



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

“FORRAJEO DE COLIBRÍES EN MANCHONES DE *SALVIA FULGENS* CON
DISTINTAS DENSIDADES FLORALES EN UNA RESTAURACIÓN BIOCULTURAL EN
TZINTZUNTZAN, MICHOACÁN”

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

MARINA BARAJAS ARROYO

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. ROBERTO A. LINDIG CISNEROS, Instituto de
Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR: DR. JORGE E. SCHONDUBE FRIEDEWOLD,
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas. DR. IAN MACGREGOR FORS, INECOL.

MORELIA, MICHOACÁN, OCTUBRE 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted, que el Subcomité de Ecología y Manejo Integral de Ecosistemas del Posgrado en Ciencias Biológicas, en su sesión ordinaria del día 08 de agosto de 2016, aprobó el siguiente jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**, a la alumna **BARAJAS ARROYO MARINA**, con número de cuenta 515015603, con la tesis titulada, "**Forrajeo de colibríes en manchones de *Salvia fulgens* con distintas densidades florales en una restauración biocultural en Tzintzuntzan, Michoacán**", bajo dirección del **Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros**, Tutor principal:

Presidente: Dra. Ek del Val de Gortari.
Vocal: Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga.
Secretario: Dr. Jorge Ernesto Schindube Friedewold.
Suplente: Dr. José Luis Punzo Díaz.
Suplente: Dr. Ian MacGregor Fors.

Sin otro particular, quedo de usted.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 03 de octubre de 2016.

M. del Coro Arizmendi

DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo brindado para realizar mis estudios de maestría en el Instituto de Investigación en Ecosistemas y Sustentabilidad campus Morelia.

Agradezco el apoyo a CONACYT (630005) por la beca otorgada para realizar satisfactoriamente mis estudios de posgrado.

Al Proyecto del Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado (PAEP 2015) por el apoyo otorgado para asistir al V Congreso Mexicano de Ecología, Fronteras de la Ecología en un Mundo Globalizado. En San Luis Potosí.

Agradezco también al Proyecto del Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado (PAEP 2017) por el apoyo otorgado para el empaste de esta tesis.

Agradezco a mi tutor principal el Dr. Roberto A. Lindig Cisneros por el apoyo constante en la realización del proyecto de tesis, así como la importante colaboración de los miembros de mi comité tutor, el Dr. Jorge E. Schondube Friedewold y el Dr. Ian MacGregor Fors.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Agradezco el apoyo recibido para la realización de este proyecto por parte del Instituto Nacional de Antropología e Historia, Michoacán. Al Dr. José Luis Punzo Díaz, a los trabajadores de la Zona Arqueológica de Tzintzuntzan, en especial al Sr. Rafael Ignacio Quiroz por el apoyo brindado durante las visitas de campo.

Agradezco mis compañeras del laboratorio de Ecología de Restauración del IIES por el apoyo brindado. Así como a los alumnos del laboratorio de Ecología Funcional por el apoyo en campo. A mis compañeros y amigos del IIES que me acompañaron en esta etapa.

Agradezco a mi madre y a mis hermanas por apoyarme siempre. Agradezco a mi padre por sus consejos. Y agradezco a todas las personas que me acompañaron y apoyaron en esta etapa de mi vida.

ÍNDICE

ÍNDICE	6
LISTA DE FIGURAS	7
I.- RESUMEN	8
II.- RESUMEN EN INGLÉS	9
III.- INTRODUCCIÓN	10
IV.- ANTECEDENTES	12
4.1 Restauración Biocultural.....	12
4.5 Los colibríes: Comportamiento e interacciones	14
4.6 <i>Salvia fulgens</i>	16
4.7 Estudios relevantes.....	18
V.- HIPÓTESIS	20
VI.- OBJETIVOS	20
VII.- DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	21
7.1 Tzintzuntzan, el lugar de colibríes.....	21
7.2 Orografía	23
7.3 Hidrología.....	23
7.4 Clima.....	23
7.5 Edafología.....	24
7.6 Vegetación.....	24
7.7 Fauna.....	24
VIII.- METODOLOGÍA	25
8.1 Primera etapa	25
8.1.1 Propagación de <i>Salvia fulgens</i>	25
8.1.2 Observación de colibríes.....	25
8.2 Segunda etapa	28
8.2.1 Propagación de <i>Salvia fulgens</i>	28
8.2.2 Observación de colibríes.....	29
IX.- RESULTADOS PRIMERA ETAPA DE MONITOREO	31
9.2 Manchones experimentales de <i>Salvia fulgens</i>	33

X.- RESULTADOS DE DOS TEMPORADAS	36
10.1 Manchones experimentales de <i>Salvia fulgens</i>	36
10.2 Recorrido de control	39
XI.- DISCUSIÓN	40
XII.- CONCLUSIONES	45
XIII.- LITERATURA CITADA	46

LISTA DE FIGURAS

1.- Especies de colibríes residentes en Tzintzuntzan.....	16
2.- Especies migratorias de colibríes en la ZAT.....	17
3.- Flores y raíces de <i>Salvia fulgens</i>	18
4.- Ubicación de Tzintzuntzan y la Zona arqueológica.....	24
5.- Ubicación de los parches experimentales de Salvia y los puntos de control en la ZAT.....	28
6.- Ubicación de los parches experimentales de Salvia en el segundo periodo de observación.....	30
7.- Parche de Salvias en la plataforma de la ZAT.....	31
8.- Gráfica: Visitas totales de colibríes por fecha.....	33
9.- Gráfica: Visitas totales en los parches experimentales y de control en el primer periodo de observación.....	34
10.- Gráfica: Floración de <i>Salvia fulgens</i> en los parches experimentales.....	35
11.- Gráfica: Visitas totales a los parches de Salvia.....	36
12.- Gráfica: Visitas totales de colibríes a los parches de Salvia.....	37
13.- Gráfica: Forrajeo por hora en los parches de Salvia.....	38
14.- Gráfica: Actividad de percha en los parches de Salvia.....	39

I.- RESUMEN

En zonas urbanas y periurbanas la restauración ecológica se enfrenta a la necesidad de satisfacer objetivos ecológicos y sociales. Por lo que la restauración biocultural; que contempla aspectos tanto ecosistémicos como culturales, es una buena alternativa en lugares como Tzintzuntzan, en Michoacán, México, municipio que fue la última gran capital del señorío Tarasco. Cuyo nombre es una onomatopeya que imita el sonido que hacen los colibríes, en purépecha Ts'intsuntsani que significa "lugar de los colibríes". A pesar del valor cultural de estas aves en la región, actualmente se encuentran casi ausentes en la zona, por lo que la restauración de su hábitat es prioritaria. En la Zona Arqueológica de Tzintzuntzan (ZAT) se lleva a cabo un proyecto de restauración biocultural de largo plazo. Con el que se ha logrado identificar a las especies presentes en el sitio, de las cuales la más abundante es *Cynanthus latirostris*. Así mismo se ha determinado la cantidad de recurso que es necesaria para atraer colibríes a la ZAT, y finalmente se concretó la construcción de un jardín permanente para colibríes, que será construido en un lugar visible donde pueda ser apreciado por los visitantes del sitio. Con ello que se busca establecer una conexión con los elementos naturales y culturales del sitio, donde la restauración de espacios naturales en sitios arqueológicos representa una oportunidad para conservar el patrimonio biocultural de México.

Palabras clave: Restauración, colibríes, cultura, ecosistemas, hábitat.

II.- RESUMEN EN INGLÉS

In urban and suburban areas ecological restoration is faced with the need to satisfy ecological and social goals. So the biocultural restoration; that includes both ecosystem and cultural aspects, is a good alternative in places like Tzintzuntzan in Michoacan, Mexico, a town that was the last great capital of the manor Tarasco. Whose name is an onomatopoeia which mimics the sound that make hummingbirds in Purepecha Ts'intuntsani which means "place of hummingbirds". Despite the cultural value of these birds in the region they are currently almost absent in the area, so the restoration of its habitat is a priority. In Tzintzuntzan Archaeological Zone (ZAT) is carried out a project of biocultural long-term restoration. With which it has been possible to identify the species present on the site, of which the most abundant is *Cynanthus latirostris* (broad-billed hummingbird). It also has been determined the amount of resource that is necessary to attract hummingbirds to the ZAT, and finally the construction of a permanent garden for hummingbirds, which will be built in a visible place where they can be appreciated by site visitors materialized. This is sought to establish a connection with the natural and cultural elements of the site, where the restoration of natural areas in archaeological sites is an opportunity to preserve the bio-cultural heritage of Mexico.

Keywords: Restoration, hummingbirds, culture, ecosystems, habitat.

III.- INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales además de resguardar la biodiversidad del planeta, son proveedores de bienes y servicios de un valor incalculable para las poblaciones humanas (Sarukhán *et al.*, 2008). En este sentido México es un país privilegiado por poseer una gran variedad de ecosistemas; debido a su ubicación geográfica, historia geológica, y heterogeneidad topográfica, nuestro país representa un lugar único para la biodiversidad (Toledo *et al.* 2010). Esta diversidad biológica se complementa con una riqueza cultural excepcional (Sarukhán *et al.*, 2009); ya que a nivel biocultural México ocupa el tercer lugar en el mundo, después de Indonesia e India (Toledo *et al.*, 2010). Sin embargo, las actividades antropogénicas y la globalización han provocado una creciente pérdida de biodiversidad, lo que a su vez acelera la pérdida de diversidad cultural, por la estrecha relación que existe entre ambas. Por lo que es necesario realizar acciones de conservación y restauración de la diversidad biológica, que a su vez ayuden a recuperar la diversidad cultural y viceversa (Gómez, 1995; Vázquez-Karnstedt, 2011).

Como parte de los esfuerzos para mitigar esta pérdida de biodiversidad en ecosistemas degradados, la restauración ambiental ha sido utilizada para recuperar la estructura vegetal, composición de especies, funcionalidad y autosuficiencia de estos ecosistemas (Frick *et al.*, 2014). Por otra parte, para incorporar a este proceso los elementos culturales; esencialmente importantes en nuestro país por la relación existente entre biodiversidad e identidad cultural (Toledo, 2015), surge la restauración biocultural; un área emergente que parte de las interrelaciones existentes entre la diversidad lingüística, cultural y biológica, que implica el uso simultáneo de recursos bióticos y culturales para realizar restauración (Amo-Rodríguez *et al.*, 2013; Vázquez-Karnstedt, 2011). El elemento biocultural con el que se lleva a cabo este proyecto de restauración son los colibríes; aves que cuentan con una gran diversidad de especies en nuestro país (María del Coro. Arizmendi & Berlanga, 2014; Torres & Navarro-Siguenza, 2000). Una de las especies considerada como biocultural, por formar parte esencial de la cultura de México desde épocas prehispánicas, son los colibríes; a estas aves se les asociaba

con deidades de la reproducción y la fertilidad, así como con la guerra. En la actualidad se relacionan popularmente a cosas del destino, del espíritu, del quehacer y saber de la vida humana; como la buena suerte, la salud, el amor y la fertilidad (Arizmendi & Berlanga, 2014). Además de que poseer un valor ecológico intrínseco, los colibríes tienen una significativa función como polinizadores de una gran variedad de plantas (Frick *et al.*, 2014), ya que se sabe que polinizan a más de 1000 especies (Arizmendi y Berlanga, 2014); principalmente plantas que presentan flores de colores brillantes y corolas de forma tubular como es el caso de *Salvia fulgens* (Cornejo-Tenorio & Ibarra-Manríquez, 2011), la cual fue elegida, con base en un estudio previo, por ser nativa del sitio y presentar polinización por colibríes, para llevar a cabo la restauración en el sitio arqueológico de Tzintzuntzan (el lugar de colibríes). Estas aves, de gran importancia para la identidad cultural del lugar, se enfrentan actualmente a la pérdida de hábitat por la creciente expansión urbana. Para restablecer la conexión entre las personas y un elemento clave en su entorno natural, se busca restaurar el hábitat para colibríes a través de la introducción de plantas con flores con la finalidad de atraerlos de nuevo al sitio, y de esta manera recuperar el contexto histórico-ambiental y cultural del sitio mediante la restauración biocultural.

IV.- ANTECEDENTES

4.1 Restauración Biocultural

La restauración ha sido ampliamente utilizada como una herramienta necesaria para promover la conservación de hábitats a nivel mundial. Sin embargo, en México es una actividad que aún se encuentra muy atrasada que se ha centrado principalmente en la reforestación y la recuperación de algunas especies prioritarias, a pesar de que la mitad del territorio se encuentra clasificado con algún tipo de daño ambiental. Y de que existen aproximadamente 18 millones de hectáreas degradadas que necesitan ser restauradas (Ceccon *et al.*, 2015; Sarukhán *et al.*, 2009).

Nuestro país es reconocido por ser uno de los más arraigados a su riqueza cultural e histórica, la cual se ve expresada en la diversidad de su patrimonio cultural tangible e intangible, y en la belleza natural y arquitectónica de sus pueblos y comunidades (SEGOB, 2014). Por lo que una gran cantidad de elementos de la naturaleza se encuentran identificados culturalmente a través de un uso tradicional, una expresión lingüística, o algún elemento sagrado o ritual. Lo que proporciona a sus habitantes un sentido de pertenencia con la naturaleza que a su vez les provee inspiración artística y espiritual para las personas (Toledo, 2015). Sin embargo, al momento de restaurar un ecosistema es frecuente que estos elementos culturales asociados no se tomen en cuenta, a pesar que se ha encontrado que son esenciales para las actividades de restauración, además de que también sufren el deterioro causado por el crecimiento demográfico y varios tipos de presiones externas, lo que vuelve necesaria su restauración (Nabhan *et al.*, 2010; SER, 2004). A partir de esta necesidad de integración es que surge la restauración biocultural; un área emergente que parte de las interrelaciones existentes entre la diversidad lingüística, cultural y biológica, que implica el uso de recursos bioculturales para realizar restauración (Amo-Rodríguez *et al.*, 2013; Vázquez-Karnstedt, 2011). Cuando hablamos de recursos bioculturales nos referimos a aquellos que tienen un significado para las personas; ofrecen enriquecimiento espiritual, desarrollo

cognitivo, recreación, y experiencia estética, además tienen un uso tradicional y han sido conservados por generaciones (Amo-Rodríguez *et al.*, 2003; Brancalion *et al.*, 2014). Éstos recursos incluyen a las especies bioculturales: aquellas que tienen un valor ecológico, económico y cultural, un significado espiritual y simbólico que perdura por generaciones hasta la actualidad (Amo-Rodríguez *et al.*, 2013; Nabhan *et al.*, 2010).

El modelo de restauración que se presenta en esta tesis forma parte de un proyecto de restauración biocultural a largo plazo, que parte de la necesidad de recuperar la abundancia de colibríes en la zona arqueológica de Tzintzuntzan (en adelante ZAT), donde son un grupo de aves emblemáticas que posee un papel en la cultura desde la época prehispánica, pero donde actualmente son escasos. Situación que ha causado que el significado del nombre del sitio –lugar de colibríes- se encuentre descontextualizado. Por lo que, de acuerdo con entrevistas realizadas en un estudio previo (Arroyo-Robles, 2015), a los visitantes les entusiasma y les parece muy agradable la idea de observar colibríes cuando visitan el sitio y coinciden en que “el lugar debería hacer honor a su nombre”.

La restauración se ha llevado a cabo con un enfoque de rehabilitación, ya que no es posible restaurar usando como referencia al estado original de ecosistema debido a que no existe información detallada acerca de las especies que originalmente se encontraban en el sitio. Por otro lado, al tratarse de una zona arqueológica se prioriza la conservación del patrimonio cultural y la vegetación podría ocasionar daños al patrimonio arqueológico en ciertas áreas. Sin embargo, fue autorizada la colocación de ejemplares de *S. fulgens* de manera permanente en áreas donde hay menor cantidad de restos arqueológicos, con la finalidad de proporcionar hábitat para los colibríes. Estas áreas son accesibles a los visitantes, los cuales pueden tener acceso a la experiencia de conexión con su herencia natural y el legado cultural de nuestros antepasados.

4.5 Los colibríes: Comportamiento e interacciones

Los colibríes son uno de los grupos de aves más numerosos y diversos del mundo, endémicos del continente americano, con 350 especies; 58 de ellas habitan en nuestro país y 24 son endémicas (Arizmendi & Berlanga, 2014; Torres & Navarro-Sigüenza, 2000). Son aves pequeñas cuyo peso va de los 2 a los 24g. Tienen picos largos y delgados y lenguas tubulares largas y extensibles que usan para alimentarse. Son principalmente nectarívoros, dado que el néctar que toman de las flores es su principal fuente de energía, aunque también suelen alimentarse de invertebrados pequeños que encuentran en las flores que visitan (Arizmendi & Berlanga, 2014; Lara *et al.*, 2012; Martínez-García, 2006; Torres & Navarro-Sigüenza, 2000).

Debido a sus altos requerimientos energéticos, los cambios en la distribución temporal y espacial de los recursos florales influyen en el comportamiento de los colibríes, por lo que modificaciones naturales o antropogénicas en la disponibilidad de estos recursos pueden alterar las interacciones colibrí-planta en una comunidad y el comportamiento de forrajeo en condiciones de escasez de recursos (Lara *et al.*, 2012; Ornelas & Lara, 2002; Powers & McKee, 1994; Schmitt, 1983). El nivel y tipo de actividad de estas aves se asocia al tamaño del parche del recurso que visitan (Jiménez *et al.*, 2012), siendo que ignoran inflorescencias con pocas flores ya que obtienen más energía por unidad de tiempo en parches grandes en los que pueden minimizar el número de viajes de forrajeo y ahorrar energía (Montgomerie *et al.*, 1984; Pyke, 1978). Para optimizar el tiempo de forrajeo utilizan la memoria espacial; un mecanismo que se basa en el uso de señales visuales o espaciales (localización de plantas y flores con néctar), mediante la cual los colibríes pueden identificar recursos de buena calidad de acuerdo con los sitios donde se encuentran las plantas de cuyas flores obtuvieron recompensa, e igualmente discriminar aquellas de las cuales no la obtuvieron. A su vez poseen la capacidad de percibir y recordar el número de flores visitadas y disponibles en un parche y la cantidad de néctar que obtuvieron de la flor actual, lo que les permite optimizar el uso de energía (Benitez-Vieyra *et al.*, 2014; Pérez *et al.*, 2012; Pyke, 1978).

De manera que, de acuerdo con la cantidad de recurso disponible en el entorno, las especies de colibríes suelen presentar diferentes tipos de comportamiento (Márquez 2015, Powers 1994): en parches con flores abundantes algunas especies presentan comportamiento territorial, para lo que necesitan mantener un umbral de energía que compense el costo de defender territorio (Justino *et al.* 2012). Para garantizar este suministro constante de energía los colibríes defienden recursos de buena calidad, que les permiten tener acceso a más flores en comparación con especies no territoriales (Powers y McKee, 1994). Las cuales son excluidas de recursos alimenticios y desplazadas por las especies dominantes, estos son por lo general colibríes ruteros (*trapliners*) que forrajean en áreas más amplias. Y suelen esforzarse más para llenar sus requerimientos energéticos debido a los altos costos del forrajeo en áreas abiertas (Powers y McKee, 1994); por lo que hacen visitas frecuentes a diferentes sitios de alimentación, de las que son desplazados por las especies territoriales generalmente de mayor tamaño (Arizmendi & Ornelas, 1990; Luna, 2015).

Con base en información de trabajos previos realizados por el laboratorio de Ecología Funcional del IIES (UNAM campus Morelia), se tienen identificadas las especies que potencialmente se pueden encontrar en la zona arqueológica de Tzintzuntzan. Algunas de ellas son residentes (de izquierda a derecha): *Amazilia beryllina*, *Amazilia violiceps*, *Cyananthus latirostris*, *Hylocharis leucotis*, *Lampornis clemenciae* (Figura 1).

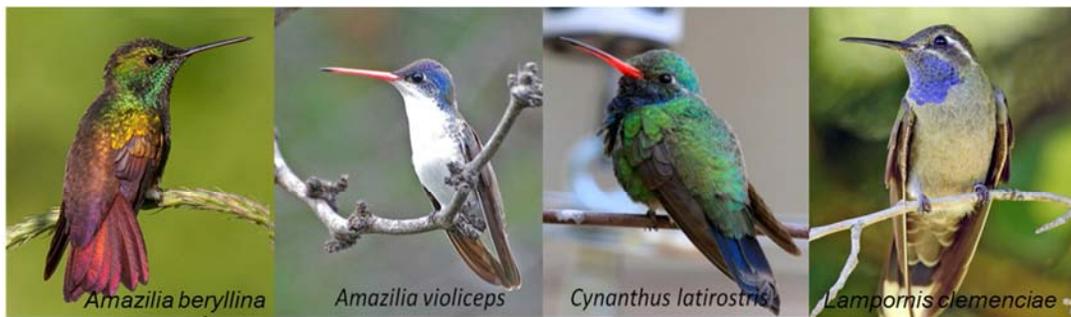


Figura 14. Especies de colibríes registradas en el periodo de muestreo 2016 en Tzintzuntzan.



Figura 3. Especies migratorias de colibríes en Tzintzuntzan.

También se presentan en el sitio especies migratorias como (de izquierda a derecha): *Archilocus alexandri*, *Archilochus colubris*, *Calothorax lucifer*, *Eugenes fulgens*, *Heliomaster constantii*, *Selasphorus sasin* y *Stellula calliope* (Jorge Schondube Com. Pers.) (Figura 2).

4.6 *Salvia fulgens*

México representa una de las áreas con mayor diversidad del género *Salvia* en el mundo, con alrededor de 300 especies, que convierten a *Salvia* en el segundo género más diverso de nuestro país con un alto porcentaje de endemismo (85-88%), (Cornejo-Tenorio & Ibarra-Manríquez, 2011). En Michoacán el género está representado por 48 especies, de las cuales 12 son endémicas y 18.7% tienen flores rojas, color preferido por los colibríes (Arizmendi & Berlanga, 2014). Esta especie es común en zonas con clima templado, a altitudes que van desde los 2500 a los 3900 m.s.n.m. En Michoacán son frecuentes en bosque templado de pino-encino y encino (Cornejo-Tenorio & Ibarra-Manríquez, 2011). Aunque tienen la capacidad para establecerse en sitios abiertos y perturbados, lo cual las hace más aptas para afrontar los cambios en la cobertura vegetal que presenta el estado (Ibarra, 2009).

Las *Salvias* son plantas arbustivas con una altura que va de 1 a 4 metros, con tallos aterciopelados, hojas ovaladas y en forma de corazón de color amarillo-verde

cubiertas de vellos que se encuentran en toda la planta. Las flores, que tienen una duración de cuatro días (Arizmendi *et al.*, 2007), están dispuestas en agrupaciones terminales, son de color rojo intenso, tubulares con dos labios, el superior con pelos finos, rojos y brillantes, 4-6 cm de largo y 0.8 a 1 cm de ancho, presentes casi todo el año, preferentemente de julio a febrero (Cornejo-Tenorio & Ibarra-Manríquez, 2011; Rzedowski *et al.*, 2001), las cuales debido a características como: corola tubular de color rojo y néctar con una gran concentración de sacarosa las Salvias son polinizadas por colibríes (Dieringer *et al.* 1991; Stiles, 1976). Su sistema radicular es somero, con raíces delgadas que se extienden ocupando unos 50 centímetros aproximadamente en un individuo adulto, lo que es importante para la conservación de estructuras o restos arqueológicos que se encuentran en la ZAT (Figura 3).



Figura 3. Flores y raíces de *Salvia fulgens*.

4.7 Estudios relevantes

La diversidad biocultural, definida como “la diversidad de vida en todas sus manifestaciones –biológica, cultural y lingüística- que se interrelacionan en un complejo sistema socio ecológico”, ha venido cerrando la brecha entre las ciencias sociales y las naturales, por lo que ha despertado el interés de los investigadores alrededor del mundo como una herramienta ante la creciente pérdida de diversidad biocultural que se presenta actualmente (Cuerrier *et al.*, 2015; Hong, 2011; Loh & Harmon, 2005; Lyver *et al.*, 2016). Sin embargo, son pocos los estudios de caso sobre los elementos culturales, o la percepción de los mismos en los proyectos de restauración (Brancalion *et al.*, 2014). Así como los proyectos de restauración biocultural realizados alrededor del mundo. A continuación, se describen algunos ejemplos:

Costa Rica es uno de los países donde se ha realizado restauración cultural de manera exitosa. En el área de conservación de Guanacasté (ACG); uno de los corredores biológicos más importantes de ese país (Elizondo y Blanco, 2010), se realizó un proyecto de restauración biocultural en el año de 1988, con el objetivo de integrar el conocimiento biológico y cultural por medio de actividades de educación, investigación y programas de turismo para involucrar a los habitantes de la comunidad con el parque (Allen, 1988). El proyecto más reciente, utilizó también como base la educación biológica como una herramienta fundamental para la restauración biocultural; promoviendo la participación de los niños de las escuelas que rodean el ACG, mediante actividades como viajes de campo donde les enseña de manera didáctica, desde temas básicos de biología, hasta temas más complejos como: conectividad, fragmentación, biogeografía y restauración (Elizondo y Blanco, 2010).

En Estados Unidos la restauración biocultural ha logrado integrar desde especies emblemáticas hasta platillos típicos. Como en el proyecto para la conservación y restauración del “beargrass”, un pasto endémico culturalmente importante utilizado para cestería por tribus como la Quinault y la Skokomish, que logró recuperarse

mediante el restablecimiento del régimen de fuegos en el sitio (Joy *et al.* 2009). Por su parte, con la intención de recuperar una serie de alimentos silvestres anteriormente agotadas por la pérdida de hábitat, contaminación o sobreexplotación, tales como las ostras, las castañas, el bisonte. Se integraron la restauración ecológica y cultural en un proyecto realizado en México y Norte América, con el objetivo no solamente de recuperar una especie, sino también de los valores culturales y de hábitat saludable, diversidad de especies y platillos tradicionales de estas regiones (Nabhan *et al.*, 2010).

En Guatemala, en la zona arqueológica El Tikal, donde existe una enorme conexión entre el patrimonio material (arqueológico) e intangible (identidad cultural); la interacción entre ambos proporciona a los visitantes la experiencia de sentirse conectados con la naturaleza y su herencia cultural al observar la flora y fauna del sitio en interacción con las ruinas arqueológicas. Por lo que, con el fin de mantener esta relación entre naturaleza-cultura, y conservar la fauna que habita en las zonas arqueológicas, se realizó un monitoreo de las especies de flora y fauna asociadas a El Tikal, para generar estrategias en pro de la conservación las ruinas y de la biodiversidad asociada a éstas (Martínez, 2000).

Por su parte en México se ha realizado una propuesta basada en la “restauración ecológica productiva”, donde se utilizan especies de valor biocultural en sistemas agroforestales en colaboración con las poblaciones locales, como parte de una propuesta de manejo y conservación de recursos bioculturales (Amo-Rodríguez *et al.*, 2013). Sin embargo, en nuestro país no se ha realizado restauración biocultural como tal. De igual manera son pocos los trabajos realizados con aves en bosque templado y aun no se ha trabajado en restauración hábitat para colibríes (Bonfil *et al.* 2015, Rivera-Rivera 2012). Por lo que aún queda mucho por realizar en este campo.

V.- HIPÓTESIS

El establecimiento y la floración de plantas de *Salvia fulgens* atraerá más colibríes a la zona arqueológica de Tzintzuntzan, aumentando el número de individuos y de especies de colibríes presentes. Esto con base en que los polinizadores regresan a un sitio después de que ha sido restaurado el hábitat y la comunidad de plantas de las cuales se alimentan (Frick *et al.*, 2014).

VI.- OBJETIVOS

General:

Atraer a los colibríes a la zona arqueológica de las Yácatas en Tzintzuntzan, Michoacán mediante la colocación de plantas con flores de la especie *Salvia fulgens*.

Particulares:

- Documentar la actividad de los colibríes en los parches de *S. fulgens* y las interacciones entre especies.
- Determinar la cantidad de recurso que es necesario para poder atraer a los colibríes a los manchones de *S. fulgens*.

VII.- DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Tzintzuntzan es uno de los ocho pueblos mágicos que se encuentran en Michoacán (SECTUR 2006); ubicado en el margen oriente del lago de Pátzcuaro en las coordenadas 19°38' de latitud norte y 101°35' de longitud oeste, a una altura de 2,050 metros sobre el nivel del mar (Figura 4). Limita al Norte con Quiroga; al Este con Morelia y Lagunillas; al Sur con Huiramba y Pátzcuaro; al Oeste con Pátzcuaro y Erongarícuaro. Tiene una superficie de 158.74 Km² y una población de 12,414 habitantes (Atlas Geográfico del Estado de Michoacán 2003, INAFED 2010).

7.1 Tzintzuntzan, el lugar de colibríes

Tzintzuntzan, es una palabra de origen purépecha que significa “lugar de colibríes”, es la antigua capital de señorío Tarasco, ubicada al centro del estado de Michoacán. Que actualmente es un punto turístico importante en el estado que conserva su valor histórico y cultural (Fernández, 2009; Hernández, 2010).

Los antiguos purépechas, descendientes de grupos chichimecas llamados “úacusechas” –señores águilas- que llegaron a la zona lacustre de Pátzcuaro en el siglo XII, eran guerreros, agricultores y pescadores que conquistaron a los habitantes de esa región para conformar el imperio Tarasco (INAFED, 2010, Punzo-Díaz 2014). El cual constituyó uno de los más poderosos final del periodo prehispánico. En el año 1400 el rey Tariacuri unificó bajo su mando a todos los pueblos del centro de Michoacán y eligió tres pueblos para cada uno de sus hijos: Hiquingare quedó al mando de Pátzcuaro, Hirepan gobernó Ihuatzio y Tanganxoan se quedó con Tzintzuntzan (González, 2009).

A la llegada de los españoles Tzintzuntzan aún era una ciudad en esplendor desde donde se tomaban las decisiones políticas, económicas y religiosas más importantes (Punzo-Díaz, 2014). Como capital y centro de poder político del imperio al que estaban sujetos otros pueblos; gobernaba las tres regiones del Michoacán prehispánico: región lacustre, sierra y tierra caliente. También parte del estado de

Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Querétaro y México (Foster 2000, González 2009). Con lo que llegó a dominar una extensión territorial de alrededor de 75,000 km² (Aguilar-Irepan, 2013) y fue la segunda cultura más grandes en el México prehispánico (Fernández, 2009).

En Tzintzuntzan se conserva un antiguo centro ceremonial, el más importante del imperio tarasco, el cual se encuentra construido sobre en una gran plataforma artificial que mide 425 metros de largo por 250 de ancho aproximadamente, erigida en la ladera baja del cerro Yahuarato, orientado hacia el lago de Pátzcuaro. Sobre la cual se ve una gran explanada y algunos edificios. Los más importantes son las cinco Yácatas, nombre purépecha que significa “montículos de piedra” y que se les da a las pirámides en esta región. Estas Yácatas se encuentran alineadas sobre un basamento común y las separa un pasillo angosto. Están conformadas por varios cuerpos escalonados de cerca de 1m de alto, y se deduce que alcanzaban 12 o 13 m de altura y que en la parte superior había templos construidos con materiales donde se encendían hogueras a sus dioses, principalmente Curicaveri, suprema deidad tarasca vinculada con el Sol y el Fuego (Hernández-Díaz, 2010; Punzo-Díaz, 2014). Actualmente sigue siendo una construcción imponente y un punto básico del turismo tradicional en el estado; visitado por un gran número de turistas a lo largo de todo el año, por su espectacular vista del lago y del templo de San Francisco, uno de los edificios más importantes de la ciudad donde aún se conservan los árboles de olivo que plantó el obispo Don Vasco de Quiroga a mediados del siglo XVI (SECTUR, 2014).

Además, la ciudad es un punto turístico importante en el estado de Michoacán, por ser uno de los ocho pueblos mágicos del estado, título con el que fue condecorado en 2012, por ser un lugar que posee atributos simbólicos, leyendas, historia, hechos trascendentes, que se manifiestan en sus expresiones socio-culturales, y que pueden ser atractivas para actividades turísticas (SECTUR, 2006).



Figura 4. Ubicación del municipio de Tzintzuntzan y zona arqueológica de las Yácatas.

7.2 Orografía

Se encuentra dentro del Sistema Volcánico Transversal. En la depresión de la cuenca de Pátzcuaro. Su relieve lo conforman el sistema volcánico transversal y la depresión de Pátzcuaro y los cerros Lagarto, Tariácuri y Patambicho (Rendón, 1996).

7.3 Hidrología

Tzintzuntzan pertenece a la cuenca del lago de Pátzcuaro, con una superficie de 1,525 km², se alimenta por corrientes subterráneas y superficiales. Una de las cuales es el Río Chapultepec, que nace en el municipio de Tzintzuntzan, así como los arroyos Patambicho y Ojo de Agua, así como el manantial del Jagüey, Itzio y Chuchuatiro (Rendón 1996, Atlas Geográfico del Estado de Michoacán 2003).

7.4 Clima

Templado con lluvias en verano (Cw). Precipitación pluvial anual de 989.8 milímetros. Temperatura media anual es de 16° C. Con intensas heladas en invierno (Rendón 1996, Atlas Geográfico del Estado de Michoacán 2003).

7.5 Edafología

A continuación, se enlistan los tipos de suelos que presenta Tzintzuntzan y el porcentaje de superficie que ocupan en el municipio: Acrisol (30%), Luvisol (20%), Leptosol (20%), Feozem (10%) (Atlas Geográfico del Estado de Michoacán, 2003).

7.6 Vegetación

Está dominada por bosques de coníferas, así como de encino y mixtos, con las comunidades secundarias correspondientes como matorral subtropical, además de tular y carrizal correspondiente al lago (Atlas Geográfico del Estado de Michoacán 2003, Rzedowski *et al.* 2014). El bosque de coníferas se desarrolla a altitudes de 2,600 a 3,500 msnm, y es representativo en los cerros del Tariakeri y Sierra del Tigre (Rendón 1996).

7.7 Fauna

Presenta mamíferos como: Armadillo (*Dasyopus spp.*), cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*), coyote (*Canis latrans*), gato montés (*Lynx rufus*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), tuza (*Thomomys spp.*), tejón (*Nasua narica*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), zorra (*Vulpes vulpes*), zorrillo (*Mephitis spp.*).

Aves representativas: azulejo pálido (*Sialia currucoides*), bolsero calandria (*Icterus bullocki*), ceniztonle (*Mimus polyglottus*), colibrí (*Trochilidae*), corre caminos (*Geococcyx californianus*), cuervo (*Corvus spp.*), gavilán (*Accipiter spp.*), jilguero (*Myadestes occidentalis*), lechuza (*Tyto alba*), mulato (*Melanotis caerulescens*), pato golondrino (*Anas acuta*), primavera (*Coccyzus americanus*), tångara capucha roja (*Piranga ludoviciana*), urraca (*Calocitta spp.*).

También presenta reptiles como la víbora de cascabel (*Crotalus durissus*), víbora chirrionera (*Masticophis flagellum*), alicante (*Pituophis deppei deppei*). Anfibios como el ajolote (*Ambystoma ordinarium*) y peces como el pez blanco (*Chirostoma estor*), carpa (*Cyprinus carpio*) y el charal (*Chirostoma*) (Rendón 1996, Atlas Geográfico del Estado de Michoacán 2003).

VIII.- METODOLOGÍA

Los muestreos de actividad de colibríes y la propagación de *Salvia fulgens* se llevaron a cabo en dos etapas de acuerdo con la fenología de *Salvia* y el diseño experimental.

8.1 Primera etapa

8.1.1 Propagación de *Salvia fulgens*

En la primera etapa del diseño experimental se propagó *Salvia fulgens* mediante estacas de 15 cm cada una, mismas que fueron obtenidas de plantas cultivadas en una etapa previa a partir de semillas colectadas en Tzintzuntzan y propagadas en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (UNAM). Una vez listos los acodos, las plantas fueron colocadas en 20 macetas con sustrato compuesto de una combinación de agrolita, arcilla y turba. Una vez que las plantas alcanzaron un tamaño adecuado, 1.5 m aproximadamente, se eligieron las más aptas para ser llevadas a la ZAT, para lo que fueron trasplantadas a nueve tinas con un volumen de 200 L cada una, para permitir un desarrollo adecuado de las plantas y a su vez evitar el daño a los bienes arqueológicos del sitio donde fueron colocadas de manera temporal durante el muestreo. Las tinas fueron colocadas en pares para formar los manchones experimentales de *Salvia*, los cuales se colocaron entre cada una de las Yácatas (estructuras piramidales de la ZAT). Una de las tinas se colocó con plantas de un experimento anterior que se encontraban en el sitio para formar el quinto manchón experimental, el cual se colocó cerca de la cabaña de la administración de la ZAT.

8.1.2 Observación de colibríes

El método de muestreo utilizado para la observación de colibríes es una modificación del método de conteo por puntos de radio indefinido por un periodo de tiempo de 15 minutos (Buckland, 2006; Ralph *et al.*, 1995), la modificación consiste en que se centraron las observaciones en los manchones experimentales y de

control, y que en los manchones experimentales el tiempo de observación se extendió de 15 a 30 minutos para aumentar la probabilidad de observar colibríes.

Se registró como visita a los parches la presencia de un colibrí realizando una de las siguientes actividades: comer, perchar o interactuar con otro colibrí presente en el parche, generalmente en conducta territorial agresiva.

Para la identificación de las especies de colibríes se utilizaron guías de identificación de aves de Howell y Webb (1995) y Sibley (2000).

Después de cada observación en los parches de salvia se realizó un conteo del número de flores maduras viables (turgentes y con la corola abierta) en cada parche, para llevar un registro de la cantidad de recurso disponible.

Para identificar los sitios donde se llevarían a cabo las observaciones se realizó una visita piloto el 11 de diciembre de 2014, una semana después de haber sido colocadas las salvias en la zona arqueológica. Posteriormente las visitas se llevaron a cabo de manera semanal y en ocasiones quincenal, el primer periodo de observación dio inicio el 8 de enero y finalizó el 29 de abril de 2015, al terminar la época de floración de las salvias. Se realizaron 14 visitas en total.

Con el objetivo de detectar la presencia de colibríes en la zona se establecieron cuatro puntos de control, para los cuales se eligieron parches de flores naturales donde es común la presencia de colibríes. Se eligieron tres sitios al exterior de la zona arqueológica en los parches de especies presentes en la periferia como: *Leonotis nepetifolia*, *Loeselia mexicana* y *Erythrina coralloides*. Al interior del sitio solo se eligió un punto de control en los árboles de *Erythrina*, esto debido a la falta de recurso dentro de la zona arqueológica y por ser una de las especies que presenta flores durante el periodo en que se realizaron las observaciones. Sin embargo, casi al final del periodo de muestreo dio inicio la floración de las Jacarandas (*Jacaranda mimosifolia*) que se encuentran al interior de la zona arqueológica, por lo que también se observaron colibríes en ellas, sin embargo, no se consideraron como un punto independiente y solamente se observó en los árboles contiguos al punto de control de los árboles del género *Erithryna* (Figura 5).

Las observaciones realizadas en los puntos de control tuvieron una duración de 15 min, en las cuales se observó a una distancia aproximada de 10 m desde un punto fijo, generalmente bajo condiciones de clima favorable y cielo despejado. En los parches experimentales de salvia al inicio se realizaron observaciones de 15 minutos al igual que en los puntos de control. Sin embargo, al aumentar el número de flores en las salvias se decidió que el tiempo de observación debería ser mayor para incrementar las probabilidades de registrar la visita de algún colibrí al parche, por lo que el tiempo de observación se extendió de 15 a 60 minutos, centrándose en el parche de las Yácatas que era el que contaba con un mayor número de flores, por lo que consideramos que sería más probable que atrajera a los colibríes.

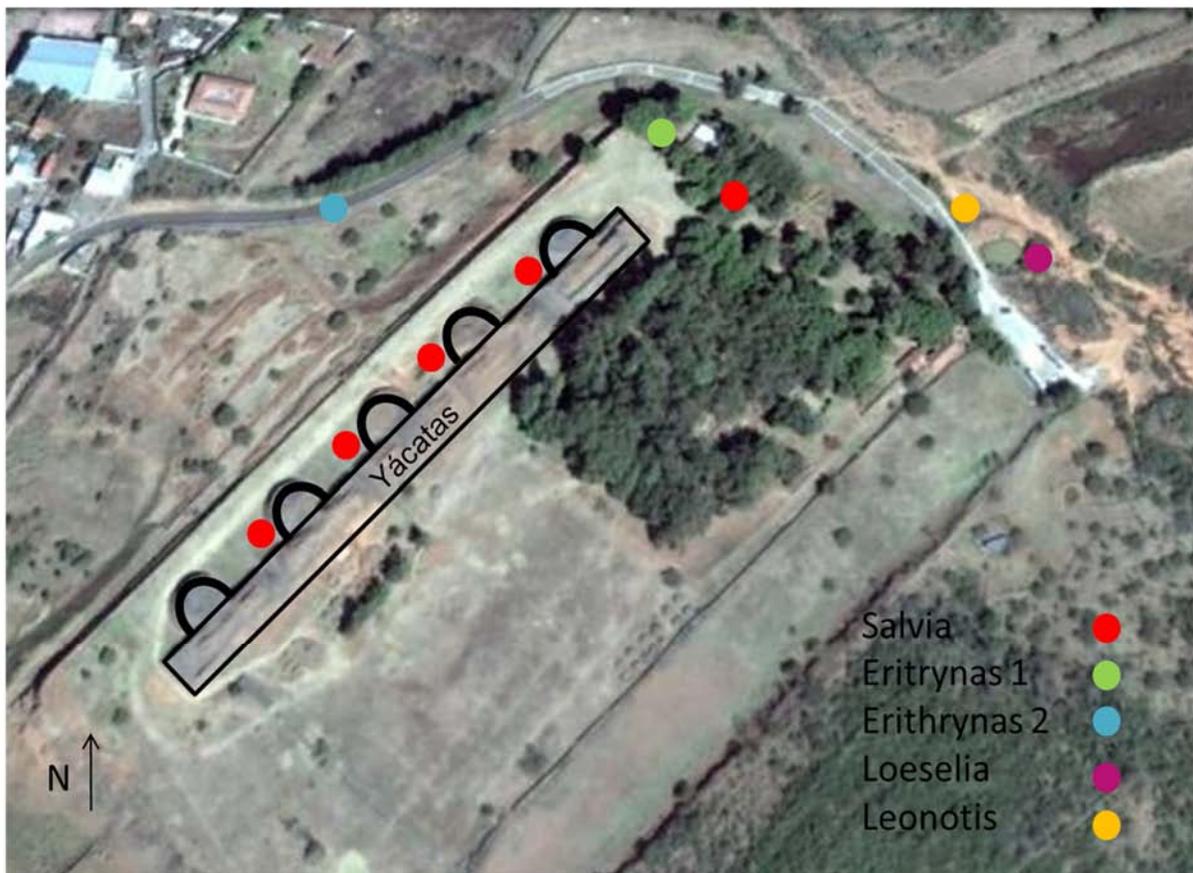


Figura 5. Ubicación de los parches experimentales de Salvia y los puntos de control en la ZAT.

Los puntos de control fueron muy útiles para determinar el número de especies de colibríes presentes en la zona, así como el tipo de interacciones existentes entre ellas, de esta manera se logró hacer una comparación con lo observado en los parches experimentales de *Salvia*. Aunque, debido a la temporalidad de la floración de las plantas del sitio, los puntos de control no fueron constantes durante todo el periodo de muestreo.

8.2 Segunda etapa

8.2.1 Propagación de *Salvia fulgens*

Para el segundo periodo del muestreo la propagación por estacas no resultó efectiva, por lo que se optó por propagar las Salvias mediante semillas, mismas que fueron colectadas de las plantas colocadas en Tzintzuntzan para el primer periodo de observación. Se sembraron 150 semillas en dos charolas, 75 semillas en cada una, con una mezcla de sustrato igual al utilizado en la primera etapa: agrolita, arcilla y turba. Las semillas no recibieron tratamiento de escarificación, solo se almacenaron por dos semanas en refrigeración para fomentar la germinación. Posteriormente se colocaron en dos charolas con dos técnicas diferentes para sembrar las semillas: en surcos y en hoyos, aunque esto no representó diferencia alguna en el éxito de germinación para ambos tratamientos y se obtuvo un porcentaje aproximado de 95% de semillas germinadas.

Una vez que las plantas alcanzaron un tamaño adecuado (15 cm aproximadamente), fueron trasplantadas a 50 macetas con un sustrato igual al de los tratamientos anteriores. Posteriormente se colocaron algunas de ellas junto con plantas de mayor tamaño que pertenecían al periodo de propagación anterior en tinas de 60 x 80cm, cada tina contenía dos plantas y se tuvo un total de 12 tinas que fueron llevadas a Tzintzuntzan para ser colocadas en las Yácatas. Estas salvias fueron colocadas junto con las plantas del primer periodo formando manchones de 5 tinas cada uno; con un total de cinco manchones, tres de ellos colocados sobre la

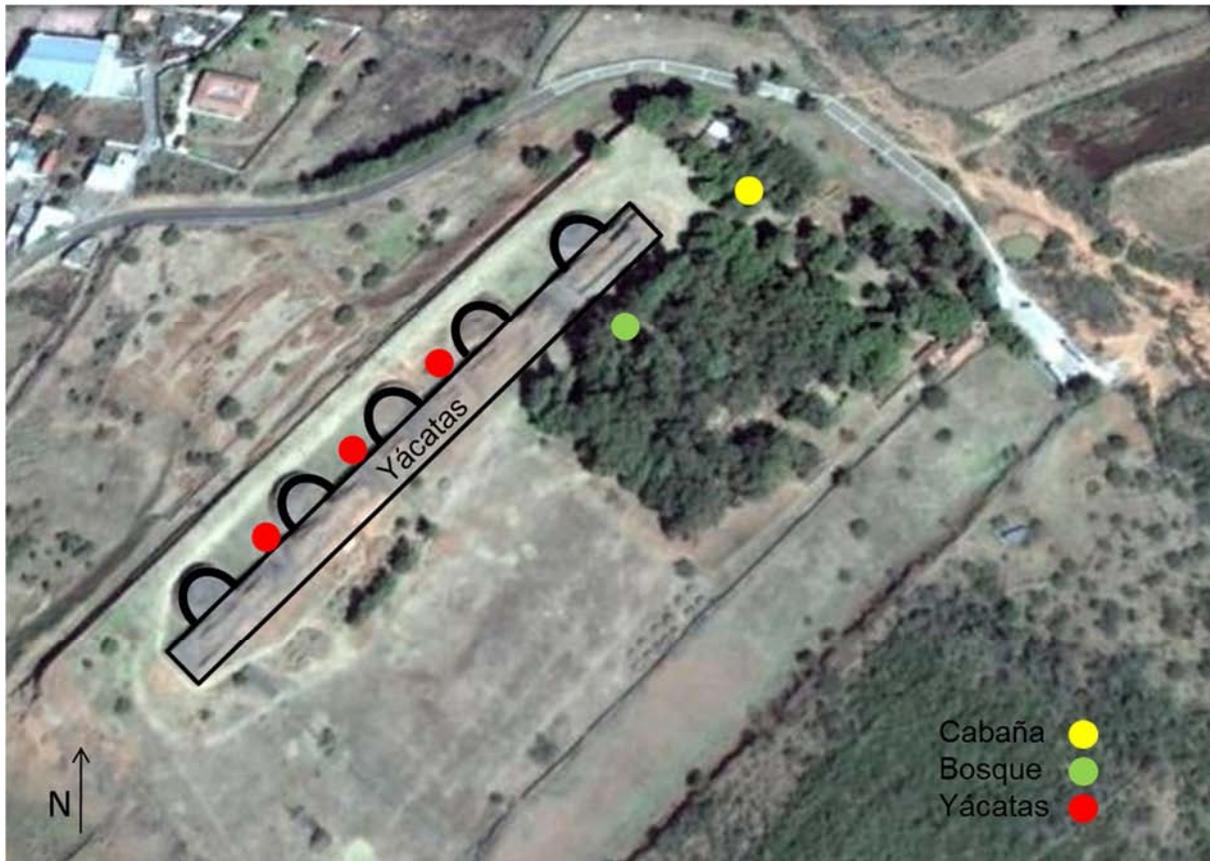


Figura 6. Ubicación de los parches experimentales de *Salvia* en el segundo periodo de observación.

plataforma entre cada Yácatas, uno más en el sotobosque, y se conservó el manchón de la cabaña con las plantas de salvia que se encontraban ahí en el primer periodo de muestreo (Figura 6).

8.2.2 Observación de colibríes

Para el segundo periodo de monitoreo de colibríes (2016) se utilizó el mismo método de observación y se estandarizó el tiempo de observación a 30 minutos en todos los parches. El esfuerzo se concentró solamente en los manchones experimentales de *Salvia*, con lo que se eliminaron los puntos de control, mismos que fueron sustituidos por una observación consistente en un recorrido dentro y alrededor de la zona arqueológica para identificar a las especies de colibríes presentes y el lugar donde se encontraban.

Las observaciones se hicieron a una distancia aproximada de 15 metros, en condiciones de clima y viento favorables. Al igual que en el primer periodo se contabilizaron las flores de las Salvias de cada parche experimental al terminar la observación para tener un registro de la cantidad de recurso disponible (Figura 7).



Figura 8. Parche experimental de Salvia en la Yácata 2 de Tzintzuntzan.

8.3 Análisis Estadístico

Para ambas etapas del muestreo el análisis estadístico de los datos se llevó a cabo con modelos lineales generalizados. Los modelos lineales generalizados son una herramienta estadística particularmente útil cuando la varianza no es constante, y/o cuando los errores no se encuentran distribuidos de manera normal (Crawley 2007). Esto es frecuente cuando la variable de respuesta son conteos, como es el caso del número de visitas por polinizadores. Debido a la naturaleza de los datos los parámetros utilizados para los MLG fueron la distribución de Poisson y la función de ligamiento logarítmica.

Las variables de respuesta se estandarizaron para expresarlas como número de eventos por hora. Las variables explicativas fueron: número de flores, mes de observación y temporada (2015 y 2016). Y las variables de respuesta fueron: número de eventos en los que se consumió el recurso (comer), perchar y número

de visitas totales. Estos análisis se llevaron a cabo con el programa R (R Development Core Team 2016).

IX.- RESULTADOS PRIMERA ETAPA DE MONITOREO

En el sitio arqueológico de Tzintzuntzan y sus alrededores se registraron cinco especies de colibríes, cuatro residentes: *Amazilia beryllina*, *Amazilia violiceps*, *Cynanthus latirostris*, *Lampornis clemenciae*; y una migratoria: *Selasphorus rufus*.

En total se monitorearon cinco parches de control; algunos de ellos fueron temporales debido a la época de floración de plantas como las de *Leonotis* que solo florece en temporada de lluvias y sus flores desaparecen en el mes de febrero. Otras especies como los árboles de *Erithryna*, en los que la floración también puede ser variable; algunos presentaron flores durante un periodo más largo y de manera más abundante que los observados al exterior del sitio, en las que sólo se registró forrajeo de colibríes en el mes de febrero y hasta principios de abril. Sin embargo, esta especie presentó flores durante toda la época de muestreo, de enero a abril, lo que permitió registrar un mayor número de visitas de colibríes en los parches de *Erithryna* al interior de la ZAT.

Tanto en los manchones experimentales como en los de control el mayor nivel de actividad se registró en el periodo entre el mes de enero y marzo, y se concentró en los manchones de *Erithryna* y los árboles contiguos de Jacarandas, por ser los que presentaron el mayor número de flores. El nivel de actividad disminuyó marcadamente durante en el mes de abril en los parches control debido a que las jacarandas concentraron toda la atención de los colibríes presentes en el sitio. La gráfica nos muestra el total de observaciones de colibríes en los parches experimentales y control durante el primer periodo de observación en 2015 (Figura 8).

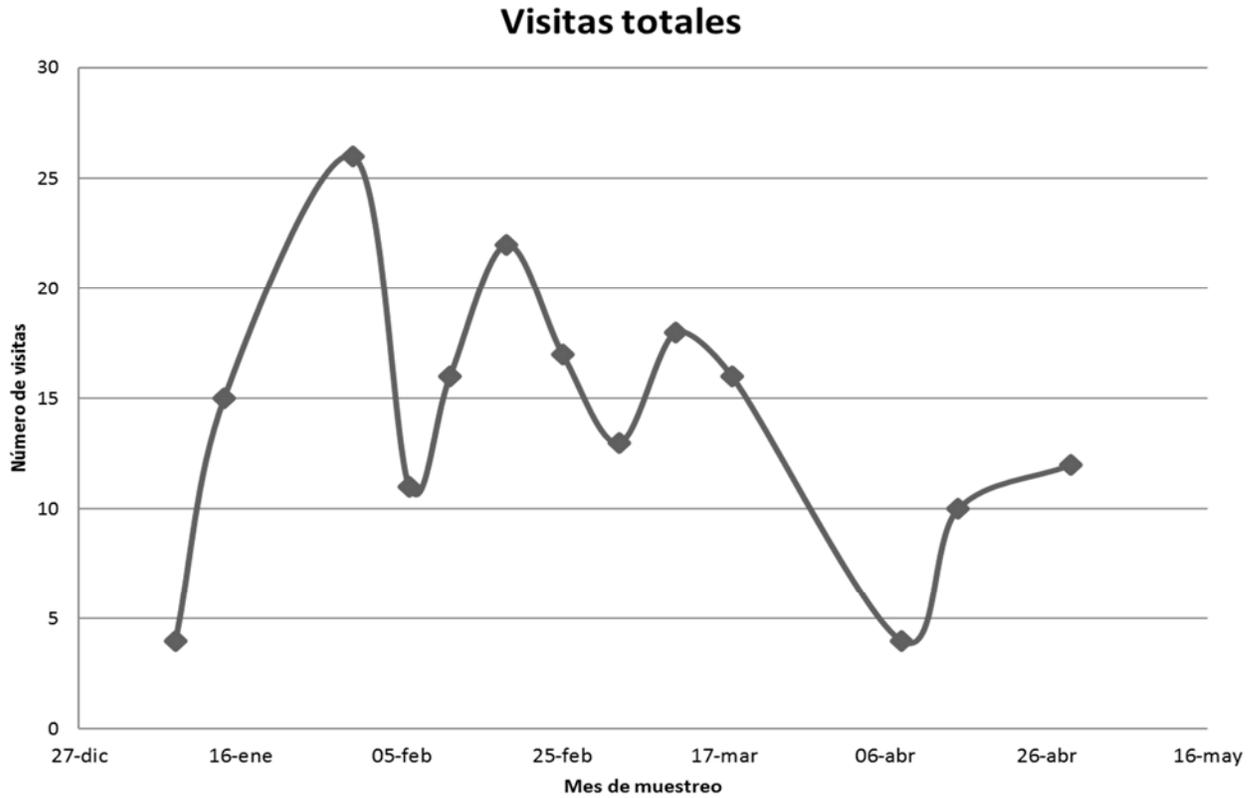


Figura 9. Visitas totales de colibríes por mes en todos los parches durante el primer periodo de muestreo

La siguiente gráfica nos muestra el número total de visitas de las cinco especies de colibríes en los cinco manchones experimentales y los cuatro puntos de control durante el primer periodo de muestreo en 2015 (Figura 9). Donde se puede observar claramente el nivel de actividad registrado en cada manchón, la cual es variable, pero se concentró en los manchones de *Erithryna*.

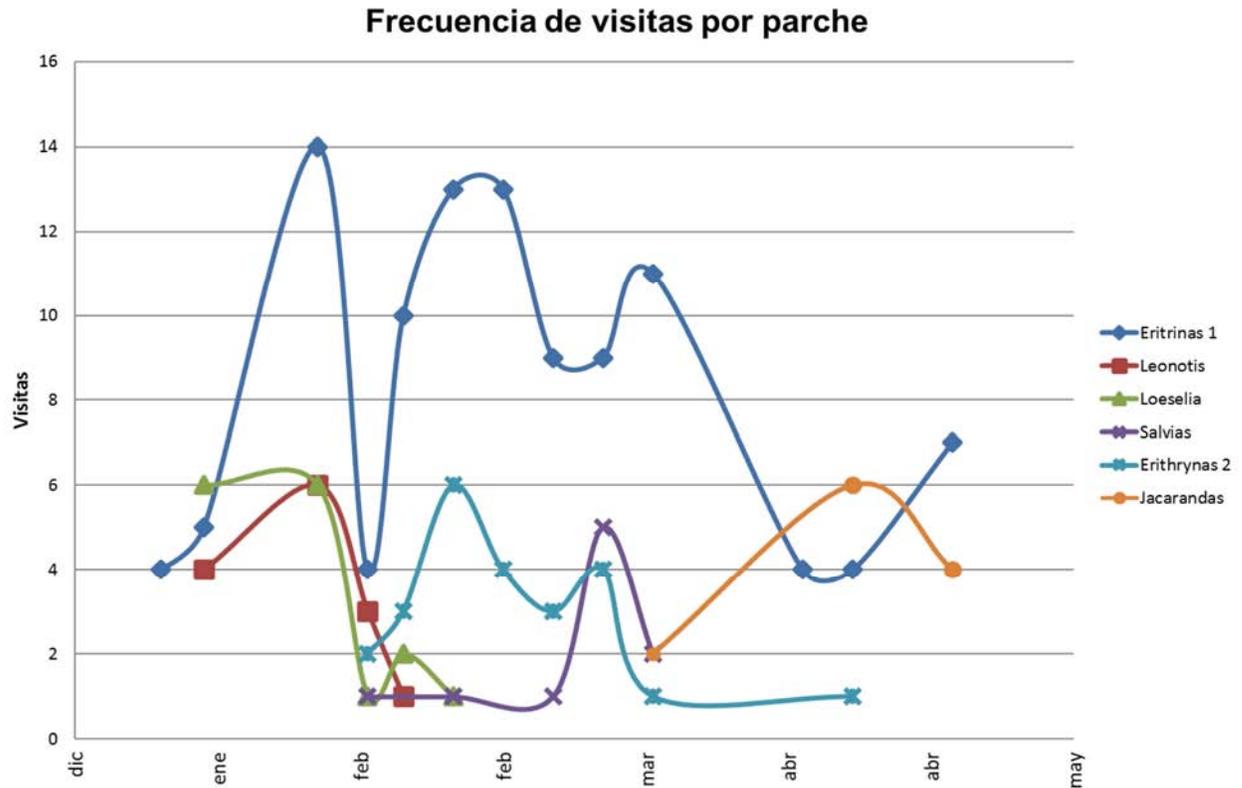


Figura 9. Visitas totales en los parches experimentales y de control en el primer periodo de observación.

9.2 Manchones experimentales de *Salvia fulgens*

La floración de las plantas de *Salvia* colocadas en las Yácatas inició en el mes de enero de 2015 y finalizó en el mes de abril del mismo año. El mayor número de visitas en el primer periodo se registró entre el 25 febrero y el 18 de marzo; durante la época de mayor floración de *S. fulgens* (Figura 10), y finalizaron en el mes de abril. Lo que coincidió con el inicio de la floración de las Jacarandas, las cuales generan una gran cantidad de flores que son muy atractivas para los colibríes. Sin embargo, se realizó un análisis estadístico que comprobó que la floración de las Jacarandas no tiene un efecto significativo en el número de visitas de colibríes a las Salvias.

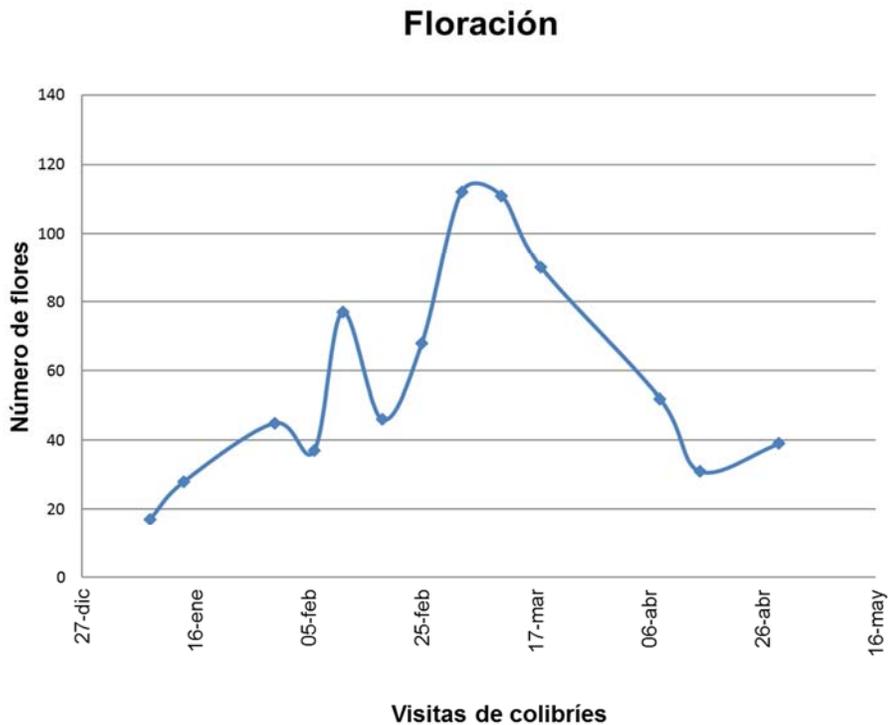


Figura 10. Floración de *Salvia fulgens* en los parches experimentales.

Las plantas de *Salvia* atrajeron la visita de colibríes de la especie *Cynanthus latirostris*; la primera visita se registró en el mes de febrero, dos meses después de haber sido colocados los manchones, cuando las salvias presentaban 37 flores. El nivel de actividad fue aumentando de acuerdo con el número de flores de las plantas (Figura 11); se registraron un total de 16 visitas, en las cuales 14 individuos fueron machos y 2 hembras. A los que se observó realizando tres tipos de actividades: la más frecuente fue comer (10), algunos encontraron el parche como un sitio adecuado para perchar por poco tiempo (4) y en menor medida se observaron peleando con otros colibríes (2).

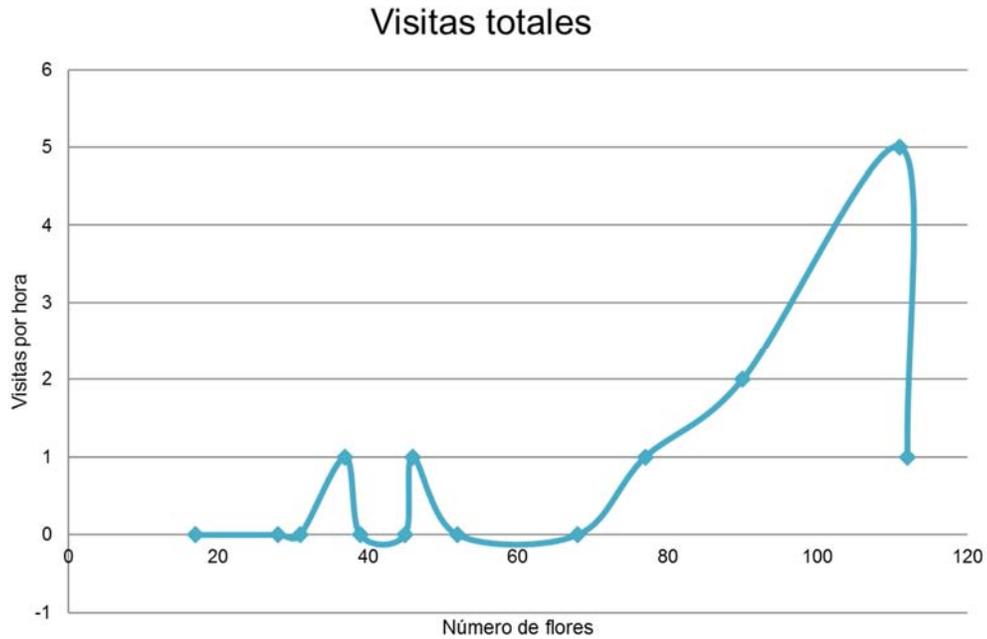


Figura 11. Visitas totales a los parches experimentales de *Salvia*.

Las visitas que realizaron los colibríes a los manchones de *Salvia* fueron esporádicas, de 30 minutos a una hora aproximadamente entre cada visita durante el primer periodo, en comparación con los parches de control como el de *Leonotis* o el de Jacarandas, en los que se registraban visitas aproximadamente cada cinco minutos o menos.

X.- RESULTADOS DE DOS TEMPORADAS

10.1 Manchones experimentales de *Salvia fulgens*

Para el análisis de los datos de los dos años de muestreo se utilizó un Modelo Lineal Generalizado. Los resultados mostraron que los manchones experimentales de *Salvia* colocados en Tzintzuntzan tuvieron un promedio de 0.84 visitas de colibríes por hora para los dos años de muestreo, el análisis de los datos indica, considerando: año, mes y número de flores, que no hay diferencias entre años ($\chi^2=0.24$, g.l. = 1, $P = 0.62$). Así mismo se demostró que existe una relación significativa entre el número de flores y las visitas de colibríes a los parches experimentales (Figura 13; $\chi^2= 7.82$, g.l. = 1, $P = 0.005$). (La línea de regresión de la gráfica fue agregada como ayuda visual para observar la tendencia de los datos).

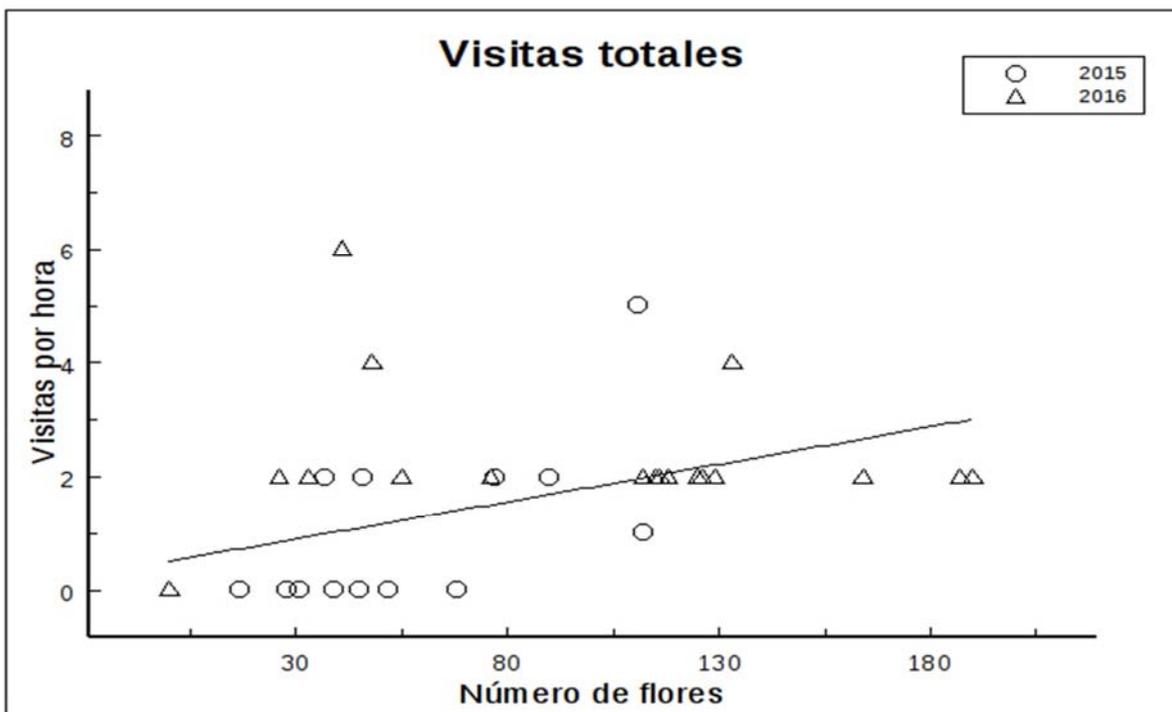


Figura 12. Visitas totales de colibríes a los manchones de salvia.

Se realizaron visitas prospectivas a los manchones de *Salvia* del periodo anterior desde el mes de diciembre de 2015 para monitorear el estado de las plantas, en las

cuales se pudieron observar algunos colibríes (hembras de *Cynanthus latirostris*) forrajeando en el parche de Salvia ubicado en la cabaña de la administración de la ZAT.

Una vez colocados los manchones experimentales para el período 2016 se pudo registrar en ellos colibríes desde la primera observación realizada en el mes de enero, esto se debe a que las plantas ya contaban con un buen número de flores; 72 en promedio en la primera visita. Lo cual permitió que la actividad de forrajeo continuara aún con un número menor de flores (26) a las requeridas en el primer periodo (37) casi al final del periodo de muestreo (Figura 13). La variación en las visitas entre meses no fue significativa ($\chi^2= 3.13$, g.l. = 3, P = 0.37), pero si en función del número de flores ($\chi^2= 6.18$, g.l. = 1, P = 0.01). En cuanto a las visitas de alimentación, el mes de muestreo no resultó ser significativo de acuerdo con el número de visitas ($\chi^2=2.5$, g.l. = 3, P = 0.46), en cambio el número de flores sí es significativo ($\chi^2= 3.9$, g.l. = 1, P = 0.048).

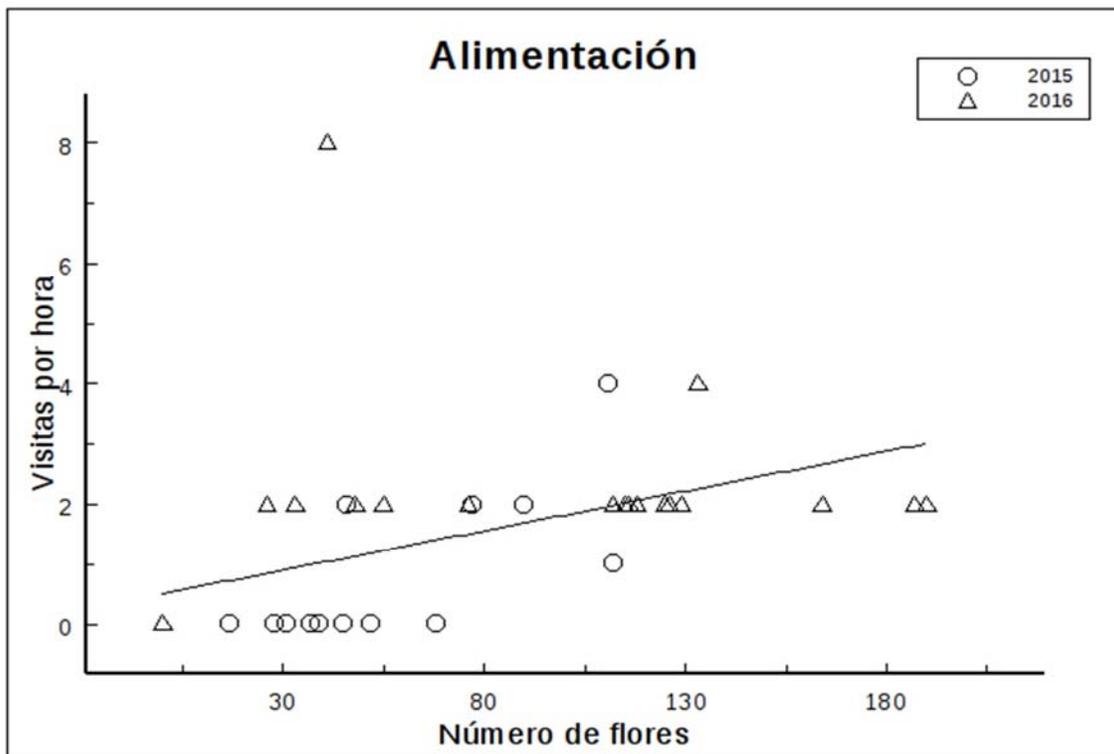
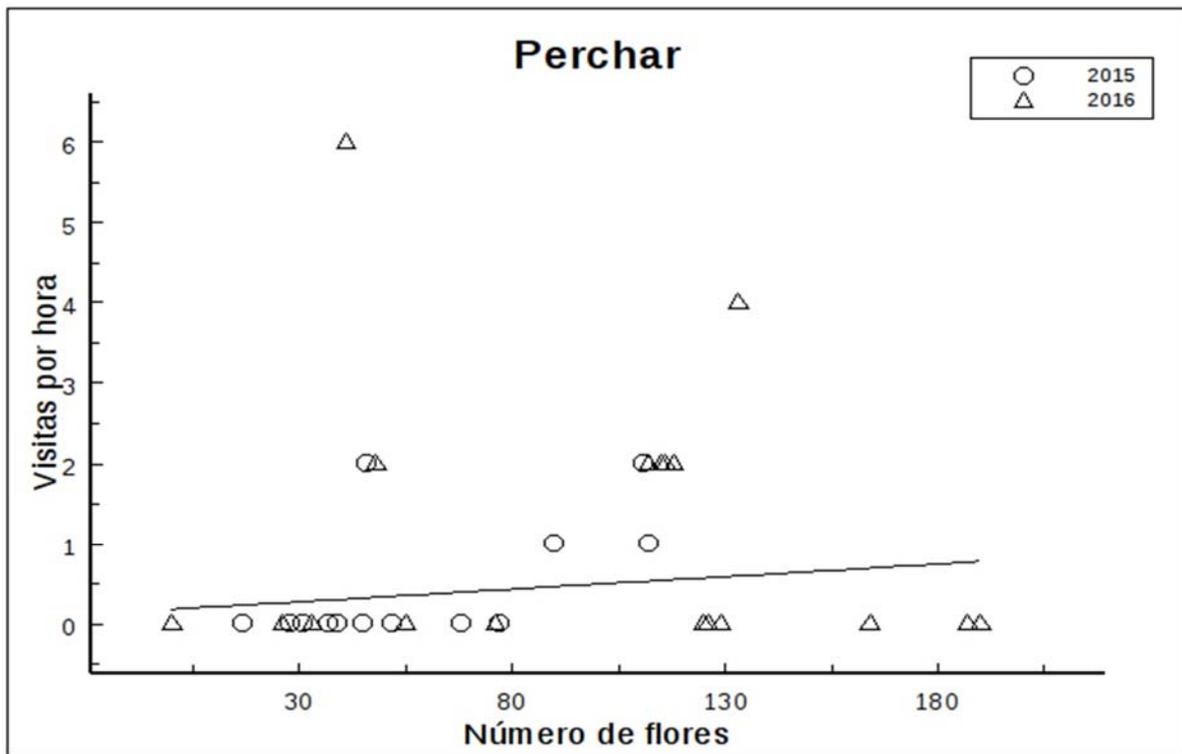


Figura 13. Forrajeo por hora a los parches de Salvia.

Durante el primer periodo (2015), el comportamiento de los colibríes durante el forrajeo se clasificó en tres categorías: alimentación, percha y pelea. En el segundo periodo los colibríes no mostraron comportamiento agresivo o territorial durante el forrajeo en ninguno de los parches, por lo que se eliminó la categoría de pelea y se analizaron solamente las variables de alimentación y percha. Aunque esta última actividad no resultó ser significativa en relación con el número de flores presentes en los parches durante los dos años ($\chi^2= 3.40$, g.l. = 1, P = 0.06). Sin embargo, se pudo observar un ligero aumento de esta actividad en el periodo 2016 (Figura 14).



10.2 Recorrido de control

Durante los muestreos a los parches en 2016 se realizaron simultáneamente recorridos de control en los parches de flores naturales que se encuentran dentro y alrededor de la zona arqueológica para detectar la presencia de colibríes. En los cuales no se registró la presencia de alguna especie migratoria como en 2015, y en general la cantidad de colibríes presentes en el sitio fue reducida.

Sin embargo, se registró la presencia de cuatro especies residentes: *Amazilia berillyna*, *Amazilia violiceps*, *Cyananthus latirostris* y *Lampornis clemenciae*. De las cuales la más abundante fue *C. latirostris* con 22 registros, seguida por *A. violiceps* con 13, *A. beryllina* con 7 y por último la menos frecuente fue *Lampornis clemenciae* con solo tres registros durante todo el periodo. Estas especies generalmente fueron observadas alimentándose y perchando en plantas como: *Eritryna coraloides*, *Leonotis nepetifolia*, *Loeselia mexicana* y *Opuntia spp.*

XI.- DISCUSIÓN

Los manchones experimentales de *Salvia fulgens* colocados en la zona arqueológica de Tzintzuntzan lograron el objetivo de atraer a los colibríes como se había planteado, lo que comprueba la viabilidad del uso de *Salvia* para llevar a cabo una restauración a mayor escala en el sitio y representa un gran avance para el proceso de restauración biocultural de hábitat para colibríes. Este trabajo es pionero en su área en México, ya que se han realizado algunos estudios abordando temas como la diversidad y patrimonio biocultural y su conservación (Alatorre, 2010; Álvarez-Gordillo *et al.*, 2016; Amo-Rodríguez *et al.*, 2013; Amo-Rodríguez *et al.*, 2003; Bautista-Nava *et al.*, 2006; Beltrán-Rodríguez, 2010; Hoekstra, 2011; Moreno-Calles *et al.*, 2013), pero aún no se ha aplicado este conocimiento a restauración biocultural como en otros lugares del mundo (Allen, 1988; Janzen, 1988; Lyver *et al.*, 2016; Nabhan, 2010; Sack, 2015). De igual manera representa una aportación para la restauración de hábitat para aves en bosque templado (San José *et al.* 2010), en especial para los colibríes (Sierra-Morales *et al.* 2016).

En la Zona Arqueológica de Tzintzuntzan las fuentes de néctar para estas aves son variables y generalmente escasas en el sitio a lo largo del año; las plantas florales presentes son generalmente anuales como *Leonotis* que florece durante la época de lluvias y las Jacarandas que florecen en primavera. Estos factores influyen de manera importante en la abundancia de colibríes en la ZAT (Lara *et al.*, 2012), donde su nivel de actividad disminuye notablemente cuando no hay flores presentes ya que éstos requieren de una floración continua durante todo el año para mantenerse en un sitio (Lara, 2006). La disminución del tamaño de los parches de recurso del que se alimentan también es un factor importante (Jiménez *et al.*, 2012; Stiles, 1975); los colibríes suelen concentrar su actividad de forrajeo en parches con alta densidad floral, que les permiten reducir el costo energético de vuelo entre flores e incrementar la tasa neta de ganancia de energía durante el forrajeo (Gass & Sutherland, 1985). En cambio, alimentarse en parches con baja densidad floral implica un aumento en el costo de forrajeo al incrementar la distancia y tiempo de

vuelo entre flores dentro del parche (Carpenter *et al.*, 1993), por lo que la actividad de los colibríes disminuye en sitios con estas características (Ewald & Carpenter, 1978; Jiménez *et al.*, 2012), similares a las presentadas por parches de Salvia en el primer periodo de observación (2015). Los cuales atrajeron la presencia de los colibríes dos meses después de haber sido colocados en la ZAT, debido al bajo nivel de floración que presentaban las Salvias, debido a que tuvieron que pasar por un proceso de aclimatación a las condiciones del clima del sitio por haber sido cultivadas en condiciones ligeramente diferentes, esto provocó una baja producción de flores al principio del periodo ya que las salvias destinaron su energía a producir hojas más pequeñas que permitieran una menor pérdida de humedad. Después de lo cual, una vez concluido el proceso de aclimatación a las condiciones presentes, las Salvias fueron capaces de producir un número de flores suficiente para atraer colibríes a los parches, lo que nos permitió determinar la cantidad mínima de recurso necesario para atraer más colibríes a la zona arqueológica, esto con base en el conteo de flores realizado después de cada observación (Stiles, 1979) y en la primera visita de registrada en los parches experimentales, la cual se registró cuando los manchones presentaban una cantidad mínima de 37 flores, ya que de acuerdo con las observaciones anteriores un número menor a éste resultó ser insuficiente para atraer a los colibríes a las Salvias.

Los manchones experimentales colocados en la ZAT atrajeron colibríes de la especie ratera o (trapliner): *Cynanthus latirostris*, una especie generalista que suele ser abundante en el sitio, la cual es habitualmente excluida agresivamente por otras especies territoriales de parches con mayor cantidad de recursos (Ewald & Bransfield, 1987). Colibríes como *C. latirostris* suelen volar mayores distancias que las especies territoriales para conseguir alimento; su estrategia de forrajeo consiste en visitar sitios aislados de forma regular donde los recursos se encuentran disponibles, debido a que no pueden defender parches agresivamente como lo hacen los colibríes territoriales (Gass & Garrison, 1999; Gill, 1978), por lo que usan en menor medida los parches abundantes y se alimenten en sitios que generalmente presentan menor densidad floral (Pimm *et al.*, 1985). Es por esto que los manchones de Salvia representan una fuente accesible de recurso para este

tipo de especies, de la que podrían alimentarse en temporadas de escasez en las que no hay más plantas floreciendo y la cantidad de recurso se reduce en el sitio.

A pesar del éxito de los parches experimentales con especies generalistas como *C. latirostris*, los parches aún no son lo suficientemente atractivos para especies territoriales como *Amazilia beryllina*, ya que estas especies territoriales suelen defender parches con mayor cantidad de flores (Ewald & Carpenter, 1978; Justino *et al.*, 2012; Schmitt, 1983). De acuerdo con observaciones a los parches experimentales, se sabe que las plantas *Salvia* producen hasta 100 flores cada una en condiciones favorables, sin embargo, no todas las plantas que conformaban los parches se encontraban adaptadas al sitio, por lo que temporalmente no fueron capaces de producir la cantidad de flores necesaria para especies territoriales, las cuales solo se observaron en parches con flores abundantes como las *Erithrynas* y las Jacarandas. Tomando en cuenta estos elementos, además de los requerimientos energéticos y las características de comportamiento de los colibríes (Carpenter, 1993; Ewald & Carpenter, 1978; Gass & Sutherland, 1985; Jiménez *et al.*, 2012; C. Lara, 2006; Stiles, 1975), en el segundo periodo de observación se aumentó el tamaño de los parches experimentales; los cuales aumentaron de dos a cinco tinajas con dos plantas de *Salvia* cada una en cada parche experimental; con la finalidad de proporcionar una mayor cantidad de recurso que hiciera más atractivos los parches para que los colibríes pasaran más tiempo de forrajeo en los sitios y de esta manera hacer más visible su actividad a las personas que visitan la ZAT.

Durante el segundo periodo de observación (2016), se registraron visitas de colibríes a los parches experimentales desde el inicio del muestreo, debido a que las plantas del primer periodo presentaban un buen número de flores al momento de ser colocadas y a que se utilizaron los mismos puntos que en el primer periodo; esto ayudó a que los parches fueran identificados fácilmente por los colibríes y que se registrara actividad de forrajeo, aún con cantidades de flores menores al mínimo registrado en el primer periodo. Ya que en 2016 se registraron visitas con un mínimo de 27 flores casi al final del periodo de muestreo. Esto puede estar reflejando las

condiciones actuales del sitio, donde se presenta una escasez general de plantas con flores, que hace que los colibríes ruteros busquen alternativas para alimentarse.

El aumento en el tamaño en los parches experimentales no representó un aumento significativo en el número de visitas de colibríes. Esto puede deberse a que no todas las plantas de los manchones estaban aclimatadas al sitio, ya que se combinaron plantas del primer periodo (2015) con plantas que tuvieron que pasar por el mismo proceso de adaptación en el segundo periodo (2016), esto limitó su producción de flores y por consiguiente las visitas de colibríes, ya que éstos responde generalmente a la fenología de las plantas de las que se alimentan (Lara *et al.*, 2012). A pesar de lo que pudo ser un factor limitante para las Salvias, éstas produjeron una mayor cantidad de flores a la presentada en el primer periodo, lo que permitió registrar forrajeo de colibríes en los cinco manchones experimentales, a diferencia del primer periodo (2015) en el que sólo se registraron visitas en el parche que presentaba el mayor número de flores.

En algunos manchones que se encontraban en el bosque de la ZAT, se registró la presencia de abejorros (*Bombus spp.*) robando néctar en las Salvias, lo que produjo una disminución en el nivel de actividad de los colibríes en estos parches debido a que su actividad depende del nivel de néctar disponible (Levin & Anderson, 1970; Maloof & Inouye, 2000; Traveset *et al.*, 1998). Los abejorros generalmente polinizan Salvias que presentan flores azules, blancas o moradas. En especies con flores rojas como *Salvia fulgens* sólo son robadores de néctar, ya que las flores rojas de forma tubular presentan síndrome de polinización por colibríes (Cornejo-Tenorio & Ibarra-Manríquez, 2011; Dieringer *et al.*, 1991). El robo de néctar puede ser un reflejo de la escasez general de flores en la ZAT por el cambio de uso de suelo acelerado al que están siendo sometidas las áreas circundantes. Donde la creciente pérdida vegetación y consiguiente eliminación de sitios de alimentación y percha para los colibríes ha provocado la disminución en las poblaciones locales de colibríes, así como la ausencia especies migratorias que suelen visitar estos sitios durante el invierno. Es por eso que los colibríes no son fácilmente observados por las personas que visitan la ZAT, sin embargo, esto no significa que los colibríes

hayan desaparecido totalmente del sitio. Por lo que nos encontramos en un momento crucial para tomar acciones al respecto.

Un paso importante para la restauración del hábitat para colibríes se logró al concretar con el INAH la construcción de un jardín permanente para colibríes, en el que se colocaron las plantas de *Salvia fulgens* y al que se añadirán especies nativas identificadas como útiles durante el estudio por ser grandes atrayentes para los colibríes como *Loeselia mexicana* y *Salvia gesneriflora*, entre otras que fueron elegidas por presentar polinización por colibríes. El jardín está ubicado en un lugar visible donde pueden tener acceso los visitantes del sitio arqueológico, con lo que se busca lograr una conexión con los elementos naturales y culturales del sitio.

Cabe mencionar que el proyecto de restauración es ampliamente aceptado por todas las personas que visitan la zona arqueológica (Arroyo-Robles, 2015), los cuales desean que tenga éxito y se logre recuperar la abundancia de colibríes en la zona. Además de que ha habido un acercamiento por parte de algunas personas de Tzintzuntzan que mostraron interés por implementar medidas para atraer colibríes; como la colocación de plantas con flores en sitios emblemáticos de la ciudad como el templo de San Francisco.

Así mismo la colaboración con las personas que laboran en la Zona Arqueológica de Tzintzuntzan resulta de gran importancia para este proyecto, ya que ellos son los guías de los visitantes del sitio, en especial de los alumnos de escuelas, a los que se les habla de la importancia histórica del sitio y del proyecto que se está llevando a cabo para recuperar el elemento natural y cultural que representan los colibríes. Esto ayuda a motivar a las nuevas generaciones a las que es importante involucrar en proyectos de restauración biocultural como éste, ya que el entusiasmo de los niños y jóvenes es capaz de aportar y reproducir ideas benéficas para la conservación de la naturaleza y el patrimonio cultural. Durante la etapa actual del proyecto se concentró el aspecto ecológico de la restauración, posteriormente se buscará ampliar el área de influencia, así como colaborar con los pobladores de Tzintzuntzan, estudiantes de las escuelas, así como con las autoridades municipales y del INAH para que puedan involucrarse al proceso de manera que

esto promueva la conservación y restauración de los bienes bioculturales en otros sitios.

XII.- CONCLUSIONES

Las plantas de *S. fulgens* colocadas en el sitio arqueológico fueron capaces de atraer a los colibríes ruteros de la especie *Cynanthus latirostris*.

Los manchones de *Salvia* requieren de una cantidad determinada de recurso como mínimo para atraer colibríes (37 flores).

Los manchones de mayor tamaño y con mayor cantidad de flores resultan más eficientes para atraer colibríes que realizan otro tipo de actividades además de alimentarse que los manchones pequeños con menos follaje.

Las especies generalistas de colibríes como *C. latirostris* fueron fácilmente atraídas por nuevos parches florales con recurso disponible.

Es necesario contar con una mayor cantidad de flores en los manchones para lograr atraer a otras especies, como las especies territoriales, las cuales necesitan una gran cantidad de flores para establecerse o visitar un parche.

Los colibríes generalmente perchan durante más tiempo en los parches cuando estos son grandes y presentan follaje donde pueden protegerse.

El robo de néctar en las *Salvias* resulta ser un factor limitante para atraer colibríes que se presenta cuando hay escasez de recurso para especies como los abejorros.

Salvia fulgens es capaz de adaptarse a sitios abiertos, degradados y con menor humedad de en los que se desarrolla generalmente, por lo que es una buena opción para la restauración de hábitat para colibríes.

La restauración de espacios naturales en sitios arqueológicos es una oportunidad para conservar el patrimonio biocultural de México y fomentar los valores de

pertenencia y conexión con la naturaleza y la cultura presente en sitios emblemáticos como las zonas arqueológicas.

XIII.- LITERATURA CITADA

Aguilar-Irepan, F. A. (2013). *Bienes de prestigio y economía ritual en el estado Tarasco*. (Tesis de maestría). El Colegio de Michoacán. Centro de estudios arqueológicos. Michoacán.

Alatorre, G. F. (2010). Diversidad bio-cultural y gobernanza ambiental en la sierra de Zongolica. Nuevas modalidades de articulación entre saberes, entre iniciativas y entre actores. In Congreso Internacional “Gobernanza Ambiental para el Manejo Sustentable de Recursos: La experiencia de Canadá en México” (pp. 1–21).

Allen, W. H. (1988). Biocultural Restoration of Tropical Forest. *BioScience*, 38 (3), 156–161.

Álvarez-Gordillo, G. C., Vera-Cortés, G., & Ramos-Muñoz, D. E. (2016). Vulnerabilidad y patrimonio biocultural en Tacotalpa, Tabasco. *Política y Cultura*, 45 (1), 211–239.

Amo-Rodríguez, S., Ramos-Prado, J. M., & Romero, E. H. (2003). *La conservación comunitaria, la restauración, los recursos bioculturales y el diálogo de saberes. Un nuevo-viejo camino hacia la recuperación con dignidad del agro mexicano*. En: Congreso Internacional sobre Conservación Comunitaria en Latinoamérica: Innovaciones en la Investigación y en la Práctica. (pp. 1–10). COMBIOSERVE: Veracruz.

Amo-Rodríguez, S., Ramos-Prado, J. M., Hipólito-Romero, E., & Hernández-Ramírez, A. M. (2013). El manejo de recursos bioculturales: una propuesta para mantener y enriquecer el patrimonio natural y social de los pueblos indígenas. In

- A. Conde Flores (Ed.), *Naturaleza-Sociedad. Reflexiones desde la complejidad.* (pp. 509–525). México: CIISDER.
- Arizmendi, M. del C., & Berlanga, H. (2014). *Colibríes de México y Norte América.* (1ª Ed.). México: CONABIO.
- Arizmendi, M. del C., Constanza, M. S., Lourdes, J., Ivonne, F. M., & Edgar, L. S. (2007). Effect of the presence of nectar feeders on the breeding success of *Salvia mexicana* and *Salvia fulgens* in a suburban park near México City. *Biological Conservation*, 136(1), 155–158.
- Arizmendi, M. del C., & Ornelas, J. F. (1990). Hummingbirds and their floral resources in a tropical dry forest in Mexico. *Biotropica*. 22 (2). 171-180.
- Arroyo-Robles, G. (2015). *Estudio de Salvia fulgens como especie potencial para realizar una restauración biocultural en la Zona Arqueológica de Tzintzuntzan, Michoacán.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. Morelia, Michoacán.
- Bautista-Nava, E., Moreno-Fuentes, Á., Pulido-Silva, M. T., & Ávila-Pozos, R. (2006). Bases bioculturales para el aprovechamiento y conservación de los hongos silvestres comestibles en el municipio de Tenango de Doria, Hidalgo, México. Pp. 226-231.
- Beltrán-Rodríguez, L. A. (11 jul, 2010). La diversidad biocultural del estado de Morelos. El Tlacuache, INAH-CONACULTA. Cuernavaca, Morelos. Recuperado de: <http://hool.inah.gob.mx:1127/jspui/bitstream/123456789/443/1/424-11%20jul.pdf>
- Benitez-Vieyra, S., Fornoni, J., Pérez-Alquicira, J., Boege, K., & Domínguez, C. (2014). The evolution of signal-reward correlations in bee and hummingbird pollinated species of *Salvia*. *Proceedings of the Royal Society*. 281(1), 1–7.
- Brancalion, P. H. S., Villarroel-Cardozo, I., Camatta, A., Aronson, J., & Rodriguez, R. R. (2014). Cultural ecosystem services and popular perceptions of the benefits

of an ecological restoration project in the Brazilian Atlantic Forest. *Restoration Ecology*, 22 (1), 65–71.

Buckland, S. T. (2006). Point Transect survey for songbirds: Robust methodologies. *The Auk*, 123 (1), 345–357.

Carpenter, F Lynn Hixon, M.A. Temeles, E.J. Russell, R.W. Paton, D. C. (1993). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 33 (1), 305–312.

Ceccon, E., Barrera-Cataño, J. I., Aronson, J., & Martínez-Garza, C. (2015). The socioecological complexity of ecological restoration in Mexico. *Restoration Ecology*, 23 (4), 331–336.

Cornejo-Tenorio, G., & Ibarra-Manríquez, G. (2011). Diversidad y distribución del género *Salvia* (Lamiaceae) en Michoacán, México Diversity and distribution of the genus *Salvia* (Lamiaceae) in Michoacan, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82 (1), 1279–1296.

Cuerrier, A., Turner, N. J., Gomes, T. C., Garibaldi, A., & Downing, A. (2015). Cultural Keystone Places: Conservation and Restoration in Cultural Landscapes. *Journal of Ethnobiology*, 35 (3), 427–448.

Dieringer, G., Ramamoorthy, T. P., Tenorio, P. (1991). Floral visitors and their behavior to sympatric *Salvia* species (Lamiaceae) in México. *Acta Botánica Mexicana*, (13), 75–83.

Ewald, Paul W. Bransfield, J. R. (1987). Territory quality and territorial behavior in two sympatric species of hummingbirds. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 20 (4), 285–293.

Ewald, P. W., & Carpenter, F. L. (1978). Territorial Responses to Energy Manipulations in the Anna Hummingbird. *Oecología*, 31 (3), 277–292.

Fernández Villanueva Medina, E. (2009). Tzintzuntzan, Michoacán, a lo largo del tiempo. *Arqueología Mexicana*, 245 (1), 48–55.

Frick, K. M., Ritchie, A. L., & Krauss, S. L. (2014). Field of Dreams: Restitution of Pollinator Services in Restored Bird-Pollinated Plant Populations. *Restoration Ecology*, 22 (6), 832–840.

Gass, C. L., & Garrison, J. S. E. (1999). Energy regulation by traplining hummingbirds. *Functional Ecology*, 13 (1), 483–492.

Gass, C. L., & Sutherland, G. D. (1985). Specialization by territorial hummingbirds on experimentally enriched patches of flowers: energetic profitability and learning. *Canadian Journal of Zoology*, 63 (9), 2125–2133.

Gill, F. B. (1978). Proximate Costs of Competition for Nectar. *American Zoologist*, 18 (4), 753–763.

Gómez, B. C. (1995). Diversidad Biológica Conocimiento Local Y Desarrollo Benito. *Agricultura y Sociedad*, 77(1), 127–146.

González, L. (2009). *Viaje por la Historia de México*. (5ª Ed.). (Citlapiltzin, A. Lara, J. B., Betancourt, A. L., Romero J., Eds.). México: Editorial Clío.

Hernández Díaz, V. (2010). El reuso colonial de los Janamus en Tzintzuntzan, Michoacán. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, 96 (1), 5–35.

Hoekstra, D. (2011). Investigando Los Vínculos Entre La Conservación De La Diversidad Biológica Y Cultural En Álamos: La Perspectiva De Las Artes Plásticas. En: 2º Congreso Iberoamericano “Técnicas de restauración y conservación del patrimonio” (pp. 1–12).

Hong, S.-K. (2011). Biocultural diversity and traditional ecological knowledge in island regions of Southwestern Korea. *Journal of Ecology and Field Biology*, 34 (2), 137–147.

Howell, S.N.G. Webb, S. (1995). A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America, China: OXFORD University Press.

- Janzen, D. H. (1988). Tropical Ecological and Biocultural Restoration. *Tropical Ecological and Biocultural Restoration*, 239(4837), 243–244.
- Jiménez, L., Negrete-Yankelevich, S., & Macías-Ordóñez, R. (2012). Spatial association between floral resources and hummingbird activity in a Mexican tropical montane cloud forest. *Journal of Tropical Ecology*, 28 (5), 497–506.
- Justino, D. G., Maruyama, P. K., & Oliveira, P. E. (2012). Floral resource availability and hummingbird territorial behaviour on a Neotropical savanna shrub. *Journal of Ornithology*, 153(1), 189–197.
- Lara, C. (2006). Temporal dynamics of flower use by hummingbirds in a highland temperate forest in Mexico. *Ecoscience*, 13(1), 23–29.
- Lara, R. P., Enríquez, P. L., Rangel-Salazar, J. L., Lara, C., & Ico, M. M. (2012). Abundancia de colibríes y uso de flores en un bosque templado del sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 60 (4), 1621–1630.
- Levin, D. A., & Anderson, W. W. (1970). Competition for Pollinators between Simultaneously Flowering Species. *The American Naturalist*, 104(939), 455–467.
- Loh, J., & Harmon, D. (2005). A global index of biocultural diversity. *Ecological Indicators*, 5(3), 231–241.
- Lyver, P. O., Akins, A., Phipps, H., Kahui, V., Towns, D. R., & Moller, H. (2016). Key biocultural values to guide restoration action and planning in New Zealand. *Restoration Ecology*, 24 (3), 314–323.
- Maloof, J. E., & Inouye, D. W. (2000). Are nectar robbers cheaters or mutualist? *Ecology*, 81(10), 2651–2661.
- Márquez, L. U. (2015). Efecto de la abundancia floral y la calidad del néctar en la conducta y tamaño de territorio en dos especies de colibríes. (Tesis de maestría). Universidad del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.

Martínez, G. A. (2000). La ruina arqueológica como Mundo Viviente: La convivencia biocultural en el Parque Nacional Tikal. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. En: Laporte, J.P. Suasnívar, A.C. y Arroyo, B. (Eds). *XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. (pp.210-220). Museo Nacional de Arqueología y Etnología. Guatemala.*

Martinez-García, V. (2006). *Interacciones Colibrí-Planta en tres tipos de vegetación de la Reserva de Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México.* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Montgomerie, Robert D. Mc A. Eadie, J. Harder, L. D. (1984). What do foraging hummingbirds maximize? *Oecologia*, 63(1), 357–363.

Moreno-Calles, A. I., Toledo, V. M., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91(4), 375–398.

Nabhan, G. P. (2003). Destruction of an Ancient Indigenous Cultural Landscape: An Epitaph from Organ Pipe Cactus National Monument. *Ecological Restoration*. 21(4). 290-295.

Nabhan, G. P., Walker, D., & Moreno, A. M. (2010). Biocultural and Ecogastronomic Restoration: The Renewing America's Food Traditions Alliance. *Ecological Restoration*, 28 (3), 266–279.

Ornelas, J. F., & Lara, C. (2002). Conservación de Interacciones Planta-Ave. In H. G. Silva & A. Oliveras de Ita (Eds.), *Conservación de aves, experiencias en México* (pp. 195–209). México: CIPAMEX.

Pérez, G. Lara, C. Signoret-Poillon, M. Viccon-Pale, J. A. (2012). Evaluación del uso de señales visuales y de localización por el colibrí cola- -ancha (*Selasphorus platycercus*). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83 (1), 144–151.

Pimm, S. L., Rosenzweig, M. L., & William, M. (1985). Competition and Food Selection: Field Tests of a Theory. *Ecology*, 66 (3), 798–807.

Powers, D. R., & McKee, T. (1994). The Effect of Food Availability on Time and Energy Expenditures of Territorial and Non-Territorial Hummingbirds. *The Condor*, 96 (4), 1064–1075.

Punzo-Díaz, J. L. (2014). Guion del Museo de sitio de Tzintzuntzan. INAH Michoacán.

Pyke, G. H. (1978). Optimal foraging in hummingbirds: Testing the marginal value theorem. *American Zoologist*, 18(1), 739–752.

R Development Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Ralph, C. J., Sauer, J. R., & Droege, S. (1995). Monitoring Bird Populations by Point Counts. USDA Forest Service General Technical Report. 149. 1-181

Rendón, A.G. (1996) Monografía Municipal Tzintzuntzan, Gobierno del Estado de Michoacán, Coordinación de Apoyo Municipal, Centro Estatal de Estudios Municipales, H. Ayuntamiento de Tzintzuntzan, Michoacán.

Rivera-Rivera, E. Enríquez, P.L. Flamenco-Sandoval, A. Rángel-Salazar, J.L. (2012). Ocupación y abundancia de aves rapaces nocturnas (Strigidae) en la Reserva de la Biosfera el Ocote, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 83 (3). 742-752.

Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (2001). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C. Pátzcuaro, Michoacán: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sack, C. (2015). A Landscape Neo- Baroque : Design as a Cultural Strategy for the Restoration of Urban Ecosystems. *Landscape Journal*, 34 (1), 57–78.

San José, M. Garmendia, A. Cano-Santana, Z. (2010). Monitoreo de aves en dos zonas de restauración ecológica y una de referencia, en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D. F., México. *El canto del Centzontle*. 1 (2): 148-164.

Sarukhán, J. (2008). Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., De la Maza, J. (2009). Capital Natural de México Vol. 1. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Schmitt, J. (1983). Flowering plant density and pollinator visitation in *Senecio*. *Oecologia*, 60(1), 97–102.

Sibley, D. A. (2000). The Sibley guide to birds. Chanticleer Pres, Inc.: New York.

Sierra-Morales, P. Almazán-Núñez, R. C. Beltrán-Sánchez, E. Ríos-Muñoz, C. A. Arizmendi, C. (2016). *Revista de Biología Tropical*. 74 (1). 379-392.

SER (2004). Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. Tucson: Society of Ecological Restoration International. Pp. 1-15.

Secretaría de Turismo SECTUR, (2006), Programa Pueblos Mágicos, Recuperado de: <https://www.gob.mx/sectur/acciones-y-programas/programa-pueblos-magicos>

Secretaría de gobernación SEGOB, (2014) Diario oficial de la federación, Recuperado de:

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5361690&fecha=26/09/2014

Stiles, F. G. (1975). Ecology, flowering phenology and hummingbird pollination of some costa rican heliconia species. *Ecology*, 56 (2), 285–301.

Stiles, F. G. (1976). Taste Preferences, Color Preferences and Flower Choice in Hummingbirds. *The Condor*, 78 (1), 10–26.

- Stiles, F. G. (1979). El ciclo anual en una comunidad coadaptada de colibríes y flores en el bosque tropical muy húmedo de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 27 (1), 75–101.
- Toledo, V. M., Boege, E., & Barrera-Bassols, N. (2010). The biocultural heritage of México: An overview. *Langscape*, 2 (6), 6–13.
- Toledo, V. (2015) Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural de México, Recuperado de: http://etnoecologia.uv.mx/Red_quees.html
- Torres, M., & Navarro-Sigüenza, A. (2000). Los colibríes de México, brillo de la biodiversidad. *Biodiversitas*, (28), 1–6.
- Traveset, A., Willson, M. F., & Sabag, C. (1998). Effect of nectar-robbing birds on fruit set of *Fuchsia magellanica* in Tierra Del Fuego: A disrupted mutualism. *Functional Ecology*, 12(3), 459–464.
- Vázquez-Karnstedt, A. P. (2011). Significado y Apropiación de Recursos Bioculturales en El Municipio de Papantla, Veracruz: Estrategias para su conservación. (Tesis doctoral). Universidad Veracruzana, Centro de Investigaciones Tropicales.