayor porcentaje de eclosiones en temperaturas promedios de entre 33.2-34 °C (Grafica 13).

En el caso de los nidos *in situ* se obtuvo el mejor porcentaje de éxito de eclosiones a una temperatura promedio de 33.45 °C, mientras que en el caso de los nidos *ex situ* se observa una mayor dispersión por la cantidad de la muestra, obteniendo que en las temperaturas más elevadas (mayores a 33.2 °C) se obtuvo el mejor porcentaje de eclosión con excepción de Tacachol 2, que a pesar de poseer el menor promedio de temperatura de nido (31.26 °C) obtuvo un alto porcentaje de eclosión (90 %).

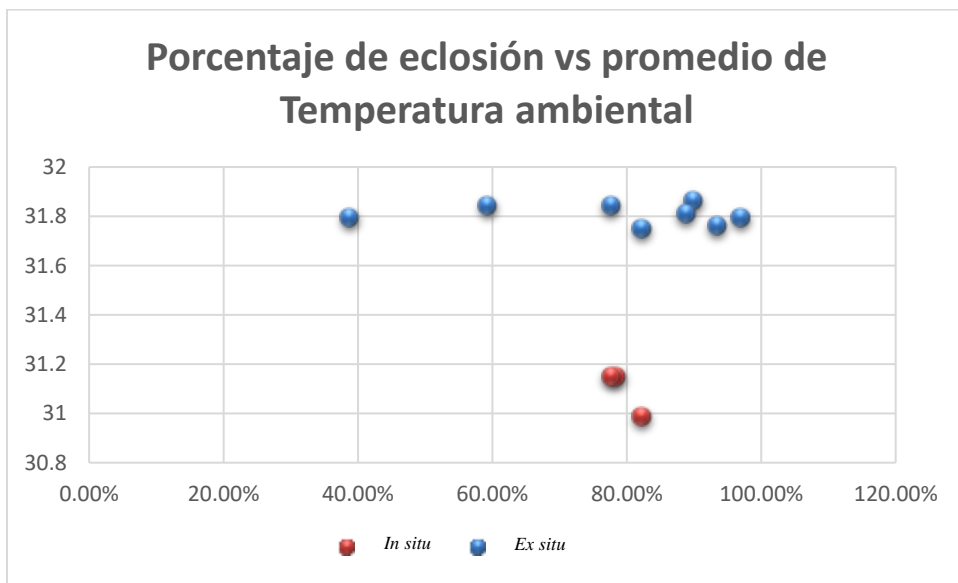


**Grafica 13.** Promedio de temperatura del nido versus porcentaje de eclosión.

En el caso de la temperatura promedio ambiental, al compararla versus el porcentaje de eclosiones se puede notar que hay una mayor cantidad de eclosiones de nidos *ex situ* en intervalos de 31.7 a 31.9 °C, mientras que en los nidos *in situ* están en rangos de 30.9 a 31.1 °C (Grafica 14),

respaldando la prueba de Mann-Whitney que menciona que hay una diferencia significativa de medias de temperatura ambiental por ubicación.

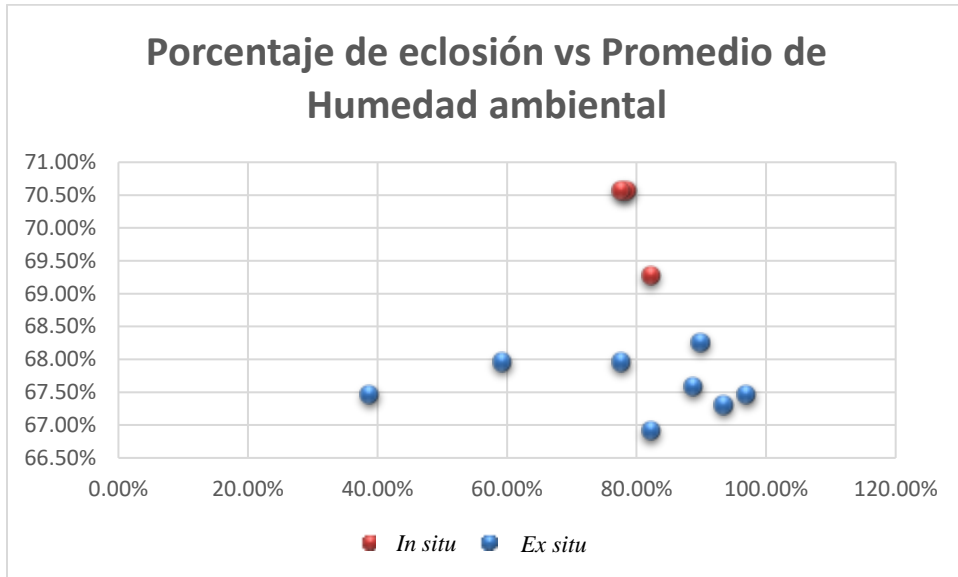
Se denota que en los nidos *in situ* se poseía una temperatura ambiental menor en intervalos de entre 30.98 y 31.15 °C con un éxito de eclosión de entre 77.78 y 82.35 %, notando que en los nidos *ex situ* donde la temperatura ambiental era mayor, se dieron los mayores porcentajes de eclosión.



**Grafica 14.** Promedio de temperatura ambiental versus porcentaje de eclosiones.

En el caso de la comparación del promedio de humedad ambiental versus el porcentaje de eclosión, se puede observar que hay una mayor cantidad de nacimientos en los nidos *ex situ* en intervalos de entre 67-68 %, mientras que en los nidos *in situ* los rangos están entre 69.2-70.5 % de humedad ambiental (Grafica 15), comprobando la prueba de Mann-Whitney que menciona la diferencia de medias de humedad ambiental que existe entre los nidos *in situ* y *ex situ*.

Los nidos *in situ* poseen un mayor porcentaje de eclosion cuando la humedad ambiental está entre 69-70.56 %, mientras que en los nidos *ex situ*, el mayor éxito de eclosión se observó a una humedad ambiental menor a 68 %.



**Grafica 15.** Promedio de humedad ambiental versus porcentaje de eclosiones.

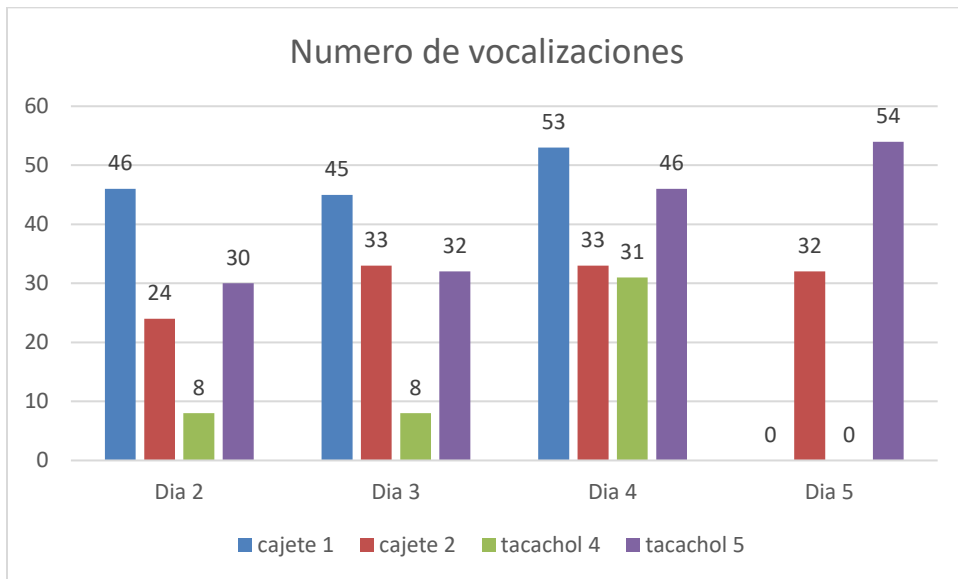
### 3.7. Toma de parámetros acústicos en las vocalizaciones de los preneonatos durante la eclosión.

En los nidos monitoreados para la toma de vocalizaciones (dos *ex situ* y dos *in situ*), las grabaciones fueron analizadas desde el segundo día debido a que las vocalizaciones del primer día de todos los nidos fueron imperceptibles para los programas utilizados.

Los nidos que se monitorearon en un plazo de cuatro días fue porque en cajete 1 llegó el cocodrilo hembra al nido durante la noche a sacar los preneonatos (anexo 3), en cambio en Tacachol 4 fue por recomendación de los Guarda Recursos debido a que en los primeros tres días

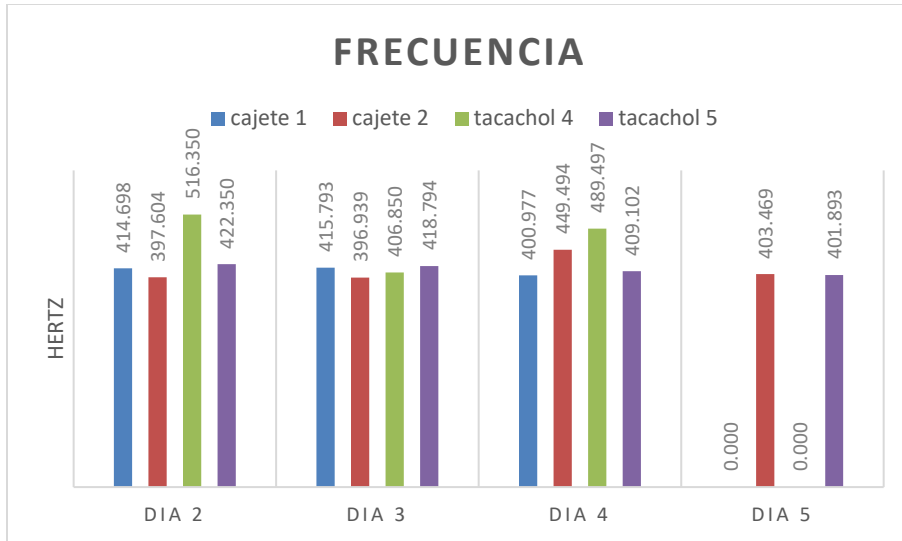
hubo pocas vocalizaciones. Los parámetros acústicos se tomaron por separado para realizar una mejor comparación.

Se obtuvo un total de 144 vocalizaciones para Cajete 1 con un promedio de  $14.3 \pm 1.15$  s de audio por día durante tres días, Cajete 2 obtuvo un total de 122 vocalizaciones con un promedio por día de  $13 \pm 1.63$  s durante cuatro días, Tacachol 4 obtuvo 47 vocalizaciones con un promedio de  $9 \pm 2.64$  s por cada día durante tres días y Tacachol 5 obtuvo 162 vocalizaciones con un promedio de  $17 \pm 3.16$  s por día durante cuatro días. Al comparar las vocalizaciones diarias de todos los nidos, se observó que el cuarto día presentó el mayor número de vocalizaciones (grafica 16).



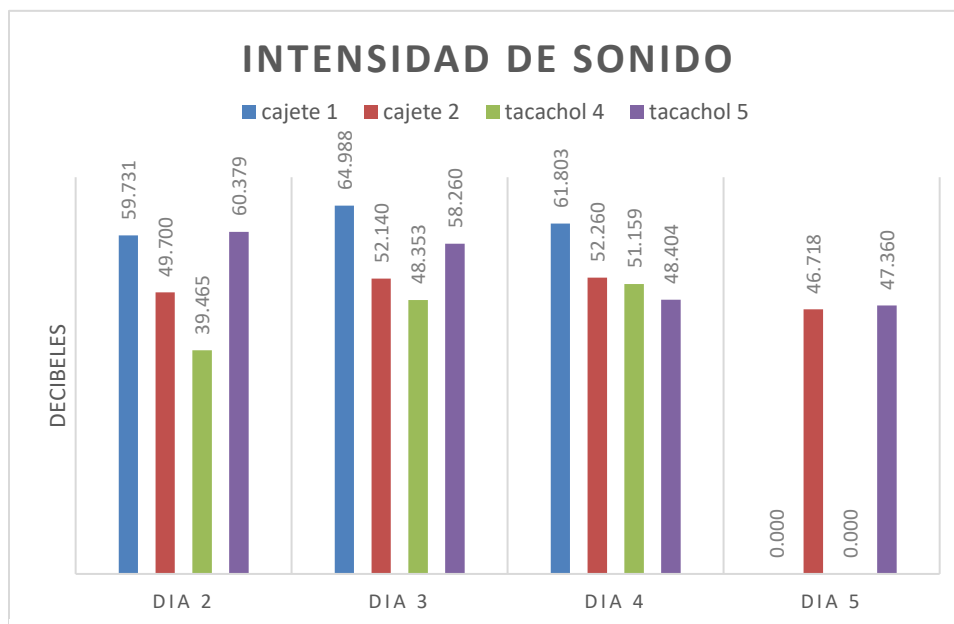
**Grafica 16.** Numero de vocalizaciones por día.

En el caso de la frecuencia que es medida en Hertz (Hz), se obtuvo que la mayor frecuencia se dio el segundo día con un promedio de  $516.35 \pm 82.76$  Hz proveniente del nido Tacachol 4, aunque en el cuarto día se puede observar que en Cajete 2 y Tacachol 4 sobrepasaron por mucho los 400 Hz en comparación con Cajete 1 y Tacachol 5 (Grafica 17).



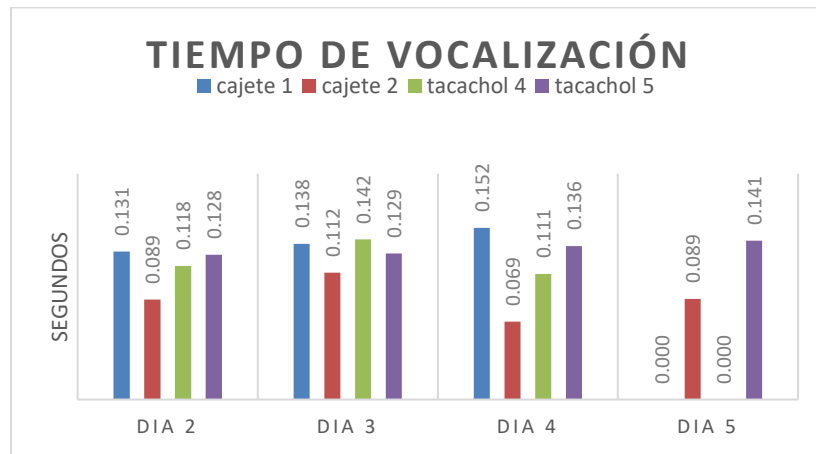
**Grafica 17.** Frecuencia de las vocalizaciones por día.

En la intensidad de sonido, la cual es medida en decibeles (dB) se obtuvo que la vocalización más elevada al oído humano fue de Cajete 1 en el tercer día, con un promedio de  $64.98 \pm 4.84$  dB, de igual manera en los cuatro nidos hay mayor intensidad en las vocalizaciones en comparación a los demás, aunque en el cuarto día la actividad es bastante similar; a su vez se obtuvo que en el segundo día fue el menor valor con un promedio de  $39.46 \pm 5.56$  dB proveniente de Tacachol 4 (Grafica 18).



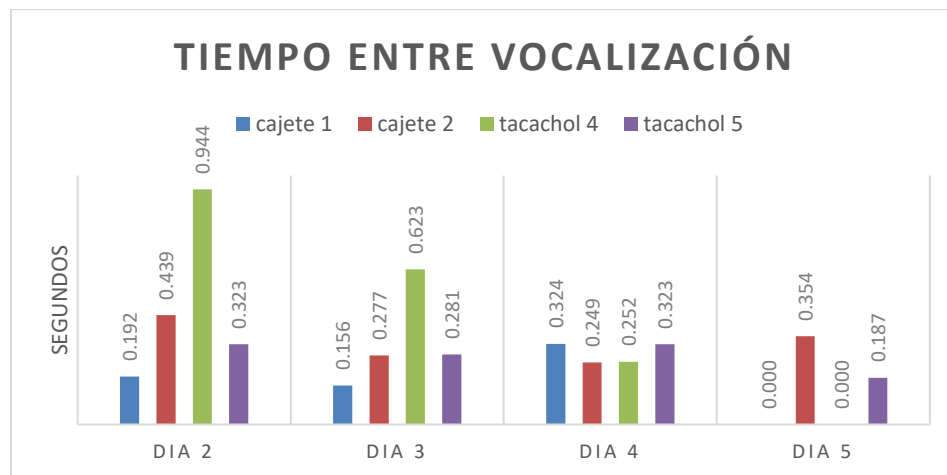
**Grafica 18.** Intensidad de sonido de las vocalizaciones por día.

En el tiempo de vocalización se pudo registrar que la mayor duración de una llamada se dio en el cuarto día con un promedio de  $0.152 \pm 0.050$  s proveniente del nido cajete 1. Sin embargo, en el tercer día se pudo observar que la duración de las llamadas en todos los nidos a excepción de cajete 2 es bastante similar obteniendo una mayor actividad (Grafica 19).



**Grafica 19.** Tiempo de las vocalizaciones por día

El tiempo que transcurría entre cada vocalización fue mayor en el segundo día debido a que hay menos vocalizaciones en todos los nidos, llegando a obtener un promedio de  $0.94 \pm 0.64$  s en Tacachol 4. En el cuarto día, los intervalos entre cada llamada se redujeron en los cuatro nidos demostrando una mayor actividad dentro de ellos (Grafica 20).



**Grafica 20.** Tiempo entre vocalizaciones por día.

## CAPITULO IV: DISCUSIÓN

### 4.1. Tiempo de incubación.

En el sitio RAMSAR Barra de Santiago, los nidos *ex situ* de *Crocodylus acutus* presentaron valores similares observados en Bahía Portete, La Guajira, Colombia, con un promedio de incubación de  $76.1 \pm 7.2$  días con un intervalo de 62-89 días (Gómez-González, Narváez-Barandica, Báez, & Patiño-Flores, 2016), pero fueron distintos a los observados en la desembocadura del río Cuitzmala, Jalisco, México ya que el periodo de incubación varió entre 80 y 90 días, con un promedio de 83 días (CASAS-ANDREU, 2003).

En varias especies de cocodrilos se ha demostrado que la duración de la incubación se reduce a medida que la temperatura de incubación aumenta (Hutton y Webb 1992, Allsteady y Lang 1995, Aguilar-Miguel 1994) cit. por (CANTÓN, 2015), es por esta razón que en los nidos *in situ* y *ex situ* el promedio de días de incubación fue relativamente más corto que en el de río Cuitzmala, Jalisco, México.

Los tiempos de incubación entre cada nidada fueron variando debido a diversos factores, pero el más influyente fue la temperatura del nido, se observó que el nido Tacachol 2 obtuvo el mayor periodo de incubación con 84 días monitoreados desde que se encontró, además, de que es el nido con el menor promedio de temperatura; en contraste tenemos a Cajete 2, con el menor periodo de incubación y el promedio de temperatura más alto, para realizar esta comparación no se toma en consideración Costa Azul *in situ* ya que se estima que tenía más de una semana de haber desovado la hembra al momento de ser encontrada la nidada por los Guarda Recursos.

## 4.2. Cantidad y biometría de los huevos.

El promedio de huevos obtenidos en este estudio ( $28.09 \pm 8.04$ ) son similares a los que se obtuvieron en Bahía Portete, La Guajira, Colombia obteniendo un promedio por nido de  $28.4 \pm 6.63$  (Gómez-González, Narváez-Barandica, Báez, & Patiño-Flores, 2016), al igual que los obtenidos en la desembocadura del río Cuitzmala, Jalisco, México, en donde el promedio fue de ( $27.9 \pm 13.2$ ) (CASAS-ANDREU, 2003), pero fue distinto el promedio dado en Machiques de Perijá, Zulia-Venezuela el cual fue de  $32,4 \pm 6,4$  (Larreal, 2010) teniendo en cuenta que fueron tres nidadas menos que las encontradas en este estudio.

Este resultado se pudo haber dado debido a que en las dos locaciones mencionadas puede ser que haya ejemplares de tallas similares debido a que la longitud total de la hembra está relacionada significativamente con el número de huevos (Thorbjarnarson, 1996; Casas-Andreu, 2003; Pérez y Escobedo-Galván, 2005) citado por (Larreal, 2010).

Los valores promedio del largo y ancho de los huevos que se obtuvieron ( $7.71 \pm 0.25$  cm y  $4.64 \pm 0.12$  cm respectivamente) es ligeramente superior en el promedio de largo a los registrados en Machiques de Perijá, Zulia-Venezuela (largo: 75,2 mm y ancho: 46,2 mm) (Larreal, 2010), mientras que en Cuitzmala, Jalisco, México, los resultados fueron aun menores, en donde el promedio fue de largo:  $74.6 \pm 4.2$  mm y ancho:  $45.5 \pm 2.0$  mm (CASAS-ANDREU, 2003).

Los valores observados en el tamaño de los huevos depositados pudieran deberse a que dependen de las características físicas y fisiológicas de las hembras, tales como edad, estadio de madurez, talla, alimentación, estrés ambiental y competencia con otros cocodrilos por el espacio (Casas-Andreu y Guzmán-Arroyo, 1970; Casas-Andreu, 2003) cit. por (CASAS-ANDREU, 2003).



### 4.3. Vegetación y factores físicos de los nidos.

La vegetación encontrada en las ubicaciones de las nidadas *in situ* demuestran la teoría de (DE LA OSSA, 2002), en donde menciona que los lugares de puesta de *Crocodylus acutus* están constituidos por playas cercanas a matorrales o arbolados después de una franja arenosa desnuda. La vegetación predominante fue el coco (*Cocos nucifera*), ixcanal (*Acacia hindsii*), mangle rojo (*Rizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), icaco (*Crysobalanus icaco*) y mango (*Mangifera indica*) en la mayoría del área de estudio. (CASAS-ANDREU, 2003) Observó que en el río Cuitzmala, Jalisco, México la vegetación circundante la constituyen, principalmente, los carrizos (*Phragmites australis*) y en las zonas con variaciones en la salinidad del agua se encuentra el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), entre otro tipo de vegetación que fue diferente a la encontrada en este estudio, encontrándose una situación un poco diferente debido al ecosistema trabajado y también a la flora introducida en los distintos lugares.

La presencia de abundante de flora introducida como el coco (*Cocos nucifera*) y el mango (*Mangifera indica*) las cuales son especies apreciadas comercialmente para el consumo de la fruta, nos indica que las poblaciones humanas se adentran y apropian de sitios donde históricamente el cocodrilo americano anida, tomando en cuenta que es una especie con una fuerte filopatría, esto genera un desplazamiento de la especie lo cual pone en peligro tanto a la supervivencia de ésta como la seguridad humana, ya que se adentran a territorio de anidación del cocodrilo para recolectar la producción de frutos y perturban el entorno natural del ecosistema, teniendo mayores riesgos en la temporada de anidación y eclosión, sobre todo en horas crepusculares que es cuando tienen mayor actividad los cocodrilos.

En las zonas de anidación naturalmente debería de haber abundancia de flora nativa como

el mangle rojo (*Rizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) los cuales son característico de los manglares cuando no hay intervención humana, además de que en las áreas cercanas a los nidos no se observó el botoncillo (*Conocarpus erectus*) el cual como menciona el (Ministerio de Medio Ambiente, 2025) es mucho más frágil y está a punto de llegar a la categoría “en peligro de extinción”, este se encuentra en las áreas transitorias entre bosque dulce y bosque salado.

#### **4.4. Parámetros ecológicos.**

##### *4.4.1. Temperatura del nido.*

La temperatura promedio de los nidos *in situ* y *ex situ* tomadas durante la investigación no tuvieron una diferencia significativa según la prueba de Mann-Whitney siendo de  $33.26 \pm 0.79$  °C para el caso de los nidos *ex situ*, mientras que los nidos *in situ* fue de  $33.22 \pm 2.76$  °C en ambos casos la temperatura osciló entre 29 y 38 °C, esto pudo haber ocurrido porque las condiciones ambientales en las que se encuentra el vivero “El Zapatero” son muy parecidas a las que inciden en los nidos que quedan en vida libre, además de las intervenciones realizadas para controlar la temperatura, tal es el caso de la colocación de sombra, obteniendo de este modo temperaturas muy similares en ambos casos.

Los resultados obtenidos en este estudio son distintos a los que se obtuvieron en La Encrucijada (México) que estuvieron entre 24.3 y 36.5°C (Gonzales Desales, Monroy Vilchis, Zarco González, & Charruau, 2016) también difiere a los resultados obtenidos en Venezuela, siendo el promedio de 29,84 °C, variando desde 28,9 °C hasta 31,5 °C (Larreal, 2010). La diferencia en las temperaturas se pudo dar debido al clima que poseen las zonas en donde se realizaron los estudios y a la sombra que recibieron durante el periodo de incubación.

La temperatura interna de la cámara del nido es uno de los factores ecológicos más importantes e influyentes en el desarrollo embrionario de los neonatos y se ve influenciado por diversos factores tales como el tipo de sustrato, pH, cercanía a la vegetación y cuerpo de agua, cantidad de huevos, profundidad de los huevos, temperatura y humedad ambiental. Se considera bastante relevante y un factor controlable en los nidos *ex situ* ya que no solo puede reducir o aumentar el tiempo de incubación, sino que también el éxito de eclosión, ya que temperaturas demasiado elevadas aceleran el proceso metabólico del desarrollo embrionario lo cual puede conducir a mal formaciones especialmente en las primeras etapas de formación en donde es más susceptible, en cambio si la temperatura es muy baja no se tiene suficiente energía para llevar a la formación completa del embrión, lo que ocasiona la pérdida de la nidada, además de que como en la mayoría de reptiles puede afectar en el sexo de los neonatos, por eso es crucial mantenerlo en un intervalo idóneo para brindar un manejo adecuado a la incubación.

Esto presenta un desafío y ventaja para el manejo de corrales de incubación de *Crocodylus acutus*, ya que el poder controlar las temperaturas de los nidos *ex situ* mediante la colocación de sombra artificial da la posibilidad de mantener la temperatura interna del nido en intervalos idóneos y evitando cambios bruscos que pueden afectar el desarrollo embrionario, pero esto mismo sin el manejo adecuado puede ocasionar la pérdida de la nidada, en nuestro caso sucedió que no se le colocó sombra en la primera semana de incubación al nido de Tacachol 3, lo que pudo ocasionar mal formaciones debido a las temperaturas elevadas que presentó al inicio del periodo de incubación, aunque para tener mayor claridad sobre este fenómeno también es importante hacer estudios genéticos y a las condiciones químicas del agua en la isla Tacachol, debido a antecedentes de mal formaciones en años pasados y a la presencia de cultivos de caña de azúcar en la zona, lo cual afecta en la gran medida la salud del ecosistema por los lixiviados que se liberan al entorno

debido a los agroquímicos.

#### 4.4.2. *Temperatura ambiental.*

En el caso de la temperatura ambiental se obtuvo un promedio de  $31.81 \pm 0.03$  °C para los nidos *ex situ* y de  $31.09 \pm 0.25$  °C en los nidos *in situ*, en donde se determinó que tienen una diferencia significativa al realizar la prueba de Mann-Whitney.

Esta diferencia se debe a la ubicación en donde se encontraban los nidos, observando que en los lugares en donde se encontraban los nidos *ex situ*, había una tendencia a tener temperaturas más elevadas según lo registrado con la aplicación "The weather channel", además de que afectó las medias de los nidos la cantidad de datos por el periodo de incubación que se presentó en cada ubicación, siendo mayor en los nidos *ex situ*.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son diferentes a los obtenidos en La Encrucijada (México) donde la temperatura media del aire bajo sombra fue de  $28.52 \pm 3.05$ °C (Gonzales Desales, Monroy Vilchis, Zarco González, & Charruau, 2016) y siendo similar el promedio de los nidos *ex situ* a las observadas en Quitina Roo (México)  $31.8 \pm 4.26$  °C (Charruau & Hanuat, 2012) con la diferencia de que se posee mayores oscilaciones.

Siendo este un factor que incide directamente en la temperatura interna de la recámara del nido, se debe tener en consideración para los estudios de anidación de *Crocodylus acutus*, cuando se realizó el estudio se determinó mediante la prueba de Mann-Whitney que se tiene una diferencia significativa entre ubicaciones, lo cual se puede deber a la distancia; ya que al hacer los recorridos para tomar las temperaturas transcurría tiempo en el cual podría variar la temperatura del entorno.

#### 4.4.3. Humedad ambiental.

El promedio de la humedad ambiental para los nidos *ex situ* fue de  $67.61 \pm 0.39$  % mientras que en los nidos *in situ* fue de  $70.13 \pm 1.84$  %, al realizar la prueba de Mann-Whitney se determinó que las ubicaciones son significativamente diferentes y ambas difieren a la que se presentó en La Encrucijada (México) en donde se obtuvo una humedad relativa media de  $80.28 \pm 14.64$  % (Gonzales Desales, Monroy Vilchis, Zarco González, & Charruau, 2016).

La humedad ambiental se ve influenciada por diversos factores como la vegetación, la temperatura ambiental y la evaporación de los cuerpos de agua cercanos. En el caso de los nidos *in situ*, se observó un promedio de humedad más alto debido a su proximidad a cuerpos de agua expuestos a radiación solar directa. Por esta razón la humedad era mayor en los nidos *in situ* en comparación con los nidos *ex situ*.

También está el hecho de que la humedad ambiental es inversamente proporcional a la temperatura ambiental, ya que mientras mayor es la temperatura ambiental, permite que el ambiente acepte mayores concentraciones de agua disuelta en el entorno, lo que ocasiona que el porcentaje de humedad disminuya, mientras que cuando la temperatura ambiental baja ocasiona que el medio acepte menores concentraciones de agua disuelta, lo que genera que el entorno se sature más rápido y el porcentaje de humedad ambiental aumente.

Este parámetro influye debido a que el cascaron del huevo de *Crocodylus acutus* tiene pequeños poros en los cuales intercambia difusión humedad con el entorno, por lo cual al tener demasiada humedad puede ocasionar hipoxia embrionaria del huevo y si es muy baja puede ocasionar deshidratación o desecación del huevo lo cual puede ocasionar la muerte embrionaria.

#### 4.5. Porcentaje de eclosiones.

El porcentaje de eclosión en los nidos *ex situ* fue más alto que en las *in situ* debido a que en el vivero “El zapatero” se lleva un monitoreo constante y se realiza intervenciones para asegurar que los nidos posean una temperatura constante sin cambios bruscos que podrían afectar el desarrollo embrionario, evitándose también los peligros antropogénicos y naturales que corren los nidos en vida libre (depredación, saqueo de nidos, quema de nidos).

Durante el periodo de eclosiones se dio el caso de nacimientos tardíos en los nidos *ex situ*, tal es el caso de Tacachol 1 que se auxilió el nacimiento de los neonatos durante la mañana y posteriormente en la tarde 3 huevos empezaron a eclosionar, también ocurrió lo mismo con el nido de Costa Azul *ex situ*, que dos días después de ser desenterrados ocurrieron dos eclosiones más, cabe mencionar que no se tomaron en cuenta la viabilidad de los huevos al momento de incubarlos, por lo que el porcentaje de éxito de eclosión podría haber disminuido, debido a que los huevos infértiles no se deben incubar ya que representarían en un futuro cercano una fuente de contaminación (Xóchitl Aguilar & Casas-Andreu, 2017).

En el caso de Cajete 1 se perdieron dos huevos debido a que uno se rompió durante la búsqueda de los nidos y en otra ocasión por la madrugada la nidada fue intervenida por mapaches en donde se encontraron siete huevos fuera del nido y uno depredado, se volvieron a colocar en el nido los huevos que se encontraban afuera para no perder datos y contribuir a preservar la especie (Anexo 4).

En la nidada de Cajete 2, el cocodrilo hembra no llegó a sacar a los preneonatos, por lo que se tomó la decisión de sacarlos del nido al quinto día, debido a que si pasaban más días la nidada podría haber corrido el riesgo de perderse. La nidada obtuvo 28 huevos eclosionados de 36, con

un porcentaje de éxito del 77.78 %, no obstante, luego de sacar los neonatos del nido, murieron cuatro; posiblemente por la falta de oxígeno ya que al momento de desenterrar la nidada había dos neonatos con más de medio cuerpo fuera del huevo intentando salir.

En el nido de Costa Azul *in situ* también ocurrió lo mismo, el cocodrilo hembra no llegó a sacar los huevos, aunque si llegaba a observarlo por la noche, pero nunca se acercó al nido para extraerlos, por lo que de la misma manera se tomó la decisión de sacar los preneonatos en el quinto día, en donde se obtuvo 14 huevos eclosionados de 17, obteniendo así el 82.35 % de éxito de eclosión.

Este comportamiento de abandono de nido se ha observado en otros lugares tal es el caso en Banco Chinchorro que durante el estudio se encontraron 42 nidos de cocodrilos americano, de los cuales 23 (54,76 %) fueron excavados por un cocodrilo. En una ocasión (2,38 %) un cocodrilo inició la excavación, pero no la terminó. En cinco ocasiones (11,90 %) no fue posible determinar si un cocodrilo adulto excavo durante la eclosión. Trece nidos (30,95 %) no recibieron ayuda de un cocodrilo adulto durante la eclosión de estos, nueve que contenían óvulos, mostraron signos de muerte embrionaria temprana y cuatro con unas pocas crías completamente desarrolladas, algunas muertas y otras vivas (Charruau & Hanuat, 2012). El abandono del nido pudo haber ocurrido ya sea porque el cocodrilo hembra haya puesto por primera vez o porque tenga el hábito de dejar abandonado su nidada, ya que en el nido de “cajete 2” ya son dos años seguidos que sucede esto (J. Pérez, comunicación personal, 1 de diciembre de 2024).

En el caso del nido Tacachol 3, el porcentaje de eclosión fue muy bajo y aparecieron neonatos con mal formaciones que murieron a los minutos de nacer ya que en la isla Tacachol ha habido casos de mal formaciones desde hace varios años según observaciones de los Guarda

Recursos, pudiendo ser que la hembra que desovó tenga problemas genéticos. Mientras que en el nido de Costa Azul *ex situ*, se obtuvo un bajo porcentaje de eclosiones debido a que en las primeras semanas presento temperaturas más elevadas (de hasta 37° C) por estar más expuestos al no recibir sombra, por tal motivo se les colocó sombra y esto hizo que el promedio de temperatura disminuyera, no obstante ya había afectado en las primeras etapas de desarrollo embrionario, como indica (Charruau 2010) citado por (CANTÓN, 2015) las temperaturas extremas o las anormalidades hídricas (abajo del 70 % de humedad) son causa de malformaciones en los embriones. En los cocodrilianos las temperaturas límites viables de incubación (29°C, 34°C o 36°C) son responsables de los altos porcentajes de malformaciones, incluyendo entre estos la microcefalia, oído interno, malformaciones cerebrales, sindáctila, cola enrollada, lomo torcido, hermafroditismo, albinismo, duplicación de miembros, ausencia de cola y mandíbula inferior sobresaliente.

Los resultados obtenidos en esta investigación son menores a los obtenidos en La Encrucijada (México) que tuvo un éxito de eclosión de 82.80 % (Gonzales Desales, Monroy Vilchis, Zarco Gonzalez, & Charruau, 2016) y mayor al que se obtuvo en Zulia (Venezuela) en donde de 256 huevos, 193 fueron sometidos a incubación controlada, de estos eclosionaron un total de 140 individuos, esto representa un porcentaje de eclosión total de 72,54 % (Larreal, 2010) y también superior al reportado en (México) donde el éxito de eclosión fue de 75.60 %. En Palmasola se registraron 103 huevos, donde se obtuvieron 92 huevos fértiles (89.3 %), 9 infértiles (8.7 %) y 2 (1.9 %) sufrieron ruptura durante la búsqueda del nido con un éxito de eclosión del 72.20 %. (Cedilla Leal, Garcia Grajales, Martinez Gonzalez, Briones Encinia, & Cienfuegos Rivas, 2013).



#### **4.6. Toma de parámetros acústicos en las vocalizaciones de los preneonatos durante la eclosión.**

Los resultados obtenidos en esta investigación son comparables con los de (Larreal, 2010) respecto a la frecuencia parecida que obtuvieron, aunque la diferencia que hay pudo haber sido por los instrumentos utilizados. Los promedios de tiempos de las vocalizaciones, al igual que los tiempos entre llamadas o pujidos, son más cortos que los que se presentan en este trabajo, pero podría ser por la cantidad de individuos con la que se trabajó. Por otro lado, los otros parámetros que se trabajaron en esta investigación fueron consistentes y precisos.

En los cocodrilos la comunicación acústica inicia desde que es embrión, emitiendo sonidos poco antes de eclosionar conocidos como llamados pre-eclosionales, los cuales contienen información relevante tanto para sincronizar la eclosión, como para llamar la atención de la madre para abrir el nido (Herzog, 1975; Hunt, 1975; Garrick y Lang, 1977; Lang, 1992; Vergne y Mathevon, 2008) citado por (Camacho, 2013).

Los resultados obtenidos durante los cinco días de muestreo cumplen con lo que menciona (Lee, 1968) cit. por (Camacho, 2013), que en el proceso típico de eclosión en cocodrilianos, los llamados pre-eclosionales comienzan con sonidos débiles y una tasa de repetición lenta (llamado pre-eclosional inicial), pero en el transcurso del tiempo los sonidos se hacen intensos y la tasa de repetición es rápida hasta llegar al clímax (llamado pre-eclosional final) antes de emerger del huevo.

## CONCLUSIONES

- En los sitios de anidación del *Crocodylus acutus* de Barra de Santiago, la vegetación de los nidos *in situ* y *ex situ* predominan las poblaciones de árboles no nativos y arbustos de gran tamaño.
- Los factores ecológicos presentes en las anidaciones *in situ* y *ex situ* de *Crocodylus acutus*, juegan un papel importante en el éxito de eclosión porque son vulnerables a las adversidades como la depredación, inundaciones, altas temperaturas y abandono de nidos.
- La prueba de Mann-Whitney evidenció diferencias significativas en la temperatura y la humedad ambiental entre los nidos *in situ* y *ex situ*, lo que indica que el microclima de cada ubicación influye en la regulación térmica del nido.
- La prueba de Kruskal-Wallis permitió identificar variaciones en la temperatura de los nidos, lo que sugiere que la interacción entre temperatura y humedad ambiental puede afectar la estabilidad térmica del sustrato donde se incuban los huevos.
- Los huevos incubados *ex situ* presentaron mayor éxito de eclosión (80.58 %) en comparación con los incubados en los nidos *in situ* (79.10 %), además al aplicar la prueba de Man-Whitney se demostró que los porcentajes no difieren significativa debido a que la diferencia es mínima, aunque se determina que las condiciones controladas fuera del entorno natural favorecen positivamente las eclosiones, reduciendo el riesgo antropogénico y la depredación.
- El análisis de los parámetros acústicos reveló que el cuarto día se caracteriza por una mayor actividad vocal, evidenciada por el mayor número de vocalizaciones, una frecuencia más definida en cada llamada y un tiempo más reducido entre vocalizaciones.

## RECOMENDACIONES

- Monitorear regularmente los nidos *in situ* para garantizar su protección y concientizar a la población de la importancia ecológica que esta especie aporta.
- Tener un control de las fechas en que los huevos fueron depositados por el cocodrilo hembra para tener mayores precauciones en los nidos, sobre todo en las *in situ*, en donde se tiene antecedentes de abandono del nido.
- Aumentar el área de búsqueda de nidos *in situ* para realizar más investigaciones respecto a la ecología de anidación.
- Registrar la temperatura de los nidos *ex situ* dos veces al día para garantizar que se mantenga dentro del rango óptimo, favoreciendo un equilibrio en la proporción de machos y hembras.
- Instalar un techo de malla sombra en el corral de incubación para regular la entrada de luz solar y así controlar de mejor manera la temperatura en los nidos.
- Utilizar higrómetros para medir la humedad dentro de los nidos, dado que este parámetro influye en el éxito de las eclosiones al tener un impacto directo en el desarrollo embrionario y en la salud de los huevos.
- Tomar en cuenta la viabilidad de los huevos a la hora de incubarlos en el vivero “El Zapatero” para evitar contaminación de la nidada por huevos infértiles y obtener un mayor porcentaje de eclosiones.

- Utilizar Data Loggers para observar las variaciones de temperatura en los nidos durante todo el periodo de incubación y poder registrar mejores resultados en las anidaciones *ex situ*.
- Enfocar los esfuerzos de asistencia al nacimiento de los preneonatos durante el cuarto día, tanto en nidos *ex situ* como en los nidos *in situ*; para el último caso, monitorear el nido y asistir la nidada cuando no haya indicios de que el cocodrilo intervenga en las nidadas.
- Investigar el comportamiento de abandono de nidos presentes en algunos de los cocodrilos hembra de Barra de Santiago.

## REFERENCIAS

- Sigler , L., & Gallegos michel, J. (2017). *EL CONOCIMIENTO SOBRE EL COCODRILO DE MORELET*. Primera edicion.
- Avendaño, A. S. (2013). *Ecología poblacional, estudio de ámbito de hogar y abundancia de sitios de anidación para Crocodylus acutus (Cuvier, 1807) en la planta de procesos de níquel y su área de influencia directa, Finca Setal, El Estor, Izabal, Guatemala*.
- Camacho, H. M. (Abril de 2013). Eclosión grupal de los crocodylia: Decisión por consenso. 14. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/309153988>
- CANTÓN, D. A. (2015). *INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE INCUBACIÓN SOBRE LA SOBREVIVENCIA, MORFOLOGÍA Y SEXO DE LOS NEONATOS DE Crocodylus acutus*.
- CASAS-ANDREU, G. (2003). ECOLOGÍA DE LA ANIDACIÓN DE *CROCODYLUS ACUTUS* (REPTILIA: CROCODYLIDAE) EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CUITZMALA, JALISCO, MÉXICO. 111-128.
- Cedilla Leal, C., Garcia Grajales, J., Martinez Gonzalez, J. C., Briones Encinia, F., & Cienfuegos Rivas, E. (2013). Aspectos ecológicos de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en dos localidades de la costa de Oaxaca, México. *Acta zoologica mexicana*.
- Charruau, P., & Hanuat, Y. (2012). Nest attendance and hatchling care in wild American crocodiles (*Crocodylus acutus*) in Quitina Roo, Mexico. *ResearchGate*.
- CITES. (2019). *CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FLORA Y FAUNA SILVESTRES*.
- DE LA OSSA. (2002). *GUIA PARA EL MANEJO Y CRÍA DEL CAIMÁN DEL MAGDALENA O*

*CAIMÁN AGUJA* *Crocodylus acutus* (CUVIER).

Escobedo Galván, A. (2003). PERÍODOS DE ACTIVIDAD Y EFECTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES EN COCODRILOS. 5.

Gómez-González, J. J., Narváez-Barandica, J. C., Báez, L., & Patiño-Flores, E. (2016). Ecología de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en Bahía Portete, La Guajira, Colombia. *Biología Tropical*, 211-228.

Gonzales Desales, G. A., Monroy Vilchis, O., Zarco Gonzalez, M. M., & Charruau, P. (2016). Nesting ecology of the American crocodile in La Encrucijada Biosphere Reserve, Mexico. *Amphibia Reptilia*, 263-266.

Henriquez, V., Arana Coello, J. M., & Herrera, N. (2022). *Distribución y estado de conservación del cocodrilo americano* .

ITIS. (2024). *Integrated Taxonomic Information System - Report*. Obtenido de [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=174361#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=174361#null)

Larreal, J. T. (2010). *ALGUNOS ASPECTOS ECOLÓGICOS SOBRE LA ANIDACIÓN DEL CAIMÁN DE LA COSTA (Crocodylus acutus) EN TRAMOS DE LOS RÍOS SANTA ROSA Y NEGRO, MUNICIPIO MACHIQUES DE PERIJÁ, ZULIA-VENEZUELA Y MANEJO DE SUS NIDADAS EN INCUBACIÓN CONTROLADA*.

Listado oficial de especies de vida silvestre amenazadas o en peligro de extincion. (18 de OCTUBRE de 2023). *DIARIO OFICIAL*, pág. 43.

MARN. (s.f.). Programa Nacional de Conservación de caiman y cocodrilo. 4.

- Mazzotti, F. J., Balaguera Reina, S. A., Brandt, L. A., Briggs Gonzales, V., Cherkiss, M., Farris, S., & Godahewa, A. (2022). Natural and anthropogenic factors influencing nesting ecology of the American crocodile in Florida, United States.
- Mora, V. H. (2016). *Zonas potenciales de anidación de Crocodylus acutus en México*.
- Pérez de la Ossa, T. C. (2005). *ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA ALIMENTACION DE Crocodylus acutus (Caiman del Magdalena)*.
- Ramos Barahona, J. A., & Salazar Colacho, A. E. (2017). *Estudio de sitios de anidación, distribución, áreas de importancia para cría/reproducción-alimentación, conectividad de los hábitats que se conservan, condiciones de conectividad y la presencia de ecosistemas que pueden garantizar su sobrevivencia...*
- RED LIST UICN. (25 de Febrero de 2020). Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/es/species/5659/212805700>
- Ross, J. P. (1998). *CROCODILES. Status Survey and Conservation Action Plan* (2nd edition ed.). IUCN/SSC Crocodile Specialist Group.
- Sabino, C. (1992). *EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN*. Bogotá: Lumen, Buenos Aires.
- Seijas, A. E. (2011). *Los crocodylia de Venezuela: Ecología y conservación*.
- Vides, A. M., Balaguera Reina, S. A., & Farfan Ardila, N. (Mayo de 2019). *Conservando el caimán aguja. Plan para su conservación, manejo y uso sostenible en el sector nororiental del departamento del Magdalena*. Obtenido de ResearchGate: [https://www.researchgate.net/publication/333118849\\_Conservando\\_el\\_caiman\\_aguja\\_Plan\\_para\\_su\\_conservacion\\_manejo\\_y\\_uso\\_sostenible\\_en\\_el\\_sector\\_nororiental\\_del\\_depa](https://www.researchgate.net/publication/333118849_Conservando_el_caiman_aguja_Plan_para_su_conservacion_manejo_y_uso_sostenible_en_el_sector_nororiental_del_depa)

rtamento\_del\_Magdalena

Xóchitl Aguilar, M., & Casas-Andreu, G. (2017). Bases para la incubación de huevos de cocodrilo en prácticas de rancheo.

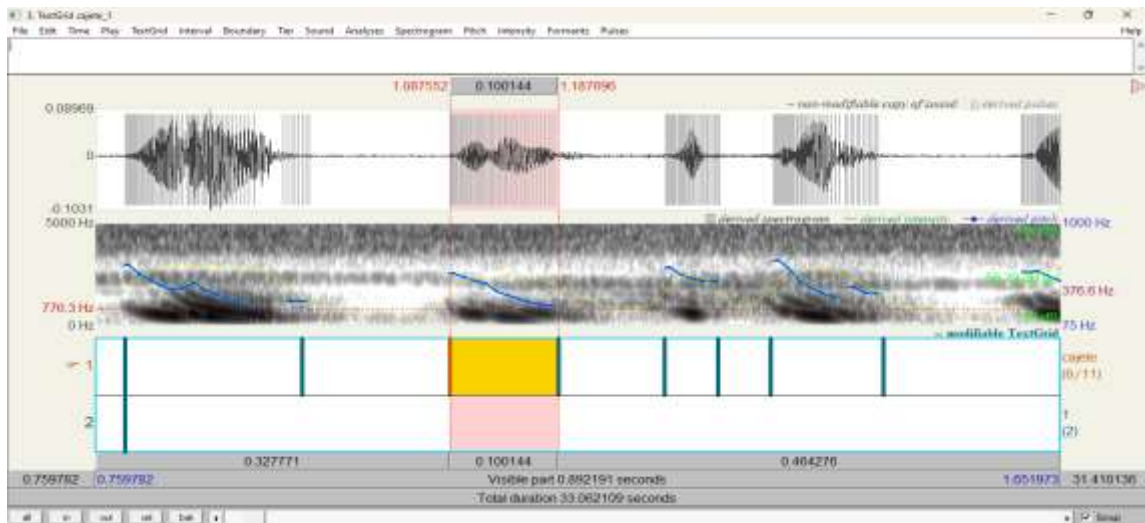


# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Programa Audacity, utilizado para recortar y limpiar el sonido de fondo.



**Anexo 2.** Programa PRAAT, utilizado para recopilar los parametros de las vocalizaciones de los preneonatos.



**Anexo 3.** Cocodrilo hembra sacando los preneonatos del nido.



**Anexo 4.** Nidada *in situ* intervenida por depredadores.

