



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA  
ECOLOGÍA

**DEPREDACIÓN DE NIDOS DE COLIBRÍES EN SELVAS TROPICALES  
DE LA COSTA DE JALISCO, MÉXICO: UN ENFOQUE EXPERIMENTAL**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**ALFONSINA HERNÁNDEZ CARDONA**

**TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA**  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM

**COMITÉ TUTOR: DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**DR. LUIS ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ**  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO. 2022.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

OFICIO CPCB/798/2021

ASUNTO: Oficio de Jurado

**M. en C. Ivonne Ramírez Wence**  
Directora General de Administración Escolar, UNAM  
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Subcomité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas y Biología Evolutiva y Sistemática del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 20 de enero de 2020 se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de (Ecología) de la estudiante **HERNÁNDEZ CARDONA ALFONSINA** con número de cuenta 302690303 con la tesis titulada "Depredación de nidos de colibríes en selvas tropicales de la costa de Jalisco, México: un enfoque experimental", realizada bajo la dirección de la **DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA**, quedando integrado de la siguiente manera:

Presidente: DRA. KATHERINE RENTON  
Vocal: DR. ERICK ALEJANDRO GARCÍA TREJO  
Vocal: DRA. LAURA EDITH NUÑEZ ROSAS  
Vocal: DRA. ELISA MAYA ELIZARRARÁS  
Secretario: DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 25 de agosto de 2021

**COORDINADOR DEL PROGRAMA**

**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**



**COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Unidad de Posgrado, Edificio D, 1º Piso, Circuito de Posgrados, Ciudad Universitaria  
Alcaldía Coyoacán, C. P. 04510 CDMX. Tel. (+5255)56623 7002 <http://pcbiol.posgrado.unam.mx/>

# AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser parte de la Maestría en los semestres 2018-1 al 2019-2.

También agradezco al CONACYT por el apoyo económico brindado a través de una beca, con el número de becario 850961/634786.

Así mismo agradezco el apoyo económico para mi trabajo de campo al Proyecto PAPIIT IN 216617 de la Universidad Nacional Autónoma de México cuya responsable es la Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga.

Por último, extendiendo mis agradecimientos a mi tutora, Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga y a los miembros de mi comité tutor Dr. Adolfo Navarro Sigüenza y Dr. Luis Antonio Sánchez González.

# AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, pues de ella se desprenden todas las facilidades y beneficios que he obtenido durante mi formación profesional.

A mis tutores Dra. María del Coro Arizmendi, Dr. Adolfo Navarro Sigüenza y Dr. Luis Antonio Sánchez González, por su paciencia, consejos y apoyo continuo.

Agradezco nuevamente al Dr. Adolfo Navarro por permitirme trabajar cuando lo necesitaba en el laboratorio de ornitología del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera". Así mismo agradezco al Biól. Alejandro Gordillo Martínez por estar al pendiente de mi desarrollo profesional.

Mis agradecimientos al Dr. Mauricio Ricardo Quesada Avendaño del Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica de la Escuela Nacional de Estudios Superiores unidad Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México, por prestarme sus cámaras GoPro y al Biól. Gumersindo Sánchez Montoya por gestionar dicho préstamo.

Especialmente agradezco a la Dra. Katherine Renton por apoyarme con todo lo que necesité durante mi muestreo de campo en la Estación de Biología Chamela (EBCh). También agradezco al M. en C. Enrique Ramírez García por el apoyo logístico y toma de fotografías durante mi estancia en la estación. Así mismo extendiendo mis agradecimientos a todo el personal de la EBCh que me apoyó en muchas cosas: Norma, Zaira, Gloria, Lupe y Nena. De antemano pido una disculpa si olvido a alguien, no es personal. Doy especial agradecimiento a Abel Robles Verduzco y Abraham Robles Toscano por el apoyo indispensable que me dieron para colocar y retirar los nidos artificiales. Sin su ayuda no hubiera podido cargar la escalera y colocar los nidos.

Mi muy especial agradecimiento a n gran amigo, Martín Cabrera Garrido, su apoyo en la segunda etapa de muestreo de la tesis fue indispensable para colocar las cámaras trampa. A Elisa Maya, compañera de la EBCh, por ese entusiasmo y actitud positiva que contagia. También por su asesoría técnica en estadística, le agradezco mucho.

No puedo dejar de agradecer al "Tapatío" Luis Enrique Sánchez Ramos su apoyo en la elaboración de los mapas en el SIG y por ratos de amistad, risas y desvelos en el Curso de Ecología de Aves que tomamos en la EBCh.

Vivir en la EBCh varios meses fue todo un reto, muy probablemente no lo hubiera superado sin la camaradería de otros residentes, como Natalia, Ginna, Paulina, Verónica, Elisa, Christian y Felipe. Gracias a todos.

Estoy también agradecida con mis compañeros del laboratorio de Ecología UBIPRO de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, que contribuyeron a que mi paso por la maestría fuera amigable: a Laura Edith Núñez Rosas, por brindarme el conocimiento teórico sobre los nidos de colibríes, a Sergio Díaz Infante Maldonado por su amistad y por introducirme al mundo de la EBCh, a Ana Contreras y Claudia Rodríguez por el apoyo con el material de campo y viáticos.

La estadística ha sido mi 'coco' desde que tengo memoria. En la maestría fue urgentemente necesario cursar una materia sobre estadística. Reconozco con admiración el esfuerzo de los profesores Julieta Rosell García y Alejandro González Voyer por transmitir sus conocimientos de la manera más clara posible. Por primera vez me queda (un poquititito) más claro cómo usar la estadística con mis datos.

Por otro lado, Aura Puga Caballero estuvo siempre con su mejor disposición y amistad sincera de muchos años para apoyarme en momentos difíciles emocionales y académicos. Gracias Auraita.

Agradezco a mi mamá, porque gracias a sus diligencias pude contar con todo el material para elaborar los nidos artificiales (hilaza de algodón, ganchillo, plastilina, entre otras muchas otras cositas). Lo recibí en la puerta de la Estación de Biología Chamela (bendito el servicio de paquetería DHL que llega hasta allá). Gracias mamá por tu esfuerzo y dedicación. También agradezco a mi papá su apoyo al estar al pendiente de mi paso por la maestría.

Pero me pregunto, ¿qué sería de todo lo que representan los agradecimientos anteriores, el esfuerzo en campo, desveladas escribiendo y analizando datos, la convivencia con amigos y profesores, las horas de clases, las escapadas al mar y tantas cosas que naturalmente pasan, sin salud emocional y mental? Por ello, agradezco a Elisa Durán por brindarme las herramientas y compartir su conocimiento para comenzar a ser consciente de muchas cosas. A Leopoldo Vázquez por su apoyo incondicional, su paciencia, su comprensión y su cariño. A mi hermano, Arnaldo, mi *base segura* con quien siempre he contado y finalmente a Araceli López que siempre me brindó un espacio lleno de confianza y consejos. Todos estuvieron presentes en mi vida con humanidad, empatía y amor. Sin ellos no hubiera podido terminar el proceso de titulación de la maestría.

# ÍNDICE

	Pg.
<b>1 Resumen</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Abstract</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>4 Objetivos</b> .....	<b>7</b>
<b>5 Métodos</b> .....	<b>7</b>
5.1 Trabajo de campo .....	<b>7</b>
5.1.1 Área de estudio .....	<b>7</b>
5.1.2 Descripción general del experimento.....	<b>9</b>
5.1.3 Construcción de nidos artificiales .....	<b>9</b>
5.1.4 Colocación y revisión de nidos artificiales .....	<b>11</b>
5.1.5 Porcentaje de ocultamiento del nido .....	<b>13</b>
5.1.6 Monitoreo de depredadores .....	<b>13</b>
5.1.7 Identificación de depredadores .....	<b>15</b>
5.2 Análisis de datos .....	<b>15</b>
5.2.1 Depredación de los nidos .....	<b>15</b>
5.2.2 Tasa de supervivencia diaria .....	<b>16</b>
<b>6 Resultados</b> .....	<b>18</b>
6.1 Nidos exitosos y depredados .....	<b>18</b>
6.2 Altura, tipo de vegetación y ocultamiento del nido .....	<b>18</b>
6.3 Tasa de supervivencia diaria .....	<b>19</b>
6.4 Marcas de depredación .....	<b>20</b>
6.5 Depredadores identificados .....	<b>20</b>
<b>7 Discusión</b> .....	<b>23</b>
<b>8 Conclusiones</b> .....	<b>25</b>
<b>9 Referencias bibliográficas</b> .....	<b>26</b>
<b>Anexo 1.</b> Patrón para tejer el nido .....	<b>32</b>
<b>Anexo 2.</b> Geoposiciones de los nidos artificiales .....	<b>33</b>
<b>Anexo 3.</b> Calendario de colocación y revisión de los nidos artificiales .....	<b>34</b>
<b>Anexo 4.</b> Geoposición de las cámaras trampa y los nidos artificiales .....	<b>35</b>
<b>Anexo 5.</b> Nidos no encontrados y sin fotografías de cobertura vegetal .....	<b>35</b>
<b>Anexo 6.</b> Historias de encuentro en formato para RMark de los 115 nidos analizados .....	<b>36</b>
<b>Anexo 7.</b> Distintos tipos de marcas de depredación encontrados en los huevos de plastilina de los nidos artificiales .....	<b>39</b>

# 1. RESUMEN

La supervivencia de la nidada es una tasa vital clave que afecta la evolución y dinámica poblacional de las aves. Ésta se define como la probabilidad de que una nidada produzca al menos un individuo. Se sabe que la supervivencia de una nidada es afectada principalmente por condiciones climáticas adversas y la depredación. Ésta última es en general la fuente más importante de mortalidad de las aves en la etapa de anidación y varía espacial y temporalmente. Se han desarrollado hipótesis que intentan explicar las diferencias en la depredación que presentan los nidos dependiendo del lugar donde fueron construidos. La hipótesis del 'nido oculto' (*'nest concealment'*) predice que aquellos nidos que se encuentran ocultos con más vegetación, tendrán más éxito que los que no están ocultos.

En la Estación de Biología Chamela se realizó un estudio sobre la historia natural de la anidación de tres especies de colibríes residentes: *Amazilia rutila*, *Cynanthus latirostris* y *Chlorostilbon auriceps*. Se encontró que estas tres especies prefieren anidar en selva mediana y que hay diferencias significativas en la altura donde colocan los nidos. En cuanto a las nidadas exitosas, de los 11 nidos que localizó, en sólo tres (27.3%) sobrevivieron los pollos.

El presente trabajo se llevó a cabo en la Estación de Biología Chamela de la Universidad Nacional Autónoma de México. La hipótesis fue que la depredación de los nidos y su tasa de supervivencia diaria varían dependiendo del tipo de vegetación y la altura a la que son colocados. Para probar esta hipótesis se determinó la cantidad de nidos artificiales depredados y la tasa de supervivencia diaria en función del tipo de vegetación, la altura y el porcentaje de ocultamiento del nido. Además se identificaron los depredadores a través de señales en los huevos hechos de plastilina y con ayuda de cámaras de video.

Los resultados indicaron que la depredación de los nidos artificiales de colibríes fue significativamente mayor en la selva mediana subperennifolia que en la selva baja caducifolia. No hay diferencias significativas en la depredación en los nidos colocados a 1 m de altura y 5 m de altura. El porcentaje oculto no fue diferente entre los nidos colocados en los dos tipos de vegetación. Los resultados que no cumplieron con las predicciones planteadas pueden ser causados por los disturbios en la estructura de la vegetación generados por los huracanes Jova y Patricia. Los estimados del modelo de Mayfield para la tasa de supervivencia diaria indicaron que una nidada en la selva baja caducifolia tiene mayor probabilidad de sobrevivir diariamente (95%) que en la selva mediana subperennifolia (90%). Es probable que estos resultados estén influidos por el cambio en la estructura del dosel y la vegetación, después del paso de los huracanes Jova y Patricia, de tal manera que los nidos están siendo detectados y más depredados en el tipo de vegetación donde no se esperaba esto. Las marcas en forma cónica, asociadas a aves, fueron las más abundantes en los huevos de plastilina. Los depredadores identificados mediante cámaras de video fueron *Cyanocorax sanblasianus* e *Icteria virens*.

Para contar con un estudio más completo, se recomienda tomar en cuenta otros factores, como la densidad de depredadores e incluir nidos verdaderos, para lo cual se necesita un mayor esfuerzo de muestreo.

**Palabras clave:** Chamela, colibríes, depredación, Jalisco, nidos artificiales, selva baja caducifolia, selva mediana subperennifolia, tasa de supervivencia diaria.

## 2. ABSTRACT

Brood survival, defined as the probability that a clutch will produce at least one individual, is a vital rate that affects birds' evolution and population dynamics. Brood survival is known to be primarily affected by adverse weather conditions and predation. The latter is generally the most important source of bird mortality in the nesting stage and varies spatially and temporally. Several hypotheses try to explain the differences in predation that the nests present depending on where they were built. For example, the 'nest concealment' hypothesis predicts that nests concealed with more vegetation will be more successful than those not concealed.

At the Chamela Biology Station, a study was conducted on the natural nesting history of three resident hummingbirds species: *Amazilia rutila*, *Cyananthus latirostris*, and *Chlorostilbon auriceps*. It was found that these three species prefer to nest in the semi-deciduous forest and that there are significant differences in the height where the nests are placed. As for successful clutches, of the 11 nests she located, only three (27.3%) had the chicks survive.

This work was carried out at the Chamela Biology Station of the National Autonomous University of Mexico. The hypothesis was that nest predation and daily survival rate varies depending on the vegetation type and the height at which they are placed. To test the hypothesis, we assess the number of predated artificial nests and the daily survival rate within the deciduous and the semideciduous forest.

We determined as a function of the type of vegetation, the height, and the percentage of concealment of the nest. In addition, predators were identified through signs in the eggs made of plasticine and with the help of video cameras.

The results indicated that the predation of artificial hummingbird nests was significantly higher in the semi-deciduous forest than in the deciduous forest. There are no significant differences in predation in nests placed at 1 m height and 5 m height. The hidden percentage was not different between the nests placed in the two vegetation types. The results that did not meet the predictions made may be caused by disturbances in the structure of the vegetation generated by hurricanes Jova and Patricia. Estimates from the Mayfield model for daily survival rate indicated that a clutch in the deciduous forest is more likely to survive daily (95%) than in the semi-deciduous forest (90%). These results are likely influenced by the change in the structure of the canopy and vegetation, after the passage of hurricanes Jova and Patricia, in such a way that the nests are being detected and more predated in the type of vegetation where it was not expected. The cone-shaped marks, associated with birds, were the most abundant in the plasticine eggs. The predators identified by video cameras were *Cyanocorax sanblasianus* and *Icteria virens*.

To have a complete study, it is recommended to consider other factors, such as the density of predators, and include true nests. A more significant sampling effort is needed.

**Key words:** artificial nests, Chamela, daily survival rate, deciduous forest, depredation, hummingbirds, Jalisco, semi-deciduous forest.

### 3. INTRODUCCIÓN

La supervivencia de una especie depende de su éxito reproductivo al dejar suficiente descendencia que sustituya la mortandad adulta (Gill, 2007). En las aves, el éxito reproductivo frecuentemente se mide con la supervivencia o éxito de la nidada, que es la probabilidad de que una nidada produzca al menos un individuo vivo (Converse, 2013).

La supervivencia de la nidada es un factor determinante en la evolución y dinámica poblacional de las aves (Dinsmore y Dinsmore, 2007; Converse et al., 2013). Un método tradicional para estimarla es el de Mayfield (1961 y 1975), que asume que la tasa de supervivencia diaria es constante a lo largo del tiempo y que el destino de cada nido es independiente (Rotella, 2019). Sin embargo, este método no permite construir modelos que evalúen la importancia de diversos factores biológicos que también puedan estar afectando la supervivencia de la nidada (Dinsmore et al. 2002). Esto motivó a que se desarrollaran nuevos modelos, capaces de incorporar la variación temporal en la supervivencia de la nidada así como covariables específicas de cada nido (Dinsmore et al. 2002; Rotella, 2019). Estos modelos se implementaron en el programa MARK (White, 2017), con el cual es posible evaluar diferentes hipótesis respecto a las fuentes de variación en la supervivencia de la nidada. Por ejemplo, la tasa de supervivencia diaria podría ser diferente espacialmente debido a cambios en la características del hábitat y la comunidad de los depredadores, o bien, podría variar a lo largo del tiempo, durante una o distintas temporadas de anidación (Rotella, 2019). Además, se puede utilizar el criterio de información de Akaike (Akaike's information criterion, AIC) para estimar cuál es el modelo que mejor se aproxima al proceso que subyace al fenómeno biológico bajo estudio (Symonds y Moussalli, 2011).

Siendo la depredación una de las principales causas que disminuyen la supervivencia de la nidada (Martin, 1995; del Hoyo et al, 1997), ésta ha sido estudiada mediante experimentos con nidos verdaderos (p. e. Conner et al., 2010; Filliater et al., 1994) y con nidos artificiales (p. e. Hannon y Cotterill, 1998; Hartley y Hunter, 1998). En general, Chalfoun et al. (2002) concluyen que las tasas de depredación dependen del taxón y las características del hábitat, así como de la ubicación geográfica. En este sentido, los resultados pueden variar entre sitios de estudio y entre las especies consideradas para el análisis de la depredación, así como el enfoque del estudio (con nidos verdaderos o nidos artificiales).

Se sabe que la depredación de nidos de aves varía espacial y temporalmente (Thompson, 2007). Algunos estudios (p. ej. Small et al., 2007; Shustack y Rodewald, 2010) han encontrado que la tasa de supervivencia de la nidada incrementa o declina a lo largo de la temporada reproductiva, probablemente debido a diferencias en la actividad de los depredadores o la composición de la comunidad de estos (Cox et al., 2012). En cuanto a otras características del hábitat, en general aquellos nidos construidos bajo el dosel y lejos del suelo son menos depredados (Sloan et al., 1998).

La depredación también se ha estudiado en hábitats fragmentados (p. e. Chalfoun et al., 2002b; Sosa y López de Casenave, 2017; Meney et al., 2018), cuantificándola de acuerdo a la selección del lugar para colocar el nido (p. e. Newell y Kostalos, 2007; Roper, 2003) o el grado de ocultamiento del nido (Borgmann y Conway, 2005), examinando la distribución de depredadores dentro de áreas específicas (Zanette y Jenkins, 2000), entre otros. Por otro lado, el éxito de anidación en hábitats fragmentados suele ser mayor en áreas grandes de bosques que en áreas pequeñas (Hoover et al., 1995; Chalfoun et al., 2002; Zanette y Jenkins, 2000) y en ocasiones varía de acuerdo a la presencia y abundancia de determinados depredadores (Thompson, 2003; Cox et al., 2012).

Respecto a las especies que depredan nidos de aves, se han identificado colúbridos de los géneros *Pantherophis*, *Elaphe* y *Coluber*. Varias especies de aves rapaces del género *Buteo* y córvidos (*Corvus brachyrhynchos* y *Cyanocitta cristata*), roedores de los géneros *Peromyscus*, *Neotoma* y *Glaucomys*, mamíferos (*Didelphis virginiana* y *Procyon lotor*) y hormigas de la especie *Solenopsis invicata* (Conner et al., 2010; Cox et al., 2012).

En lo que se refiere a colibríes, varios estudios comprueban que la depredación es una de las principales causas de mortalidad de los huevos y las crías. En un estudio realizado con cinco especies de colibríes (*Calypte costae*, *Cyananthus latirostris*, *Archilochus alexandri*, *Amazilia violiceps* y *Eugenes fulgens*), se encontró que la depredación de los huevos es la causa principal de la pérdida de las nidadas, seguida por la depredación de las crías (Baltosser, 1986). Fierro-Calderón y Martin (2007), en un estudio sobre la biología reproductiva del colibrí *Sternoclyta cyanopectus*, encontraron que del total de nidos fallidos, el 40% fueron depredados. En cuanto a depredadores de nidos de colibríes, en un estudio realizado en el sureste de Arizona encuentran que todos los eventos de depredación registrados fueron causados por el córvido *Aphelocoma wollweberi* (Greeney et al., 2015). Por otro lado, en la isla Robinson Crusoe (Chile), un posible depredador de los colibríes *Sephanoides sephaniodes* y *S. fernandensis* puede ser el zorzal *Turdus falcklandii* (Johow, 2002). En México, observaciones hechas sobre la anidación de

*Amazilia cyanocephala* indican que es muy probable que los mosqueros *Myiozetetes similis* sean los depredadores de crías (Ornelas, 2010).

Existen estudios que han demostrado que tanto el hábitat como las características del sitio de anidación influyen en la supervivencia de la nidada. Por ejemplo, se ha demostrado que el éxito reproductivo de una especie de colibrí aumenta cuando el nido se construye cerca de nidos de rapaces (Greeney et al., 2009). Para nidos de *Archilochus alexandri*, se conoce que la supervivencia de la nidada es mayor cuando los nidos se construyen a alturas medias, pero también depende de la especie de planta donde se construyó el nido (Smith et al., 2009 y 2014). Finalmente, en un estudio de la anidación de *Amazilia franciae*, no se reportó depredación alguna (Escobar-Laso y Martínez, 2014).

Se han desarrollado hipótesis que intentan explicar las diferencias en la depredación que presentan los nidos dependiendo del lugar donde fueron construidos. La hipótesis del 'nido oculto' (*nest concealment*) predice que aquellos nidos que se encuentran ocultos con más vegetación, independientemente de la estructura de la planta, tendrán más éxito que los que no están ocultos, puesto que no serán vistos por depredadores (Filliater et al., 1994; Borgmann y Conway, 2015). Otra hipótesis, la de la fenología del follaje, sugiere que un follaje denso inhibirá la transmisión de señales auditivas, visuales y olfatorias, las cuales sirven a los depredadores para localizar los nidos (Borgmann et al., 2013).

En general, los nidos de las aves son difíciles de encontrar, además de que algunas especies colocan sus nidos en hábitats y densidades que no satisfacen los requerimientos de análisis estadísticos. Por ello, los investigadores han optado por implementar experimentos con nidos artificiales, con el objetivo de evaluar la depredación en la escala necesaria (Faaborg, 2003). Sin embargo, se sabe que los nidos artificiales pueden ser depredados por especies distintas a aquellas que depredan los nidos verdaderos, además de que no existe cuidado parental en ellos y las tasas de depredación podrían ser sobreestimadas o subestimadas (Thompson y Burhans, 2004).

En los estudios con nidos artificiales, si bien en ocasiones no se puede identificar el depredador a nivel de género o especie, se puede clasificar dentro de algún grupo de vertebrados. Por ejemplo, Hannon y Cotterill (1998), en un experimento con nidos artificiales, determinaron el depredador con la forma de las marcas en los huevos de plastilina. Marcas de picoteo en forma de media luna las atribuyeron a aves y dependiendo del tamaño de éstas, las asociaron a córvidos y troglodítidos. Si los

huevos presentaban marcas en forma de rasguño éstos los clasificaron como depredados por roedores. Sin embargo también reportaron huevos con marcas no identificables.

En la Estación de Biología Chamela (EBCh) de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizada en la costa del estado de Jalisco, Nuñez-Rosas (2013) realizó un estudio sobre la historia natural de la anidación de tres especies de colibríes residentes: *Amazilia rutila*, *Cyananthus latirostris* y *Chlorostilbon auriceps*. Reportó diferencias significativas en la altura donde colocan los nidos. *Amazilia rutila* es la especie que construye su nido a mayor altura (8m sobre el nivel del piso en promedio), mientras que *C. latirostris* y *C. auriceps* ubican sus nidos a una altura promedio de 1.5 m. En cuanto a las nidadas exitosas, de los 11 nidos que localizó, en sólo tres (27.3%) sobrevivieron los pollos. *A. rutila* tuvo sólo un nido exitoso de los tres localizados, *C. auriceps* dos nidos exitosos de cuatro y no hubo ningún nido exitoso para *C. latirostris*. Además encontró que estas tres especies prefieren anidar en la selva mediana y menciona que probablemente esto se deba a que este tipo de vegetación tiene mayor cobertura vegetal y por lo tanto aumenta la protección del nido.

Para el presente estudio, planteo las siguientes hipótesis y predicciones respecto a la depredación y tasa de supervivencia diaria de los nidos artificiales de colibríes en la EBCh durante la época de secas. La hipótesis es que la depredación de los nidos y su tasa de supervivencia diaria varían dependiendo del tipo de vegetación y la altura a la que son colocados. Las predicciones son las siguientes: 1) habrá diferencia en el total de nidos depredados entre selva baja y selva mediana, encontrando mayor número de nidos depredados en la selva baja debido a la poca cantidad de vegetación que oculta el nido; 2) la tasa de supervivencia diaria será mayor en la selva mediana, pues se espera que haya más vegetación que oculte al nido; y 3) siendo que la depredación suele ser mayor a menores alturas, habrá diferencias en la cantidad de nidos depredados a dos alturas distintas (1 m y 5 m) en cada tipo de vegetación.

# 4. OBJETIVOS

## **GENERAL**

Caracterizar la depredación de nidos artificiales de colibríes en selva baja caducifolia y selva mediana subperennifolia de la región de Chamela, Jalisco.

## **PARTICULARES**

- Determinar la cantidad de nidos artificiales depredados en función del tipo de vegetación, la altura y el porcentaje de ocultamiento del nido.
- Determinar la tasa de supervivencia diaria de los nidos artificiales en función del tipo de vegetación, la altura y el porcentaje de ocultamiento del nido.
- Identificar depredadores a través de señales dejadas en los huevos de plastilina y con ayuda de cámaras de video.

# 5. MÉTODOS

## **TRABAJO DE CAMPO**

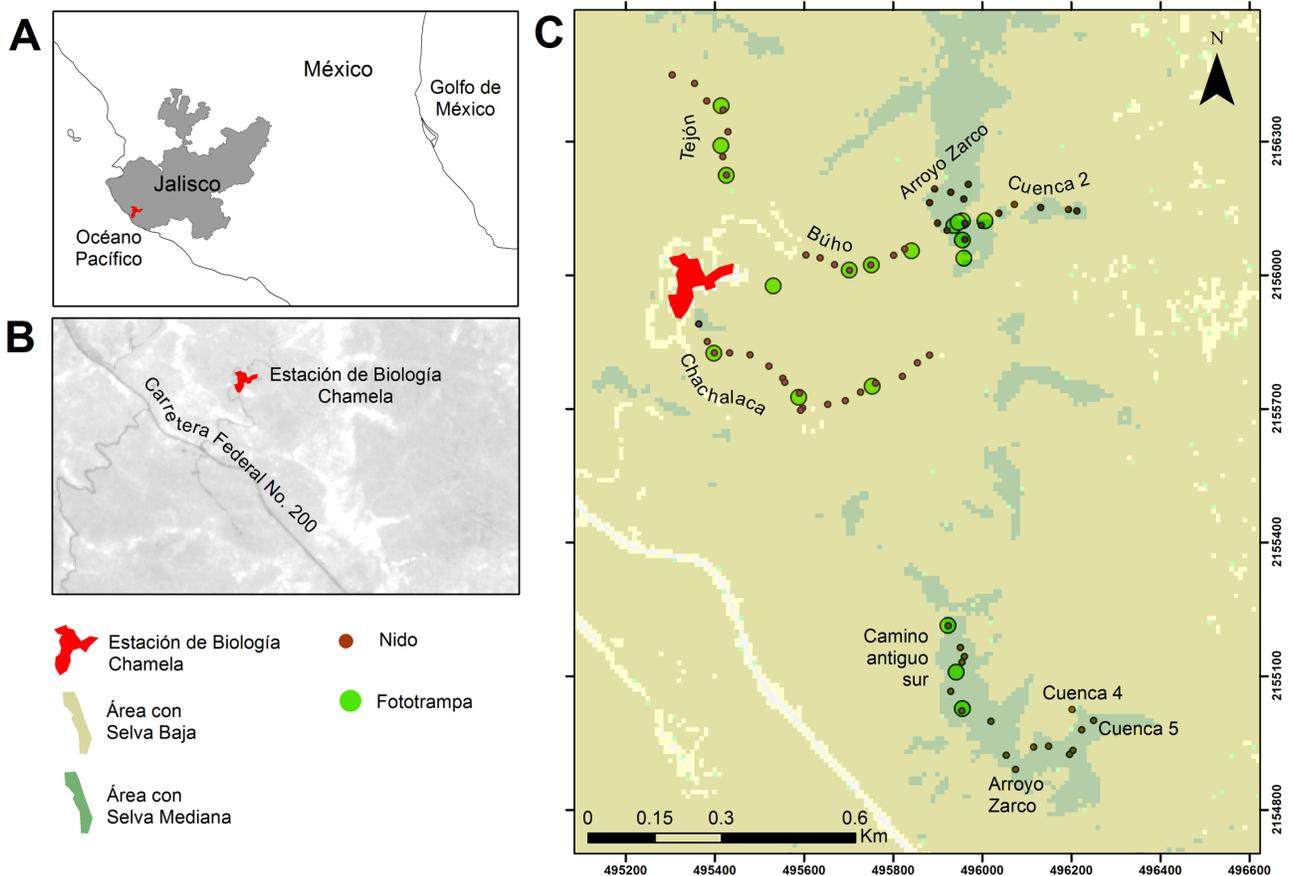
### • **Área de estudio**

Llevé a cabo el experimento en la Estación de Biología Chamela (EBCh) de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizada a 2 km de la costa del océano Pacífico mexicano (19° 29.9'N, 105° 2.6'O; Figura 1). En esta región hay una marcada estacionalidad en la precipitación anual, donde la época de lluvias se presenta de junio a octubre, siendo septiembre el mes más húmedo (Maass et al., 2018), mientras que el periodo de secas se extiende de noviembre a mediados de junio (Parker et al., 2018). La EBCh presenta dos tipos de vegetación, siendo la selva baja caducifolia el dominante y cuya altura oscila entre los 4 y 10 metros de altura, se desarrolla en lomas y laderas de los cerros (Durán et al., 2002; Lott, 1993; Lott et al., 1987). Su principal característica es la pérdida de hojas en la mayoría de los árboles durante la época de secas. El pico de foliación se concentra al inicio de las lluvias, en los meses de junio y julio (Bullock y Solís-Magallanes, 1990; Durán et al., 2002). A lo largo de los arroyos

temporales que cruzan la EBCh se encuentra la selva mediana subperennifolia (SM; Durán et al., 2002; Lott et al., 1987). Presenta árboles más grandes (18 m de alto en promedio) cuyo follaje se mantiene parcialmente durante la época de secas (Durán et al., 2002; Lott et al., 1987, Segura, 2003).

Al encontrarse en la costa, la EBCh es proclive al impacto de eventos meteorológicos. Tal es el caso en los años 2011 y 2015 con los huracanes Jova y Patricia que tocaron tierra en las costas de Jalisco. Se ha reportado que dichos huracanes afectaron la estructura del dosel, por lo que la cobertura foliar y la altura de los árboles disminuyó considerablemente (Parker et al., 2018).

Dentro de la EBCh existe una red de veredas que facilitan el acceso a lomas y arroyos. Cada vereda tiene su propio nombre. Así mismo, existen senderos en las pequeñas barrancas que descargan en el Arroyo Zarco y que tienen instalaciones del “Proyecto Cuencas” (Maass et al., 2010), de tal manera que se puede entrar a dichas cuencas con facilidad.



**Figura 1.** Localización de la Estación de Biología Chamela (EBCh) y área de estudio. **A.** Ubicación de la EBCh en la costa de Jalisco. **B.** Detalle la localización de la EBCh. **C.** Ubicación de los nidos artificiales y cámaras trampa, indicando nombre de veredas, arroyo, cuencas y el tipo de vegetación.

- **Descripción general del experimento**

Para obtener datos de depredación y la tasa de supervivencia diaria, durante los meses de abril y mayo de 2018 elaboré nidos artificiales y los coloqué a 1 m y 5 m de altura distribuidos tanto en selva baja como en selva mediana en la EBCh. Registré si los nidos habían sido depredados o no, tomé fotografías de las señales de depredación y también de la vegetación alrededor de los nidos. Posteriormente retiré todos los nidos.

Para conocer los depredadores, en noviembre de 2018 coloqué nuevamente nidos artificiales tanto a 1m como a 5m de altura en selva baja y en selva mediana, también en la EBCh. Cerca de cada nido ubiqué una cámara de video para registrar los depredadores que se acercaran. Finalicé retirando todos los nidos y cámaras de video.

- **Construcción de nidos artificiales**

Para construir los nidos lo más semejante posible a los verdaderos, utilicé como referencia dos nidos de colibríes depositados en la colección de aves de la EBCh (Figura 2), así como las medidas reportadas por Nuñez-Rosas (2013) para tres especies de colibríes (*Amazilia rutila*, *Cyananthus latirostris* y *Chlorostilbon auriceps*). Aunque los nidos de *A. rutila* son los más grandes (diámetro interior de 3 a 3.5 cm; diámetro exterior de casi 4 cm) y los de *C. latirostris* son los más pequeños (diámetro interior de 2.1 a 2.5 cm; diámetro exterior de 3.5 a 3.9 cm), Nuñez-Rosas (2013) concluyó que no existen diferencias significativas en cuanto a tamaño y forma en los nidos de las tres especies de colibríes, por lo que confeccioné un solo tamaño de nido.

Para elaborar cada nido artificial, tejí a crochet con hilaza de algodón un pequeño cuenco similar en forma y tamaño a un nido verdadero (Anexo 1). A continuación adherí a la pared externa del nido elementos vegetales triturados, que obtuve del hábitat alrededor de las instalaciones de la EBCh. El tamaño de los nidos fue aproximadamente el siguiente: 3 cm de diámetro interior, 4.5 cm de diámetro exterior, 2 cm de profundidad y 3.5 cm de altura. En total elaboré 120 nidos artificiales.

En cada nido coloqué con pegamento dos huevos hechos de plastilina que recubrí con esmalte para uñas transparente para protegerlos del calor (Figura 2; Hannon et al., 1998; Ortega, 2007). El tamaño de los huevos reportado para *Amazilia rutila*, *Cyananthus latirostris* y *Chlorostilbon auriceps* es respectivamente de 14.4 x 8.8 mm, 12.53 mm x 8.21 mm y 11.9 x 7.2 mm (Arizmendi, 2020; Arizmendi

et al., 2020; Powers y Wethington, 2020). Con base en el promedio de las medidas anteriores, elaboré los huevos del siguiente tamaño: 13 mm x 8 mm.



**Figura 2.** Proceso de elaboración de los nidos. Se utilizaron nidos verdaderos de colibrí para conocer el tamaño y forma. A y B: Nidos de colibrís colectados en la Estación de Biología Chamela. C y D: Primer nido tejido. E y F: comparación del nido artificial con un nido verdadero. G. Nidos y huevos artificiales.

- **Colocación y revisión de los nidos artificiales**

Coloqué en total 120 nidos artificiales, 60 nidos en la selva baja y 60 nidos en la selva mediana, a 1 m y 5 metros de altura, quedando distribuidos de la siguiente manera: 30 nidos en selva baja a 1 m, 30 nidos en selva baja a 5 m, 30 nidos en selva mediana a 1 m y 30 nidos en selva mediana a 5 m. En cada ubicación (Figura 1), coloqué un nido a 1 m y otro nido a 5 m de altura, desfasados en posición aproximadamente por 5 metros. El siguiente par de nidos lo coloque a una distancia aproximada de 20 metros. Los 5 metros fue la máxima altura que alcancé con una escalera.

En la selva baja coloqué los nidos a lo largo de las veredas ‘Chachalaca’, ‘Búho’ y ‘Tejón’. En la selva mediana ubiqué los nidos en ‘Camino Antiguo Sur’, ‘Arroyo Zarco’ y Cuencas 2, 4 y 5 (Figura 1, Cuadro 1, Anexo 2).

El tiempo de incubación reportado para *Cyananthus latirostris* en cautiverio es de 15 días, se estima que en vida silvestre dure entre 15 y 19 días (Powers y Wethington, 2020). Para las especies *Amazilia rutila* y *Chlorostilbon auriceps* no se ha reportado el tiempo de incubación (Arizmendi, 2020; Arizmendi et al., 2020). Con base en esta información, el experimento se extendió durante 17 días (Anexo 3), en los meses de abril y mayo, que abarcan la época de secas. Escogí esta época debido a que existe una marcada diferencia en cantidad de hojas entre los dos tipos de vegetación presentes en la EBCh.

Coloqué los nidos artificiales del 25 al 28 de abril de 2018 e hice la revisión de los nidos del 2 al 11 de mayo de 2018 (Anexo 3). Retiré todos los nidos el 29 y 30 de mayo de 2018.

**Cuadro 1.** Número de nidos colocados en senderos, arroyo y cuencas con su respectivo tipo de vegetación. SB: Selva baja, SM: Selva mediana.

<b>Lugar</b>	<b>Vegetación</b>	<b>Número de nidos colocados</b>
Sendero Chachalaca	SB	32
Sendero Búho	SB	14
Sendero Tejón	SB	14
<b>Subtotal</b>		<b>60</b>
Sendero Búho	SM	2
Camino Antiguo Sur	SM	6
Arroyo Zarco	SM	36
Cuenca 2	SM	10
Cuenca 4	SM	2
Cuenca 5	SM	4
<b>Subtotal</b>		<b>60</b>

Para asegurar la revisión de los nidos, registré la geoposición de cada uno y coloqué una cinta plástica de color blanco a 5 metros de cada nido en dirección aleatoria (norte, sur, este u oeste). Revisé los nidos cada cuatro o cinco días, ya que si se revisan diariamente no se detectan cambios significativos (Nuñez-Rosas, 2013). Para facilitar la revisión de los nidos colocados a 5m, utilicé un bastón telescópico con un espejo móvil en la parte superior y unos binoculares para ver con claridad los huevos (Figura 3). Consideré un nido como *depredado* si al menos un huevo presentaba una marca, se encontraba destruido o ausente (Hannon y Cotterill, 1998; Ortega, 2007), o si el nido completo había desaparecido.



**Figura 3.** Revisión de un nido con el bastón telescópico y el espejo móvil. Se pueden apreciar los dos huevos en el interior del nido.

Registré y fotografié los nidos y huevos con señales o marcas de depredación. La clasificación de las marcas la determiné de acuerdo a su apariencia y la asocié a un posible depredador (Cuadro 2). Los picos de las aves suelen dejar marcas en la plastilina en forma de media luna o cónicas y los pequeños roedores dejan marcas en la plastilina en forma de rasguños (Hannon y Cotterill, 1998).

**Cuadro 2.** Características de las marcas de depredación en los huevos y nidos y el posible depredador asociado al tipo de marca.

<b>Características de las marcas de depredación</b>	<b>Posible depredador</b>
Huevo con marcas con forma de media luna o cónicas	Ave
Huevo con marcas con forma de rasguño	Roedor
Nido con huevos removidos	-
Huevo/nido con marcas no identificadas	-

- **Porcentaje de ocultamiento del nido**

Con el objetivo de evaluar las hipótesis del “ocultamiento del nido”, adapté el método propuesto por Borgmann et al. (2013). En éste, se considera que la densidad del follaje que rodea a cada nido determina su porcentaje de ocultamiento. Para medirlo, hice cuatro fotografías a 1 metro de distancia del nido desde los cuatro puntos cardinales (Borgmann et al., 2013), así como una fotografía desde arriba y desde abajo, también a 1 m de distancia del nido. En todas las fotografías ubiqué el nido en el centro del campo visual de la cámara. Utilicé una cámara Nikon Coolpix AW130.

Utilicé el programa ImageJ (versión 1.50e) para calcular el total de píxeles que ocupa el nido en la fotografía y el porcentaje de píxeles ocultos por la vegetación (ramas y hojas). Con estos datos obtuve el porcentaje promedio del follaje que oculta al nido y porcentaje de la superficie oculta del nido.

- **Monitoreo de depredadores con cámaras de video**

Utilicé dos cámaras trampa marca Wildview *InfraredXtreme* modelo STC-TGLX5IR, dos cámaras trampa marca Bushnell modelo Trophy Cam HD 119875C y cinco cámaras GoPro Hero 5; haciendo un total de nueve cámaras de video. La disponibilidad de estas cámaras estuvo limitada al mes de noviembre y los primeros días de diciembre de 2018.

Del 22 al 29 de noviembre de 2018 coloqué nueve nidos artificiales en diferentes ubicaciones, cada uno monitoreado por una cámara de video. El 29 de noviembre retiré dos cámaras trampa, por lo que el número de nidos monitoreados disminuyó a siete. Estos siete nidos se monitorearon hasta el 7 de diciembre de 2018.

Cambié la ubicación de un nido después de cinco días de no haber registrado actividad a través de las cámaras. De esta manera cada uno de los nueve nidos los coloqué en diferentes lugares, haciendo un total de 19 ubicaciones distintas (Figura1, Cuadro 3, Anexo 4), las cuales consideraré como nidos distintos. Distribuí los nidos respecto al tipo de vegetación y altura de la siguiente manera:

- Selva baja: siete nidos a 1 m de altura; tres nidos a 5 m de altura. Total de nidos: 10.
- Selva mediana: seis nidos a 1 m de altura; tres nidos a 5 m de altura. Total de nidos: nueve.

**Cuadro 3.** Lugares, altura y vegetación donde fueron colocados los nidos y las cámaras de video. SM: Selva mediana, SB: Selva baja.

Altura (m)	Vegetación	Lugar	Número de nidos/cámaras
1	SM	Arroyo Zarco	5
5	SM	Arroyo Zarco	2
1	SB	Sendero Búho	1
5	SB	Sendero Búho	2
1	SM	Sendero Búho	1
1	SB	Sendero Chachalaca	2
5	SB	Sendero Chachalaca	1
5	SM	Cuenca 2	1
1	SB	Sendero Tejón	3
1	SB	Viveros	1
<b>Total</b>			<b>19</b>

Para obtener el esfuerzo de muestreo con las cámaras de video, multipliqué el número de cámaras por el número de días que estuvieron activas (Medellín et al., 2006). El esfuerzo de muestreo con las cámaras trampa Wildview y Bushnell fue de 37 días trampa. En total obtuve 57 minutos con 54 segundos de videos grabados (Cuadro 4). En la mayoría de las ocasiones estas cámaras trampa se activaron con el movimiento de las plantas causado por el viento.

Con las cámaras GoPro Hero 5 obtuve 383 horas, 44 minutos, 57 segundos y estuvieron funcionando 62 días (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Esfuerzo de muestreo con las cámaras trampa Wildview y Bushnell y las cámaras GoPro.

Nido	Tipo de cámara	Tiempo grabando	Número de días
1	Cámara trampa	0:09:00	7
2	Cámara trampa	0:36:49	8
4	Cámara trampa	0:02:40	6
6	Cámara trampa	0:02:54	5
13	Cámara trampa	0:03:01	5
14	Cámara trampa	0:03:30	6
<b>Total</b>		<b>0:57:54 horas</b>	<b>37 días</b>
3	GoPro	46:49:39	9
5	GoPro	27:30:24	5
7	GoPro	27:44:24	4
8	GoPro	23:39:09	4
9	GoPro	41:07:28	7
10	GoPro	41:01:22	5
11	GoPro	35:24:40	5
12	GoPro	39:28:56	5
15	GoPro	13:43:37	5
16	GoPro	23:51:13	4
17	GoPro	25:10:57	3
18	GoPro	19:29:51	3
19	GoPro	18:43:17	3
<b>Total</b>		<b>383:44:57 horas</b>	<b>62 días</b>

- **Identificación de depredadores**

La identificación de los depredadores la hice con base en los videos de las cámaras trampa. Utilicé el Reproductor de Windows Media para ver los videos obtenidos. Al momento de detectar en el video algún animal cerca del nido, disminuí la velocidad de reproducción y observé el comportamiento del individuo. Consideré como conductas de depredación picotear y/o extraer huevos, brincar alrededor del nido, observar el nido e introducir la cabeza al nido.

## ***ANÁLISIS DE DATOS***

Desde el primer día de revisión no logré encontrar dos nidos, uno en selva baja y otro en selva mediana (Anexo 5). Estos nidos no los consideré como depredados debido a que no encontré el sitio exacto donde los había colocado, muy probablemente debido a un cambio puntual en la estructura de la vegetación (por ejemplo, caída de árboles y/o ramas). Por otro lado, no tomé fotografías de la cobertura vegetal de cuatro nidos, (incluido uno de los nidos que no encontré). En total, no conté con datos completos para cinco nidos, teniendo finalmente 115 nidos con datos completos para realizar el reporte de resultados y los análisis.

- **Depredación de los nidos por tipo de vegetación y porcentaje de ocultamiento del nido**

Considerando que una de las principales diferencias entre la selva baja y selva media es la cantidad de follaje en la época de secas (Durán et al., 2002), determiné si existen diferencias significativas de la vegetación que rodea al nido entre selva baja y selva mediana con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, luego de que determiné que la distribución de los datos no es normal. Utilicé el programa Rstudio (RStudio Team, 2020).

Para definir si el tipo de vegetación (selva mediana o selva baja), altura y/o porcentaje de ocultamiento del nido afecta que un nido artificial sea depredado o no, utilicé Rstudio (RStudio Team, 2020) para correr un modelo lineal generalizado con la función de enlace para regresión logística (logit), considerando que la variable dependiente es binomial (nido depredado y nido no depredado).

- **Tasa de supervivencia diaria**

La tasa de supervivencia diaria (TSD) es la probabilidad de que una nidada o los huevos sobrevivan un día o de que un nido no sea depredado durante un día (Rotella, 2019).

Para estimar la TSD, elaboré una historia de encuentro para cada nido (Anexo 6) de acuerdo al formato que se especifica en el manual del software “Program MARK” (Cooch y White, 2019). El formato básico para una historia de encuentro lo describo a continuación.

```
/* 1 */ 1 35 35 0 1.
```

Comienza con un comentario (`/* 1 */`) que es el número de identificación del nido. A continuación sigue la información sobre (1) el primer día en que el nido fue encontrado; (2) el último día en que se registró el nido sin depredación; (3) el último día en que se registró el nido; (4) destino del nido: 0 (cero) es para nido exitoso, 1 es para nido depredado; (5) número (frecuencia) de nidos que tienen esta historia. Se cierra la historia con punto y coma (;).

Con esta información generé un archivo `.txt` que fue la base para obtener las TSD con base en el modelo de Mayfield y considerando que varía de acuerdo a factores del ambiente. Utilicé Rstudio (RStudio Team, 2020) y los paquetes RMark (Laake, 2013) y Plotrix (Lemon, 2006).

#### Tasa de supervivencia diaria constante

Este análisis lo hice con base en el modelo de Mayfield, que considera que la TSD es la misma para todos los nidos en todos los días, es decir, que la supervivencia es constante a lo largo del tiempo. Esto se debe principalmente a que no hay cambios considerables en las abundancias de los depredadores y cambios importantes en las características de la vegetación (Rotella, 2019).

Obtuve valores de la TSD para la selva baja, selva mediana y las alturas de un metro y cinco metros. Una vez que obtuve el estimado de la TSD con el modelo de Mayfield, lo elevé a la potencia apropiada para obtener la probabilidad de éxito real de una nidada (Rotella, 2019). Para esta tesis, la potencia es el número de días que dura la incubación reportado para *Cyananthus latirostris*, que es de 15 días (Powers y Wethington, 2020).

### Tasa de supervivencia diaria variable

El modelo de Mayfield está basado en la suposición de que la supervivencia es constante a lo largo del tiempo, y en muchas ocasiones esto no se cumple (Jehle et al., 2004). Es por esto que se han desarrollado modelos que toman en cuenta la posible heterogeneidad en la tasa de supervivencia diaria. Para evaluar esta posible heterogeneidad, se agrega al formato de la historia de vida las covariables que se deseen. En este estudio fueron la altura de colocación del nido (1m o 5m), el tipo de vegetación (selva baja o selva mediana) y el porcentaje de ocultamiento del nido. Con esta nueva historia de vida para cada nido generé los siguientes modelos en competencia:

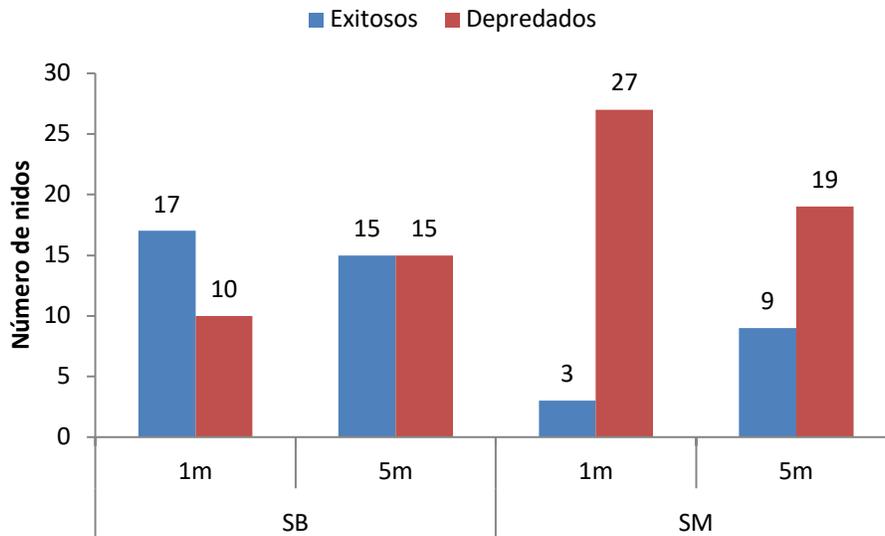
- 1) La TSD es constante a lo largo del tiempo pero varía entre los nidos de la SB y SM.
- 2) La TSD es constante a lo largo del tiempo pero varía con la altura del nido.
- 3) La TSD es constante a lo largo del tiempo pero varía con el porcentaje de ocultamiento del nido.
- 4) La TSD es constante a lo largo del tiempo pero varía con el tipo de vegetación y el ocultamiento del nido.
- 5) La TSD varía a lo largo del tiempo.
- 6) La TSD varía a lo largo del tiempo y entre los nidos de la SB y SM
- 7) La TSD varía a lo largo del tiempo y con la altura del nido.
- 8) La TSD varía a lo largo del tiempo y con el porcentaje de ocultamiento del nido.
- 9) La TSD varía a lo largo del tiempo, con el tipo de vegetación y el ocultamiento del nido.

Evalué dichos modelos de acuerdo a los valores AICc,  $w_i$  y  $\Delta AICc$  todos derivados del criterio de información de Akaike (Akaike's information criterion, AIC). El AICc se utiliza para tamaños muestrales pequeños, el  $w_i$  (peso del AIC) es un valor que va de 0 a 1 y que determina cuál es el mejor modelo aproximado, siendo aquellos con el valor más cercano a 1 los mejores y el  $\Delta AICc$  es la diferencia en los valores de AIC de los modelos (Symonds y Moussalli, 2011).

# 6. RESULTADOS

## ***NIDOS EXITOSOS Y DEPREDADOS***

De los 115 nidos, 44 resultaron exitosos y 71 depredados. En la selva baja fue mayor la cantidad de nidos exitosos que en la selva mediana. En cuanto a las alturas, a 1 metro hubo más nidos exitosos en selva baja que en selva mediana (Figura 4).



**Figura 4.** Número de nidos exitosos y depredados a 1 metro y 5 metros en selva baja (SB) y selva mediana (SM).

## ***ALTURA, TIPO DE VEGETACIÓN Y OCULTAMIENTO DEL NIDO***

La prueba U de Mann-Whitney indicó que no hay diferencias significativas en la cantidad de superficie oculta de los nidos de selva baja y selva mediana ( $W= 1697, p>0.05$ ).

Con la prueba de regresión logística obtuve que la depredación de los nidos depende únicamente del tipo de vegetación (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Resultados del análisis de regresión logística de los nidos depredados y exitosos colocados a 1 m y 5 m en selva baja y selva mediana y el porcentaje de ocultamiento de cada nido.

Variable independiente	Estimado	Error estándar	Valor z	Valor de rechazo Pr(> z )
Intercepto	-0.65238	0.59233	-1.101	0.270735
Altura (5 m)	-0.03752	0.45053	-0.083	0.933636
Vegetación (Selva mediana)	1.61719	0.42480	3.807	0.000141 ***
% Oculto	0.01501	0.01373	1.093	0.274268

### TASA DE SUPERVIVENCIA DIARIA

Considerando que la TSD es constante para todos los nidos a lo largo del tiempo (modelo de Mayfield), obtuve que una nidada en el periodo de incubación tiene una probabilidad de sobrevivir diariamente del 92%. La probabilidad de sobrevivir un día en la selva baja es del 95% y en la selva mediana es del 88%. Y la probabilidad de sobrevivir un día a 1 metro de altura es del 90% y a 5 metros del 93% (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Tasa de supervivencia diaria (TSD) y para 15 días, estimada con el modelo de Mayfield, considerando la supervivencia constante en el tiempo ( $S(\sim 1)$ ), para SB (selva baja) y selva mediana (SM), a 1 m y 5 m de altura.

Modelo	TSD estimada	TS 15 días
$S(\sim 1)$	0.92	0.29
$S(\sim SB)$	0.95	0.44
$S(\sim SM)$	0.88	0.15
$S(\sim UnMetro)$	0.9	0.2
$S(\sim CincoMetros)$	0.93	0.34

De los modelos probados, el que presentó mejor ajuste fue el que indica que la TSD varía en función del tipo de vegetación ( $AICc = 219.38$ ,  $w_i = 0.39$ ; Cuadro 7). Este modelo es 0.5 unidades de  $AICc$  mejor que el segundo mejor modelo, el cual indica que la TSD también puede estar influida por el ocultamiento del nido ( $AICc = 219.93$ ,  $w_i = 0.29$ ; Cuadro 7). Ya que los valores de  $\Delta AICc$  de los tres primeros modelos son menores a dos, los puedo considerar como los mejores para explicar la TSD (Symonds y Moussalli, 2011).

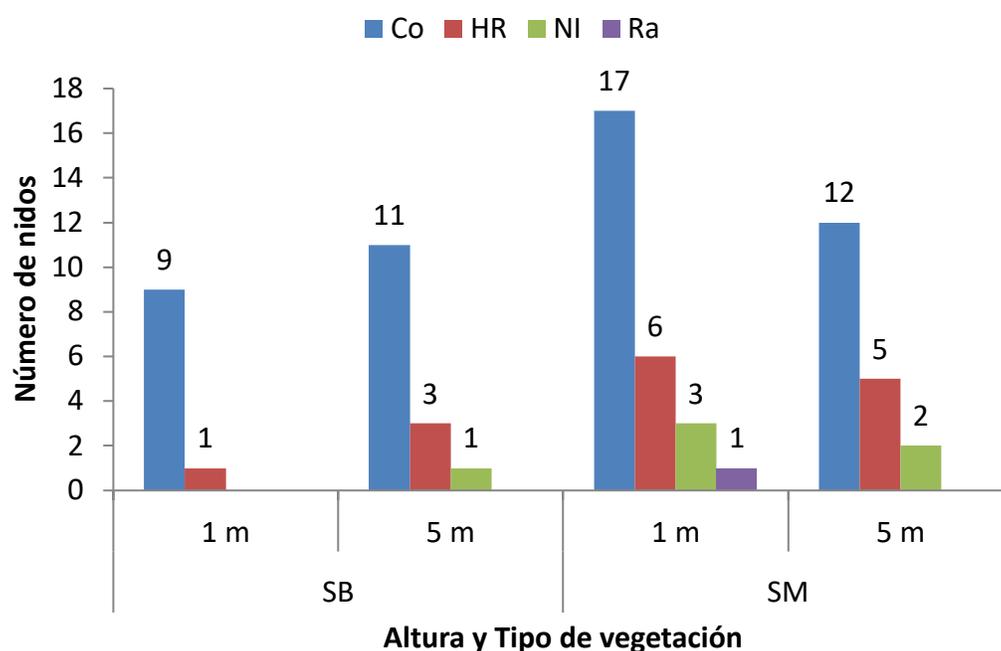
**Cuadro 7.** Valores de  $AICc$ ,  $\Delta AICc$  y el peso del  $AICc$  ( $w_i$ ) de los modelos evaluados en el programa MARK con la supervivencia constante a lo largo del tiempo  $S(\sim 1)$  y variando a lo largo del tiempo  $S(\sim Tiempo)$ , considerando las variables de vegetación (SB y SM), altura del nido (uno y cinco metros) y el porcentaje oculto del nido (Oculto).

Modelo	$AICc$	$\Delta AICc$	$w_i$
$S(\sim SB)$	219.38	0	0.3907
$S(\sim SB + Oculto)$	219.93	0.5507	0.2966
$S(\sim Time + SB)$	220.95	1.5734	0.1779
$S(\sim Time + Oculto + SB)$	221.57	2.1881	0.1308
$S(\sim 1)$	230.81	11.4318	0.0012
$S(\sim Oculto)$	231.90	12.5191	0.0007
$S(\sim UnMetro)$	231.96	12.5794	0.0007
$S(\sim Time)$	232.59	13.2143	0.0005
$S(\sim Time + Oculto)$	233.65	14.2684	0.0003
$S(\sim Time + UnMetro)$	233.66	14.2840	0.0003

### MARCAS DE DEPREDACIÓN

De 115 nidos, encontré 71 nidos con marcas de depredación. De éstos, 49 nidos tienen marcas en forma cónica, 15 con remoción de huevos, cuatro nidos tienen marcas que no logré identificar y uno con marcas en forma de rasguño (Figura 5, Anexo 7).

La mayoría de los nidos tanto en selva baja como en selva mediana presentaron huevos con marcas en forma cónica. Únicamente en la selva mediana y a un metro de altura registré marcas en forma de rasguño. La mayoría de las marcas no identificadas se encontraron en selva mediana. Por otro lado, la mayoría de las marcas en ambas alturas fueron en forma cónica (Figura 5).



**Figura 5.** Número de nidos con marcas en forma cónica (Co), huevos removidos (HR), marcas no identificadas (NI) y marcas en forma de rasguño (Ra), tanto en selva baja (SB) como en selva mediana (SM) y a 1m y 5m de altura.

### DEPREDADORES IDENTIFICADOS CON CÁMARAS DE VIDEO

Obtuve tres videos con actividad de un depredador en el nido No. 1 (Cuadro 8, Anexo 4). Todos los videos son del 24 de noviembre de 2018 y se grabaron a las 08:49, 08:50 y 09:33 horas. En el primer video, aparece un individuo de *Icteria virens* brincando alrededor del nido, mirando y acercándose a este (Figura 6). En el segundo video aparece un individuo de *Icteria virens* realizando las mismas acciones que en el video anterior. En el tercer video nuevamente aparece un individuo de *Icteria virens*,

ahora picoteando el interior del nido. No puedo saber con seguridad que el individuo grabado en los tres videos es el mismo.

Obtuve dos videos en el nido No. 4 (Cuadro 8, Anexo 4). Ambos videos se generaron el 27 de noviembre, a las 14:34 y 14:35 horas. El primer video muestra un individuo adulto de *Cyanocorax sanblasianus* picoteando y extrayendo los huevos de plastilina (Figura 7). El segundo video también muestra un individuo adulto de *Cyanocorax sanblasianus* realizando lo mismo que el individuo del video anterior.

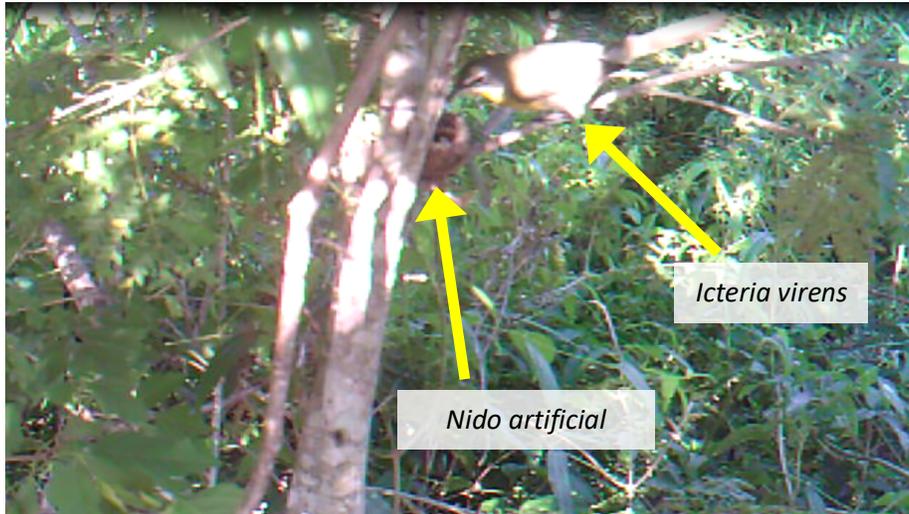
En el nido No. 5 (Cuadro 8, Anexo 4) obtuve un video de un adulto de *Cyanocorax sanblasianus* picoteando y extrayendo un huevo del nido. El video es del 27 de noviembre a las 14:27 horas.

En el nido No. 9 (Cuadro 8, Anexo 4) obtuve un video de un adulto de *Cyanocorax sanblasianus* extrayendo un huevo del nido (Figura 8). El video es del 27 de noviembre a las 9:30 horas.

El último video lo obtuve en el nido No. 16 (Cuadro 8, Anexo 4). Aparece un individuo de la familia Troglodytidae brincando alrededor del nido y finalmente introduciendo la cabeza en este. Se grabó el 4 de diciembre a las 09:34 horas. Los huevos de este nido no presentaron marcas.

**Cuadro 8.** Vegetación, altura y conductas de los depredadores identificados con las cámaras trampa y las cámaras GoPro.

Cámara	Nido	Vegetación	Altura	Depredador	Conducta(s)
Wildview	1	SB	5	<i>Icteria virens</i>	Revisar el nido y picotear los huevos
Bushnell	4	SM	5	<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	Picotear y extraer huevo
GoPro	5	SM	1	<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	Picotear y extraer huevo
GoPro	9	SB	1	<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	Picotear huevo
GoPro	16	SB	1	Troglodytidae	Revisar el nido e introducir cabeza en el nido



**Figura 6.** Individuo de *Icteria virens* observando un nido artificial colocado en selva baja a 5 metros.



**Figura 7.** Individuo de *Cyanocorax sanblasianus* extrayendo un fragmento de huevo artificial de un nido colocado a 5 metros en selva mediana.



**Figura 8.** Individuo de *Cyanocorax sanblasianus* extrayendo un huevo de plastilina de un nido colocado a 1 metro en selva baja.

## 7. DISCUSIÓN

Encontré que el tipo de vegetación es el único factor que afecta significativamente la cantidad de nidos depredados, no así el porcentaje de ocultamiento del nido ni la altura en donde fue colocado. La mayor cantidad de nidos depredados la registré en SM, lo cual se contrapone con una de las predicciones planteada al inicio de este experimento, en donde se espera que habrá mayor número de nidos depredados en la SB; y con la hipótesis de “ocultamiento del nido” (Borgmann et al., 2013; Borgmann y Conway, 2015). Para comprender lo anterior, Parker et al. (2018) encontraron que la altura del dosel en la SB de la EBCh declinó sustancialmente después del huracán Jova (año 2011) y aún más después del huracán Patricia (año 2015). Antes de los dos eventos meteorológicos la altura del dosel alcanzaba entre los 5 y 7 m de altura y después de los huracanes disminuyó entre 2 y 4 m.

Además, Parker et al. (2018) mostró que después del impacto del huracán Patricia la densidad de la vegetación disminuyó y la apertura del dosel aumentó considerablemente. En este sentido, nuestros resultados probablemente están reflejando los cambios en las características del dosel (altura, densidad y apertura) después de los dos huracanes. Es posible que los nidos estén siendo detectados y depredados aún más en SM que en SB debido que ya no existe la altura y cobertura vegetal que había antes de los huracanes. Además, los cambios en las características del dosel pueden estar influyendo en los resultados obtenidos en la depredación a diferentes alturas, donde no hay diferencias significativas. La visibilidad a través de la vegetación podría ser la misma a diferentes alturas debido a la densidad disminuida de la vegetación y mayor apertura del dosel.

Por otro lado, se ha reportado mayor abundancia y riqueza de especies para mamíferos pequeños (Mason-Romo et al., 2018) y herpetofauna (Ramírez-Bautista y García, 2002) en la SM que en la SB. En este sentido la SM puede estar presentando más depredación que la SB debido a que la concentración de depredadores es mayor, ya que la selva mediana presenta alta productividad y una gran variedad de recursos (Bullock y Solís-Magallanes, 1990).

Los principales vertebrados registrados como depredadores en el presente estudio son las aves. Resalta el registro de *Icteria virens*, pues no se ha reportado que en su dieta incluya huevos de otras aves (del Hoyo et al., 1997b; National Audubon Society, 2021). El registro de *Cyanocorax sanblasianus*

y de un troglodítido coinciden con los depredadores reportados por Hannon y Cotterill (1998); ellas registraron *Cyanocitta cristata* y *Troglodytes aedon* como las principales aves que depredaron los nidos.

Solo un 2% de los nidos con huevos depredados presentó marcas de roedores. En varios estudios se ha reportado depredación de huevos naturales y artificiales por diferentes especies de roedores (Bradley y Marzluff, 2003; Cox et al., 2012; Brown et al., 1998; Hannon y Cotterill, 1998), entre los que predominan ardillas y ratones del género *Peromyscus*. En la EBCh, Domínguez-Castellanos et al. (2007) estudiaron el uso del hábitat de roedores arborícolas y encontraron que todas las especies se concentran en el suelo más que en el estrato arbóreo. Lo anterior se puede tomar en cuenta para la explicación del mínimo registro de marcas de rasguños en este estudio.

El registro del número de nidos depredados y las marcas dejadas en los huevos de plastilina lo hice en época de secas y el monitoreo de los nidos con las cámaras trampa en época de lluvias. Esta diferencia en fechas probablemente supone un cambio en la densidad y/o composición de las especies de depredadores. Por otro lado, estos resultados deben tomarse con cautela, ya que se ha reportado que las marcas que los ratones dejan en los huevos de plastilina pueden deberse más a la atracción que este material genera en los roedores para recolectar información olfativa, que a una actividad de depredación (Thompson y Burhans, 2004).

## 8. CONCLUSIONES

Encontré que la depredación de nidos artificiales de colibríes depende significativamente de la vegetación pero no del ocultamiento del nido ni de la altura. Esto indica que el grado de ocultamiento del nido entre los tipos de vegetación no es significativamente diferente y es probable que se deba a la disminución de altura del dosel y cobertura vegetal ocurridos después del paso de los huracanes Jova y Patricia por la costa de Jalisco. Por otro lado, los dos tipos de vegetación pueden estar presentando características no evaluadas en el presente estudio y que están siendo factores importantes para la depredación de los nidos. En este sentido, es importante complementar este estudio con otras variables, debido a que el impacto de la depredación también depende de la composición de la comunidad de depredadores, la densidad de éstos y su conducta de forrajeo y movimiento a través del paisaje (Scott et al., 2005).

Otro factor importante que se debe considerar para mis resultados es que el uso de nidos artificiales necesariamente sesga la depredación hacia algunos mamíferos y aves, excluyendo reptiles y mamíferos y sobreestimando o subestimando las tasas naturales de depredación (Faaborg, 2003). No obstante los resultados pueden indicar patrones espaciales de la depredación y depredadores potenciales.

Los principales depredadores identificados a través de las marcas dejadas en los huevos fueron aves y mamíferos. Se identificaron dos especies de aves depredando los nidos artificiales: *Icteria virens* y *Cyanocorax sanblasianus*. Sin embargo se grabó un individuo de troglodítido que no se pudo identificar a nivel de especie y además hubo nidos con huevos con marcas que no se pudieron identificar. Para incrementar el registro de depredadores, es ideal utilizar mayor cantidad de cámaras y que el muestreo abarque más tiempo, ya que está comprobado que la identificación de depredadores mediante cámaras es un método confiable y efectivo (Thompson y Burhans, 2004).

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arizmendi, M. C. 2020. Golden-crowned Emerald (*Chlorostilbon auriceps*), versión 1.0. Birds of the World (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, EUA. <https://doi.org/10.2173/bow.goceme1.01>
- Arizmendi, M. C., C. I. Rodríguez-Flores, C. A. Soberanes-González y T. S. Schulenberg. 2020. Cinnamon Hummingbird (*Amazilia rutila*), versión 1.0. In Birds of the World (T. S. Schulenberg, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.cinlum1.01>
- Baltosser, W. H. 1986. Nesting succes and productivity of hummingbirds in southwestern New Mexico and southeastern Arizona. *Wilson Bulletin* 98(3): 353-367.
- Borgmann, K. L., C. J. Conway, M. L. Morrison. 2013. Breeding phenology of birds: mechanisms underlying seasonal declines in the risk of nest predation. *Plos ONE* 8(6):1-10.
- Borgmann, K. L. y C. J. Conway. 2015. The nest-concealment hypothesis: new insights from a comparative analysis. *The Wilson Journal of Ornithology* 127(4): 646-660.
- Bradley, J. E. y J. M. Marzluff. 2003. Rodents as nest predators: influences on predatory behavior and consequences to nest birds. *Auk* 120: 1180-1187.
- Brown, K. P., H. Moller, J. Innes y P. Janses. 1998. Identifying predators at nest of small birds in a New Zeland forest. *Ibis* 140: 274-279.
- Bullock, S. H. y J. A. Solis-Magallanes. 1990. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in Mexico. *Biotropica* 22:22-35.
- Chalfoun, A. D., M. J. Ratnaswamy y F. R. Thompson III. 2002a. Songbird nest predators in forest-pasture edge and forest interior in a fragmented landscape. *Ecological Applicattions* 12(3): 858-867.
- Chalfoun, A. D., F. R. Thompson III y Mary J. Ratnaswamy. 2002b. Nest Predator and Fragmentation: a review and meta-analysis. *Conservation Biology* 16(2): 306-318.
- Conner, L. M., J. C. Rutledge y L. L. Smith. 2010. Effects of Mesopredators on Nest Survival of Shrub-Nesting Songbirds. *Journal of Wildlife Management* 74(1):73-80.
- Converse, S. J., A. Royle, P. H. Adler, R. P. Urbanek y J. A. Barzen. 2013. A hierarchical nest survival model integrating incomplete temporally varying covariates. *Ecology and Evolution* 3(13): 4439-4447.
- Cooch, E. G. y G. C. White (eds.). 2019. Program MARK. A gentle introduction. 19 edición. 1191 pp.

- Cox, W. A., F. R. Thompson III y J. Faaborg. 2012. Species and temporal factors affect predator-specific rates of nest predation for forest songbirds in the midwest. *The Auk* 129(1): 147-155.
- del Hoyo, J., A. Elliott y D. Christie (eds). 1997a. Handbook of the birds of the world. Volumen 11. Lynx Editions y BirdLife International.
- del Hoyo, J., A. Elliott y D. Christie (eds). 1997b. Handbook of the birds of the world. Volumen 15. Lynx Editions y BirdLife International.
- Dinsmore, S. J., G. C. White y F. L. Knopf. 2002. Advanced techniques for modeling avian nest survival. *Ecology* 83: 3476-3488
- Dinsmore, S. J. y J. J. Dinsmore. 2007. Modeling avian nest survival in Program Mark. *Studies in Avian Biology* 34: 73-83.
- Domínguez-Castellanos, Y., F. Pimentel y G. Ceballos. 2007. Uso de hábitat de roedores arborícolas en la selva seca de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. *Revista Mexicana de Mastozoología* 11: 21-40.
- Durán, E., P. Balvanera, E. Lott, G. Segura, A. Pérez-Jiménez, A. Islas y M. Franco. 2002. Estructura, composición y dinámica de la vegetación. En: *Historia Natural de Chamela*. Noguera, F. A., J. Vega, A. García y M. Quesada (editores). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 565 pp.
- Escobar-Lasso, S. y J. F. Martínez. 2014. Descripción del comportamiento de anidación de la esmeralda andina *Amazilia franciae* (Apodiformes, Trochilidae) en la región andina de Colombia. *Historia Natural* 4(1): 45-54.
- Faaborg, J. 2003. Truly artificial nest studies. *Conservation Biology* 18(2): 369-370.
- Fierro-Calderón, K. y T. E. Martin. 2007. Reproductive biology of the Violet-chested Hummingbird in Venezuela and comparisons with other tropical and temperate hummingbirds. *The Condor* 109: 680-685.
- Filliater, T. S., R. Breitwisch y P. M. Nealen. 1994. Predation on northern cardinal nests: does choice of nest site matter? *The Condor* 96:761-768.
- Gill, F. 2007. *Ornithology*. Tercera edición. W. H. Freeman and Company. E.U.A. 758 pp.
- Grant, T. A., T. L. Shaffer, E. M. Madden y P. J. Pietz. 2005. Time-specific variation in passerine nest survival: new insights into old questions. *The Auk* 122(2):661-672.
- Greeney, H. F. y S. M. Wethington. 2009. Proximity to Active Accipiter Nests Reduces Nest Predation of Black-chinned Hummingbirds. *The Wilson Journal of Ornithology* 121(4): 809-812.

- Greeney, H. F., M. R. Meneses, C. E. Hamilton, E. Lichter-Marck, R. W. Mannan, N. Snyder, H. Snyder, S. M. Wethington y L. A. Dyer. 2015. Trait-mediated trophic cascade creates enemy-free space for nesting hummingbirds. *Science Advances* 1:1-5.
- Hannon, S. J. y S. E. Cotterill. 1998. Nest predation in aspen woodlots in an agricultural area in Alberta: the enemy from within. *The Auk* 115(1): 16-25.
- Hartley, M. J. y M. L. Hunter. 1998. A meta-analysis of forest cover, edge effects, and artificial nest predation rates. *Conservation Biology* 12(2): 465-469.
- Hoover, J. P., M. C. Brittingham y L. J. Goodrich. 1995. Effects of forest patch size on nesting success of wood thrushes. *Auk* 112:146-155.
- Jehle, G., A. A. Yackel Adams, J. A. Savidge y S. K. Skagen. 2004. Nest survival estimation: a review of alternatives to the Mayfield estimator. *The Condor* 106: 472-484.
- Johow, F. 2002. Apuntes sobre la biología reproductiva de los picaflores de la isla Robinson Crusoe o Masatierra (V región, Chile).
- Laake, J.L. (2013). RMark: An R Interface for Analysis of Capture-Recapture Data with MARK. AFSC Processed Rep 2013-01, 25p. Alaska Fish. Sci. Cent., NOAA, Natl. Mar. Fish. Serv., 7600 Sand Point Way NE, Seattle WA 98115.
- Lemon, J. (2006) Plotrix: a package in the red light district of R. *R-News*, 6(4): 8-12.
- Lott, E. J. 1993. Annotated checklist of the vascular flora of the Chamela Bay Region, Jalisco, Mexico. *Occasional Papers California Academy of Sciences* 148:1-60.
- Lott, E. J., Bullock, S. H., Solís-Magallanes, A., 1987. Floristic diversity and structure of upland and arroyo forest at coastal Jalisco. *Biotropica* 19:228-235.
- Maass, M., Martínez-Yrizar, A., Sarukhán, J. 2010. Investigación ecológica en cuencas hidrográficas. En: Carabias, J., J. Sarukhán, J. de la Maza y C. Galindo (coords.). *Patrimonio Natural de México. Cien casos de éxito*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 240 p.
- Maass, M., R. Ahedo-Hernández, S. Araiza, A. Verduzco, A. Martínez-Yrizar, V. J. Jaramillo, G. Parker, F. Pascual, G. García-Méndez, J. Sarukhán. 2018. Long-term (33 years) rainfall and runoff dynamics in a tropical dry forest ecosystem in western Mexico: Management implications under extreme hydrometeorological events. *Forest Ecology Management* 426: 7-17.

- Martin, T. E. 1995. Avian life history evolution in relation to nest sites, nest predation, and food. *Ecological Monographs* 65:101-127.
- Martin, T. E., C. Paine, C. J. Conway, W. M. Hochachka, P. Allen y W. Jenkins. 1997. *Bird Field Protocol*. Montana Cooperative Wildlife Research Unit, Universidad de Montana, E.U.A. 64 pp.
- Mason-Romo, E. D., G. Ceballos, M. Lima, A. Martínez-Yrizar, V. J. Jaramillo y M. Maass. 2018. Long-term population dynamics of small mammals in tropical dry forests, effects of unusual climate events, and implications for management and conservation. *Forest Ecology and Management* 426: 123-133.
- Mayfield, H. F. 1961. Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* 73:255-261
- Mayfield, H. F. 1975. Suggestions for calculating nest success. *Wilson Bulletin* 87:456-466.
- Medellín, R. Azuara, D. Maffei, L. Zarza, H. Bárcenas, H. Cruz, E. Legaria, R. Lira, I. Ramos-Fernández, G., y S. Ávila. 2006. Censos y Monitoreo. Pp. 25-35. en *El Jaguar Mexicano en el Siglo XXI: Situación Actual y Manejo*. (Chávez C., y G. Ceballos, eds.). CONABIO-ALIANZA WWF TELCEL-Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.
- Meney, B., S. Cunningham, M. A. Weston y D. A. Whisson. 2018. Woodland birds and rural towns: artificial clutch survival in fragmented box-ironbark forests. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 130(1): 7-17.
- National Audubon Society. 2021. Guía de Aves de América del Norte. Chipe Grande *Icteria virens*. <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/chipe-grande#>.
- Newell, F. L. y M. S. Kostalos. 2007. Wood thrush in dense understory may be vulnerable to predators. *The Wilson Journal of Ornithology* 119(4): 693-702.
- Núñez-Rosas, L. E. 2013. Anidación de los colibríes residentes en una selva baja: historia natural y factores que los afectan. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Tlaxcala. 94 pp.
- Ornelas, J. F. 2010. Nests, eggs, and young of the Azure-crowned Hummingbird (*Amazilia cyanocephala*). *The Wilson Journal of Ornithology* 122(3): 592-597.
- Ortega, J. 2007. Depredación de nidos de las aves del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. 47 pp.
- Parker, G., A. Martínez-Yrizar, J. C. Álvarez-Yépez, M. Maas y S. Araiza. 2018. Effects of hurricane disturbance on a tropical dry forest canopy in western Mexico. *Forest Ecology and Management* 426: 39-52.

- Powers, D. R. y S. M. Wethington. 2020. Broad-billed Hummingbird (*Cyananthus latirostris*), versión 1.0. En: Birds of the World (A. F. Poole y F. B. Gill, eds). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, EUA. <https://doi.org/10.2173/bow.brbhum.01>
- Ramírez-Bautista, A. y A. García. 2002. Diversidad de la herpetofauna de la región de Chamela. En: Historia Natural de Chamela. Noguera, F. A., J. Vega, A. García y M. Quesada (editores). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 565 pp.
- Roper, J. J. 2003. Nest-sites influence nest predation differently at natural and experimental nests. *Ornitología Neotropical* 14(1): 1-14.
- Rotella, J. 2019. Nest survival models. En: Cooch, E. G. y G. C. White (eds.). Program MARK. A gentle introduction. 19 edición. 1191 pp.
- RStudio Team. 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Segura, G., P. Balvanera, E. Duran y A. Pérez. 2003. Tree community structure and stem mortality along a water availability gradient in a Mexican tropical dry forest. *Plant Ecology* 169:259–271.
- Shustack, D. P. y A. D. Rodewald. 2010. Attenuated nesting season of the Acadian Flycatcher (*Empidonax virescens*) in urban forests. *Auk* 127:421-429.
- Sloan, S. S., R. T. Holmes y T. W. Sherry. 1998. Depredation rates and predator at artificial bird nests in an unfragmented northern hardwoods forest. *The Journal of Wildlife Management* 62(2): 529-539.
- Small, S. L., F. R. Thompson III, G. R. Geupel y J. Faaborg. 2007. Spotted Towhee population dynamics in a riparian restoration context. *Condor* 109:721-733.
- Sosa, R. A. y J. Lopez de Casenave. 2017. Edge effect on bird nest predation in the fragmented caldén (*Prosopis caldenia*) forest of central Argentina: an experimental analysis. *Ecological Research* 32(2): 129-134.
- Stephens, S. E., J. J. Rotella, M. S. Lindberg, M. L. Taper y J. K. Ringelman. 2005. Duck nest survival in the Missouri Coteau of North Dakota: landscape effects at multiple spatial scales. *Ecological Applications* 15(6): 2137-2149.
- Symonds, M. R. E. y A. Moussalli. 2011. A brief guide to model selection, multimodel inference and model averaging in behavioural ecology using the Akaike's information criterion. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 65: 13-21.

- Thompson, F. R. 2003. Predation of songbirds nests differs by predator and between field and forest habitats. *Journal of Wildlife Management* 67(2): 408-416.
- Thompson, F. R. 2007. Factors affecting nest predation on forest songbirds in North America. *Ibis* 149(2): 98-109.
- Thompson, F. R. y D. E. Burhans. 2004. Differences in predators of artificial and real songbird nests: evidence of bias in artificial nest studies. *Conservation Biology* 18(2): 373-380.
- White, G. 2017. Mark and Recapture Parameter Estimation. Versión 6.2
- Zanette, L y B. Jenkins. 2000. Nesting success and nest predators in forest fragments: a study using real and artificial nests. *The Auk* 117(2): 445-454.

## Anexo 1. Patrón para tejer el nido

Material: Hilaza de algodón marca Omega y ganchillo del número 4.5

1. Hacer un anillo mágico (es el que se desliza hacia ambos lados y así se puede ajustar el diámetro) e insertarlo en el ganchillo.
2. Hacer dos cadenetas al aire.
3. Primera vuelta: Cinco puntos bajos en el anillo mágico → Total de puntos: 5.
4. Cerrar con punto deslizado.
5. Segunda vuelta: Hacer una cadeneta al aire y luego hacer un aumento en cada punto disponible en punto medio alto (esto es, se tejen dos puntos medios altos en cada punto disponible) → Total de puntos: 10.
6. Cerrar con punto deslizado.
7. Tercera vuelta: Hacer dos cadenetas al aire y luego hacer un punto alto en cada punto disponible → Total de puntos: 10.
8. Cerrar con punto deslizado.
9. Cuarta vuelta: Hacer una cadeneta al aire y luego hacer un aumento (tejer dos puntos en un punto) en punto bajo en el primer punto disponible, luego hacer un punto bajo en el siguiente punto disponible. Seguir de esta manera. → Total de puntos: 15.
10. Cerrar con punto deslizado.
11. Quinta vuelta: Hacer una cadeneta al aire y luego hacer un medio punto alto en cada punto disponible → Total de puntos: 15.
12. Cerrar con punto deslizado.

## Anexo 2. Geoposiciones de los nidos artificiales

ID Sitio	Latitud N	Longitud W
<b>1</b>	19.497625	-105.044177
<b>2</b>	19.497267	-105.043996
<b>3</b>	19.497039	-105.043843
<b>4</b>	19.497038	-105.043517
<b>5</b>	19.496995	-105.043086
<b>6</b>	19.496771	-105.042675
<b>7</b>	19.496522	-105.042379
<b>8</b>	19.49622	-105.042026
<b>9</b>	19.495918	-105.041956
<b>10</b>	19.495994	-105.041419
<b>11</b>	19.496069	-105.041042
<b>12</b>	19.49624	-105.040719
<b>13</b>	19.496424	-105.040399
<b>14</b>	19.496565	-105.039822
<b>15</b>	19.496839	-105.039503
<b>16</b>	19.49699	-105.039242
<b>17</b>	19.499626	-105.038137
<b>18</b>	19.499337	-105.038488
<b>19</b>	19.499146	-105.039774
<b>20</b>	19.499018	-105.040012

ID Sitio	Latitud N	Longitud W
<b>21</b>	19.498824	-105.040503
<b>22</b>	19.498715	-105.040956
<b>23</b>	19.498826	-105.041277
<b>24</b>	19.498963	-105.041585
<b>25</b>	19.49902	-105.041889
<b>26</b>	19.500645	-105.043587
<b>27</b>	19.501016	-105.043668
<b>28</b>	19.501524	-105.043557
<b>29</b>	19.501964	-105.043659
<b>30</b>	19.502146	-105.044008
<b>31</b>	19.502506	-105.044272
<b>32</b>	19.502675	-105.044746
<b>33</b>	19.491502	-105.038842
<b>34</b>	19.491062	-105.03858
<b>35</b>	19.490761	-105.038545
<b>36</b>	19.489776	-105.038553
<b>37</b>	19.489566	-105.037926
<b>38</b>	19.488876	-105.037601
<b>39</b>	19.488589	-105.037403
<b>40</b>	19.489041	-105.037015

ID Sitio	Latitud N	Longitud W
<b>41</b>	19.488972	-105.036175
<b>42</b>	19.489394	-105.035988
<b>43</b>	19.489583	-105.035729
<b>44</b>	19.499875	-105.037763
<b>45</b>	19.50005	-105.037431
<b>46</b>	19.499985	-105.036863
<b>47</b>	19.499949	-105.036271
<b>48</b>	19.499921	-105.036089
<b>49</b>	19.499666	-105.038487
<b>50</b>	19.499524	-105.038866
<b>51</b>	19.499673	-105.039072
<b>52</b>	19.500082	-105.039245
<b>53</b>	19.500367	-105.039135
<b>54</b>	19.500297	-105.038788
<b>55</b>	19.500161	-105.038512
<b>56</b>	19.500455	-105.038414
<b>57</b>	19.490876	-105.038497
<b>58</b>	19.490174	-105.038786
<b>59</b>	19.489061	-105.036691
<b>60</b>	19.489805	-105.03619

## Anexo 3. Calendario de colocación y revisión de los nidos artificiales

### ABRIL 2018

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25 (1)	26 (2)	27 (3)	28 (4)	29 (5)
		Colocación T1	Colocación T2	Colocación T3	Colocación T4	
30 (6)						

### MAYO 2018

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	1 (7)	2 (8)	3 (9)	4 (10)	5 (11)	6 (12)
		Revisión T1	Revisión T2	Revisión T3	Revisión T4	Revisión T1
7 (13)	8 (14)	9 (15)	10 (16)	11 (17)	12	13
	Revisión T2	Revisión T3		Revisión T4		
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

#### Notas:

El número en cursiva entre paréntesis corresponde al número de día del experimento. El experimento duró 17 días.

T1, T2, T3 y T4: tandas de nidos colocados.

T1: nidos 1 al 38 (38 nidos colocados)

T2: nidos 39 a 64 (26 nidos colocados)

T3: nidos 65 a 86 (22 nidos colocados)

T4: nidos 87 a 120 (34 nidos colocados)

## Anexo 4. Geoposición de las cámaras trampa y los nidos artificiales.

Nido/Cámara	Latitud Norte	Longitud Oeste	Nido/Cámara	Latitud Norte	Longitud Oeste
1	19.498720	-105.040960	11	19.499690	-105.038630
2	19.498820	-105.040490	12	19.498960	-105.038510
3	19.499110	-105.039630	13	19.497030	-105.043860
4	19.499720	-105.038540	14	19.491510	-105.038850
5	19.499620	-105.038720	15	19.501240	-105.043710
6	19.499720	-105.038060	16	19.500640	-105.043590
7	19.498400	-105.042590	17	19.502050	-105.043700
8	19.499330	-105.038540	18	19.490560	-105.038670
9	19.496140	-105.042040	19	19.489820	-105.038540
10	19.496360	-105.040470			

## Anexo 5. Nidos no encontrados y sin fotografías de cobertura vegetal.

SB: selva baja

SM: selva mediana

Número de nido	Altura (m)	Vegetación	No encontrado	Sin fotografías
1	1	SB		X
5	1	SB		X
9	1	SB	X	X
34	5	SM		X
88	5	SM	X	

## Anexo 6. Historias de encuentro en formato para RMark de los 115 nidos analizados.

Id Nido	FirstFound	LastPresent	LastChecked	Fate	Freq	UnMetro	CincoMetros	SB	SM	Oculto
2	1	1	8	1	1	0	1	1	0	1.42
3	1	12	12	0	1	1	0	1	0	58.77
4	1	12	12	0	1	0	1	1	0	3.58
6	1	8	12	1	1	0	1	1	0	8.80
7	1	12	12	0	1	1	0	1	0	14.19
8	1	1	8	1	1	0	1	1	0	11.47
10	1	12	12	0	1	0	1	1	0	0.00
11	1	12	12	0	1	1	0	1	0	35.23
12	1	12	12	0	1	0	1	1	0	11.94
13	1	12	12	0	1	1	0	1	0	18.20
14	1	12	12	0	1	0	1	1	0	22.24
15	1	12	12	0	1	1	0	1	0	46.36
16	1	12	12	0	1	0	1	1	0	56.19
17	1	12	12	0	1	1	0	1	0	39.75
18	1	12	12	0	1	0	1	1	0	0.00
19	1	8	12	1	1	1	0	1	0	54.48
20	1	12	12	0	1	0	1	1	0	5.88
21	1	8	12	1	1	1	0	1	0	29.98
22	1	1	8	1	1	0	1	1	0	13.30
23	1	12	12	0	1	1	0	1	0	56.19
24	1	12	12	0	1	0	1	1	0	17.79
25	1	12	12	0	1	1	0	1	0	36.95
26	1	12	12	0	1	0	1	1	0	5.18
27	1	1	8	1	1	1	0	1	0	39.47
28	1	12	12	0	1	0	1	1	0	6.98
29	1	1	8	1	1	1	0	1	0	48.50
30	1	1	8	1	1	0	1	1	0	5.05
31	1	12	12	0	1	1	0	1	0	33.91
32	1	1	8	1	1	0	1	1	0	1.90
33	1	8	12	1	1	1	0	0	1	62.83
35	1	1	8	1	1	1	0	0	1	47.25
36	1	8	12	1	1	0	1	0	1	18.31
37	1	12	12	0	1	1	0	1	0	72.21
38	1	1	8	1	1	0	1	1	0	23.97
39	2	2	9	1	1	1	0	1	0	40.01
40	2	2	9	1	1	0	1	1	0	13.85
41	2	9	14	1	1	1	0	1	0	33.44
42	2	2	9	1	1	0	1	1	0	52.13

Id Nido	FirstFound	LastPresent	LastChecked	Fate	Freq	UnMetro	CincoMetros	SB	SM	Oculto
43	2	2	9	1	1	1	0	1	0	36.04
44	2	2	9	1	1	0	1	1	0	64.77
45	2	14	14	0	1	1	0	1	0	41.86
46	2	2	9	1	1	0	1	1	0	22.69
47	2	2	9	1	1	1	0	1	0	41.79
48	2	14	14	0	1	0	1	1	0	13.42
49	2	14	14	0	1	1	0	1	0	27.07
50	2	2	9	1	1	0	1	1	0	14.00
51	2	2	9	1	1	1	0	1	0	30.69
52	2	2	9	1	1	0	1	1	0	29.96
53	2	14	14	0	1	1	0	1	0	35.04
54	2	14	14	0	1	0	1	1	0	29.59
55	2	14	14	0	1	1	0	1	0	21.44
56	2	14	14	0	1	0	1	1	0	35.67
57	2	2	9	1	1	1	0	1	0	65.71
58	2	14	14	0	1	0	1	1	0	10.90
59	2	14	14	0	1	1	0	1	0	41.94
60	2	9	14	1	1	0	1	1	0	27.34
61	2	14	14	0	1	1	0	1	0	31.39
62	2	14	14	0	1	0	1	1	0	31.78
63	2	14	14	0	1	1	0	1	0	11.79
64	2	2	9	1	1	0	1	1	0	13.96
65	3	3	10	1	1	1	0	0	1	25.67
66	3	10	15	1	1	0	1	0	1	34.64
67	3	3	10	1	1	1	0	0	1	9.92
68	3	15	15	0	1	0	1	0	1	7.28
69	3	10	15	1	1	1	0	0	1	37.83
70	3	15	15	0	1	0	1	0	1	22.88
71	3	15	15	0	1	1	0	0	1	8.61
72	3	15	15	0	1	0	1	0	1	18.49
73	3	10	15	1	1	1	0	0	1	19.05
74	3	3	10	1	1	0	1	0	1	20.93
75	3	3	10	1	1	1	0	0	1	9.28
76	3	3	10	1	1	0	1	0	1	19.41
77	3	3	10	1	1	1	0	0	1	10.59
78	3	10	15	1	1	0	1	0	1	23.99
79	3	3	10	1	1	1	0	0	1	23.54
80	3	15	15	0	1	0	1	0	1	10.96
81	3	15	15	0	1	1	0	0	1	23.54
82	3	15	15	0	1	0	1	0	1	10.96
83	3	3	10	1	1	1	0	0	1	41.09
84	3	3	10	1	1	0	1	0	1	23.51
85	3	3	10	1	1	1	0	0	1	5.58

Id Nido	FirstFound	LastPresent	LastChecked	Fate	Freq	UnMetro	CincoMetros	SB	SM	Oculto
86	3	3	10	1	1	0	1	0	1	22.12
87	4	4	11	1	1	1	0	0	1	38.85
89	4	4	11	1	1	1	0	0	1	29.85
90	4	11	17	1	1	0	1	0	1	21.02
91	4	4	11	1	1	1	0	0	1	52.33
92	4	11	17	1	1	0	1	0	1	15.85
93	4	17	17	0	1	1	0	0	1	33.21
94	4	17	17	0	1	0	1	0	1	36.45
95	4	4	11	1	1	1	0	0	1	28.71
96	4	11	17	1	1	0	1	0	1	55.14
97	4	4	11	1	1	1	0	0	1	18.01
98	4	4	11	1	1	0	1	0	1	18.01
99	4	4	11	1	1	1	0	0	1	12.24
100	4	4	11	1	1	0	1	0	1	50.93
101	4	4	11	1	1	1	0	0	1	28.75
102	4	4	11	1	1	0	1	0	1	37.94
103	4	4	11	1	1	1	0	0	1	52.59
104	4	4	11	1	1	0	1	0	1	10.99
105	4	4	11	1	1	1	0	0	1	27.52
106	4	4	11	1	1	0	1	0	1	15.14
107	4	4	11	1	1	1	0	0	1	13.94
108	4	4	11	1	1	0	1	0	1	49.96
109	4	4	11	1	1	1	0	0	1	27.94
110	4	4	11	1	1	0	1	0	1	49.96
111	4	4	11	1	1	1	0	0	1	44.52
112	4	4	11	1	1	0	1	0	1	25.00
113	4	11	17	1	1	1	0	0	1	38.78
114	4	11	17	1	1	0	1	0	1	18.96
115	4	4	11	1	1	1	0	0	1	17.65
116	4	17	17	0	1	0	1	0	1	29.27
117	4	4	11	1	1	1	0	0	1	34.09
118	4	17	17	0	1	0	1	0	1	28.55
119	4	4	11	1	1	1	0	0	1	42.12
120	4	17	17	0	1	0	1	0	1	21.71

# Anexo 7. Tipos de marcas de depredación encontrados en los huevos de plastilina de los nidos artificiales.

**Nido sin señales de depredación**



**Huevos removidos**



**Huevos con marcas en forma de rasguño**



**Marcas no identificadas**



**Huevos con marcas en forma de media luna y cónicas**



