



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DISPONIBLE PARA MONOS
SARAGUATOS (*Alouatta palliata mexicana*) EN EL
AGROSISTEMA DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE
COMALCALCO, TABASCO, MÉXICO**

T E S I S

Maestría en Ciencias Ambientales

P R E S E N T A

BERTHA VALENZUELA CORDOVA

DIRECTORAS

DRA. ENA EDITH MATA ZAYAS

M. C. HILDA MARÍA DÍAZ LÓPEZ

VILLAHERMOSA, TABASCO, SEPTIEMBRE 2018



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

AGOSTO 20 DE 2018

C. BERTHA VALENZUELA CORDOVA
PAS. DE LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES
P R E S E N T E

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales titulado: **"EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DISPONIBLE PARA MONOS SARAGUATOS (*Alouatta palliata mexicana*) EN EL AGROSISTEMA DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE COMALCALCO, TABASCO, MÉXICO"**, asesorado por la Dra. Ena Edith Mata Zayas y M. en C. Hilda María Díaz López, sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por la Dra. Lilia María Gama Campillo, Dra. Francisca Vidal García, Dra. Ena Edith Mata Zayas, Dr. Miguel Ángel Gómez Albores y Dr. Stefan Louis Arriaga Weiss.

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

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

ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE

M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ
DIRECTORA

C.c.p.- Expediente del Alumno.

C.c.p.- Archivo

UJAT
DIVISIÓN ACADÉMICA
CIENCIAS BIOLÓGICAS

DIRECCIÓN

CARTA AUTORIZACIÓN

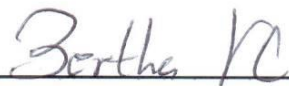
El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado: **“EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DISPONIBLE PARA MONOS SARAGUATOS (*Alouatta palliata mexicana*) EN EL AGROSISTEMA DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE COMALCALCO, TABASCO, MÉXICO”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco el Día 20 de Agosto de 2018.

AUTORIZO



BERTHA VALENZUELA CORDOVA



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Para mis sobrinos... Les quiero mucho mostritos.

Para los monos saraguatos que habitan en los agrosistemas de cacao.

"Hoy no podemos sino reconocer que un verdadero enfoque ecológico se convierte siempre en enfoque social, que debe integrar la justicia en la discusión sobre el ambiente, para escuchar tanto el grito de la tierra como el grito de los pobres"

Papa Francisco

Agradecimientos

A mí Familia. A mis padres y hermanas, gracias por su apoyo, motivación y amor, las quiero muchísimo. A mi hermana Vero, por ser mi confidente y ser un gran soporte económico y moral durante toda mi formación profesional.

A mis Directoras de Tesis: Dra. Ena E. Mata Zayas y M.C. Hilda M. Díaz López. Por su confianza, paciencia, sobre todo por su amistad y su apoyo. Por guiar, moldear y perfeccionar este trabajo... MUCHAS, MUCHAS GRACIAS.

A mis Revisores de Tesis: Dra. Lilia Ma. Gama Campillo, Dra. Francisca Vidal García, Dr. Miguel A. Gómez Albores y Dr. Stefan L. Arriaga Weiss. Gracias por sus correcciones, aportaciones y mejoras a este trabajo.

A todos mis compañeros y maestros del Laboratorio de Ecología del Paisaje y Cambio Global, por su amistad y su gran compañerismo. A Richy, gracias por las recomendaciones durante el procesamiento de imágenes, y a Victorio por ayudarme a identificar los árboles de sombra.

A mis acompañantes y auxiliares de campo: Heidi, Sury y Augusto. Gracias por ayudarme con las entrevistas y en los recorridos buscando monos.

A todos mis amigos. Gracias por su valiosa amistad, por sus porras y ánimos durante este trabajo; y por ser mi segunda familia lejos de casa.

A todas la personas entrevistadas y guías de campo de Comalcalco y sus alrededores. Gracias por su accesibilidad y conocimientos aportados.

Al proyecto de investigación "Programa Regional de Ordenamiento Ecológico de la Chontalpa, Tabasco: Municipios de Comalcalco, Cunduacán Nacajuca, Jalpa de Méndez y Paraíso en su fase I y II: caracterización y diagnóstico" Clave AUC-234-14, por el financiamiento para gastos de trabajo de campo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por impulsar mi formación profesional a través del Programa de Becas para Estudios de Posgrado.



RESUMEN GENERAL

Debido a las actividades humanas para la agricultura y la ganadería, Tabasco ha sufrido la transformación de aproximadamente el 90% de la vegetación natural. Esto, ha ocasionado la reducción y extinción local de los grupos de monos saraguatos (*Alouatta palliata mexicana*). Sin embargo, los monos saraguatos se han observado en el territorio que está destinado para el aprovechamiento humano, habitando en los agrosistemas de cacao. Si bien los agrosistemas de cacao poseen características favorables para la persistencia de algunas especies, entre ellas los a los monos saraguatos, estos atributos no son suficientes para sustituir a una vegetación natural. Es por esto que el objetivo de este estudio fue evaluar el hábitat disponible para monos saraguatos considerando la estructura del paisaje y las condiciones ambientales del agrosistema cacao en el municipio de Comalcalco y sus alrededores. Para esto, se realizaron tres capítulos, como continuación se describen.

En el **Capítulo 1**, se delimitó el agrosistema cacao y su matriz circundante como hábitat disponible. La delimitación se realizó mediante dos métodos, primero, una clasificación supervisada (*Segmentation Classifiers, TerrSet*), y posteriormente una post reclasificación espacial (ARGIS). Una vez obtenida la delimitación de los agrosistemas, se realizó la búsqueda de la presencia de los monos a través de entrevistas y su posterior verificación en campo. Se obtuvieron 10 clases de uso de suelo y vegetación. El agrosistema cacao fue la vegetación arbolada de mayor superficie con 15. 21%; sin embargo, el 37% de la superficie es pastizal. A través de las entrevistas se encontraron 68 registros de presencia de monos, de los cuales se avistaron en campo a 616 individuos repartidos en: dos individuos solitarios, tres grupos de parejas macho-hembra y 50 grupos con un número mayor a tres individuos.

Capítulo 2, el objetivo de este capítulo fue se evaluar la estructura del paisaje del hábitat disponible mediante un modelo Multi-Criterio. Para la evaluación se hizo un diagnóstico integrando variables de datos geográficos (estructura espacial) de los elementos del paisaje. Para esto se utilizó el módulo *Spatial Decision Model (SDM)* en TerrSet, que proporciona una interfaz gráfica para el desarrollo de modelos de decisión o Multi-Criterio. Finalmente se realizó un mapa e idoneidad de hábitat, para evaluar el grado de perturbación del paisaje del agrosistema (hábitat disponible) con respecto a las





condiciones idóneas de un paisaje conservado. De acuerdo a la clasificación de idoneidad de hábitat, en el área de estudio dominan los valores de las clases Bajo y Muy bajo, de tal manera que el 77.6% del hábitat disponible se encuentra por debajo de la *Idoneidad baja* (<0.3). Del total de registros de *A. palliata mexicana*, 61 se ubican en las zonas con valores por debajo de la *Idoneidad media* de la cual, 67% de estos se encuentran en la categoría Muy baja. Ningún registro se encontró en alguna de las dos categorías con las mejores características paisajísticas.

En el **Capítulo 3**, se realizó un modelo de nicho ecológico para determinar la idoneidad del hábitat considerando las condiciones ambientales que permitieron predecir la presencia de monos en el agrosistema cacao. Para realizar el modelo de nicho ecológico se utilizó el programa de MAXENT, dentro de la interfaz de TerrSet. El Modelo de Nicho Ecológico (valor máximo de predicción de 0.95) obtenido muestra que existen condiciones ambientales que favorecen la presencia de los monos en los agrosistemas de cacao. La prueba AUC fue 0.91, lo que indica que el modelo tuvo un buen rendimiento. Las variables ambientales que mejor contribuyeron al modelo fueron el Modelo Digital de Elevación, seguida por la Precipitación del trimestre más cálido. De los 68 registros encontrados en este estudio, solo dos de ellos se encuentran fuera de la predicción de probabilidad de presencia.

La evaluación del hábitat disponible para los monos saraguatos muestra que la configuración y características del paisaje presentan condiciones poco favorables para las poblaciones de *A. palliata mexicana*. Pese a esto, se observó que estos sitios poseen condiciones ambientales favorables con una alta probabilidad de presencia de la especie. Además, los datos poblacionales muestran que aparentemente los monos han encontrado la forma de mantener y aumentar sus poblaciones. Los monos aulladores son considerados como una especie con una alta plasticidad conductual y ecológica, que los clasifica como animales resistentes a vivir en paisajes altamente modificados. Sin embargo, los monos enfrentan amenazas por conflictos con los humanos y sus actividades, que ponen en riesgo su permanencia en la zona. Es así que la persistencia de los monos que viven en el agrosistema cacao del municipio de Comalcalco y sus alrededores, dependerán en gran medida de la protección y toma de decisiones de los productores o dueños de los fragmentos de cacao.





ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	4
III. OBJETIVOS.....	5
IV. HIPÓTESIS.....	5
V. ÁREA DE ESTUDIO.....	6
VI. REFERENCIAS.....	7
Capítulo 1. DELIMITACIÓN DEL AGROSISTEMA CACAO COMO HÁBITAT DISPONIBLE DEL MONO SARAGUATO EN COMALCALCO Y SUS ALREDEDORES.....	10
1.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.2 MÉTODOS.....	12
1.2.1 Delimitación del agrosistema cacao.....	12
1.2.2 Búsqueda de monos saraguatos.....	14
1.3 RESULTADOS.....	17
1.3.1 Delimitación del agrosistema cacao en Comalcalco y área circundante.....	17
1.3.3 Descripción de la estructura poblacional de los grupos de monos saraguatos.....	22
1.4 DISCUSIÓN.....	25
1.5 CONCLUSIÓN.....	30
1.6 REFERENCIAS.....	31
Capítulo 2. EVALUACIÓN DEL PAISAJE DEL HÁBITAT DISPONIBLE PARA MONOS SARAGUATOS EN EL AGROSISTEMA CACAO EN COMALCALCO.....	37
2.1 INTRODUCCIÓN.....	37
2.2 MÉTODOS.....	39
2.2.1 Desarrollo del Modelo Multi-Criterio (MCE).....	39
2.2.2 Idoneidad del hábitat disponible para monos saraguatos.....	44
2.3. RESULTADOS.....	45
2.3.1 Modelo de Análisis Multi-Criterio.....	45
2.3.2 Idoneidad del hábitat disponible para monos saraguatos.....	46
2.4 DISCUSIÓN.....	48
2.5 CONCLUSIÓN.....	50
2.6 REFERENCIAS.....	51
Capítulo 3. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICO: PREDICCIÓN DE LA PRESENCIA DE MONOS SARAGUATOS.....	55
3.1 INTRODUCCIÓN.....	55
3.2 MÉTODOS.....	57
3.2.1 Procesamiento de los datos.....	57





3.2.2 Idoneidad de hábitat para monos saraguatos.....	58
3.3 RESULTADOS	60
3.3.1 Modelo de Nicho Ecológico	60
3.3.2 Idoneidad de hábitat disponible para monos saraguatos	62
3.4 DISCUSIÓN	63
3.5 CONCLUSIÓN	66
3.6 REFERENCIAS.....	67
VIII. DISCUSIÓN GENERAL.....	71
Evaluación Del Hábitat Disponible Para Monos Saraguatos En El Agrosistema Cacao.....	71
Problemáticas Detectadas En El Agrosistema Cacao.....	72
Recomendaciones.....	75
Referencias	78
ANEXOS.....	81
Anexo I. Clasificación supervisada (Segmentación) del Agrosistema Cacao en el programa TerrSet.....	82
Anexo II. Entrevista aplicada para localizar monos en los agrosistemas de cacao.	86
Anexo III: Ejemplo de láminas con imágenes de primates	87
Anexo IV. Atributos de los registros de monos encontrados en el municipio de Comalcalco y sus alrededores.....	88
Anexo V. Desarrollo del Modelo Multi-Criterio en el programa TerrSet.....	90
Anexo VI. Correlación de variables ambientales para el modelo de distribución.....	93
Anexo VII. Desarrollo del Modelo de Nicho Ecológico en el Programa TerrSet.	94





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio y sus alrededores	6
Figura 2. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del Municipio de Comalcalco y sus alrededores	18
Figura 3. Registros de <i>A. palliata mexicana</i> en Comalcalco y sus alrededores	22
Figura 4. Fotografías y Clasificación edad-sexo de ejemplares de <i>A. palliata mexicana</i> observados en campo	23
Figura 5. Formas de la función de permanencia lineal tomado de Eastman, 2016.....	41
Figura 6. Valores usados en el Módulo WEIGHT	43
Figura 7. Resultados en formato <i>raster</i> de la estandarización (FUZZY) y combinación (MCE) de los criterios del Modelo de Análisis Multi-Criterio	45
Figura 8. Mapa de los registro de monos saraguatos por clase de Idoneidad del suelo	47
Figura 9. Curva ROC derivada del modelo del nicho ecológico de <i>A. palliata mexicana</i>	60
Figura 10. Prueba de Jackknife del modelo de distribución para <i>A. palliata mexicana</i>	61
Figura 11. Nicho Ecológico de <i>A. palliata mexicana</i> en el municipio Comalcalco y sus alrededores.....	61
Figura 12. Mapa de Idoneidad de hábitat del Nicho Ecológico <i>A. palliata mexicana</i>	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los módulos utilizados para la clasificación supervisada	13
Cuadro 2. Clave de identificación de campo de la composición sexo-edad para <i>A. palliata mexicana</i> . Modificado de Glander, (1980) y Domingo-Balcells y Veà-Baró, (2009).....	16
Cuadro 3. Características de las Clases de uso de suelo y vegetación del municipio de Comalcalco y sus alrededores	17
Cuadro 4. Imagen satelital clases de vegetación y fotografías de los sitios	19
Cuadro 5. Árboles utilizados como sustrato por el mono saraguato	24
Cuadro 6. Descripción de los Factores y Restricción utilizados en el Modelo de Análisis Multi-Criterio	42
Cuadro 7 Categorías y Valores de la Idoneidad del Uso de Suelo	44
Cuadro 8. Porcentaje de fragmentos de cacao que cumplen con el umbral establecido para el MCE.....	45
Cuadro 9. Valores de la Idoneidad del uso de suelo para los monos saraguatos	47
Cuadro 10. Porcentaje de contribución de las variables utilizadas en el modelo de Nicho Ecológico	60
Cuadro 11. Valores Idoneidad de hábitat derivados del Nicho Ecológico de <i>A. palliata mexicana</i>	62





I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Las actividades humanas, como la agricultura, son la principal causa de la reducción y destrucción del hábitat de los primates que viven en ambientes tropicales (Almeida-Rocha *et al.*, 2017). Esto ha causado que más del 60% de las especies de primates del mundo estén en peligro de extinción y que el 75% presenten un descenso en sus poblaciones (Estrada *et al.*, 2017). En México las tres especies (*Alouatta palliata palliata*, *A. pigra* y *Ateles geoffroyi*) distribuidas en su territorio (Smith, 1970; Rylands *et al.*, 2006), se encuentran en alguna categoría de riesgo a nivel internacional y nacional (Estrada y Mandujano, 2003; Cuarón *et al.*, 2008; SEMARNAT, 2010).

La principal amenaza que enfrentan las poblaciones de monos mexicanos es la destrucción de su hábitat (Estrada y Coates-Estrada, 1994; Pozo-Montuy y Serio-Silva, 2007). Debido a la acelerada reducción y/o transformación de la vegetación natural a campos con pastizales y a tierras con fines agrícolas (Estrada y Coates-Estrada, 1994; Serio-Silva *et al.*, 2006), la mayoría de los paisajes con presencia de monos, están rodeados por extensas zonas dedicadas a la ganadería (Navarro-Fernández *et al.*, 2003, Pozo-Montuy y Serio-Silva, 2007).

El hábitat disponible para esta especie se puede definir como fragmentos o remanentes de vegetación arbórea adecuada que están aislados entre sí por una matriz colindante inadecuada (de asentamientos humanos y paisajes agrícolas) (Arroyo-Rodríguez y Mandujano 2009). Debido a la poca disponibilidad de vegetación natural, los primates también utilizan otro tipo de vegetación como es el caso de los agrosistemas arbolados. Así como en otros países, en México, los agrosistemas de cacao han ayudado a mantener y refugiar poblaciones de primates del género *Alouatta* (Estrada, 2006; Estrada *et al.*, 2006; Estrada *et al.*, 2012).

En el municipio de Comalcalco Tabasco existen poblaciones de monos saraguatos (*A. palliata mexicana*) que utilizan los agrosistemas de cacao como hábitat permanente (Muñoz *et al.*, 2006; Valenzuela-Cordova *et al.*, 2015). En este municipio más del 79% del territorio está destinado al aprovechamiento humano (pastizales, agricultura y asentamientos humanos), que ha resultado en la eliminación de las coberturas naturales (Ramos-Reyes y Palomeque-De la Cruz, 2017).





Los agrosistemas de cacao, sembrados bajo sombra (con especies de árboles nativos), albergan una mayor biodiversidad que los monocultivos perenes (plátano, caña de azúcar, coco etc.) o cultivos de temporal (maíz, frijol, arroz etc.) (Schroth *et al.*, 2011; Armengot *et al.*, 2016; Norgrove y Beck, 2016). Aunque el agrosistema cacao posee características favorables para la persistencia de algunas especies, estos atributos no son suficientes para sustituir a una vegetación natural (Norgrove y Beck, 2016; Armengot *et al.*, 2016), pero sí pueden ser útiles para reducir la presión de las comunidades rurales (Parrish *et al.*, 1999; Clough *et al.*, 2009; Bhagwat *et al.*, 2008).

Así mismo, en el estado de Tabasco, el cacao tiene una importancia cultural, alimenticia y económica transcendental, que se refleja como un símbolo de identidad regional. Pero que desde hace años enfrenta problemas de plagas y de decaimiento del precio local (Tudela, 1992, Naranjo, 2011), esto ha causado el abandono de las plantaciones y el cambio de cultivo o uso de la tierra por parte de los productores (Somarriba y Beer, 1999; Beenhouwer *et al.*, 2013).

Por otra parte la presencia y actividades de los primates en los agrosistemas pueden favorecer la productividad primaria y la persistencia de las especies arbóreas que aportan sombra a los cultivos y enriquecen de nutrientes el suelo del agrosistemas, beneficiando así a los productores (Estrada *et al.*, 2005; Estrada *et al.* 2006; Muñoz *et al.*, 2006; Oliveira y Estrada, 2017).

De este modo, en áreas donde la vegetación natural ha sido reemplazada en su totalidad en cultivos agrícolas, los agrosistemas arbolados juegan un papel importante para la conservación. Es decir, que estos agrosistemas pueden proporcionar el último hábitat disponible para las especies dependientes de la vegetación natural, y que toleran un cierto nivel de perturbación (Schroth *et al.*, 2004). Sin embargo, estos primates también se enfrentan a riesgos potenciales como la cacería y la transmisión de enfermedades de humanos y animales domésticos, así como conflictos con humanos debido a la invasión de los cultivos (Oliveira y Estrada, 2017).

La evaluación del hábitat permite conocer la asociación entre los tipos de hábitat y las poblaciones de fauna silvestre. Además de conocer la calidad y condición actual del hábitat para una especie con respecto al idóneo, la evaluación del hábitat ofrece criterios





oportunos para el diseño y manejo de hábitats, la evaluación y mitigación de los impactos ambientales, y planes de restauración (Ojasti, y Dallmeier, 2000).

Por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar el hábitat disponible para los monos saraguatos (*A. palliata mexicana*) en los agrosistemas de cacao. La evaluación consistió en desarrollar modelos de idoneidad de hábitat analizando la composición y configuración del paisaje del agrosistema cacao y las condiciones ambientales en el municipio de Comalcalco y sus alrededores.

Para realizar este trabajo, se caracterizó el agrosistema cacao y su matriz colindante a través de una clasificación supervisada (por segmentación) utilizando el software para el análisis geográfico TerrSet (Eastman, 2016) y una posterior re-digitalización en el programa ArGis. Posteriormente se ubicó la presencia de la especie en el agrosistema cacao mediante entrevistas aplicadas los pobladores cercanos al agrosistema (Capítulo 1). Con esta información, se generaron dos modelos de idoneidad de hábitat.

El primer modelo consistió en un Análisis Multi-criterio donde se evaluaron los atributos del paisaje para detectar la vulnerabilidad de los monos saraguatos ante la fragmentación del hábitat inducido por el hombre (Capítulo 2). El segundo, el Nicho Ecológico se realizó para determinar la idoneidad de hábitat y con base a esto la presencia de los monos saraguatos de acuerdo a sus requerimientos y condiciones ambientales (Capítulo 3).

La evaluación del hábitat disponible para los primates que viven en los agrosistemas de cacao del municipio de Comalcalco, Tabasco, ayudó a generar información que puede servir para implementar futuras estrategias de conservación para los monos y otras especies. De esta forma se intenta promover a los agrosistemas de cacao como una vegetación muy importante para la permanencia de los monos saraguatos en el municipio de Comalcalco y sus alrededores.





II. JUSTIFICACIÓN

El estado de Tabasco tiene un papel muy importante en la primatología mexicana, ya que dentro de su territorio se pueden encontrar las tres especies de monos reportadas para México (*Alouatta palliata mexicana*, *Alouatta pigra* y *Ateles geoffroyi*) (Smith 1970; Rylands *et al.*, 2006). Sin embargo, Tabasco también ha sufrido la transformación de aproximadamente el 90% de la vegetación natural para uso antropogénico (Tudela, 1992). Esta situación ha reducido y exterminado localmente las poblaciones de los primates mexicanos que habitan en el estado (Serio-Silva *et al.*, 2006; Serio-Silva y Díaz-López, 2011).

Pese a esta situación, Tabasco también parece tener las mejores condiciones ambientales para la presencia y distribución de estas especies (Vidal-García *et al.*, 2011; Rosique-De la Cruz, 2012; Villanueva-García, 2017). No obstante los sitios recomendados para la distribución potencial y los sitios prioritarios para la conservación de los monos en el estado se restringen solo a las áreas donde aún existe vegetación natural (selvas, acahuales y manglares) (Vidal-García *et al.*, 2011; Tobón *et al.*, 2012). Sin embargo, se ha reportado la presencia del mono saraguato (*A. palliata*) en los agrosistemas de cacao en el municipio de Comalcalco (Muñoz *et al.*, 2006; Valenzuela-Córdova *et al.*, 2015), fuera de los sitios de conservación.

De acuerdo con las políticas ambientales del Programa de Ordenamiento Territorial de Tabasco, en Comalcalco solo el 29.5% del territorio está destinado a la conservación, mientras el 70.50% de territorio restante está destinado para aprovechamiento humano (SERNAPAM, 2013). Dentro del área destinada al aprovechamiento humano se encuentran los agrosistemas de cacao. Es decir que estos sitios tampoco han sido considerados como una vegetación importante para la conservación en las políticas públicas del Estado.

Al desarrollar este trabajo se espera obtener información útil para los tomadores de decisiones y/o autoridades correspondientes y que se considere a los agrosistemas de cacao dentro de las estrategias de conservación del mono saraguato en el municipio de Comalcalco y sus alrededores.





III. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el hábitat disponible para monos saraguatos (*Alouatta palliata mexicana*) considerando la estructura del paisaje y las condiciones ambientales del agrosistema cacao en el municipio de Comalcalco, Tabasco.

Objetivos específicos

1. Delimitar el agrosistema cacao y su matriz circundante como hábitat disponible para el mono saraguato en Comalcalco y sus alrededores.
2. Evaluar la estructura del paisaje del hábitat disponible para monos saraguatos en el agrosistema cacao mediante un modelo Multi-Criterio.
3. Determinar la idoneidad del hábitat y las condiciones ambientales del agrosistema cacao que permitan predecir la presencia de monos saraguatos a través de un modelo de nicho ecológico.

IV. HIPÓTESIS

Debido a las características ambientales que presentan los agrosistemas de cacao en Comalcalco, su presencia en paisajes altamente transformados permiten que sean hábitat favorable para los monos aulladores.



V. ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Comalcalco se encuentra en la latitud Norte 18°16'57" y longitud Oeste 93°13'30. Colinda al norte con el municipio de Paraíso, al sur con los municipios de Cunduacán y Jalpa de Méndez, al este con Jalpa de Méndez y al oeste con Cárdenas. Tiene 201, 654 habitantes (INEGI, 2017). Se encuentra dentro de las zonas fisiográficas de la llanura aluvial y la vega de río; con un tipo de suelo principalmente compuesto de Fluvisoles y pequeños manchones Cambisoles; con elevaciones sobre el nivel del mar (msnm) menores a los 20 m (Palma-López *et al.*, 2007). La temperatura promedio anual de 27.1°C y una precipitación promedio anual de 1, 926.1 mm (INEGI, 2017). La vegetación original estaba compuesta de selva mediana perennifolia (Palma-López *et al.*, 2007); actualmente predominan los pastizales ganaderos y vegetación de agricultura (Ramos-Reyes *et al.*, 2016).

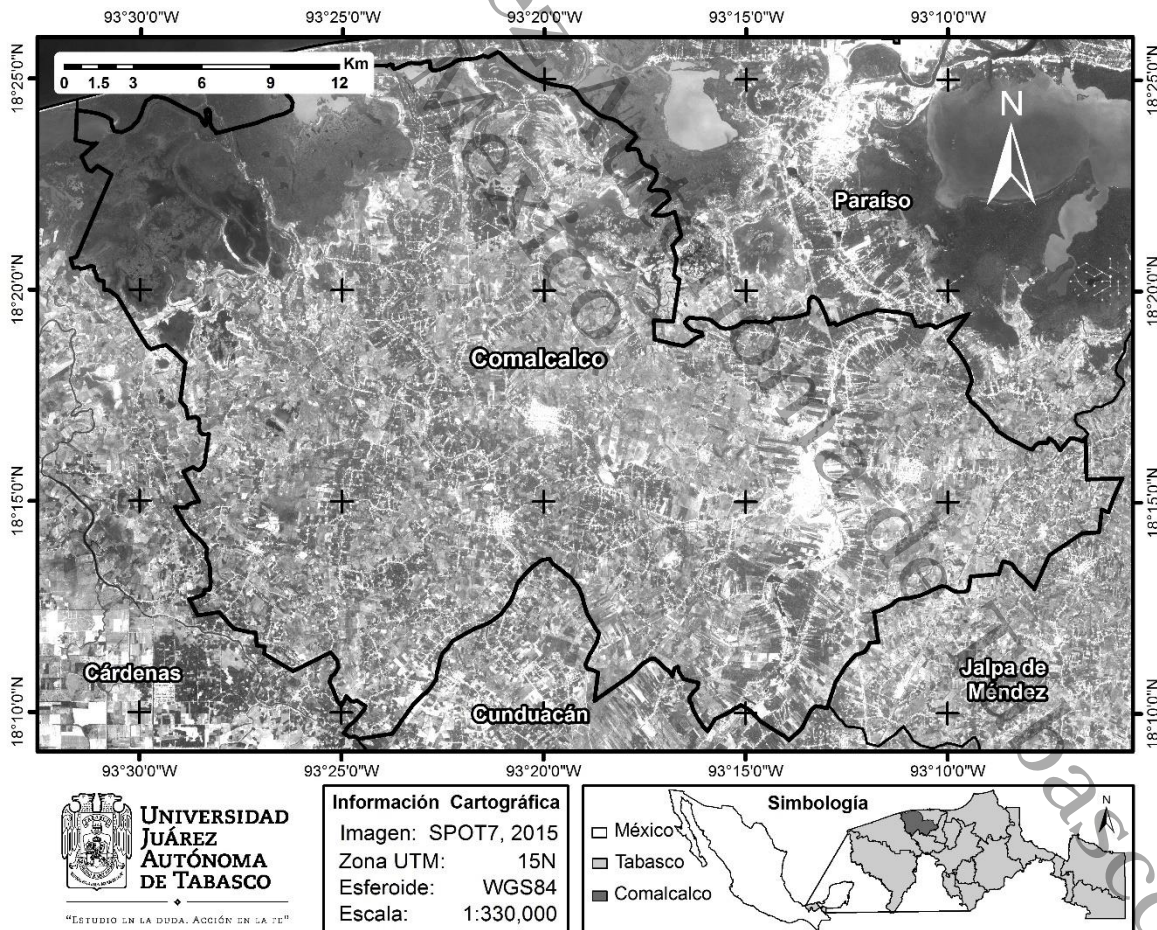


Figura 1. Mapa del área de estudio y sus alrededores





VI. REFERENCIAS

- Almeida-Rocha, J. M., Peres, C. A., y Oliveira, L. C. (2017). Primate responses to anthropogenic habitat disturbance: A pantropical meta-analysis. *Biological Conservation*, 215, 30-38.
- Armengot, L., Barbieri, P., Andres, C., Milz, J., y Schneider, M. (2016). Cacao agroforestry systems have higher return on labor compared to full-sun monocultures. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4), 70.
- Arroyo-Rodríguez, V., y Mandujano, S. (2009). Conceptualization and measurement of habitat fragmentation from the primates' perspective. *International Journal of Primatology*, 30(3), 497-514.
- Beenhouwer, M., Aerts, R., y Honnay O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems and Environmental* 171:1-7.
- Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J. B., y Whittaker, R. J. (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in ecology y evolution*, 23(5), 261-267.
- Clough, Y., Faust, H., y Tschardtke, T. (2009). Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. *Conservation Letters*, 2(5), 197-205.
- Cuarón, A.D., Shedden, A., Rodríguez-Luna, E., de Grammont, P.C., Link, A., Palacios, E., Morales, A. y Cortés-Ortiz, L. (2008). *Alouatta palliata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T39960A10280447. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T39960A10280447.en>. Downloaded on 09 April 2018.
- Eastman, J. R. (2016). TerrSet Tutorial. Clark Labs, Clark University: Worcester, MA, United States. <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/TerrSet-Tutorial.pdf>
- Estrada A. y Mandujano S. (2003) Investigaciones con *Alouatta* y *Ateles* en México. *Neotropical Primates* 11:33, 145-154.
- Estrada, A. (2006). Human and non-human primate co-existence in the neotropics: a preliminary view of some agricultural practices as a complement for primate conservation. *Ecological and Environmental Anthropology*. 2(2), 17- 29.
- Estrada, A., Garber, P. A., Rylands, A. B., Roos, C., Fernandez-Duque, E., Di Fiore, A., Nekaris, A., Nijman, V., Heymann, E. W., Lambert J. E., Rovero, F., Barelli, C., Setchell, J. M., Gillespie, T. R., Mittermeier, R. A., Arregoitia, L. V., de Guinea, M., Gouveia, S., Dobrovolski, R., Shanee, S., Shanee, N., Boyle, S. A., Fuentes A., MacKinnon K. C., Amato, K. R., Meyer, A. L. S., Wich, S., Sussman W., Pan, R., Kone, I. y Li, B. (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*, 3(1), e1600946.
- Estrada, A., Raboy, B. E., y Oliveira, L. C. (2012). Agroecosystems and primate conservation in the tropics: a review. *American Journal of Primatology*, 74(8), 696-711.
- Estrada, A., Saenz, J., Harvey, C., Naranjo, E., Muñoz, D., y Rosales-Meda, M. (2006). Primates in agroecosystems: conservation value of some agricultural practices in Mesoamerican landscapes. In *New Perspectives in the Study of Mesoamerican Primates* (pp. 437-470). Springer US.
- Estrada, A., y Coates-Estrada, R. (1994). La contracción y fragmentación de las selvas y las poblaciones de primates silvestres: El caso de Los Tuxtlas, Veracruz. *Ciencia Hombre* 18: 45-70.
- INEGI (2017). Anuario estadístico y geográfico de Tabasco 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno de la República Mexicana. http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/TAB_ANUARIO_PDF.pdf





- Muñoz, D., Estrada, A., Naranjo, E., y Ochoa, S. (2006). Foraging ecology of howler monkeys in a cacao (*Theobroma cacao*) plantation in Comalcalco, Mexico. *American Journal of Primatology*, 68(2), 127-142.
- Naranjo G. J. A. (2011) Caracterización De productos tradicionales y no tradicionales derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Tabasco, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 60 p.
- Navarro Fernández, E., Pozo de la Tijera, C., y Escobedo Cabrera, E. (2003). Afinidad ecológica y distribución actual de Primates (*Cebidae*) en Campeche, México. *Revista de biología tropical*, 51(2), 591-600.
- Norgrove, L., y Beck, J. (2016). Biodiversity Function and Resilience in Tropical Agroforestry Systems Including Shifting Cultivation. *Current Forestry Reports*, 2(1), 62-80.
- Ojasti, J., y Dallmeier, F. (2000). Manejo de fauna silvestre neotropical (No. QL84. 3. A1. O53 2000.). Smithsonian Institution.
- Oliveira, L. C. y Estrada, A. (2017). Agroecosystems. In Fuentes A. (Ed). *The International Encyclopedia of Primatology*. 1608 pp. DOI: 10.1002/9781119179313.wbprim0235.
- Palma-López, D. J., Cisneros, D. J., Moreno, C. E., y Rincón-Ramírez, J. A. (2007). Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 pp.
- Parrish, J., Reitsma, R., Greenberg, R., McLarney, W., Mack, R., y Lynch, J. (1999). Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento.
- Pozo-Montuy, G., y Serio-Silva, J. C. (2007). Movement and resource use by a group of *Alouatta pigra* in a forest fragment in Balancán, México. *Primates*, 48(2), 102-107.
- Ramos-Reyes, R., Sánchez-Hernández, R., y Gama-Campillo, L. M. (2016). Análisis de cambios de uso del suelo en el municipio costero de Comalcalco, Tabasco, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(8), 151-160.
- Ramos-Reyes, R., y Palomeque-De la Cruz, M. A. (2017). Modelación del cambio de uso del suelo en Comalcalco, Tabasco, México. *Revista de Urbanismo*, (37), 1-17.
- Rosique-De la Cruz Y. C. (2012) Distribución de *Alouatta* ante escenarios de cambio climático en el estado de Tabasco. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México, 62 pp.
- Rylands, A. B., Groves, C. P., Mittermeier, R. A., Cortés-Ortiz, L., y Hines, J. J. (2006). Taxonomy and distributions of Mesoamerican primates. In *New perspectives in the study of Mesoamerican primates* (pp. 29-79). Springer, Boston, MA.
- Schroth, G., da Fonseca, A.B., Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L. y Izac, A.M.N. (2004). *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington, USA.
- Schroth, G., Faria, D., Araujo, M., Bede, L., Van Bael, S. A., Cassano, C. R., Oliveira L. C., y Delabie, J. H. (2011). Conservation in tropical landscape mosaics: the case of the cacao landscape of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 20(8), 1635-1654.
- SEMARNAT (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de la República Mexicana. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf.
- Serio-Silva, J. C., Pozo Montuy, G., Díaz López, H. M., y Nolasco Caba, N. (2006). Los monos saraguatos y araña del estado de Tabasco: un recurso vulnerable. *Cuadernos de biodiversidad*, 20:17-24 pp.
- Serio-Silva, J. C., y Díaz-López (2011). Los monos saraguatos y araña: un recurso que debemos conservar. In López-Hernández E. S. (Ed) *Educación ambiental para la conservación de la*





- biodiversidad. Colegio de Investigadores de Tabasco A. C., Universidad Juárez Autónoma de Tabasco ISBN-968-5748-82-9
- SERNAPAM. (2013). Programa estatal de ordenamiento ecológico 2013-2018. COPLADET. <https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/setabasco/3-PROGRAMAESTATALDEORDENAMIENTOECOLOGICO.pdf>
- Smith, J. D. (1970). The systematic status of the black howler monkey, *Alouatta pigra* Lawrence. *Journal of mammalogy*, 51(2), 358-369.
- Somarriba E. y Beer, J. (1999) Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. *Agroforestería en las Américas* 6(22):7-11.
- Tobón, W., Urquiza-Haas, T., Ramos-Fernández, G., Calixto-Pérez, E., Alarcón, J., Kolb, M., y Koleff, P. (2012). Prioridades para la conservación de los primates en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Asociación Mexicana de Primatología, A.C., Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Tudela, F. (1992). La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco, proyecto integrado del Golfo (No. 338.9726 T8).
- Valenzuela-Córdova, B., Mata-Zayas, E. E., Pacheco-Figueroa, C. J., Chávez-Gordillo, E. J., Díaz-López, H. M., Gama, L., y Valdez-Leal, J. D. D. (2015). Potencial ecoturístico del agrosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) con monos saraguatos (*Alouatta palliata* Gray) en la Chontalpa, Tabasco. *Agroproductividad*, 8(5):3-10.
- Vidal-García, F., y Serio-Silva, J. C. (2011). Potential distribution of Mexican primates: modeling the ecological niche with the maximum entropy algorithm. *Primates*, 52(3):261–270.
- Villanueva-García C. (2017) Molecular ecology and parasitic diversity of wild populations in the Mesoamerican howler monkeys *Alouatta palliata* and *A. pigra*. Tesis de Doctorado. Universidad de Murcia, España. 151 pp.





Capítulo 1. DELIMITACIÓN DEL AGROSISTEMA CACAO COMO HÁBITAT DISPONIBLE DEL MONO SARAGUATO EN COMALCALCO Y SUS ALREDEDORES

1.1 INTRODUCCIÓN

En Tabasco, las principales actividades económicas son la producción de monocultivos (plátano y caña de azúcar) y la ganadería (SIAP, 2017a); sin embargo, estas actividades se relacionan directamente con la deforestación y reducción de la vegetación natural del estado durante los últimos años (Tudela, 1992; Sánchez-Munguía, 2005). Dentro de los impactos ambientales de la agricultura se incluyen dos procesos: primero, el reemplazo de los ecosistemas naturales por la expansión de las tierras de cultivo y pastizales a nuevas áreas; y segundo, la intensificación del manejo de las tierras existentes (riego, fertilizantes, biocidas y mecanización), para que estas sean más productivas (Foley *et al.*, 2011).

En Tabasco, la vegetación natural (selva, manglar y acahual) cubre el 14% de la superficie (Palma-López y Triano, 2007; Castillo-Ramiro *et al.*, 2008). En el municipio de Comalcalco la vegetación natural solo cubre el 6.2%, representado por el manglar; mientras que el 76.8% de territorio se utilizan para actividades agropecuarias como ganadería y agricultura (Ramos-Reyes *et al.*, 2016, Ramos-Reyes y Palomeque-de la Cruz, 2017). Esto ha causado la reducción y extinción local de poblaciones de los primates mexicanos en el estado (Serio-Silva *et al.*, 2006).

En estudios previos sobre la distribución de los monos saraguatos, son pocas las áreas en el estado consideradas dentro de la distribución y conservación (Estrada y Estrada-Coates, 1984; Vidal-García y Serio-Silva, 2011; Tobón *et al.*, 2012). Mientras para Comalcalco solo se han considerado a los manglares como sitios de importancia para la conservación de los monos (Tobón *et al.*, 2012). No obstante, la especie se ha observado fuera de estas áreas de conservación en los agrosistemas de cacao (Muñoz *et al.*, 2006; Estrada *et al.*, 2006; Valenzuela-Córdova *et al.*, 2015; Vidal-García, 2015).

Los agrosistemas como el de cacao pueden fungir como el último hábitat para especies que toleran un cierto nivel de perturbación en paisajes donde la deforestación y transformación de la cobertura natural ha sido reemplazada en su totalidad en cultivos





agrícolas (Schroth *et al.*, 2004). Es así que los monos del género *Alouatta* utilizan los árboles que sirven de sombra al cacao como refugio a largo plazo y como alimento; consumiendo hojas, frutos y flores de especies nativas, así como frutos exóticos que los productores plantan para su comercialización (Muñoz *et al.*, 2006; Zárate *et al.*, 2014; Chaves y Bica-Marques, 2017). Así mismo, los árboles de sombra ayudan en la conectividad estructural del paisaje, pues sirven como trampolines para que los monos se muevan de un punto a otro entre la vegetación arbórea nativa y la vegetación antrópica (Estrada *et al.*, 2005), esto permite a los monos la posibilidad de dispersarse y encontrar congéneres (Oliveira y Estrada, 2017).

En Tabasco la producción de cacao es la tercera actividad agrícola (SIAP 2017a), con 41, 000 ha destinadas a su producción, esto, sitúa al estado como el principal productor de cacao con el 64% de la cosecha del país (SIAP, 2017b). La zona cacaotera más importante se concentra en la Región de la Chontalpa (Yanes, 1994; López *et al.*, 2000). Además, del grano del cacao se derivan productos elaborados artesanalmente con un alto valor nutricional. Estos productos son importantes como aporte sociocultural y económico de los locales generando trabajo y recursos monetarios al venderse en el mercado local, regional y nacional como producto artesanal (Naranjo, 2011).

Sin embargo, los problemas de plagas y el decaimiento del precio local del cacao, ha causado el abandono de las plantaciones; así como el cambio de cultivo o uso de la tierra por parte de los productores (Somarríba y Beer, 1999; Somarríba y Harvey, 2003). En México, los agrosistemas son considerados como coberturas destinadas exclusivamente para la agricultura por lo que existe poca información disponible acerca de la cobertura del cacao en las bases de datos, como el INEGI. Así mismo, la información disponible generalmente poseen poca resolución que a nivel local dificulta la interpretación de los datos (Di-Gregorio, 2005). Por otro lado, aún se desconoce el tamaño y ubicación de la población total de monos saraguatos en Comalcalco. Es por esto que el objetivo de este capítulo fue delimitar el agrosistema cacao y su matriz circundante como hábitat disponible para saraguatos.





1.2 MÉTODOS

Este capítulo se realizó en dos etapas, primero se delimitó cartográficamente el agrosistema cacao y su matriz; y posteriormente se realizó la búsqueda de los monos saraguatos en el cacao de Comalcalco y sus alrededores.

1.2.1 Delimitación del agrosistema cacao

La delimitación del agrosistema cacao se realizó mediante dos métodos, primero, una clasificación supervisada, y posteriormente una post reclasificación espacial. La clasificación supervisada o segmentación, en combinación con imágenes de alta resolución (Blaschke *et al.*, 2004) es una de las técnicas más utilizadas y con mejores resultados para clasificar imágenes espectrales (Liu y Xia, 2010; Schultz *et al.*, 2015; Small y Sousa, 2016; Ma *et al.*, 2017). Después de la segmentación se llevó a cabo una post reclasificación espacial (digitalización), para corregir y delimitar con mayor detalle los usos de suelo más representativos de la zona de estudio, particularmente en las que se tenía incertidumbre (acahuales y vegetación acuática enraizada).

Ambos métodos poseen características que ayudan a obtener clasificaciones detalladas y precisas, su combinación resulta favorable cuando se tiene una buena resolución y el paisaje tiene una estructura compleja (Lu y Wen, 2007; Davenport *et al.*, 2017). Para la clasificación y post reclasificación se utilizó una imagen Spot 7 del 2015 con una resolución de 6 metros por píxel, compuesta por 7,970 columnas y 5,216 filas. Estas imágenes cuentan con 4 bandas espectrales (B0=azul, B1=verde, B2= roja, B3= morada).

a) Clasificación supervisada

En la segmentación o clasificación supervisada se usa la distribución de píxeles en espacios de funciones multidimensionales como base de las reglas de decisión, de tal manera que asigna un valor a cada píxel en un segmento de una sola clase temática (asentamientos humanos, selva, agua, agricultura, etc.). La decisión de los límites es





derivada de las propiedades estadísticas de la muestra de entrenamiento de los pixeles seleccionados para cada clase (Eastman, 2016; Small y Sousa, 2016).

La clasificación supervisada se realizó con el programa TerrSet en el componente IDRISI Image Processing, con la herramienta *Segmentation Classifiers*. Esta herramienta cuenta con tres módulos para desarrollar el proceso: a) SEGMENTACIÓN el cual crea una imagen de segmentos; b) SEGTRAIN en el que se desarrolla de forma interactiva sitios de capacitación y firmas; y por último c) SEGCLASS, que clasifica las imágenes utilizando un algoritmo de regla de mayoría (Eastman, 2016) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los módulos utilizados para la clasificación supervisada

Módulo	Descripción
a) SEGMENTACION	Crea una imagen de segmentos basados en la similitud espectral de las bandas, dividiendo las imágenes de entrada en función de su varianza. Después los segmentos similares se fusionan para formar segmentos de mayor tamaño. A través del espacio y sobre todas las bandas de entrada, una ventana móvil evalúa esta similitud y los segmentos se definen de acuerdo con un umbral de similitud especificado por el usuario. Cuanto menor sea el umbral, más homogéneos los segmentos. El resultado del módulo de <i>SEGMENTACIÓN</i> crea una imagen fragmentada de acuerdo con el nivel de segmentación al que se trate.
b) SEGTRAIN	Crea de forma interactiva sitios de entrenamiento y firmas. Los sitios de entrenamiento deben ser lo suficientemente representativo para cada clase que se desee definir (Small y Sousa, 2016). Con su interfaz gráfica intuitiva, se puede seleccionar segmentos de interés (Clases) como sitios de muestras particulares. Al seleccionar un segmento, los pixeles de ese segmento sirven para desarrollar la firma.
c) SEGCLASS	En este módulo se hace la clasificación final de los segmentos de toda la imagen. Funciona con un algoritmo clasificador por la regla de mayoría basándose en la clase dentro de un segmento (Eastman, 2016). El módulo <i>SEGCLASS</i> además de utilizar el archivo generado en la <i>SEGMENTATION</i> , requiere otro archivo que se crea previamente en módulo <i>MAXLIKE</i> . Este módulo es un clasificador de máxima probabilidad, basada en la función de probabilidad de densidad asociada con una firma de sitios de entrenamientos, en este caso el <i>SEGTRAIN</i> .

En este trabajo se hicieron varias pruebas para evitar dos de los errores más comunes en el proceso del módulo de segmentación: segmentos que cubren más de una categoría o segmentos muy pequeños que no representan adecuadamente en forma y tamaño la categoría (Liu y Xia, 2010; Schultz *et al.*, 2015). Por lo tanto, el valor de tolerancia de similitud (*Similarity tolerance*) más adecuada considerando la correcta delimitación de las áreas de cacao fue de 15.





Para clasificar el tipo de firma según la característica de las Clases de suelo, se consultaron los trabajos realizados en el área por Sánchez-Munguía, (1999); López-Mendoza, (1995); Novelo-Retana, (2006); Pacheco-Figueroa, (2014); y Palma-López y *et al.*, (2011). El proceso de la caracterización del agrosistema en el programa se detalla en el Anexo I.

b) Digitalización y reclasificación del mapa de uso de suelo

Una vez obtenido un primer mapa clasificado en TerrSet se exportó al programa ARGIS para reclasificar y digitalizar las coberturas que presentaban incertidumbre, en este caso particular fueron las Clases acahual y vegetación hidrófila enraizada. La digitalización se hizo a una escala 1:20,000, utilizando de fondo la imagen Spot 7 del año 2015 ocupada para la clasificación supervisada.

Para la reclasificación de los polígonos digitalizados a partir de la imagen satelital, se consideró el tono, el color, la textura y el contexto de la cubierta de la vegetación (Chuvienco, 1995), en campo se validaron algunos fragmentos que presentaron incertidumbre. Por último se agregó la red de carreteras del año 2015, considerando únicamente las clases: carreteras y caminos pavimentados, generando un área buffer de 7.5 y 5 m respectivamente con la finalidad de tener una mejor representación de esta cobertura en la imagen clasificada, principalmente porque juega un papel importante en la distribución de la especie.

El mapa que resultó de la reclasificación fue utilizado como base para buscar a los monos y para el desarrollo de los siguientes capítulos.

1.2.2 Búsqueda de monos saraguatos

La búsqueda de los monos saraguatos en el agrosistema cacao se realizó a través de la aplicación de entrevistas a los pobladores que viven en los alrededores de las plantaciones para obtener información acerca de la presencia de los monos saraguatos en los alrededores.





a) Entrevistas

Para obtener la localización de los grupos de monos saraguatos en el agrosistema cacao fueron seleccionados 30 puntos de verificación en el municipio de Comalcalco y sus alrededores. En los puntos de verificación se entrevistaron por lo menos a cuatro habitantes de la zona. Los puntos se eligieron con la herramienta Hawth's Analysis en ArcGIS 9.3, dejando una distancia mínima de 3 Km entre cada punto.

Las entrevistas fueron semi-estructuradas y relacionadas con la biología y el comportamiento de la especie (Anexo II). Para tener una mayor veracidad del conocimiento e identificación de la especie por parte de los entrevistados, se mostraron dos láminas con imágenes de cuatro especies de monos: chimpancé (*Pan troglodytes*), mono saraguato pardo (*Alouatta palliata*), mono aullador negro (*Alouatta pigra*) y el mono araña (*Ateles geoffroy*), ver Anexo III. Además, a través de las entrevistas, también se obtuvo información sobre otros puntos donde se ha observado la presencia de monos, esto permitió completar la información de los puntos de verificación seleccionados inicialmente.

La verificación y búsqueda de los monos se llevó a cabo entre el 26 de junio y el 25 de julio del 2017, en un horario de 7:00 a 17:00. Primero se aplicaron las entrevistas y de acuerdo con las verificaciones afirmativas o a las referencias proporcionadas por los habitantes, se realizó la búsqueda de los monos en los fragmentos. En cada uno de los sitios visitados se informó del objetivo de la investigación, se solicitó el permiso y apoyo de los dueños para el acceso a los fragmentos y realizar la búsqueda de los monos.

En los fragmentos donde hubo avistamientos o evidencias indirectas (rastros auditivos, olfativos y/o fecales) de la presencia de los monos se registraron las coordenadas geográficas y, en su caso, los datos sobre la estructura sexo-edad de los grupos.

Los tipos de presencias o registros considerados fueron (Vidal-García, 2015):

1) Los habitantes indican la presencia de la especie (entrevista contestada afirmativa) y ésta también fue verificada en campo (observación directa).

2) Los habitantes indican la presencia de la especie, pero solamente se obtuvo evidencias indirectas de su presencia (rastros auditivos, olfativos y/o fecales).





3) Los habitantes indicaron la presencia de la especie (entrevista contestada afirmativa), pero no fue posible obtener ninguna muestra de su presencia.

b) Descripción de la estructura poblacional de monos saraguatos

Para tener una aproximación de la estructura poblacional se tomaron en cuenta los datos del tipo de presencia por observación directa. En cada uno de los grupos se identificó la composición de sexo y edad, así como el número de individuos. Se hicieron anotaciones de marcas individuales para evitar el conteo repetido de individuos (Mandujano y Escobedo-Morales, 2008; Mandujano y Estrada, 2005). Para identificar la composición de sexo y edad en campo se utilizaron cuatro clases estándar considerando las características morfológicas y relación madre-hijo (Cuadro 2) (Glander, 1980; Domingo-Balcells y Veà-Baró, 2009). También se tomaron fotografías para tener evidencias del registro y se identificó el tipo de sustrato (especie de árbol) en el que fueron encontrados los grupos.

Cuadro 2. Clave de identificación de campo de la composición sexo-edad para *A. palliata mexicana*. Modificado de Glander, (1980) y Domingo-Balcells y Veà-Baró, (2009)

Clase	Morfología	Relación Madre-Hijo
Infante	Con pelaje corto y de color cenizo y/o marrón. Extremidades desproporcionadas al cuerpo.	Depende de la madre para alimentarse (amamantan). La madre lo carga en el dorso y/o espalda. Descansa junto a ella.
Juvenil	Pelaje color marrón-negro. Sin el manto definido pero con pelos cortos y amarillentos en los costados. Aún no son visibles/definidos los caracteres sexuales secundarios. Cuerpo delgado.	Locomoción y descanso cerca de la madre. O solitarios.
Hembra	Pelaje color marrón-negro. El manto bien definido y largo en los costados, vulva visiblemente reconocible. Cuerpo robusto.	Pueden tener de una a dos crías (Una muy pequeña y otra juvenil).
Macho	Pelaje color marrón-negro. Manto definido y largo en los costados. Barba prominente. Vocalización. Escrotos descendidos en forma de péndulo de color blanco con o sin manchas. Cuerpo robusto.	Independiente





1.3 RESULTADOS

1.3.1 Delimitación del agrosistema cacao en Comalcalco y área circundante

En la caracterización del área de estudio se obtuvieron 10 clases de uso de suelo y vegetación (Figura 2, Cuadros 3 y 4). Mediante el método de Clasificación Supervisada se identificaron siete Clases y a través de la digitalización se obtuvieron tres más (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características de las Clases de uso de suelo y vegetación del municipio de Comalcalco y sus alrededores

ID	Clases	Método	No. de Fragmentos	Ha	%
1	Cacao	ClsSup	2,062	22,761.5	15.21
2	Acahuales	Dgt	317	1,852.9	1.24
3	Manglar	ClsSup	639	18,856.1	12.60
4	Coco	ClsSup	503	6,265.3	4.19
5	Vegetación Hidrófila	Dgt	1,440	4,762.3	3.18
6	Cuerpos de Agua	ClsSup	1,413	17,777.0	11.88
7	Pastizal	ClsSup	2,263	55,201.0	36.88
8	Suelos Desnudos	ClsSup	3,528	12,589.4	8.41
9	Carreteras	Dgt	No aplica	1,602.6	1.07
10	Asentamientos Humanos	ClsSup	6,768	7,989.3	5.34

ClsSup: **Clasificación Supervisada**. Dgt: **Digitalización**.

La superficie total del área de estudio fue de 149,657.46 ha. La clase Cacao fue la vegetación arbolada de mayor superficie con 15.21%; opuesto a esto, casi el 37% de la superficie es pastizal (Cuadro 3). Las clases con la menor superficie fueron los acahuales y la vegetación hidrófila. Aunque en hectáreas el porcentaje de las carreteras es poca, en extensión territorial (Km) abarca en forma de red casi toda la superficie del área de estudio (Figura 2).



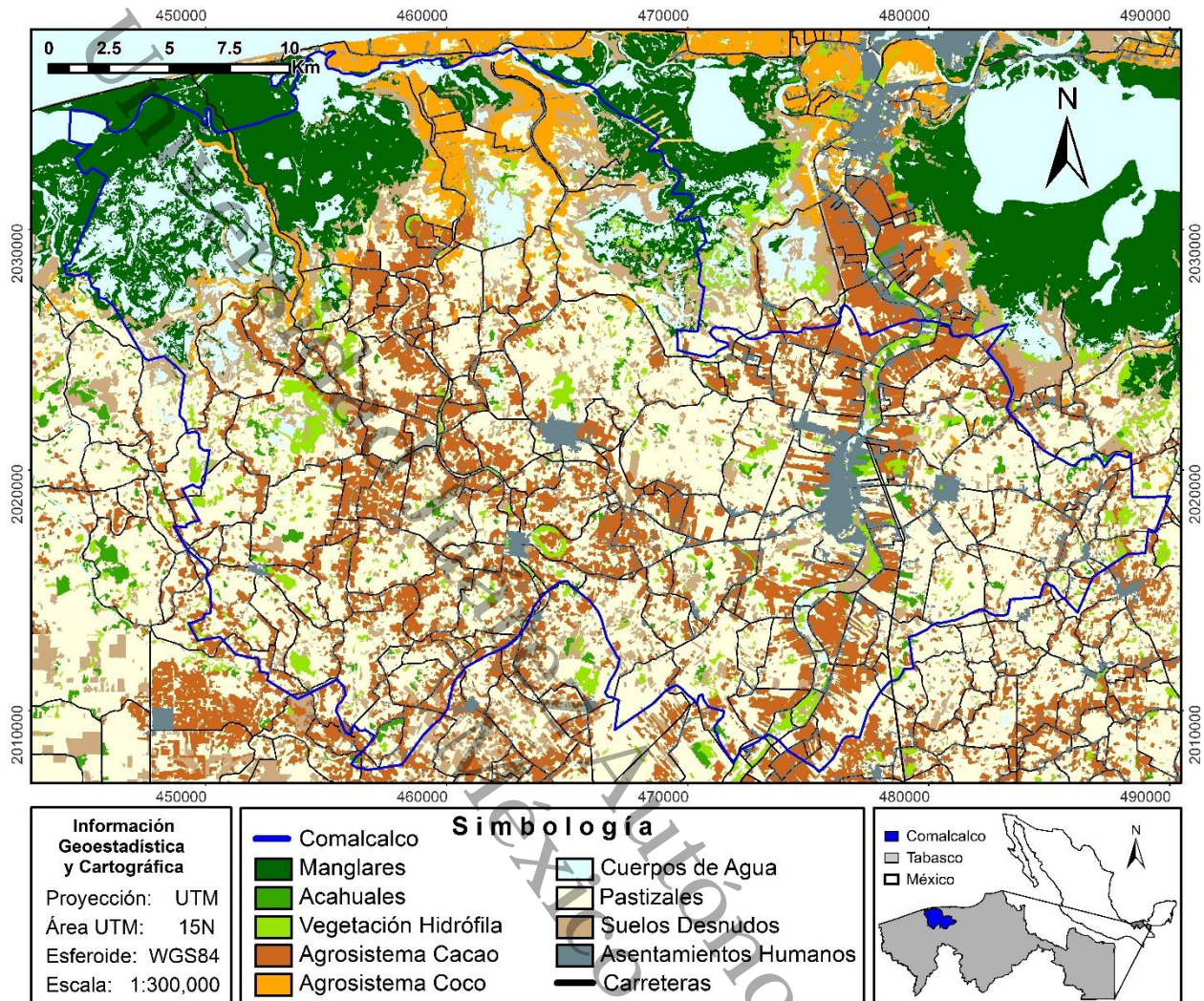


Figura 2. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del Municipio de Comalcalco y sus alrededores

Como trabajo de campo, se visitaron al menos dos sitios para cada una de las clases como una forma de contrastar el resultado de clasificación. En algunos sitios visitados se observaron cambios en el uso de suelo (cacao, pastizales y suelos desnudos). En el caso del cacao, algunos fragmentos parte de la vegetación fue eliminada para convertirlos en pastizales, mientras que en los pastizales también se pudo observar parcelas con cultivos de temporada (maíz y hortalizas) (Cuadro 3).

Para no alterar el origen de los datos estos cambios no se actualizaron cartográficamente en los resultados, debido a que el periodo de la toma de la imagen Spot 7 fue en el año 2015 y las visitas se realizaron en el 2017.



Cuadro 4. Imagen satelital, clases de vegetación y fotografías de los sitios visitados en Comalcalco

Nota: Las flechas y líneas amarillas indican el tipo de Clase en el mapa

ID	Imagen Spot 7	Sitio 1	Sitio 2
Clase 1: Cacao			
<p>Todos los agrosistemas de cacao visitados coincidieron con esta Clase. Algunos agrosistemas presentan asociaciones de árboles característicos de acahuales en sus límites. Árboles de fuste alto. Con sotobosque, cuando están abandonados. En otros sitios, parte del agrosistema fue removido.</p>			
Clase 2: Acahuales			
	<p>Los acahuales se observaron asociados principalmente a vegetación riverense (Sitio 1), otros más se encuentran asociados a vegetación hidrófila y/o en zonas inundables (Sitio 2).</p>		
Clase 3: Manglar			
	<p>Los manglares solo fueron visitados en sus alrededores, debido a su difícil acceso.</p>		
Clase 4: Coco			



Nota: Las flechas y líneas amarillas indican el tipo de Clase en el mapa			
ID	Imagen Spot 7	Sitio 1	Sitio 2
	Coco (Clase 4): Se avistaron cocoteros de la costa y algunos sitios colindantes con el agrosistemas de cacao, estos cocoteros se encuentran combinados con el agrosistema cacao (Sito 2).		
Clase 5: Hidrófila			
	La vegetación hidrófila se observaron en zonas inundables y asociados a pastizales inundables y acahuals.		
Clase 6: Cuerpos de Agua			
	Cuerpos de Agua se avistaron lagunas salobres y dulces, ríos, arroyos, pantanos, jagüeyes y viveros de peces.		
Clase 7: Pastizal			
	De los pastizales se observaron pastizales inducidos, pastizales inundables, potreros.		
Clase 8: Suelos Desnudos			
	Algunos sitios presentaron cultivos de temporal (Sito 1). En otros más estaban en etapa de quema y cosecha (Sito 2, caso de los cañaverales de azúcar).		
Clase 9: Carreteras			



Nota: Las flechas y líneas amarillas indican el tipo de Clase en el mapa			
ID	Imagen Spot 7	Sitio 1	Sitio 2
	Se observaron carreteras de alta velocidad (Sitio 1). Carreteras pavimentadas de poco tránsito (Sitio 2).		
Clase 10: Asentamientos			
	Existen comunidades urbanas y rurales. Las comunidades rurales se encuentran distribuidas en los alrededores del agrosistema cacao y asociadas a la red de carreteras.		

1.3.2 Localización de monos saraguatos (*Alouatta palliata mexicana*) en el agrosistema cacao

En los 30 puntos de verificación se realizaron 174 entrevistas. En 11 puntos de verificación 58 personas respondieron afirmativamente a la presencia de monos. Una vez realizadas las entrevistas se obtuvieron 38 sitios señalados con presencia de primates, se visitaron 29 de ellos, en los sitios restantes no fue posible obtener el permiso de entrada por parte de los dueños.

En total se encontraron 68 registros de presencia de monos en 40 comunidades de Comalcalco y sus alrededores. De estos registros, 65 se encontraron en agrosistemas de cacao, dos en vegetación secundaria (acahual) y un registro en un fragmento integrado por acahual y agrosistema de cacao (Anexo IV).

Del total de registros, 55 se obtuvieron por observación directa de los monos, en seis sitios solo se encontraron rastros auditivos, olfativos y/o fecales, y en siete sitios la presencia de la especie solo fue confirmada a través del conocimiento de los habitantes (Figura 3).



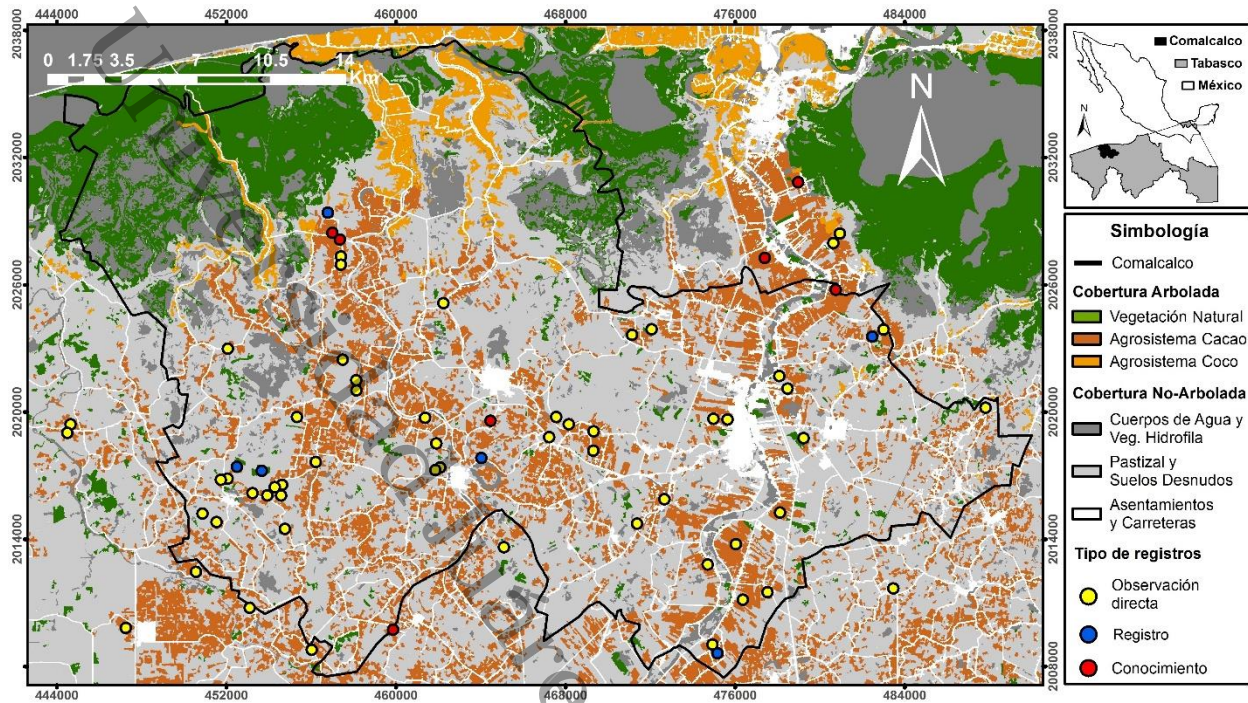


Figura 3. Registros de *A. palliata mexicana* en Comalcalco y sus alrededores

1.3.3 Descripción de la estructura poblacional de los grupos de monos saraguatos

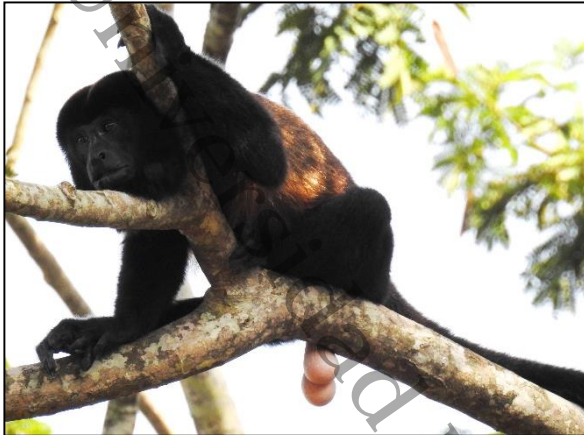
En total se encontraron 616 individuos repartidos en: dos individuos solitarios, tres grupos de parejas macho-hembra y 50 grupos con un número mayor a tres individuos. Se encontraron 45 fragmentos ocupados por monos, con un promedio de tamaño de 51 ha. De estos nueve fragmentos albergan a más de una tropa, pareja y/o individuos solitarios (Anexo IV).

Descartando las parejas y los especímenes solitarios, el promedio de individuos por grupo fue 12 (en un rango de 3 a 36 individuos). El promedio de la densidad de grupos fue de 0.7 por hectáreas.

En relación con la composición de sexo y edad, en campo fue posible identificar a 579 individuos de los cuales 142 son machos, 253 hembras, 75 juveniles y 77 infantes (Figura 4 a-c). Mediante la revisión de las fotografías obtenidas se identificaron infantes de la clase 1 y sub-adultos machos, de acuerdo a la clasificación de Domingo-Balcells y Veà-Baró, (2009) como se muestra en la figura 4 e-f.



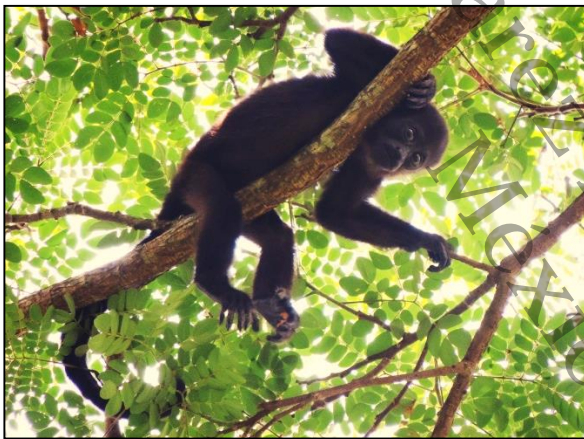
Figura 4. Fotografías y Clasificación edad-sexo de ejemplares de *A. palliata mexicana* observados en campo



a) Macho adulto



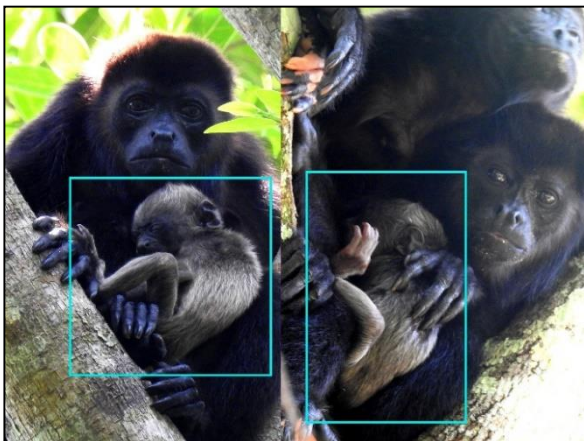
b) Hembra adulta



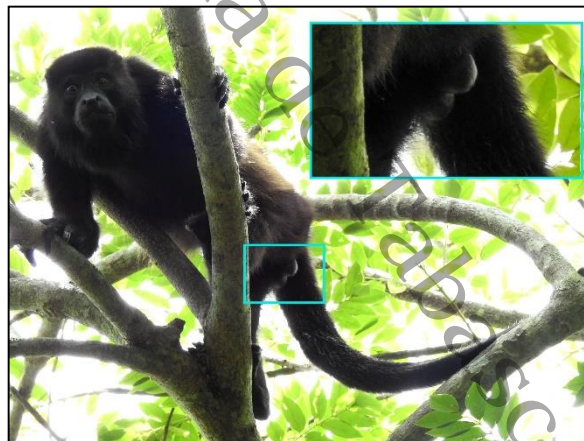
c) Juvenil



d) Infante



e) Infante 1



f) Macho Sub-Adulto





Como sustrato, los grupos fueron encontrados en 95 árboles de al menos 27 especies de 14 familias. La familia mejor representada fue la Fabácea con el mayor número de árboles (24) y el mayor número de especies (8). Seguida de la familia Bignonacea con 12 árboles en dos especies. Sin embargo, la especie *ficus* sp., de la familia Moraceae fue la especie más numerosa con 20 árboles (Cuadro 5).

Cuadro 5. Árboles utilizados como sustrato por el mono saraguato

ID	Especie	Familia	Total de Árboles
1	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	3
2	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	1
3	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	7
4	<i>Ceiba pentandra</i>	Meliaceae	2
5	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Sapotaceae	1
6	<i>Colubrina arborescens</i>	Rhamnaceae	1
7	<i>Cordia stellifera</i>	Meliaceae	1
8	<i>Diphysa robinoides</i>	Fabaceae	1
9	<i>Erythrina fusca</i>	Fabaceae	1
10	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Fabaceae	1
11	<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	20
12	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	5
13	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	1
14	<i>Hymenae courbaril</i>	Fabaceae	1
15	<i>Inga jinicuil Schl.</i>	Fabaceae	1
16	<i>Mammea americana</i>	Sapotaceae	1
17	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	8
18	<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	1
19	<i>Pimenta dioica</i>	Myrtaceae	1
20	<i>Pithecellobium saman</i>	Fabaceae	11
21	<i>Pouteria sapota</i>	Sapotaceae	6
22	<i>Roystonea regia</i>	Arecaceae	3
23	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	1
24	<i>Sterculia apétala</i>	Sterculiaceae	1
25	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignonaceae	11
26	<i>Tamarindus indica</i>	Fabaceae	3
27	<i>Tectona grandis</i>	Verbenaceae	1





1.4 DISCUSIÓN

La disponibilidad del hábitat original para los monos saraguatos ha sido reducida debido al desarrollo demográfico y económico regional, así como a la demanda del mercado mundial que ha potencializado el incremento de cultivos alimenticios y otros recursos (Estrada, 2015; Almeida-Rocha *et al.*, 2017; Estrada *et al.*, 2017). Debido a la transformación del paisaje, el hábitat de los monos saraguatos se compone de remanentes de bosques adecuados sumergidos en una matriz con atributos inadecuados (asentamientos humanos y agrícolas) (Arroyo-Rodríguez y Mandujano 2009).

El agrosistema es la vegetación arbolada más abundante del municipio (15.21%); sin embargo, más del 35% de la superficie está cubierto por pastizales. Este último resultado coincide con trabajos previamente realizados en la zona (Palma-López *et al.*, 2011, Ramos-Reyes *et al.*, 2016). La vegetación natural arbolada (manglar y acahual), representa solo el 14% del área. La nula presencia de vegetación natural (selva alta y mediana perennifolia) en la zona se debe a que estas fueron removidas casi en su totalidad entre la década de los 70's y 90's (Tudela, 1999; Sánchez-Munguía, 2005), mientras que a finales de los 90's el acahual se redujo al mínimo (Ramos-Reyes *et al.*, 2004). No obstante, la presencia de los acahuales ha tenido una paulatina recuperación, debido a que estos se encuentran asociados con la vegetación hidrófila (zonas inundables) y a los márgenes de los cuerpos de agua, sitios donde es difícil implementar actividades antrópicas (Palma-López *et al.*, 2011).

La presencia de los asentamientos humanos, aunque en su mayoría son comunidades pequeñas, se encuentran dispersas por todo el territorio rodeando los agrosistemas de cacao y coco. El municipio de Comalcalco ocupa el tercer lugar estatal en cuanto el número de habitantes del estado (Pérez-Sánchez *et al.*, 2014), y presenta la mayor presión demográfica de acuerdo a la relación de la densidad poblacional por hectárea de vegetación natural (Sánchez-Munguía, 2005). Esto se puede ver reflejado en el incremento de tamaño y cantidad de las áreas urbanas en los últimos 10 años (Ramos-Reyes *et al.*, 2016).

Las carreteras que se extienden como una red por toda el área de estudio (excepto en la zona de manglares), están asociadas directamente con la presencia de los asentamientos humanos. Esto sugiere que las comunidades rurales se encuentran





asentadas a lo largo de esta red; por lo tanto, ambas clases rodean completamente a muchos de los fragmentos de cacao o, visto a una escala de paisaje regional dividen todo el agrosistema en la zona. La organización poco funcional de esta infraestructura, se debió principalmente a la apresurada modernización del estado con el auge del desarrollo petrolero (Tudela, 1992).

Aunque el propósito de este estudio no fue evaluar la clasificación del mapa de uso de suelo, los fragmentos visitados, en su mayoría coincidieron con la vegetación clasificada. Los cambios percibidos en las clases de Cacao, Pastizales y Suelos desnudos, pudieron deberse al proceso de cambio de uso de suelo que se ha generado en las últimas cuatro décadas. En este periodo se ha visto el retroceso y el avance de los pastizales, y suelos desnudos debido a las actividades agropecuarias, petroleras y al crecimiento poblacional (Ramos-Reyes *et al.*, 2004; Palma-López *et al.*, 2011; Ramos-Reyes *et al.*, 2016).

Si bien ya se han hecho clasificaciones de las clases de usos del municipio (p. ej. Ramos-Reyes *et al.*, 2004; Palma-López *et al.*, 2011; Ramos-Reyes *et al.*, 2016), estas consideran al cacao con otros tipos de agrosistemas perennes, o incluido con las clases de manejo agrícola. Además, para este trabajo fue necesario obtener un mayor detalle de la cobertura arbolada, especialmente del cacao, que se ha considerado como favorable para la subsistencia de los monos saraguatos en la zona (Estrada *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 2006; Valenzuela-Córdova *et al.*, 2015). Así mismo fue importante delimitar detalladamente los asentamientos humanos y carreteras, pues la presencia de estos puede incrementar las amenazas y pérdidas de primates silvestres (Wiederholt *et al.*, 2010; Puig-Lagunes *et al.*, 2016).

La falta de la delimitación de las clases de acahual y la vegetación hidrófila enraizada mediante la clasificación supervisada, pudo deberse a la similitud del valor espectral que estas comparten, principalmente con el cacao. Esto ocurre por el proceso de transición entre pastizales y vegetación primaria durante la sucesión vegetal en zonas deforestadas (Vieira *et al.*, 2003; Carreiras *et al.*, 2006). Utilizar dos métodos para clasificar el área fue posible debido al conocimiento previo de la zona, lo que es recomendable para ambos métodos (Chuvieco, 1995).





De acuerdo a las características del paisaje en Comalcalco, este se puede definir como un *paisaje relictual* pues se caracteriza por límites marcados entre una cantidad mínima de vegetación natural remanente y coberturas de suelo circundante modificados para la agricultura (McIntyre y Hobbs, 1999). Esta situación difiere de otros sitios de estudio con monos, en donde los agrosistemas arbolados (cacao y/o café) funcionan como sitios de amortiguamiento, pues estos se encuentran rodeados de una matriz con vegetación natural (Estrada y Coates-Estrada, 1996; Estrada *et al.*, 2006; Zárate *et al.*, 2014; Guzmán *et al.*, 2016).

Es así que en paisajes como este sitio de estudio, los agrosistemas bajo sombra como el cacao proporcionan el último hábitat disponible para especies que dependen de la vegetación natural y que toleran un cierto nivel de perturbación (Schroth *et al.*, 2004), como el caso de los monos saraguatos (McKinney *et al.*, 2015).

En este estudio, el 97% de los registros de *A. palliata mexicana* se encontraron en el agrosistema cacao pues es la vegetación arbolada más abundante (15.21%) de la cobertura total del área de estudio. Para poder conservar las poblaciones de saraguatos a largo plazo en este tipo de paisajes, es importante mantener por encima del 15% del hábitat (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2008a; Arroyo-Rodríguez y Mandujano, 2009). No obstante, la tendencia actual en este sitio es el derribe total del cacao, principalmente para sustituir las plantaciones con cultivos más rentables como maíz, caña de azúcar, papaya, coco, entre otros; o para uso ganadero (Muñoz *et al.*, 2006; Díaz-José *et al.*, 2014; Ramos-Reyes y Palomeque-De la Cruz, 2017), lo que eliminaría por completo la vegetación arbolada.

De acuerdo con la información recabada en las entrevistas, los pobladores mencionaron que la presencia de los monos en el agrosistema cacao, así como el aumento en sus poblaciones, se empezó a observar en los últimos 10 años, lo cual coincide con los primeros reportes de avistamientos en la zona (Muñoz *et al.*, 2006). Al igual que en agrosistemas de café, esta especie de mono parece que han podido sobrevivir y reproducirse en estos sitios durante más de una década, aparentemente sin efectos negativos en sus poblaciones; esto gracias a la alta diversidad y abundancia de los árboles de sombra que sirven como alimento y refugio para los monos (Williams-Guillén *et al.*, 2006).





La presencia de los monos en el agrosistema puede deberse a la reducción de la vegetación natural en los años 70 (Tudela, 1999; Sánchez-Munguía, 2005). Una hipótesis es que al derribar las selvas murieron muchos individuos (monos) y otros más quedaron aislados en los pocos fragmentos de selva. Estos últimos se dispersaron y fueron colonizando y aumentando sus poblaciones en el agrosistema. Sin embargo no tenemos evidencias registradas, solo el conocimiento de los productores. Estos últimos afirman que los monos llegaron hace menos de 20 años y que antes de eso se escuchaban en la montaña (fragmentos de selva y/o acahuales). Por lo tanto, será necesario realizar más estudios al respecto.

En los agrosistemas de cacao en México, la presencia y abundancia de especies arbóreas de las Familias Fabaceae y Moraceae, son las que más contribuyen en la alimentación y sustrato para los monos del Genero *Alouatta* (Muñoz, *et al.*, 2006; Zárate *et al.*, 2014). En este estudio, al momento del avistamiento de los grupos, el 46% de los árboles registrados y utilizados como sustrato por lo monos pertenecen a estas familias. Estas especies han sido reportadas dentro de los estudios de diversidad arbórea en plantaciones de cacao realizados en Tabasco (ver Ramírez-Meneses *et al.*, 2013; Sánchez-Gutiérrez *et al.*, 2016).

Este estudio presenta una primera aproximación al tamaño poblacional de los monos saraguatos que utilizan como hábitat el cacao en la zona, obteniendo un total de 616 individuos. Fue posible determinar la edad y sexo de 579 individuos, ya sea en campo o a través de fotografías. Algunos factores que impidieron la identificación de todos los individuos fueron: el difícil acceso a los fragmentos o arboles donde se encontraban, alta nubosidad o luz insuficiente.

En los sitios donde algunos grupos sobrepasan los 30 individuos o hay más de un grupo compartiendo el mismo fragmento, se observó el comportamiento de fisión-fusión. Esta conducta se ha reportado como una estrategia para evitar consecuencias fisiológicas del estrés social y antropogénico (Aguilar-Melo *et al.*, 2013). Así mismo se ha observado que cuando los monos incrementan el tamaño del grupo (>12 individuos) aumenta el consumo de frutos, debido a que agotan los recursos con más rapidez (Dias y Rangel-Negrín, 2015). Otra conducta observada es el consumo de plantas exóticas para complementar su dieta (Chaves y Bica-Marques, 2016), así mismo están





consumiendo los recursos de árboles asilados, cercos vivos o fragmentos pequeños disponibles en la matriz (Asensio *et al.*, 2009).

La cantidad de grupos y de individuos observados, así como la extensión de área ocupada por *A. palliata mexicana* en el área de estudio es mayor a lo reportado anteriormente en otras áreas de México (p. ej. Mandujano y Escobedo, 2008; Puig-Lagunes *et al.*, 2016; Cristóbal-Azkarate *et al.*, 2017). Esto manifiesta la importancia de incluir el área en los sitios potenciales de México para la conservación de los monos saraguatos.

El método aplicado para recolectar los datos en campo fue efectivo en nuestra área de estudio, ya que, a través de información proporcionada en las entrevistas, fue posible ubicar rápidamente a los monos. Esto se debe principalmente a que los agrosistemas están rodeados de asentamientos humanos y carreteras, lo que facilita su ubicación. Las personas entrevistadas hicieron referencia de los sitios reportados en estudios previos (Estrada *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 2006; Vidal-García y Serio-Silva, 2011; Valenzuela-Cordova *et al.*, 2015).

En aquellos sitios donde solo se encontró registros auditivos, olfativo y/o fecal o solo se observaron uno o dos ejemplares es importante hacer una búsqueda más exhaustiva de los monos en los fragmentos cercanos. Pues los monos pueden moverse y/o utilizar más de un fragmento (Pozo-Montuy y Serio-Silva 2007; Mandujano y Estrada, 2005; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017).

Los registros encontrados pueden aumentar en la zona, pues aun quedaron por visitar sitios de presencia de monos que fueron indicados por los pobladores, y a los cuales no fue posible acceder por diferentes motivos. Entre estos, se pueden mencionar la negativa de los dueños para autorizar la entrada a sus predios, los dueños no se encontraban en su domicilio, o viven en otra comunidad o municipio. En varios de estos sitios se escucharon los aullidos o fue posible avistar a los monos a lo lejos, por lo que es importante regresar en un futuro para dialogar con los dueños y conseguir el acceso.

Por otra parte, la inaccesibilidad a los fragmentos, el follaje de los árboles de cacao, así como la nubosidad impidieron la identificación de todos los individuos avistados.

En campo fue posible observar que continúan los cambios del uso de suelo en el agrosistema cacao, lo cual tendrá implicaciones en las poblaciones de monos que ha





encontrado refugio en este agrosistema. Dada esta dinámica de cambio, es necesario actualizar la clasificación del uso de suelo con imágenes más recientes, que permitan evaluar el proceso de fragmentación y las tendencias de cambio.

1.5 CONCLUSIÓN

El agrosistema cacao es la clase de vegetación arbolada con la mayor superficie en Comalcalco y sus alrededores, no obstante, esta se encuentra inmersa en una matriz de pastizal y rodea por asentamientos humanos y carreteras, con pocos fragmentos de vegetación secundaria dispersos y asociados a los cuerpos de agua o sitios de inundación.

La presencia de los monos fue registrada casi en su totalidad en los fragmentos de cacao, confirmando que estos últimos representan una vegetación importante para la permanencia de los monos en la zona. Además el número de individuos y de grupos mostró que los agrosistema tienen potencial para mantener grupos a largo plazo.

El método utilizado para localizar a los grupos resultó efectivo debido al conocimiento de las personas. Sin embargo es importante realizar una búsqueda más sistematizada para localizar los grupos que no se pudieron observar, así como también convencer/localizar a los dueños para acceder a los fragmentos.

Esta información será la base para evaluar algunas características tanto ambientales como del paisaje, para determinar la idoneidad del hábitat para los monos.





1.6 REFERENCIAS

- Aguilar-Melo, A. R., Andresen, E., Cristóbal-Azkarate, J., Arroyo-Rodríguez, V., Chavira, R., Schondube, J., Serio-Silva J. y Cuarón, A. D. (2013). Behavioral and physiological responses to subgroup size and number of people in howler monkeys inhabiting a forest fragment used for nature-based tourism. *American journal of primatology*, 75(11), 1108-1116.
- Almeida-Rocha, J. M., Peres, C. A., y Oliveira, L. C. (2017). Primate responses to anthropogenic habitat disturbance: A pantropical meta-analysis. *Biological Conservation*, 215, 30-38.
- Armengot, L., Barbieri, P., Andres, C., Milz, J., y Schneider, M. (2016). Cacao agroforestry systems have higher return on labor compared to full-sun monocultures. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4), 70.
- Arroyo-Rodríguez, V., Galán-Acedo, C. y Fahrig, L. (2017). Habitat Fragmentation. In Fuentes A. (Ed). *The International Encyclopedia of Primatology*. 1608 pp. DOI: 10.1002/9781119179313.wbprim0235.
- Arroyo-Rodríguez, V., y Mandujano, S. (2009). Conceptualization and measurement of habitat fragmentation from the primates' perspective. *International Journal of Primatology*, 30(3), 497-514.
- Asensio, N., Arroyo-Rodríguez, V., Dunn, J. C., y Cristóbal-Azkarate, J. (2009). Conservation value of landscape supplementation for howler monkeys living in forest patches. *Biotropica*, 41(6), 768.
- Beenhouwer, M., Aerts, R., y Honnay O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems and Environmental* 171:1-7.
- Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J. B., y Whittaker, R. J. (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity?. *Trends in ecology y evolution*, 23(5), 261-267.
- Blaschke, T., Burnett, C., y Pekkarinen, A. (2004). Image segmentation methods for object-based analysis and classification. In *Remote sensing image analysis: Including the spatial domain* (pp. 211-236). Springer Netherlands.
- Carreiras, J. M., Pereira, J. M., Campagnolo, M. L., & Shimabukuro, Y. E. (2006). Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using SPOT VEGETATION data. *Remote Sensing of Environment*, 101(3), 283-298.
- Castillo-Ramiro, J. J., Gama, L., y Larios, C. Z. (2015). Análisis de regresión lineal en un sistema de información geográfico para determinar la tasa de deforestación en el estado de Tabasco. *Kuxulkab'*, 15(27), 15-18.
- Chaves, Ó. M., y Bicca-Marques, J. C. (2017). Crop feeding by brown howlers (*Alouatta guariba clamitans*) in forest fragments: The conservation value of cultivated species. *International Journal of Primatology*, 38(2), 263-281.
- Chuvieco, S. E. (1995). *Fundamentos de teledetección espacial*. Rialp, Madrid. <http://files.especializacion-tig.webnode.com/200001110-8750e88486/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- Clough, Y., Faust, H., y Tschardtke, T. (2009). Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. *Conservation Letters*, 2(5), 197-205.
- Cristóbal-Azkarate, J. C., Dunn, J. C., Balcells, C. D., y Baró, J. V. (2017). A demographic history of a population of howler monkeys (*Alouatta palliata*) living in a fragmented landscape in Mexico. *PeerJ*, 5, e3547.
- Cuarón, A.D., Shedden, A., Rodríguez-Luna, E., de Grammont, P.C., Link, A., Palacios, E., Morales, A. y Cortés-Ortiz, L. (2008). *Alouatta palliata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T39960A10280447. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T39960A10280447.en>. Downloaded on 09 April 2018.





- Davenport, A. E., Davis, J. D., Woo, I., Grossman, E. E., Barham, J., Ellings, C. S., y Takekawa, J. Y. (2017). Comparing automated classification and digitization approaches to detect change in eelgrass bed extent during restoration of a large river delta. *Northwest Science*, 91(3), 272-282.
- Di Gregorio, A. (2005). Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra Conceptos de Clasificación y manual para el usuario Versión 2 del Programa. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Dias, P. A. D., y Rangel-Negrín, A. (2015). Diets of howler monkeys. In Kowalewski M., Garber P., Cortés-Ortiz L., Urbani B., Youlatos D. (Eds) *Howler Monkeys. Developments in Primatology: Progress and Prospects*. Springer, (pp. 21-56). New York, NY.
- Díaz-José, J., Díaz-José, O., Mora-Flores, S., Rendón-Medel, R., y Tellez-Delgado, R. (2014). Cacao in Mexico: Restrictive factors and productivity levels. *Chilean journal of agricultural research*, 74(4), 397-403.
- Domingo-Balcells, C., y Veá-Baró, J. J. (2009). Developmental stages in the howler monkey, subspecies *Alouatta palliata mexicana*: a new classification using age-sex categories. *Neotropical Primates*, 16(1), 1-8.
- Eastman, J. R. (2016). TerrSet Tutorial. Clark Labs, Clark University: Worcester, MA, United States. <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/TerrSet-Tutorial.pdf>
- Estrada A. (2015) Conservation of *Alouatta*: Social and Economic Drivers of Habitat Loss, Information Vacuum, and Mitigating Population Declines. In: Kowalewski M., Garber P., Cortés-Ortiz L., Urbani B., Youlatos D. (Eds) *Howler Monkeys. Developments in Primatology: Progress and Prospects*. (pp. 383-409). Springer, New York, NY.
- Estrada A. y Mandujano S. (2003) Investigaciones con *Alouatta* y *Ateles* en México. *Neotropical Primates* 11:33, 145-154.
- Estrada, A. (2006). Human and non-human primate co-existence in the neotropics: a preliminary view of some agricultural practices as a complement for primate conservation. *Ecological and Environmental Anthropology*. 2(2), 17- 29.
- Estrada, A., Garber, P. A., Rylands, A. B., Roos, C., Fernandez-Duque, E., Di Fiore, A., Nekaris, A., Nijman, V., Heymann, E. W., Lambert J. E., Rovero, F., Barelli, C., Setchell, J. M., Gillespie, T. R., Mittermeier, R. A., Arregoitia, L. V., de Guinea, M., Gouveia, S., Dobrovolski, R., Shanee, S., Shanee, N., Boyle, S. A., Fuentes A., MacKinnon K. C., Amato, K. R., Meyer, A. L. S., Wich, S., Sussman W., Pan, R., Kone, I. y Li, B. (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*, 3(1), e1600946.
- Estrada, A., Harvey, C., Sáenz, J., Muñoz, D., Naranjo, E., y Rosales-Meda, M. (2005). Valor de algunas prácticas agrícolas para la conservación de poblaciones de primates en paisajes fragmentados en Mesoamérica. *Universidad y ciencia*, (II):85-94.
- Estrada, A., Raboy, B. E., y Oliveira, L. C. (2012). Agroecosystems and primate conservation in the tropics: a review. *American Journal of Primatology*, 74(8), 696-711.
- Estrada, A., Sáenz, J., Harvey, C. A., Naranjo, E., Muñoz, D., Rosales-Meda, M. (2006). Primates in agroecosystems: conservation value of agricultural practices in Mesoamerican landscapes. In: Estrada A, Garber PA, Pavelka MSM, Luecke LG, editors. *New perspectives in the study of Mesoamerican primates: distribution, ecology, behavior and conservation*. New York: Springer Press.437-470 p.
- Estrada, A., y Coates-Estrada, R. (1994). La contracción y fragmentación de las selvas y las poblaciones de primates silvestres: El caso de Los Tuxtlas, Veracruz. *Ciencia Hombre* 18: 45-70.
- Estrada, A., y Coates-Estrada, R. (1996). Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxtlas, Mexico. *International journal of primatology*, 17(5), 759- 783.
- Glander, K. E. (1980). Reproduction and population growth in free-ranging mantled howling monkeys. *American Journal of Physical Anthropology*, 53(1), 25-36.





- Gutiérrez, F. S., Pérez-Flores, J., Olan, J. J. O., Sánchez, A. S., y Ruiz-Rosado, O. (2016). Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (14), 2711-2723.
- Guzmán, A., Link, A., Castillo, J. A., y Botero, J. E. (2016). Agroecosystems and primate conservation: Shade coffee as potential habitat for the conservation of Andean night monkeys in the northern Andes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 215, 57-67.
- Liu, D., y Xia, F. (2010). Assessing object-based classification: advantages and limitations. *Remote Sensing Letters*, 1(4), 187-194.
- López A. P.A., Delgado Ñ V. C., Azpeitia M. A. y Castañeda C. R. (2000). Tecnología para la producción de cacao en Tabasco. ISPROTAB, INIFAP Produce. Villahermosa, Tabasco. 74 pp.
- López-Mendoza R. (1995) Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y Norte de Chiapas. Universidad Autónoma de Chapingo. 121 p.
- Lu, D., y Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International journal of Remote sensing*, 28(5), 823-870.
- Ma, L., Li, M., Ma, X., Cheng, L., Du, P., y Liu, Y. (2017). A review of supervised object-based land-cover image classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 130, 277-293.
- Mandujano, S. y Estrada, A. (2005). Detección de umbrales de área y distancia de aislamiento para la ocupación de fragmentos de selva por monos aulladores (*Alouatta palliata*) en los Tuxtlas, México. *Universidad y Ciencia*. Número especial 2:11-21.
- Mandujano, S., y Escobedo-Morales, L. A. (2008). Population viability analysis of howler monkeys (*Alouatta palliata mexicana*) in a highly fragmented landscape in Los Tuxtlas, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 1(1), 43-62.
- McIntyre, S., y Hobbs, R. (1999). A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. *Conservation biology*, 13(6), 1282-1292.
- McKinney T., Westin J.L., y Serio-Silva J.C. (2015) Anthropogenic Habitat Modification, Tourist Interactions and Crop-Raiding in Howler Monkeys. In: Kowalewski M., Garber P., Cortés-Ortiz L., Urbani B., Youlatos D. (eds) *Howler Monkeys. Developments in Primatology: Progress and Prospects*. Springer, (pp. 281-311). New York, NY.
- Muñoz, D., Estrada, A., Naranjo, E., y Ochoa, S. (2006). Foraging ecology of howler monkeys in a cacao (*Theobroma cacao*) plantation in Comalcalco, Mexico. *American Journal of Primatology*, 68(2), 127-142.
- Naranjo G. J. A. (2011) Caracterización De productos tradicionales y no tradicionales derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Tabasco, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 60 p.
- Navarro Fernández, E., Pozo de la Tijera, C., y Escobedo Cabrera, E. (2003). Afinidad ecológica y distribución actual de Primates (*Cebidae*) en Campeche, México. *Revista de biología tropical*, 51(2), 591-600.
- Norgrove, L., y Beck, J. (2016). Biodiversity Function and Resilience in Tropical Agroforestry Systems Including Shifting Cultivation. *Current Forestry Reports*, 2(1), 62-80.
- Novelo-Retana, A. (2006). Plantas acuáticas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Universidad Autónoma de México, Gobierno del Estado de Tabasco. 260 pp.
- Oliveira, L. C. y Estrada, A. (2017). Agroecosystems. In Fuentes A. (Ed). *The International Encyclopedia of Primatology*. 1608 pp. DOI: 10.1002/9781119179313.wbprim0235.
- Pacheco-Figueroa, C. J. (2014). Medición del estado de conservación de los humedales de la planicie tabasqueña, México. Tesis de doctorado. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 117 pp.





- Palma-López D.J. y A. Triano S. (Comps.) 2007. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco, Vol. II. 2nda Reimpresión. Ed. COLEGIO DE POSTGRADUADOS ISPROTAB. Villahermosa Tabasco, México. 180 p.
- Palma-López, D. J., Vázquez-Navarrete, C. J., Mata-Zayas, E. E., López-Castañeda, A., Morales-Garduza, M. A., Chable-Pascual, R., Contrera-Hernández, J., y Palma-Cancino, D. Y. (2011). Zonificación de ecosistemas y agroecosistemas susceptibles de recibir pagos por servicios ambientales en la Chontalpa, Tabasco. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental. Villahermosa, Tabasco, México. 139 pp.
- Parrish, J., Reitsma, R., Greenberg, R., McLarney, W., Mack, R., y Lynch, J. (1999). Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento.
- Pérez-Sánchez B., Vidal-Fócil A.B., Morales-Méndez J.A., Méndez-Olán L.A. (2014). Economía y crecimiento poblacional en Tabasco. *Hitos de Ciencias Económico Administrativas*, 20 (56): 9-20.
- Pozo-Montuy, G., y Serio-Silva, J. C. (2007). Movement and resource use by a group of *Alouatta pigra* in a forest fragment in Balancán, México. *Primates*, 48(2), 102-107.
- Puig-Lagunes, Á. A., Canales-Espinosa, D., Rangel-Negrín, A., y Dias, P. A. D. (2016). The Influence of Spatial Attributes on Fragment Occupancy and Population Structure in the Mexican Mantled Howler (*Alouatta palliata mexicana*). *International Journal of Primatology*, 37(6), 656-670.
- Ramírez-Meneses, A., García-López, E., Obrador-Olán, J. J., Ruiz-Rosado, O., y Camacho-Chiu, W. (2013). Diversidad florística en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Universidad y ciencia*, 29(3), 215-230.
- Ramos-Reyes, R., Palma-López D. J., Ortiz-Solorio, C. A., Ortiz-García C. F. y Díaz-Padilla G. (2004). Cambios de uso de suelo mediante técnicas de sistemas de información geográfica en una región cacaotera. *TERRA Latinoamericana*, 22(3): 267-278.
- Ramos-Reyes, R., Sánchez-Hernández, R., y Gama-Campillo, L. M. (2016). Análisis de cambios de uso del suelo en el municipio costero de Comalcalco, Tabasco, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 3(8), 151-160.
- Ramos-Reyes, R., y Palomeque-De la Cruz, M. A. (2017). Modelación del cambio de uso del suelo en Comalcalco, Tabasco, México. *Revista de Urbanismo*, (37), 1-17.
- Rylands, A. B., Groves, C. P., Mittermeier, R. A., Cortés-Ortiz, L., y Hines, J. J. (2006). Taxonomy and distributions of Mesoamerican primates. In *New perspectives in the study of Mesoamerican primates* (pp. 29-79). Springer, Boston, MA.
- Sánchez-Munguía A. (1999) *Geografía Agrícola de Tabasco, Características, Tipos y Regiones*. Universidad Juárez de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. 249 pp.
- Sánchez-Munguía, A. (2005). *Uso del suelo agropecuario y deforestación en Tabasco 1950-2000*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 123 pp.
- Schowengerdt, R. A. (2007). *Remote sensing: models and methods for image processing*. Elsevier. 515 pp.
http://www.doganaydal.com/nesneler/kutuphanekitaplar/REMOTE_SENSING_3_ED_MODELS_AND_METHODS_FOR_IMAGE_PROCESSING.PDF
- Schroth, G., da Fonseca, A.B., Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L. y Izac, A.M.N. (2004). *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington, USA.
- Schroth, G., Faria, D., Araujo, M., Bede, L., Van Bael, S. A., Cassano, C. R., Oliveira L. C., y Delabie, J. H. (2011). Conservation in tropical landscape mosaics: the case of the cacao landscape of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 20(8), 1635-1654.





- Schultz, B., Immitzer, M., Formaggio, A. R., Sanches, I. D. A., Luiz, A. J. B., y Atzberger, C. (2015). Self-guided segmentation and classification of multi-temporal Landsat 8 images for crop type mapping in Southeastern Brazil. *Remote Sensing*, 7(11), 14482-14508.
- SEMARNAT (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de la República Mexicana. http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf
- Serio-Silva, J. C., Pozo Montuy, G., Díaz López, H. M., y Nolasco Caba, N. (2006). Los monos saraguatos y araña del estado de Tabasco: un recurso vulnerable. *Cuadernos de biodiversidad*, 20:17-24 pp.
- SIAP (2017a). Tabasco Infografía Agroalimentaria 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno de la República Mexicana. http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/paq/2017/Tabasco-Infografia-Agroalimentaria-2017
- SIAP (2017b). Atlas Agroalimentario 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Gobierno de la República Mexicana. http://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/paq/2017/Atlas-Agroalimentario-2017.
- Small, C., y Sousa, D. (2016). Humans on Earth: Global extents of anthropogenic land cover from remote sensing. *Anthropocene*, 14, 1-33.
- Smith, J. D. (1970). The systematic status of the black howler monkey, *Alouatta pigra* Lawrence. *Journal of mammalogy*, 51(2), 358-369.
- Somarriba E. y Beer, J. (1999) Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. *Agroforestería en las Américas* 6(22):7-11.
- Somarriba, E. y Harvey, C. (2003) ¿Cómo integrar simultáneamente producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas* 10(37-38):12-17.
- Tobón, W., Urquiza-Haas, T., Ramos-Fernández, G., Calixto-Pérez, E., Alarcón, J., Kolb, M., y Koleff, P. (2012). Prioridades para la conservación de los primates en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Asociación Mexicana de Primatología, A.C., Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Tudela, F. (1992). La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco, proyecto integrado del Golfo (No. 338.9726 T8).
- Valenzuela-Córdova, B., Mata-Zayas, E. E., Pacheco-Figueroa, C. J., Chávez-Gordillo, E. J., Díaz-López, H. M., Gama, L., y Valdez-Leal, J. D. D. (2015). Potencial ecoturístico del agrosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) con monos saraguatos (*Alouatta palliata* Gray) en la Chontalpa, Tabasco. *Agroproductividad*, 8(5):3-10.
- Vidal-García, F. (2015). Distribución Actual de Primates en México: La Verificación de Modelos Como Herramientas de Conservación. Tesis de Doctorado. INECOL A. C. 143 pp
- Vidal-García, F., y Serio-Silva, J. C. (2011). Potential distribution of Mexican primates: modeling the ecological niche with the maximum entropy algorithm. *Primates*, 52(3):261–270.
- Vieira, I. C. G., de Almeida, A. S., Davidson, E. A., Stone, T. A., de Carvalho, C. J. R., & Guerrero, J. B. (2003). Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, 87(4), 470-481.
- Wiederholt, R., Fernandez-Duque, E., Diefenbach, D. R., y Rudran, R. (2010). Modeling the impacts of hunting on the population dynamics of red howler monkeys (*Alouatta seniculus*). *Ecological Modelling*, 221(20), 2482-2490.
- Williams-Guillén, K., McCann, C., Martínez Sánchez, J. C., y Koontz, F. (2006). Resource availability and habitat use by mantled howling monkeys in a Nicaraguan coffee plantation: can agroforests serve as core habitat for a forest mammal? *Animal Conservation*, 9(3), 331-338.





- Yanes G. M. (1994). El cacao: origen, cultivo e industrialización en Tabasco. UJAT. Villahermosa. 87 pp.
- Zárate, D. A., Andresen, E., Estrada, A., y Serio-silva, J. C. (2014). Black howler monkey (*Alouatta pigra*) activity, foraging and seed dispersal patterns in shaded cocoa plantations versus rainforest in southern Mexico. American journal of primatology, 76(9), 890-899.





Capítulo 2. EVALUACIÓN DEL PAISAJE DEL HÁBITAT DISPONIBLE PARA MONOS SARAGUATOS EN EL AGROSISTEMA CACAO EN COMALCALCO

2.1 INTRODUCCIÓN

La transformación del suelo para producir bienes y servicios humanos (asentamientos, alimento, agua, energía eléctrica etc.) representa la principal causa de la pérdida de la biodiversidad en todo el mundo (Vitousek *et al.*, 1997; Foley *et al.*, 2005). Este proceso ha convertido los ecosistemas anteriormente diversos a ecosistemas dominados por unas cuantas especies relacionadas con vegetación agropecuaria (p. ej. pastizales) (Estrada y Coates-Estrada, 1996).

La estructura de este tipo de paisaje influye negativamente en las poblaciones de monos aulladores, pues se ha reportado un declive del número de individuos y de la composición de grupos al reducir el tamaño y aislamiento de los fragmentos (Estrada *et al.*, 1999; Arroyo-Rodríguez y Mandujano 2009; Mandujano *et al.*, 2006; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2013; Puig-Lagunes *et al.*, 2016). El aislamiento también dificulta la dispersión de los monos entre fragmentos (Beaudrot y Marshall, 2011; Cristóbal-Azkarate *et al.*, 2017). Esta reducción de los fragmentos afecta la composición y diversidad de la vegetación, restringiendo la disponibilidad de alimento para los monos (Arroyo-Rodríguez y Mandujano, 2006; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2008; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2013b; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017).

Uno de los métodos más utilizados para realizar la evaluación del hábitat es el diagnóstico del paisaje. Este ayuda a evaluar la degradación del paisaje causada por la influencia humana, y su posterior comparación con sitios conservados (Leitao y Ahern, 2002). Junto con los elementos del paisaje, el movimiento de las especies dentro y fuera del área de hábitat, el análisis espacial es un elemento vital dentro de la evaluación del hábitat (Rickers *et al.*, 1995). Los modelos que incorporan información sobre los atributos del paisaje, también pueden servir como una herramienta útil para identificar importantes áreas de conservación potenciales en la región (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2008). Sin embargo las evaluaciones con un enfoque de paisaje puede ser elevados en tiempo y costo para la medición de las variables en todo el paisaje (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017).





Una opción para reducir estos costos puede ser la implementación de los modelos basados en SIG, como el análisis Multi-Criterio (Malczewski, 2004).

El modelo de Análisis Multi-criterio es un método que integra variables de datos geográficos (estructura espacial) de los elementos del paisaje (Store y Kangas 2001; Malczewski, 2004; Rector *et al.*, 2002). Es así que busca hacer una combinación de varios criterios con puntajes estandarizados para lograr una única plataforma que sirva como una decisión aplicada para un objetivo específico (Eastman, 2016). El resultado final de la combinación se calcula multiplicando cada puntaje del criterio por su factor de peso y luego suma los resultados (Store y Kangas 2001).

A diferencia de otros modelos de SIG, este combina criterios considerando múltiples parámetros biológicos, ambientales y sociales con un marco de referencia y estadísticos que pueden desarrollarse para considerar prioridades y escenarios diferentes, proporcionando soporte extra para los tomadores de decisión y partes interesadas (Falconer *et al.*, 2016). Así mismo, los criterios pueden estar influenciados por los objetivos de la decisión, y por la perspectiva personal de los tomadores de decisiones o los expertos en el tema (Eastman *et al.*, 1995; Golubov *et al.*, 2014). Este método también se ha utilizado para identificar las áreas con las mejores características para la conservación de especies silvestre de medios terrestres y acuáticos (Joerin *et al.*, 2001; Store y Kangas, 2001; Fuller *et al.*, 2006; Moffett y Sarkar, 2006; Hossain *et al.*, 2014).

Es por esto que el objetivo de este capítulo fue construir un modelo de un Análisis Multi-Criterio para evaluar el paisaje del hábitat disponible para monos saraguatos en Comalcalco y sus alrededores.





2.2 MÉTODOS

Para realizar el diagnóstico del paisaje del hábitat disponible para monos saraguatos se analizó la estructura del paisaje del municipio de Comalcalco y sus alrededores implementando un modelo de Análisis Multi-Criterio.

2.2.1 Desarrollo del Modelo Multi-Criterio (MCE)

El análisis Multi-Criterio fue realizado en el programa TerrSet dentro del módulo *Spatial Decision Model* (SDM), que proporciona una interfaz gráfica para el desarrollo de modelos de decisión o Multi-Criterio.

a) Selección de criterios

El modelador Multi-Criterio (MCE), maneja dos tipos de criterios: los factores y las restricciones. Los factores sirven para indicar la capacidad relativa de ciertas áreas con características para mantener a los individuos (Eastman, 1993; Eastman, 2016).

Los factores se pueden dividir en determinísticos y los no-determinísticos. Los factores determinísticos incluyen características que la especie requiere para su supervivencia (mientras más altos, mejor); mientras que los no-determinísticos tienen características que pueden influir negativamente en la especie (mientras más bajos, mejor) (Store y Kangas, 2001; Ferretti y Pomarico, 2013). Para este estudio se utilizaron indicadores abióticos propuestos en la ecología del paisaje para estimar la relevancia de los fragmentos de un ecosistema dentro de un paisaje (Geneletti, 2004).

Considerando los trabajos previos elegimos los factores determinísticos aquellas características del paisaje asociadas a la conectividad y al tamaño del fragmento (Anzures-Dadda y Manson 2007; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2008; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2017). Para los factores no-determinísticos se consideró la matriz deforestada, la cercanía de asentamientos humanos y carreteras (Puig-Lagunes *et al.*, 2016; Estrada *et al.*, 2017).

Por otro lado, las restricciones sirven para excluir ciertas áreas donde no es posible la presencia de la especie como asentamientos humanos y cuerpos de agua. Los factores





y restricciones, así como los umbrales utilizados para el modelo fueron consultados y seleccionados de la literatura descrita en el cuadro 6.

b) Modelado de Decisión Espacial

El procedimiento se realizó mediante la herramienta *Spatial Decision Modeler* (SDM). El *SDM* brinda una interfaz gráfica para el desarrollo de modelos de toma de decisiones complejas del tipo ambiental. Para realizar el procedimiento se utilizó el módulo *FUZZY* y el módulo *MCE*. (Para detalle del procedimiento del modelo en el software *TerrSet* ver anexo V).

El módulo *FUZZY* se utiliza para estandarizar los valores de los factores antes de la combinación en el módulo *MCE*, esto ayuda a comprender los problemas y construir reglas de decisión, estandarizando las imágenes de los factores, para luego ser valuadas en el módulo *MCE* (Eastman, 2016). La estandarización se realiza a través de un rango completo de funciones de permanencia de grupos difusos. Los rangos van de 0.0 a 1.0, los cuales indican el incremento continuo en el que se realiza una clasificación suave de un conjunto de píxeles que se agruparan en factores. Estos factores tienen una transición gradual y continua entre las áreas adecuadas y no adecuadas para la presencia de la especie (Eastman 1993).

El módulo *FUZZY* se analiza través de cuatro funciones de permanencia difusa, 1) la *Sigmoide*, 2) en forma de *J*, 3) *Lineal* y 4) *Definida por el usuario*. Las funciones de permanencia requieren posiciones de cuatro puntos de inflexión (del eje X) que se representan como *a*, *b*, *c*, *d* (Figura 5). Las funciones puede tomar cuatro formas diferentes (Eastman, 2016):

- i) *Monotónicamente creciente*; donde la función se eleva de 0 a 1 y nunca disminuye, los valores de *c* y *d* tienen el mismo valor de *b*.
- ii) *Monotónicamente decreciente*; la función comienza en 1 luego disminuye y permanece en 0. Por lo que *a* y *b* tienen valores iguales a *c* (donde el punto comienza a disminuir) y *d* (donde el punto llega a 0).
- iii) *Simétrica tipo 1*: la función crece y luego disminuye inmediatamente, los puntos *a* y *b* adquieren los mismos valores.



iv) *Simétrica tipo 2*: la función crece, permanece en 1 por un momento y luego disminuye. En este caso los cuatro valores son distintos.

Para el desarrollo del modelo se utilizó la función de permanencia lineal con dos formas (monotónicamente creciente y decreciente) (figura 5), para determinar el valor de cada factor (cuadro 6).

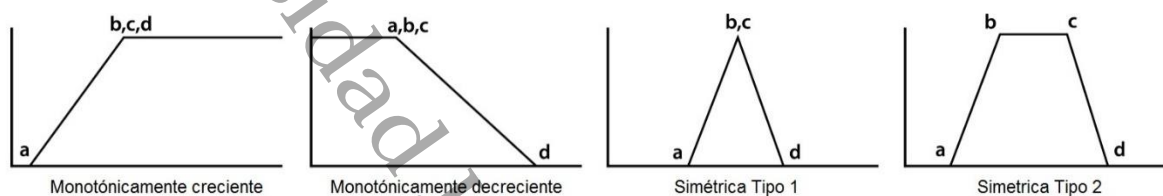


Figura 5. Formas de la función de permanencia lineal tomado de Eastman, 2016

El módulo MCE establece la importancia relativa de los criterios, pues estos pueden tener datos cuantitativos o categorías de importancia, por lo que se le asigna un peso específico o ponderación al momento de hacer la evaluación del Multi-criterio (Eastman, 2016).

Estos cálculos se pueden hacer mediante dos análisis, *Weighted Linear Combination WLC* (Combinación lineal Ponderada) o por *Ordered Weighted Averaging OWA* (Promedio Ponderado Ordenado). En este estudio se empleó el *WLC*, cuyo procedimiento *Proceso de Análisis Jerárquico* (Saaty, 1980) se basa en hacer comparaciones pareadas utilizando una escala de 9 puntos, con valores fraccionados. Estos valores tienen dos escalas de importancia o impacto (1/9, menos importante a 9, más importante) (Eastman *et al.*, 1998) (Figura 6).

Mediante la matriz del módulo *WEIGHT* en TerrSet (Figura 6a), se establece las jerarquías o pesos para los criterios. La suma de estos pesos debe de dar como resultado 1 (Cuadro 6); y pueden asignarse basados en literatura previamente consultada y en las sugerencias de los especialistas en el tema (Eastman, 2016).





Cuadro 6. Descripción de los Factores y Restricción utilizados en el Modelo de Análisis Multi-Criterio

FACTORES			Descripción	Referencia	FUZZY				MCE
					Función	Forma	Puntos Control		Pesos
		a	b						
1	Deterministas	Tamaño del Fragmento de Cacao	Fragmentos de cacao con un tamaño mayor a 20 ha.	Mandujano <i>et al.</i> , 2006; Palacio-Silva y Mandujano, 2008	Monotónicamente decreciente	Lineal	20 ha	6067 ha	0.2372
2		Distancia entre fragmentos de Cacao	Una distancia menor a 200 metros entre fragmentos de cacao.	Mandujano y Estrada, 2005; Palacio-Silva y Mandujano, 2008	Monotónicamente decreciente	Lineal	0 m	200 m	0.2372
3		Distancia a Vegetación natural (Manglar y Acahual)	Presencia de vegetación natural a una distancia menor a 800 m de los fragmentos de cacao.	Mandujano <i>et al.</i> , 2006; Palacio-Silva y Mandujano, 2008; Pozo-Montuy <i>et al.</i> , 2011.	Monotónicamente decreciente	Lineal	0 m	800 m	0.3089
4	No-Deterministas	Distancia de Matriz colindante	Presencia de cobertura no arbolada de uso antrópico (pastizales y suelos desnudos) a una distancia mayor a 200 m de los fragmentos de cacao.	Palacio-Silva y Mandujano (2008)	Monotónicamente creciente	Lineal	200 m	3788 m	0.0722
5		Distancia de Carreteras	Presencia de carreteras a una distancia mayor a 500 m de los fragmentos de cacao.	Bonilla-Sánchez <i>et al.</i> , (2010), Bonilla-Sánchez <i>et al.</i> , (2011)	Monotónicamente creciente	Lineal	500 m	5766 m	0.0722
6		Distancia de Asentamientos humanos	Presencia de asentamientos humanos a una distancia mayor a 1000 m de los fragmentos de cacao.	Palacio-Silva y Mandujano (2008), Bonilla-Sánchez <i>et al.</i> , (2010)	Monotónicamente creciente	Lineal	1000 m	6066 m	0.0722
								Total MCE	1
RESTRICCIÓN			Coberturas no arboladas como cuerpos de agua, vegetación hidrofita, pastizales, suelos desnudos, carreteras y asentamientos humanos.	Solano <i>et al.</i> , (1999); Rodríguez-Luna <i>et al.</i> , (1999)	No aplica				

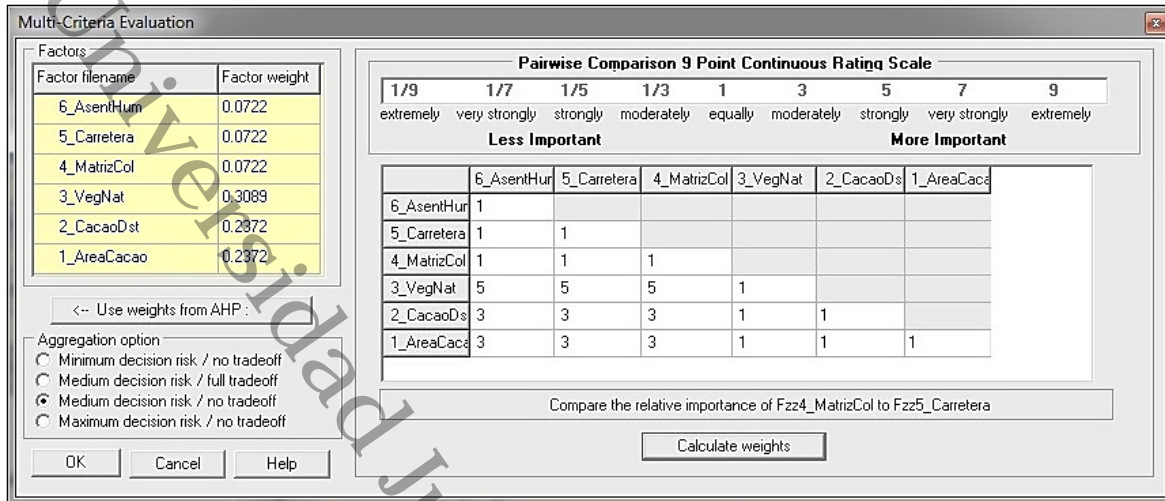


Figura 6a. Valores usados en el Módulo WEIGHT

Esta interfaz también ofrece una medida cuantitativa de la consistencia (razón de consistencia) entre las relaciones establecidas para la comparación de criterios, el cual indica la probabilidad de que los valores de la matriz hayan sido asignados aleatoriamente. Cuando los valores de consistencia sea mayor de 0.10 se deben revalorar la matriz (Eastman, 2016) (figura 6b).

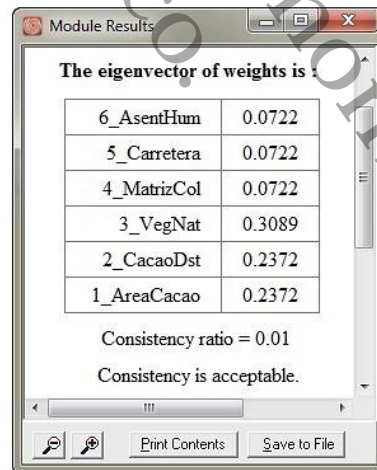


Figura 6b. Resultado de la tasa de consistencia de Módulo WEIGHT

Los pesos utilizados para cada factor fueron determinados de acuerdo con la importancia para la subsistencia de los monos (Cuadro 6). Para este estudio la tasa de consistencia fue aceptable con un peso de 0.01 (Figura 6b).





2.2.2 Idoneidad del hábitat disponible para monos saraguatos

Dentro del enfoque de paisaje, la idoneidad del hábitat permite comparar las diferencias entre sitios a lo largo del tiempo o entre escenarios (Storch, 2002). Es por esto que para evaluar el grado de perturbación del paisaje del agrosistema (hábitat disponible) con respecto a las condiciones idóneas de un paisaje conservado. Los resultados se clasificaron en 5 clases de Idoneidad: muy baja o inexistente, baja, media, alta y muy alta (Bottero *et al.*, 2013; Ferretti y Pomarico, 2013; Falconer *et al.*, 2016), los valores de cada categoría se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7 Categorías y Valores de la Idoneidad del Uso de Suelo

ID	Idoneidad	Valor
1	Muy baja o inexistente	< 0.20
2	Baja	de 0.21 a 0.40
3	Media	de 0.41 a 0.6
4	Alta	de 0.61 a 0.8
5	Muy alta	> 0.8

Por último, se sobrepusieron los registros de monos encontradas en la zona (n= 64; Capitulo 1) para identificar en cual clase de la idoneidad se encuentra cada uno de acuerdo a las características del paisaje.





2.3. RESULTADOS

2.3.1 Modelo de Análisis Multi-Criterio

El resultado del modelo Multi-Criterio indica que las mejores condiciones paisajísticas (valores cercanos a 1) del hábitat disponible en el área de estudio se encuentran hacia el norte y en un área pequeña en el suroeste de la zona (Figura 7g). Los valores más cercanos a cero se encuentran en el centro de la zona, en la cual están las plantaciones del agrosistema cacao (Figura 7g).

Al considerar los factores deterministas el modelo muestra que solo el factor 1 (tamaño del fragmento de cacao) cumple con la característica idónea para la permanencia de los monos (Figura 7a). El 95% de los fragmentos se encuentra a una distancia menor a 200 m de otro fragmento de cacao. En relación con el tamaño del fragmento solo el 8.8 % tiene un tamaño mayor a 20 ha y la distancia de la vegetación natural con respecto del cacao muestra que el 53% se encuentra a menos de 800 metros (Cuadro 8).

El resultado para los factores no-deterministas tiene valores menos favorables para los monos. Los tres factores muestran que menos del 1% de los fragmentos cumple con el umbral establecido para la distancia de matriz y asentamientos humanos. Mientras tanto la distancia de carreteras mostró que más del 90% de los fragmentos se encuentra en promedio a menos de 150 m de estas (Cuadro 8 y Figura 7 d, e, f).

Cuadro 8. Porcentaje de fragmentos de cacao que cumplen con el umbral establecido para el MCE

ID	Factor	Umbral	Promedio*	** % Acierto	
1	Tamaño del fragmento de Cacao	>20 ha	8.75	8.8	
2	Deterministas	Distancia entre fragmentos de Cacao	<200 m	56.70	95.0
3		Distancia a vegetación natural	< 800 m	960.05	53.3
4		No-deterministas	Distancia de matriz colindante	>200 m	1.43
5	Distancia de carreteras		>500 m	146.03	9.5
6	Distancia de Asentamientos humanos		>1000 m	89.62	0.8

*Promedio del valor de los factores de todos los fragmentos del área de estudio.

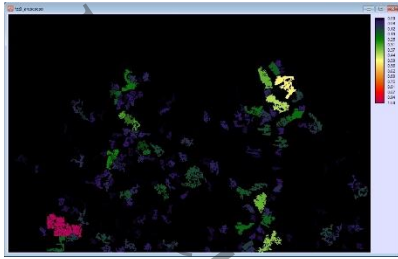
**Porcentaje del total de fragmentos de cacao que cumplen con el umbral establecido para el MCE.

Figura 7. Resultados en formato *raster* de la estandarización (FUZZY) y combinación (MCE) de los criterios del Modelo de Análisis Multi-Criterio

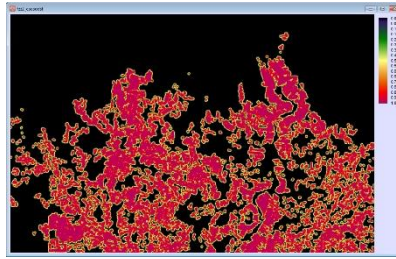
Módulo FUZZY



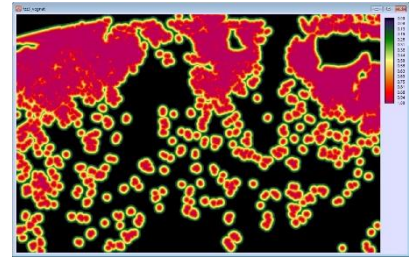
Deterministas



a. Tamaño del fragmento de Cacao

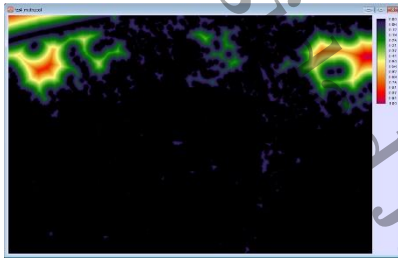


b. Distancia entre fragmentos de Cacao

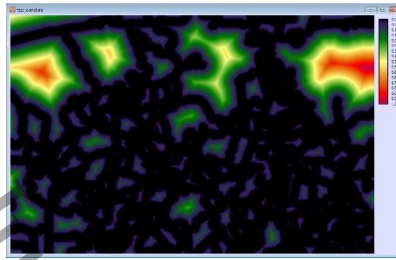


c. Distancia a vegetación natural

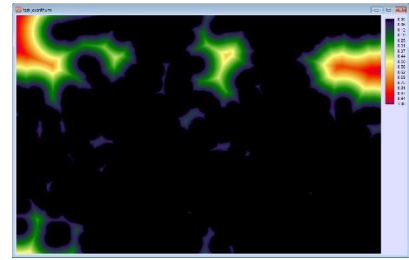
No-Deterministas



d. Distancia de matriz colindante

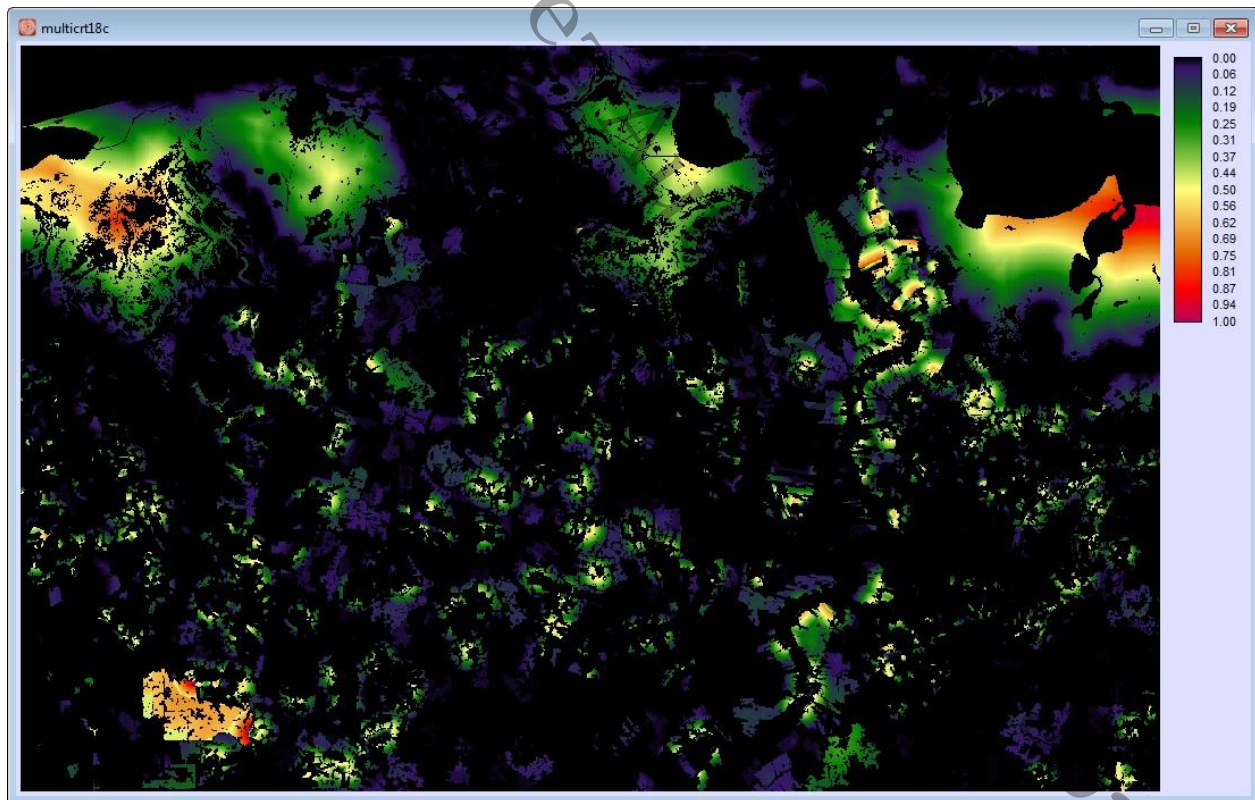


e. Distancia de carreteras



f. Distancia de Asentamientos humanos

Módulo MCE (g)



*Las mejores condiciones se muestran en un gradiente de 0 (Azul) a 1 (Rojo).

2.3.2 Idoneidad del hábitat disponible para monos saraguatos



De acuerdo a la clasificación de idoneidad de hábitat, en el área de estudio dominan los valores de las clases Bajo y Muy bajo, de tal manera que el 77.6% del hábitat disponible se encuentra por debajo de la *Idoneidad baja* (<0.3) (Cuadro 9). Es decir que en comparación con los hábitats conservados, los agrosistemas de cacao presentan condiciones paisajísticas poco favorables para los monos saraguatos.

Cuadro 9. Valores de la Idoneidad del uso de suelo para los monos saraguatos

Idoneidad	Ha	%	Registros
Muy baja	33323.43	67.0	47
Baja	10,247.89	20.6	17
Media	4,252.20	8.5	7
Alta	1,629.54	3.3	0
Muy alta	282.74	0.6	0

Del total de registros de *A. palliata mexicana*, 61 se ubica en las zonas con valores por debajo de la Idoneidad media de la cual, 67% de estos se encuentran en la categoría Muy baja. Ningún registro se encuentra en alguna de las dos categorías con las mejores características paisajísticas (Cuadro 9, Figura 8).

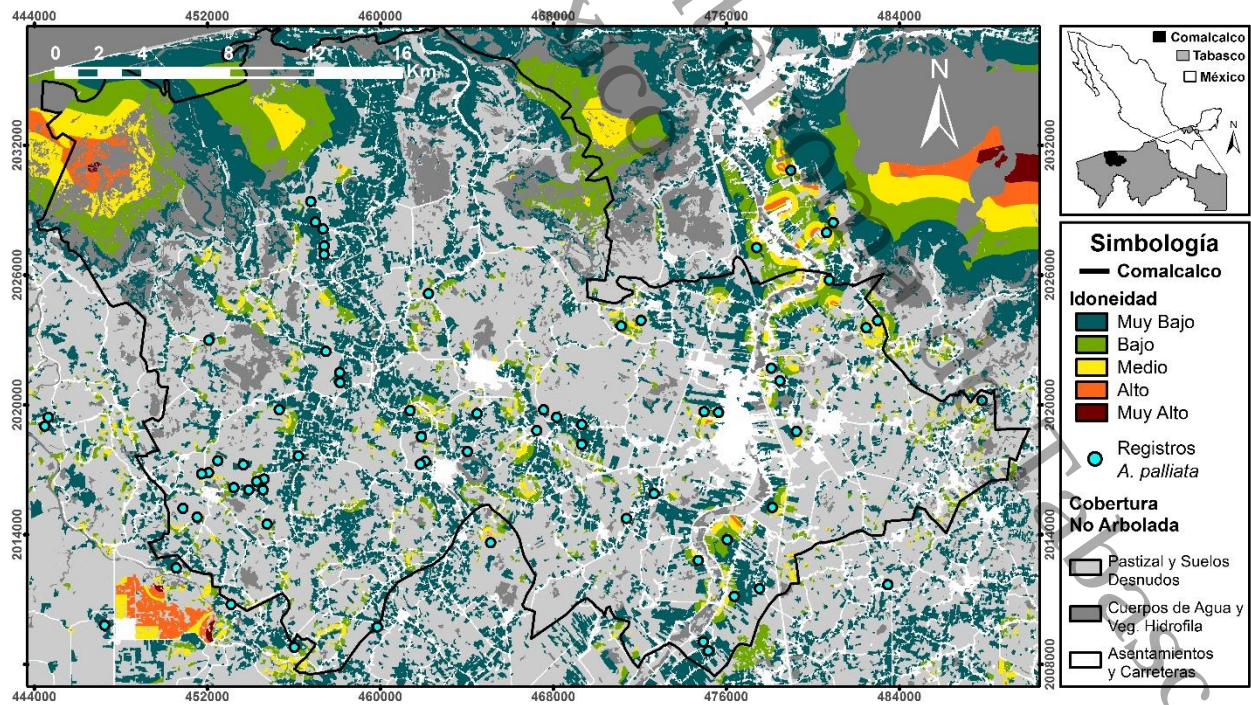


Figura 8. Mapa de los registro de monos saraguatos por clase de Idoneidad del suelo





2.4 DISCUSIÓN

Los métodos de toma de decisión ayudan a simplificar los problemas complejos para lo que se vuelve necesario utilizar criterios claros para poder evaluarlos de manera cuantitativa e implementarlos para asignar prioridades y tomar decisiones (Golubov *et al.*, 2014). Ante la complejidad que representa la situación de los monos saraguatos habitando en sistemas de manejo humano, como el agrosistema cacao, los Análisis Multi-Criterio se presentan con una herramienta efectiva para la toma de decisiones e identificar las áreas críticas o prioritarias para su conservación.

En comparación con los hábitats conservados, los resultados obtenidos en el Modelo de Análisis Multi-Criterio muestran que los agrosistemas presentan un alto grado de perturbación del paisaje. Estos resultados se deben principalmente al bajo valor de dos de los factores deterministas (influencia positiva) y los altos valores de los factores no deterministas (influencia negativa) del modelo Multi-Criterio.

Los valores de los factores están influenciados por la presencia de carreteras, asentamientos y grandes extensiones de pastizales. Esto ha delimitado y aislado a las poblaciones que habitan en el agrosistemas, pues todos los fragmentos en donde se encontraron monos están rodeados por pastizales, asentamientos o carreteras y en muchos casos de los tres.

La distancia entre fragmentos de cacao (factor 1) fue el único factor determinista que mostró características idóneas para la subsistencia de los monos. Sin embargo, estos fragmentos están rodeados por carreteras (factor 5) y asentamientos humanos (factor 6); por lo que menos del 10% cumplen con los requerimientos idóneos (distancia de carreteras >500 m y distancia de asentamientos humanos >1000 m). Esto puede influir negativamente en las poblaciones de monos pues la presencia y extensión de las redes de carreteras y asentamientos humanos aumenta la fragmentación, la pérdida y conectividad del hábitat (Arroyave *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2014).

En paisajes dominados por selvas conservadas es poco frecuente ver a monos aulladores atropellados (por sus hábitos arborícolas) (Caceres, 2011; Vanthomme *et al.*, 2013); no obstante, en paisajes transformados los monos bajan de los árboles para cruzar pastizales o carreteras para llegar a otro fragmento arbolado causando la mortalidad de individuos por atropello o por el ataque de perros domésticos (Candelero-Rueda y Pozo-





Montuy, 2011; Puig-Lagunes *et al.*, 2016; Chaves y Bicca-Marques, 2017). En otros casos algunos monos del género *Alouatta* utilizan el cableado de alta tensión para evitar las carreteras, causando el deceso de individuos por electrocución (Lokschin *et al.*, 2007; Ampuero y Sá, 2012; Teixeira *et al.*, 2013).

Así mismo, la presencia de los monos en paisajes agrícolas conlleva al conflicto entre humano-monos por el consumo de los recursos (principalmente frutales) que los monos utilizan para subsistir y que también son de importancia económica o alimenticia para los productores (Hill y Webber, 2010; Estrada *et al.*, 2006; Estrada *et al.*, 2017; Oliveira y Estrada, 2017).

Otro problema que deben enfrentar los monos es la caza de individuos para poseerlos o comercializarlos como mascotas (Duarte-Quiroga y Estrada, 2003; Estrada *et al.*, 2017; Oliveira y Estrada, 2017). Se ha documentado que la caza perturba la estructura social de los grupos pues se incrementa la tasa de infanticidio mientras disminuye la rotación poblacional (sexo-edad) y la tasa de nacimientos, debido a la captura de las hembras reproductoras y de infantes (Wiederholt *et al.*, 2010). Este problema se produce por la cercanía de las poblaciones humanas y el fácil acceso a los agrosistemas que deja a las poblaciones vulnerables (Caceres, 2011; Puig-Lagunes *et al.*, 2016).

Los factores restantes (tamaño de fragmento, distancia a vegetación natural y distancia de matriz colindante), también están relacionados con el proceso de transformación del paisaje natural a paisaje agrícola. Estos procesos conllevan a la transformación, fragmentación y reducción de la vegetación natural (Fischer y Lindenmayer, 2007; Vanwalleghem *et al.*, 2017). A su vez la fragmentación y reducción del hábitat aumentan la pérdida de la diversidad y abundancia de especies arbóreas que los monos utilizan para alimentarse (Arroyo-Rodríguez y Mandujano 2006; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2013). Además, se ve afectado el área del ámbito hogareño al no poder aumentar sus actividades fuera de estos pequeños fragmentos (Bicca-Marques, 2003).

Aunque los monos pueden sobrevivir en fragmentos de hasta 5 ha (Mandujano y Estrada, 2005); el aislamiento (> 200 m) y el tamaño (< 12 ha) de los fragmentos aumenta el riesgo de extinción de poblaciones a una escala metapoblacional (Mandujano *et al.*, 2006; Palacio y Mandujano, 2008). La reducción y aislamiento del hábitat también





influyen en la diversidad y abundancia de parásitos gastrointestinales que pueden afectar la salud de los monos (Cristóbal-Azkarate *et al.*, 2010; Valdespino *et al.*, 2010; Amato *et al.*, 2013).

Si bien el modelo Multi-Criterio nos proporcionó una perspectiva de la calidad del paisaje del hábitat disponible, esta evaluación aún es insuficiente para explicar cómo la configuración del paisaje afecta directamente en la viabilidad de la población (Larson *et al.*, 2004), pues la afectación de este proceso en las poblaciones dependerá de las características de la especie y los factores ambientales (Jackson y Fahrig, 2013).

2.5 CONCLUSIÓN

El agrosistemas de cacao tiene una estructura paisajística poco favorable para subsistencia de los monos saraguatos. La falta de vegetación natural, las grandes extensiones de pastizales, la presencia de carreteras, así como, la presencia de asentamientos humanos influye para que más del 65% del hábitat disponible se encuentre por debajo de la categoría de Idoneidad Muy Baja.

Este modelo nos brinda un primer panorama de la situación que enfrentan los monos aulladores en un paisaje transformado por las actividades antrópicas, aunque, se necesita evaluar directamente en campo las características de cada uno de los fragmentos y las posibles repercusiones que se pueden estar dando en la salud de los monos aulladores en el área de estudio.

Este modelo también proporciona una herramienta a considerar en la toma de decisiones para la implementación de proyectos y estrategias de conservación de los monos saraguatos en el municipio de Comalcalco.





2.6 REFERENCIAS

- Amato, K. R., Yeoman, C. J., Kent, A., Righini, N., Carbonero, F., Estrada, A., Gaskins, H. R., Stumpf, R. M., Yildirim, S., Torralba, M., Gillis, M., Wilson, B. A., Nelson, K. E., White, B. A., y Leigh, S. R. (2013). Habitat degradation impacts black howler monkey (*Alouatta pigra*) gastrointestinal microbiomes. *The ISME journal*, 7(7), 1344.
- Ampuero, F., y Lilián, R. S. (2012). Electrocutation Lesions in Wild Brown Howler Monkeys (*Alouatta guariba clamitans*) from São Paulo City: Importance for Conservation of Wild Populations. *Journal of Comparative Pathology*, 146(1), 88.
- Anzures-Dadda, A., y Manson, R. H. (2007). Patch-and landscape-scale effects on howler monkey distribution and abundance in rainforest fragments. *Animal Conservation*, 10(1), 69-76.
- Arroyave, M. D. P., Gómez, C., Gutiérrez, M. E., Múnera, D. P., Zapata, P. A., Vergara, I. C., Andradre, L. M., y Ramos, K. C. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, (5), 45-57.
- Arroyo-Rodríguez, V., Cuesta-del Moral, E., Mandujano, S., Chapman, C. A., Reyna-Hurtado, R., y Fahrig, L. (2013b). Assessing habitat fragmentation effects on primates: the importance of evaluating questions at the correct scale. In *Primates in Fragments* (pp. 13-28). Springer New York.
- Arroyo-Rodríguez, V., Galán-Acedo, C. y Fahrig, L. (2017). Habitat Fragmentation. In Fuentes A. (Ed). *The International Encyclopedia of Primatology*. 1608 pp. DOI: 10.1002/9781119179313.wbprim0235.
- Arroyo-Rodríguez, V., González-Perez, I. M., Garmendia, A., Solà, M., y Estrada, A. (2013). The relative impact of forest patch and landscape attributes on black howler monkey populations in the fragmented Lacandona rainforest, Mexico. *Landscape ecology*, 28(9), 1717-1727.
- Arroyo-Rodríguez, V., Mandujano, S., y Benítez-Malvido, J. (2008). Landscape attributes affecting patch occupancy by howler monkeys (*Alouatta palliata mexicana*) at Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology*, 70(1), 69-77.
- Arroyo-Rodríguez, V., y Mandujano, S. (2006). Forest fragmentation modifies habitat quality for *Alouatta palliata*. *International Journal of Primatology*, 27(4), 1079-1096.
- Arroyo-Rodríguez, V., y Mandujano, S. (2009). Conceptualization and measurement of habitat fragmentation from the primates' perspective. *International Journal of Primatology*, 30(3), 497-514.
- Beaudrot, L. H., y Marshall, A. J. (2011). Primate communities are structured more by dispersal limitation than by niches. *Journal of Animal Ecology*, 80(2), 332-341.
- Bicca-Marques, J. C. (2003). How do howler monkeys cope with habitat fragmentation? In *Primates in fragments* (pp. 283-303). Springer, Boston, MA.
- Bonilla-Sánchez Y.M., Pozo-Montuy G. y Serio-Silva J.C. (2011) Demografía y evaluación del hábitat del mono aullador negro *Alouatta pigra* en playas de Catazajá, Chiapas. 187-206 p. In: Gama-Campillo L., Pozo-Montuy, G., Contreras-Sánchez W. y Arriaga-Weiss S. (Ed.) *Perspectivas en primatología Mexicana*. UJAT. 317 p.
- Bonilla-Sánchez Y.M., Serio-Silva J.C., Pozo-Montuy G. (2010) Population status and identification of potential habitats for the conservation of the endangered black howler monkey *Alouatta pigra* in northern Chiapas, Mexico. *Fauna y Flora International, Oryx* 44(2), 293-299.
- Bottero, M., Comino, E., Duriavig, M., Ferretti, V., y Pomarico, S. (2013). The application of a Multicriteria Spatial Decision Support System (MCSDSS) for the assessment of biodiversity conservation in the Province of Varese (Italy). *Land Use Policy*, 30(1), 730-738.
- Caceres, N. C. (2011). Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest-Cerrado interface in south-western Brazil. *Italian Journal of Zoology*, 78(3), 379-389.





- Candelerio-Rueda, R., y Pozo-Montuy, G. (2011). Mortalidad de monos aulladores negros (*Alouatta pigra*) en paisajes altamente fragmentados de Balancán, Tabasco. *Perspectivas en Primatología de México*, 289-317.
- Chaves, O. M., y Bicca-Marques, J. C. (2017). Crop feeding by brown howlers (*Alouatta guariba clamitans*) in forest fragments: The conservation value of cultivated species. *International Journal of Primatology*, 38(2), 263-281.
- Cristóbal-Azkarate, J. C., Dunn, J. C., Balcells, C. D., y Baró, J. V. (2017). A demographic history of a population of howler monkeys (*Alouatta palliata*) living in a fragmented landscape in Mexico. *PeerJ*, 5, e3547.
- Duarte-Quiroga, A., y Estrada, A. (2003). Primates as pets in Mexico City: an assessment of the species involved, source of origin, and general aspects of treatment. *American Journal of Primatology*, 61(2), 53-60.
- Eastman J.R., Toledano, J., Jin W., Kyem, P.A.K. (1993) Participatory multi-objective decision-making in GIS. In: *Proceedings: AUTOCARTO*, 5:33-43.
- Eastman, J. R. (2016). *TerrSet Tutorial*. Clark Labs, Clark University: Worcester, MA, United States. <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/TerrSet-Tutorial.pdf>
- Eastman, J. R., Jiang, H., y Toledano, J. (1998). Multi-criteria and multi-objective decision making for land allocation using GIS. In *Multicriteria analysis for land-use management* (pp. 227-251). Springer, Dordrecht.
- Eastman, J. R., Jin, W., Kyem, P. A. K., y Toledano J. (1995). Raster Procedures for Multi-Criteria/Multi-Objective Decisions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 61(5), 539-547.
- Estrada, A., Garber, P. A., Rylands, A. B., Roos, C., Fernandez-Duque, E., Di Fiore, A., Nekaris, A., Nijman, V., Heymann, E. W., Lambert J. E., Rovero, F., Barelli, C., Setchell, J. M., Gillespie, T. R., Mittermeier, R. A., Arregoitia, L. V., de Guinea, M., Gouveia, S., Dobrovolski, R., Shanee, S., Shanee, N., Boyle, S. A., Fuentes A., MacKinnon K. C., Amato, K. R., Meyer, A. L. S., Wich, S., Sussman W., Pan, R., Kone, I. y Li, B. (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*, 3(1), e1600946.
- Estrada, A., Juan-Solano, S., Martínez, T. O., y Coates-Estrada, R. (1999). Feeding and general activity patterns of a howler monkey (*Alouatta palliata*) troop living in a forest fragment at Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology*, 48(3), 167-183.
- Estrada, A., Saenz, J., Harvey, C., Naranjo, E., Muñoz, D., y Rosales-Meda, M. (2006). Primates in agroecosystems: conservation value of some agricultural practices in Mesoamerican landscapes. In *New Perspectives in the Study of Mesoamerican Primates* (pp. 437-470). Springer US.
- Estrada, A., y Coates-Estrada, R. (1996). Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxtlas, Mexico. *International journal of primatology*, 17(5), 759- 783.
- Falconer, L., Telfer, T. C., y Ross, L. G. (2016). Investigation of a novel approach for aquaculture site selection. *Journal of environmental management*, 181, 791-804.
- Ferretti, V., y Pomarico, S. (2013). Ecological land suitability analysis through spatial indicators: An application of the Analytic Network Process technique and Ordered Weighted Average approach. *Ecological Indicators*, 34, 507-519.
- Fischer, J., y Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global ecology and biogeography*, 16(3), 265-280.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574.
- Fuller, T., Munguía, M., Mayfield, M., Sánchez-Cordero, V., y Sarkar, S. (2006). Incorporating connectivity into conservation planning: a multi-criteria case study from central Mexico. *Biological Conservation*, 133(2), 131-142.





- Geneletti, D. (2004). A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in an alpine valley. *Land Use Policy*, 21(2), 149-160.
- Golubov J., M.C. Mandujano, S. Guerrero-Eloisa, R. Mendoza, P. Koleff, A.I. González, Y. Barrios y G. Born-Schmidt. 2014. Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras. En R. Mendoza y P. Koleff (Coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (pp. 123-133). México.
- Hill, C. M., y Webber, A. D. (2010). Perceptions of nonhuman primates in human-wildlife conflict scenarios. *American journal of primatology*, 72(10), 919-924.
- Hossain, M. S., Sarker, S., Chowdhury, S. R., y Sharifuzzaman, S. M. (2014). Discovering spawning ground of Hilsa shad (*Tenualosa ilisha*) in the coastal waters of Bangladesh. *Ecological Modelling*, 282, 59-68.
- Jackson, H. B., y Fahrig, L. (2013). Habitat Loss and Fragmentation, 50-58 pp. In Levin S. A., (Ed) *Encyclopedia of Biodiversity*, 2 Ed. Academic Press, Waltham, 2013, , ISBN 9780123847201, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00399-3>
- Joerin, F., Thériault, M., y Musy, A. (2001). Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical information science*, 15(2), 153-174.
- Larson, M. A., Thompson III, F. R., Millsbaugh, J. J., Dijak, W. D., y Shifley, S. R. (2004). Linking population viability, habitat suitability, and landscape simulation models for conservation planning. *Ecological Modelling*, 180(1), 103-118.
- Leitao, A. B., y Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and urban planning*, 59(2), 65-93.
- Liu, S., Dong, Y., Deng, L., Liu, Q., Zhao, H., y Dong, S. (2014). Forest fragmentation and landscape connectivity change associated with road network extension and city expansion: a case study in the Lancang River Valley. *Ecological Indicators*, 36, 160-168.
- Lokschin, L. X., Rodrigo, C. P., Hallal Cabral, J. N., y Buss, G. (2007). Power lines and howler monkey conservation in Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. *Neotropical Primates*, 14(2), 76-80.
- Fischer, J., y Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global ecology and biogeography*, 16(3), 265-280.
- Malczewski, J. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in planning*, 62(1), 3-65.
- Mandujano, S. y Estrada, A. (2005). Detección de umbrales de área y distancia de aislamiento para la ocupación de fragmentos de selva por monos aulladores (*Alouatta palliata*) en los Tuxtlas, México. *Universidad y Ciencia*. Número especial 2:11-21.
- Mandujano, S., Escobedo-Morales, L. A., Palacios-Silva, R., Arroyo-Rodríguez, V., y Rodríguez-Toledo, E. M. (2006). A metapopulation approach to conserving the howler monkey in a highly fragmented landscape in Los Tuxtlas, Mexico. In *New perspectives in the study of Mesoamerican primates* (pp. 513-538). Springer US.
- Moffett, A., y Sarkar, S. (2006). Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks: a minireview with recommendations. *Diversity and Distributions*, 12(2), 125-137.
- Oliveira, L. C. y Estrada, A. (2017). Agroecosystems. In Fuentes A. (Ed). *The International Encyclopedia of Primatology*. 1608 pp. DOI: 10.1002/9781119179313.wbprim0235.
- Palacio-Silva, R. y Mandujano, S. (2008) Análisis de la Conectividad del hábitat del mono aullador en un paisaje altamente perturbado de México, 451-472 pp. In Harvey, C. A; Sáenz J. C. (Ed) *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. INBio, 620 p.
- Pozo-Montuy, G., Serio-Silva, J. C., y Bonilla-Sánchez, Y. M. (2011). Influence of the landscape matrix on the abundance of arboreal primates in fragmented landscapes. *Primates*, 52(2), 139-147.
- Puig-Lagunes, Á. A., Canales-Espinosa, D., Rangel-Negrín, A., y Dias, P. A. D. (2016). The Influence of Spatial Attributes on Fragment Occupancy and Population Structure in the





- Mexican Mantled Howler (*Alouatta palliata mexicana*). International Journal of Primatology, 37(6), 656-670.
- Rector, H. D., Hoag, D. L., McMaster, G. S., Vandenberg, B. C., Shaffer, M. J., Weltz, M. A., y Ahuja, L. R. (2002). Multicriteria spatial decision support systems: Overview, applications, and future research directions (Doctoral dissertation, International Environmental Modelling and Software Society).
- Rickers, J. R., Queen, L. P., y Arthaud, G. J. (1995). A proximity-based approach to assessing habitat. Landscape Ecology, 10(5), 309-321.
- Rodríguez-Luna, E.; L., Cortés-Ortiz; R.A., Mittermeier; A.B., Rylands; G., Wong-Reyes; E., Carrillo; Y., Matamoros; F., Nuñez y J., Motta-Gill. (1996). Hacia un Plan de Acción para los Primates Mesoamericanos. Neotropical Primates. 4 (Supl.): 119-133.
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation. New York: McGraw, 281.
- Solano S. J., Ortiz M. T., Estrada A. y Coates-Estrada R. (1999) Uso de plantas como alimento por *Alouatta palliata* en un fragmento de selva en los Tuxtlas, México. Neotropical Primates. Vol. 7. (1): 8-11 pp.
- Storch, I. (2002). On spatial resolution in habitat models: Can small-scale forest structure explain Capercaillie numbers? Conservation Ecology 6(1): 6. URL: <http://www.consecol.org/vol6/iss1/art6>
- Store, R., y Kangas, J. (2001). Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. Landscape and urban planning, 55(2), 79-93.
- Teixeira, F. Z., Printes, R. C., Fagundes, J. C. G., Alonso, A. C., y Kindel, A. (2013). Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes. Biota Neotropica, 13(1), 117-123.
- Valdespino, C., Rico-Hernández, G., y Mandujano, S. (2010). Gastrointestinal parasites of howler monkeys (*Alouatta palliata*) inhabiting the fragmented landscape of the Santa Marta mountain range, Veracruz, Mexico. American Journal of Primatology, 72(6), 539-548.
- Vanthomme, H., Kolowski, J., Korte, L., y Alonso, A. (2013). Distribution of a community of mammals in relation to roads and other human disturbances in Gabon, Central Africa. Conservation Biology, 27(2), 281-291.
- Vanwalleghem, T., Gómez, J. A., Amate, J. I., de Molina, M. G., Vanderlinden, K., Guzmán, G., Laguna, A., y Giráldez, J. V. (2017). Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. Anthropocene, 17, 13-29.
- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., y Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. Science, 277(5325), 494-499.
- Wiederholt, R., Fernandez-Duque, E., Diefenbach, D. R., y Rudran, R. (2010). Modeling the impacts of hunting on the population dynamics of red howler monkeys (*Alouatta seniculus*). Ecological Modelling, 221(20), 2482-2490.





Capítulo 3. MODELO DE NICHOS ECOLÓGICO: PREDICCIÓN DE LA PRESENCIA DE MONOS SARAGUATOS EN EL AGROSISTEMA CACAO

3.1 INTRODUCCIÓN

Los monos aulladores (*Alouatta* spp.) son especies de afinidad Neotropical con una amplia distribución geográfica que abarca desde México hasta Brasil y Argentina (Holzmann *et al.*, 2015). De las dos especies del género *Alouatta* que habitan en México, el mono saraguato (*A. palliata*) presenta el mayor rango de distribución en el país y el continente americano (Rylands *et al.*, 2006). Esta especie habita a menos de 2500 msnm, en vegetación natural como selvas manglares y pantanos (Ford, 2006; Baumgarten y Williamson, 2007).

En México esta especie tiene una distribución potencial restringida a los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas y Oaxaca (Cuarón *et al.*, 2008; Vidal-García y Serio-Silva, 2011). Sin embargo, el cambio de uso de suelo, y la subsecuente destrucción del hábitat ha reducido significativamente la distribución original de estos primates (Estrada y Coates-Estrada, 1996; Estrada, 2015). Esta situación, ha orillado a sus poblaciones a ocupar sitios arbolados donde ya no existe vegetación natural, como agrosistemas de café o cacao (Estrada *et al.*, 2006; Estrada *et al.*, 2012), como en el caso de Tabasco. Si bien, es innegable que las prácticas de manejo que se desarrollan en los agrosistemas afectan de alguna manera a la fauna silvestre, también es cierto que para ésta es mejor un entorno agrícola que un entorno con desarrollo comercial, industrial o residencial. Por ello, los agrosistemas, como el cacao, tienen el potencial de ser hábitats de vida silvestre, y pueden ser una muy buena alternativa para la fauna, si se modifican algunas prácticas agrícolas (Alkorta *et al.*, 2003).

En Tabasco, en particular en el municipio de Comalcalco, se sabe que el mono saraguato ha ocupado algunos agrosistemas de cacao (Muñoz *et al.*, 2006; Estrada *et al.*, 2006; Vidal-García y Serio-Silva 2011; Valenzuela-Córdova *et al.*, 2015), sistemas que reemplazaron la vegetación original (Tudela, 1992; Sánchez-Munguía, 2005), y con ello, el hábitat natural de los monos. Esta especie, hace uso de los árboles que dan sombra a las plantas de cacao, que en su mayoría son árboles nativos de gran tamaño





(Muñoz *et al.*, 2006; Valenzuela-Córdova *et al.*, 2015). Sin embargo, aún se desconoce el potencial de estos agrosistemas como hábitat para los monos, así como, en donde se encuentran las mejores condiciones ambientales para su distribución en el área que ocupa este agrosistema en Comalcalco y sus alrededores.

Los modelos de nicho ecológico han sido ampliamente utilizados para determinar el hábitat potencial de las especies. Estos modelos utilizan las características de hábitat correspondientes a sitios con presencia confirmada de una especie, para definir la existencia de áreas con condiciones ambientales similares o idénticas (es decir, el hábitat potencial) donde la especie puede estar presente (Scott *et al.*, 2002). Estos modelos (conocidos también como modelos de distribución de especies) utilizan variables bioclimáticas en conjunto con asociaciones entre aspectos climáticos y el conocimiento de la presencia de la especie en un paisaje (Araujo y Peterson, 2012, Hemery *et al.*, 2016).

El objetivo de este capítulo fue generar un modelo de nicho ecológico para predecir la presencia de monos aulladores considerando las condiciones ambientales del agrosistema cacao en Comalcalco y sus alrededores.





3.2 MÉTODOS

Para realizar el modelo de nicho ecológico se utilizó el programa de MAXENT, dentro de la interfaz de TerrSet. MAXENT se basa en el algoritmo de máxima entropía que trabaja con una operación matemática. En comparación con otros algoritmos tiene la ventaja de contar con un método que crea predicciones o inferencias con información incompleta (Phillips *et al.*, 2004; Phillips *et al.*, 2006).

Basados en los modelos de nicho ecológico se utilizaron: 1) registros de monos saraguatos *A. palliata mexicana* obtenidos en campo (Capítulo 2) y 2) variables abióticas (condiciones ambientales favorables para la sobrevivencia y reproducción de una especie) para construir el modelo.

Las variables abióticas utilizadas fueron (Ver Anexo VI):

a) Variables bio-climáticas (N=17), construidas a partir de datos de precipitación y temperatura, re proyectadas a una resolución de 500 m por Ordoñez-Sierra, (2014).

b) Modelo Digital de Elevación (MDE) con una resolución de 5 m de INEGI.

3.2.1 Procesamiento de los datos

Los registros obtenidos en campo se depuraron para evitar la correlación espacial de los datos y reducir el sesgo de muestreo; al no ser eliminados el modelo tendería a subestimarse (Luoto *et al.*, 2005, Peterson *et al.*, 2011; Halvorsen *et al.*, 2016). Para esto los registros se seleccionaron sistemáticamente en una submuestra distribuida en el espacio geográfico (Merckx *et al.*, 2011; Fourcade *et al.*, 2014). Primero fueron proyectados como puntos geo-referenciados en ArcGis 9.3, posteriormente se construyó una grilla con cuadrantes de 100 x 100 m en toda el área de estudio utilizando la herramienta Hawth's Analysis. En cada cuadrante de la grilla se seleccionó un registro, eliminando aquellos en donde había más de un punto por cuadrante (Boria *et al.*, 2014; Fourcade *et al.*, 2014).

Se utilizó la correlación de Pearson para detectar si las variables abióticas estaban relacionadas. Se excluyeron aquellas variables que entre sí tuvieron una correlación mayor a 0.85 (Elith *et al.*, 2006; Title y Bemmels, 2018) (Anexo VI).





Se utilizó el 25% de los registros para los datos de entrenamiento (Phillips *et al.*, 2006) para correr el modelo. Posteriormente se ejecutó dos veces más, primero con 11 variables no correlacionadas (Anexo VI) y después con aquellas variables que contribuyeron más al modelo (Cuadro 9). El procedimiento a detalle de la ejecución del modelo se presenta en el anexo VII.

Para evaluar el rendimiento del modelo final se utilizó el valor del área bajo la curva (AUC), usada para estimar la precisión predictiva de modelos derivados de datos de presencia-ausencia (Lobo *et al.*, 2008). Cuando solo se cuenta con datos de presencia única, AUC puede calcularse utilizando datos de fondo (pseudo-ausencias) elegidos uniformemente al azar en el área de estudio a partir del background, en lugar de ausencias verdaderas (Phillips y Dudík, 2008), las pseudo-ausencias son generadas automáticamente por el MAXENT (Mateo *et al.*, 2011).

El valor del AUC varía de 0 a 1, donde 1 indica un rendimiento perfecto, es decir, que acierta todos los puntos de presencia con la menor área, valores superiores a 0.75 indican modelos con buen rendimiento; un valor de 0.5 implica un rendimiento predictivo que no es mejor que una suposición aleatoria; y los valores inferiores a 0.5 indican un rendimiento peor que al azar (Elith *et al.*, 2006).

También se utilizó el porcentaje de contribución de las variables y la prueba de Jackknife para explicar al modelo. La prueba de Jackknife puede responder mejor en modelos con áreas y registros pequeños (Beaun *et al.*, 2012).

3.2.2 Idoneidad de hábitat para monos saraguatos

La idoneidad de hábitat en MAXENT, puede interpretarse como la probabilidad de presencia de la especie(s) de enfoque en el área de estudio (Phillips y Dudík, 2008), si se introdujeron los datos adecuados (Merckx *et al.*, 2011).

Los valores de probabilidad de presencia se pueden usar para definir áreas favorables para una especie, que podrían considerarse al implementar programas de conservación específicos (Barbosa *et al.*, 2003; Vidal-García y Serio-Silva, 2011).

Para delimitar la idoneidad se tomó en cuenta la clasificación de Holzmann y colaboradores (2015), utilizando cuatro clases para categorizar la idoneidad de hábitat y





considerando el valor de la Presencia de entrenamiento mínima (*MTP = Minimum training presence*): 1) Idoneidad nula, a partir de 0 hasta el valor el MTP; 2) Idoneidad baja, fue categorizada entre el valor del MTP y el valor 0.3; 3) Idoneidad media en un rango de 0.3 a 0.6; por último, 4) Idoneidad alta fue categorizada de 0.6 a 1.

Posteriormente se hizo una validación simple para comprobar si el modelo funciona de acuerdo con lo esperado (Luoto 2005; Araujo y Guisan, 2006). La validación consistió en cruzar los 64 registros obtenidos en campo con el mapa de idoneidad para detectar si hay falsos negativos (registros en categoría nula). Se espera que si se obtienen falsos negativos muy por debajo de aciertos positivos, el modelo se implementó adecuadamente (Araujo y Guisan, 2006).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.



3.3 RESULTADOS

El Modelo de Nicho Ecológico obtenido muestra que existen condiciones ambientales que favorecen la presencia de los monos en los agrosistemas de cacao.

3.3.1 Modelo de Nicho Ecológico

El valor del rendimiento de la curva ROC (AUC) de los datos de entrenamiento fue de 0.93, mientras que la prueba AUC fue 0.91 (Figura 9), lo que indica que el modelo tuvo un buen rendimiento.

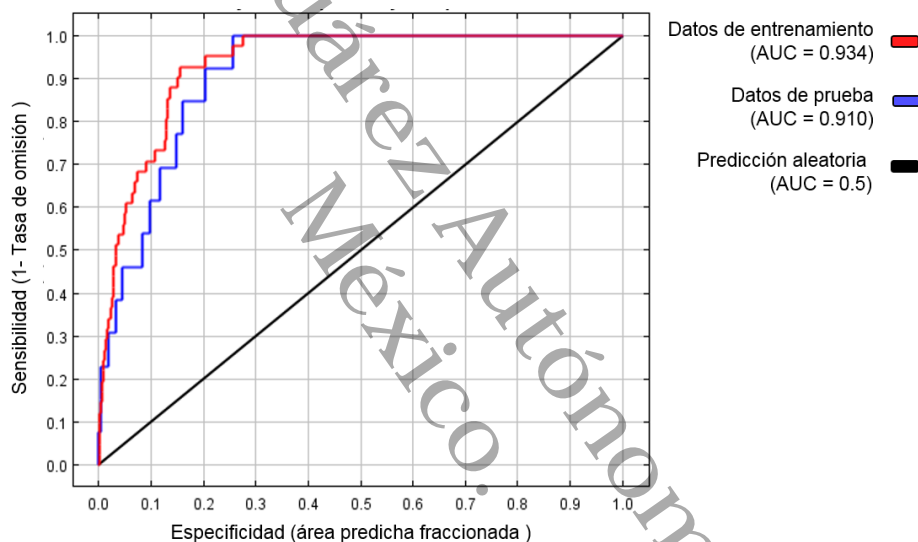


Figura 9. Curva ROC derivada del modelo del nicho ecológico de *A. palliata mexicana*

La variable que más contribuyó al modelo fue el Modelo Digital de Elevación, seguida por la Precipitación del trimestre más cálido (Bio 18) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje de contribución de las variables utilizadas en el modelo de Nicho Ecológico

Variable	Nombre de la variable	Unidad	% de Contribución
Bio8	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso	°C	0.6
Bio10	Temperatura promedio del trimestre más frío	°C	0.3
Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso	mm	0.1
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido	mm	18.9
Bio19	Precipitación del trimestre más frío	mm	3.2
MDE	Modelo digital de elevación	msnm	77



En la prueba de Jackknife, el modelo digital también obtuvo la mayor ganancia cuando se ejecutó aisladamente y al no estar incluida en el modelo la ganancia disminuyó, por lo que parece tener la mayor cantidad de información útil para el modelo que las otras variables (Figura 10).

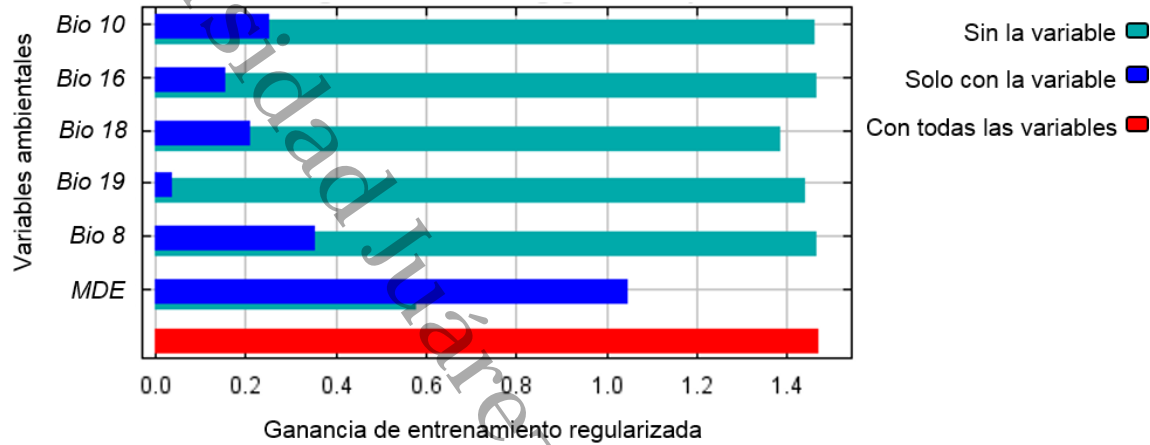


Figura 10. Prueba de Jackknife del modelo de distribución para *A. palliata mexicana*

Para modelar el nicho ecológico se eligieron 54 registros de los 68 encontrados en el área de estudio de los cuales 41 registros se utilizaron para el entrenamiento y 13 registros aleatorios para la validación (Figura 11).

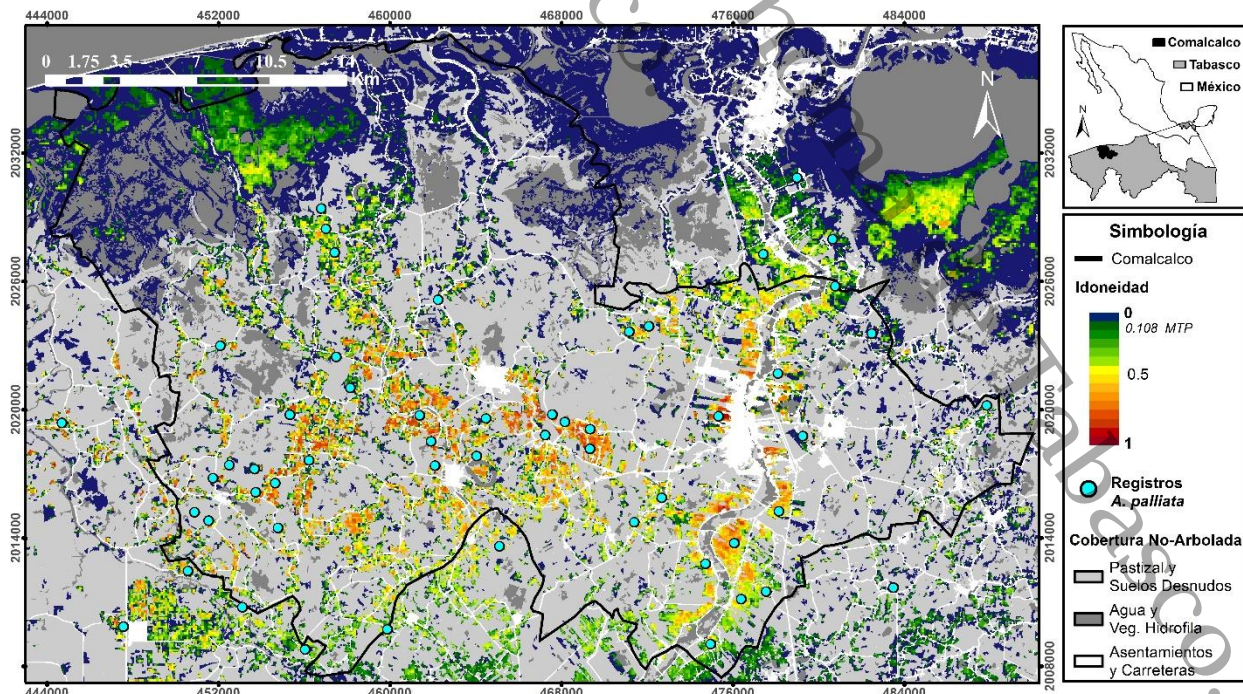


Figura 11. Nicho Ecológico de *A. palliata mexicana* en el municipio Comalcalco y sus alrededores



3.3.2 Idoneidad de hábitat disponible para monos saraguatos

El valor de ocurrencia se consideró a partir de 0.108 MTP (*mínimum training presense*) el cuál se refiere en considerar un 10% de error en el resultado de la modelación; y se obtuvo el valor máximo de predicción de 0.95. De los 68 registros encontrados en este estudio (54 registros utilizados en la ejecución del modelo), solo dos de ellos se encuentran fuera de la predicción de probabilidad de presencia (Cuadro 10 y Figura 12).

Al comparar los valores de las dos variables que más influyeron en el modelo, se observa que el Modelo Digital de Elevación muestra un patrón ascendente, es decir, a mayor altura aumenta el valor de idoneidad y de registros. Mientras que los valores de la variable Bio 18 no muestra ningún patrón en general (Cuadro 11).

Cuadro 11. Valores Idoneidad de hábitat derivados del Nicho Ecológico de *A. palliata mexicana*

Idoneidad	Ha	%	Registros	MDE* (msnm)	Bio 18** (mm)
Nula	28,636.3	57.6	4	6.5	380.8
Baja	9,431.3	19.0	13	12.8	377.3
Media	8,288.5	16.7	23	15	377.9
Alta	3,379.7	6.8	30	16.8	380.28

*MDE: Modelo Digital de Elevación. **Bio 8: Precipitación del trimestre más cálido

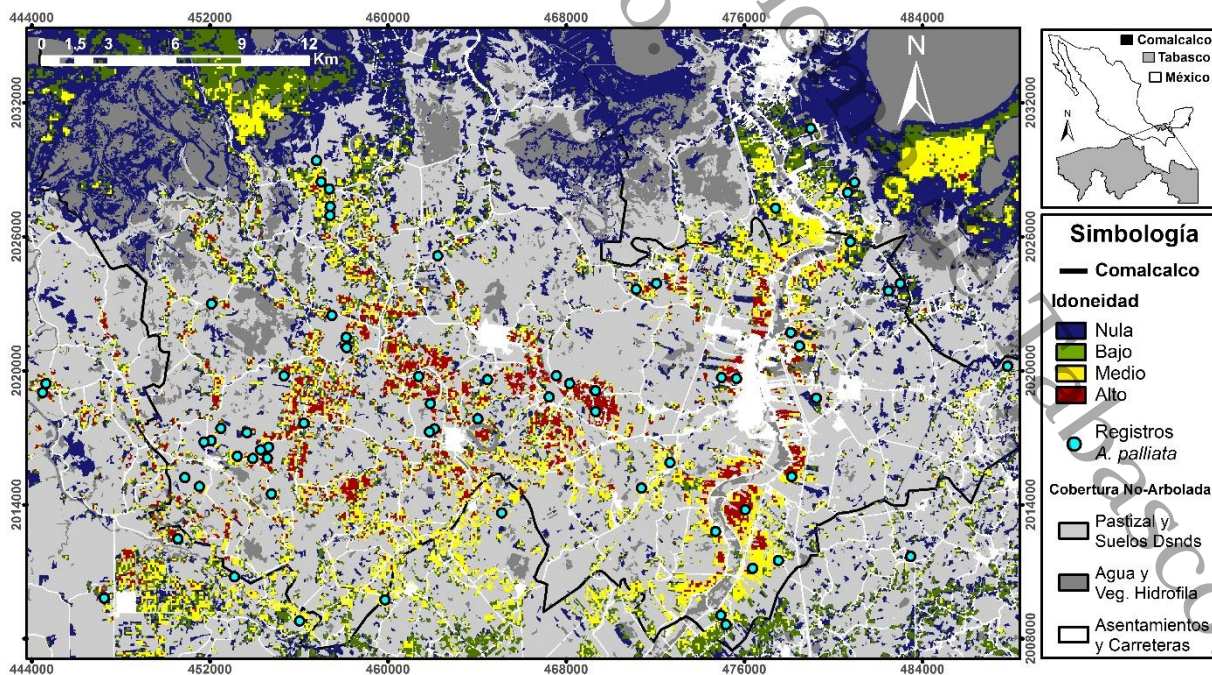


Figura 12. Mapa de Idoneidad de hábitat del Nicho Ecológico *A. palliata mexicana*.



3.4 DISCUSIÓN

La relación de los organismos con su medio abiótico definen los patrones espaciales de la distribución. Esta relación se puede explicar favorablemente por factores climáticos cuando se aplica en una escala adecuada, de lo contrario es probable que la distribución dependa de la disposición de recursos y variaciones microtopográficas (Mateo *et al.*, 2011). En este trabajo las variables que ayudaron a predecir mejor el nicho ecológico fueron el Modelo de Elevación y la Precipitación del Trimestre más Cálido (Bio18).

El MDE fue la variable que más contribuyó en la predicción del modelo. De acuerdo con la prueba de Jackknife, esta variable tiene la mayor cantidad de información para el modelo en comparación a las variables bioclimáticas. Sin embargo en comparación con las variables climáticas, la topografía parece influir poco en la distribución de las especies en una escala regional (Scheffers *et al.*, 2017), aunque si podría influir a una escala local (Noguera-Urbano y Ferro, 2017). Si bien en el área de estudio la topografía es casi plana y existe muy poca variación de las condiciones climáticas (Ruiz-Álvarez *et al.*, 2012), la resolución espacial del MDE es más fina (5 m), por lo que presenta mayor detalle que las variables climáticas (500 m), esta diferencia entre las resoluciones pudo influir en los resultados obtenidos con respecto al MDE (Alagador *et al.*, 2011; Scales *et al.*, 2017).

El MDE mostró un patrón geográfico con la presencia del agrosistema cacao, es decir que las plantaciones se encuentran en las zonas con mayor elevación sobre el nivel del mar en el municipio. Esto se debe a que las plantaciones de cacao necesitan estar en suelos con un buen drenaje, las condiciones idóneas para el desarrollo del cacao se encuentran entre las Altitudes 10 y 400 msnm (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2011).

En cuanto a las variables climáticas la que más contribuyó al modelo fue la Precipitación del Trimestre más Cálido (Bio18). En otros modelos en la misma área de este estudio, pero a una escala a nivel nacional (Vidal-García y Serio-Silva, 2011; Villanueva-García, 2017), esta variable no fue importante. Esto puede deberse a la variabilidad de la zona de transición biogeográfica del país (Noguera-Urbano y Ferro, 2017), las cuales coinciden con algunas de las variables que influyeron en los modelos anteriormente realizados (Vidal-García y Serio-Silva, 2011 y Villanueva-García, 2017).

No obstante, en el trabajo a escala estatal, la variable Bio18 tuvo más participación en el modelo pues primero: presentó más información que las demás variables (es decir,





cuando se omitió la variable le dio menos ganancia al mismo). Segundo: mostró que, al proyectar el modelo ante dos escenarios de cambio climático, la Precipitación del Trimestre más Cálido (Bio18) fue la variable que más contribuyó en ambos modelos (Rosique-De la Cruz, 2012).

La variable Bio18, parece actuar como un regulador térmico en especies de mamíferos con diferentes rangos de distribución y con diferentes requisitos térmicos; principalmente en las zonas de transición biogeográfica del continente americano (Noguera-Urbano y Ferro, 2017). Esto puede explicar la influencia de esta variable en el área de estudio, ya que presenta un clima con un periodo húmedo (con exceso de precipitación) y otro seco (con déficit moderado de humedad dado por la falta de precipitación) (Ruiz-Álvarez *et al.*, 2012).

La importancia de la precipitación en los ambientes cálidos es la retroalimentación que existe entre esta y la vegetación (Jingyong *et al.*, 2003; Feilhauer *et al.*, 2012; Spracklen *et al.*, 2012). Teniendo en cuenta la disponibilidad del agua, la precipitación ayuda a que se origine y desarrolle la vegetación (Hawkins, 2003; Spracklen *et al.*, 2012), y esta última puede cambiar el flujo del clima e impulsar la precipitación (Jingyong *et al.*, 2003), debido a su capacidad de acumular el aire que da paso a la precipitación (Spracklen *et al.*, 2012).

Para los monos *A. palliata* la precipitación es una variable muy importante, pues de la precipitación dependerá la disponibilidad de alimento, ya que su dieta incrementa el consumo de frutas a la par del incremento del tamaño de la tropa (Dias y Rangel-Negrín, 2015).

Los cultivos de cacao se han plantado en diferentes sustratos y dependiendo la región del mundo donde se cosechan, se pueden clasificar en tres tipos. Cacao tradicional: plantado bajo vegetación primaria y secundaria de bosques y selvas. Sombra plantada: son sistemas variados, que pueden ser plantados con diferentes combinaciones de árboles selváticos y especies introducidas. En México la sombra predominante es del tipo plantada, pero también existen las de tipo tradicional, como en Tabasco (Gonzalez-Lauck, 2005).





En referencia al valor de predicción de la presencia de monos este estudio muestra valores similares (>0.94) a los tres modelos anteriores de *A. palliata* (Vidal-García y Serio-Silva, 2011; Rosique-De la Cruz, 2012; Villanueva-García, 2017). Así mismo estos valores de predicción coinciden geográficamente con el área de estudio, es decir las mejores predicciones de estos modelos están en este sitio. Así mismo, estos resultados pueden ser usados para definir áreas favorables para los monos saraguatos e implementar programas de conservación (Barbosa *et al.*, 2003).

Aunque en este estudio el tamaño del área con los mejores valores (Idoneidad Alta) es menor a la reportada en los estudios previos, esto puede deberse a que en este estudio se trabajó a una escala más fina (Seo *et al.*, 2009). Así mismo el rendimiento del modelo de acuerdo con el valor de AUC fue muy bueno (0.93) y coincide con el valor reportado para la especie por Vidal-García y Serio-Silva, (2011). Mientras en la validación se obtuvieron pocos falsos negativos, lo que sugiere que el modelo fue implementado adecuadamente.

Aunque limitar el área de estudio de una especie con una amplia distribución puede crear modelos sobre ajustados (Alagador *et al.*, 2010; Bean *et al.*, 2012), cuando se utiliza una alta resolución y además se cuenta con registros confiables (como en este caso) se pueden obtener modelos precisos y avanzados (Bloom *et al.*, 2018).





3.5 CONCLUSIÓN

El modelo de Nicho Ecológico mostró que existen condiciones ambientales que ayudan a la presencia de los monos en los agrosistemas de cacao. Estas condiciones pueden estar relacionadas principalmente con elevación del suelo, la precipitación y la vegetación. Cabe mencionar que este tipo de modelaciones el área y la resolución de las variables influyen de manera importante en los resultados, aunque estos resultado llevan a la hipótesis de cuáles son las variables que se deben considerar en el futuro (p. ej. interacción e influencia de diversidad de árboles, altura del dosel, calidad del suelo) y mejorar el modelo.

Así mismo el resultado de esta predicción puede ayudar a realizar un muestreo dirigido en las áreas que presentaron idoneidad para la presencia de monos y que aún no se han visitado o explorado correctamente.





3.6 REFERENCIAS

- Alagador, D., Martins, M. J., Cerdeira, J. O., Cabeza, M., y Araújo, M. B. (2011). A probability-based approach to match species with reserves when data are at different resolutions. *Biological Conservation*, 144(2), 811-820.
- Alkorta, I., Albizu, I., y Garbisu, C. (2003). Biodiversity and agroecosystems. *Biodiversity and conservation*, 12(12), 2521-2522.
- Araujo, M. B., y Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of biogeography*, 33(10), 1677-1688.
- Araújo, M. B., y Peterson, A. T. (2012). Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology*, 93(7), 1527-1539.
- Avendaño-Arrazate, C. H., Villarreal-Fuentes, J. M., Campos-Rojas, E., Gallardo-Méndez, R. A., Mendoza-López, A. M., Aguirre-Medina, J. F., Sandoval-Esquivel, A., y Espinoza-Zaragoza, S. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. 78pp.
- Barbosa, A. M., Real, R., Olivero, J., y Vargas, J. M. (2003). Otter (*Lutra lutra*) distribution modeling at two resolution scales suited to conservation planning in the Iberian Peninsula. *Biological conservation*, 114(3), 377-387.
- Baumgarten, A., y Williamson, G. B. (2007). The distributions of howling monkeys (*Alouatta pigra* and *A. palliata*) in southeastern Mexico and Central America. *Primates*, 48(4), 310-315.
- Bean, W. T., Stafford, R., y Brashares, J. S. (2012). The effects of small sample size and sample bias on threshold selection and accuracy assessment of species distribution models. *Ecography*, 35(3), 250-258.
- Bloom, T. D., Flower, A., y DeChaine, E. G. (2018). Why georeferencing matters: introducing a practical protocol to prepare species occurrence records for spatial analysis. *Ecology and evolution*, 8(1), 765-777.
- Boria, R. A., Olson, L. E., Goodman, S. M., y Anderson, R. P. (2014). Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. *Ecological Modelling*, 275, 73-77.
- Cuarón, A.D., Shedden, A., Rodríguez-Luna, E., de Grammont, P.C., Link, A., Palacios, E., Morales, A. y Cortés-Ortiz, L. (2008). *Alouatta palliata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T39960A10280447. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T39960A10280447>. Consulted 09 April 2018.
- Dias, P. A. D., y Rangel-Negrín, A. (2015). Diets of howler monkeys. In *Howler Monkeys* (pp. 21-56). Springer, New York, NY.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., akazawa, Y., Overton, J. M., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M. S., y Zimmermann N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 129-151.
- Estrada, A. (2015). Conservation of *Alouatta*: Social and economic drivers of habitat loss, information vacuum, and mitigating population declines. In *Howler monkeys* (pp. 383-409). Springer, New York, NY.





- Estrada, A. y Coates-Estrada, R. (1996). Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at Los Tuxtlas. *Int J. Primatol* 5:759–783.
- Estrada, A., Raboy, B. E., y Oliveira, L. C. (2012). Agroecosystems and primate conservation in the tropics: a review. *American Journal of Primatology*, 74(8), 696-711.
- Estrada, A., Saenz, J., Harvey, C., Naranjo, E., Muñoz, D., y Rosales-Meda, M. (2006). Primates in agroecosystems: conservation value of some agricultural practices in Mesoamerican landscapes. In *New Perspectives in the Study of Mesoamerican Primates* (pp. 437-470). Springer US.
- Feilhauer, H., He, K. S., y Rocchini, D. (2012). Modeling species distribution using niche-based proxies derived from composite bioclimatic variables and MODIS NDVI. *Remote Sensing*, 4(7), 2057-2075.
- Ford, S. M. (2006). The biogeographic history of Mesoamerican primates. In *New perspectives in the study of Mesoamerican primates* (pp. 81-114). Springer, Boston, MA.
- Fourcade, Y., Engler, J. O., Rödder, D., y Secondi, J. (2014). Mapping species distributions with MAXENT using a geographically biased sample of presence data: a performance assessment of methods for correcting sampling bias. *PloS one*, 9(5), e97122.
- Gonzalez-Lauck, V.W. 2005. Cacao en México: competitividad y medio ambiente con alianzas (Diagnóstico rápido de producción y mercadeo). United States Agency International Development. Chemonics International Inc. 93 pp.
- Halvorsen, R., Mazzoni, S., Dirksen, J. W., Næsset, E., Gobakken, T., y Ohlson, M. (2016). How important are choice of model selection method and spatial autocorrelation of presence data for distribution modelling by MaxEnt? *Ecological modelling*, 328, 108-118.
- Hawkins, B. A., Field, R., Cornell, H. V., Currie, D. J., Guégan, J. F., Kaufman, D. M., Kerr, J. T., Mittelbach, G. G., Oberdorff, T., O'Brien, E. M., Porter, E. E., y Turner J. R. G. (2003). Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, 84(12), 3105-3117.
- Hemery, L. G., Marion, S. R., Romsos, C. G., Kurapov, A. L., y Henkel, S. K. (2016). Ecological niche and species distribution modelling of sea stars along the Pacific Northwest continental shelf. *Diversity and Distributions*, 22(12), 1314-1327.
- Holzmann, I., Agostini, I., DeMatteo, K., Areta, J. I., Merino, M. L., y Di Bitetti, M. S. (2015). Using species distribution modeling to assess factors that determine the distribution of two parapatric Howlers (*Alouatta* spp.) in South America. *International Journal of Primatology*, 36(1), 18-32.
- Jingyong, Z., Wenjie, D., Congbin, F., y Lingyun, W. (2003). The influence of vegetation cover on summer precipitation in China: a statistical analysis of NDVI and climate data. *Advances in Atmospheric Sciences*, 20(6), 1002.
- Lobo, J. M., Jiménez-Valverde, A., y Real, R. (2008). AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global ecology and Biogeography*, 17(2), 145-151.
- Luoto, M., Pöyry, J., Heikkinen, R. K., y Saarinen, K. (2005). Uncertainty of bioclimate envelope models based on the geographical distribution of species. *Global Ecology and biogeography*, 14(6), 575-584.





- Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M., y Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural*, 84(2), 217-240.
- Merckx, B., Steyaert, M., Vanreusel, A., Vincx, M., y Vanaverbeke, J. (2011). Null models reveal preferential sampling, spatial autocorrelation and overfitting in habitat suitability modelling. *Ecological Modelling*, 222(3), 588-597.
- Muñoz, D., Estrada, A., Naranjo, E., y Ochoa, S. (2006). Foraging ecology of howler monkeys in a cacao (*Theobroma cacao*) plantation in Comalcalco, Mexico. *American Journal of Primatology*, 68(2), 127-142.
- Noguera-Urbano, E. A., y Ferro, I. (2017). Environmental factors related to biogeographical transition zones of areas of endemism of Neotropical mammals. *Australian Systematic Botany*, 30(5-6), 485-494
- Ordoñez Sierra R. (2014). Modelado espacio-temporal de desfase y amplitud de la variabilidad climática en la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. Tesis de Maestría. Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. 155 p.
- Peterson A. T., Soberón J., Pearson R. G., Anderson R. P., Martínez-Meyer E., Nakamura M., Bastos-Araújo M. (2011) *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton University Press. Consulted: 20/May/2017. Ebook : https://www.researchgate.net/profile/Andrew_Peterson10/publication/230709994_Ecological_Niches_and_Geographic_Distributions/links/5860be4408ae8fce4903bc00/Ecological-Niches-and-Geographic-Distributions.pdf
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., y Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.
- Phillips, S. J., Dudík, M., y Schapire, R. E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning* (p. 83). ACM.
- Phillips, S. J., y Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Rosique-De la Cruz Y. C. (2012) *Distribución de Alouatta ante escenarios de cambio climático en el estado de Tabasco*. Tesis de Licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México. 62 pp.
- Ruiz-Álvarez, O., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M. A., Ontiveros Capurata, R. E., y López-López, R. (2012). Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. *Universidad y ciencia*, 28(1), 1-14.
- Rylands, A. B., Groves, C. P., Mittermeier, R. A., Cortés-Ortiz, L., y Hines, J. J. (2006). Taxonomy and distributions of Mesoamerican primates. In *New perspectives in the study of Mesoamerican primates* (pp. 29-79). Springer, Boston, MA.
- Sánchez-Munguía, A. (2005). *Uso del suelo agropecuario y deforestación en Tabasco 1950-2000*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 123 pp.
- Scales, K. L., Hazen, E. L., Jacox, M. G., Edwards, C. A., Boustany, A. M., Oliver, M. J., y Bograd, S. J. (2017). Scale of inference: on the sensitivity of habitat models for wide-ranging marine predators to the resolution of environmental data. *Ecography*, 40(1), 210-220.
- Scheffers, B., Shoo, L., Phillips, B., Macdonald, S. L., Anderson, A., VanDerWal, J., Storlie, C., Gourret, A., y Williams, S. E. (2017). Vertical (arboreality) and horizontal (dispersal) movement increase the resilience of vertebrates to climatic instability. *Global Ecology and Biogeography*, 26(7), 787-798.





- Scott, J., Heglund, P. J., y Morrison, M. L. (2002). Predicting species occurrences issues of accuracy and scale (No. 591.9 P7).
- Seo, C., Thorne, J. H., Hannah, L., y Thuiller, W. (2009). Scale effects in species distribution models: implications for conservation planning under climate change. *Biology letters*, 5(1), 39-43.
- Spracklen, D. V., Arnold, S. R., y Taylor, C. M. (2012). Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. *Nature*, 489(7415), 282.
- Title P.O., y Bemmels J.B. (2018). ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling. *Ecography*. 41:291–307.
- Tudela, F. (1992). La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco, proyecto integrado del Golfo (No. 338.9726 T8).
- Valenzuela-Córdova, B., Mata-Zayas, E. E., Pacheco-Figueroa, C. J., Chávez-Gordillo, E. J., Díaz-López, H. M., Gama, L., y Valdez-Leal, J. D. D. (2015). Potencial ecoturístico del agrosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) con monos saraguatos (*Alouatta palliata* Gray) en la Chontalpa, Tabasco. *Agroproductividad*, 8(5):3-10.
- Vidal-García, F., y Serio-Silva, J. C. (2011). Potential distribution of Mexican primates: modeling the ecological niche with the maximum entropy algorithm. *Primates*, 52(3), 261.
- Villanueva-García C. (2017) Molecular ecology and parasitic diversity of wild populations in the Mesoamerican howler monkeys *Alouatta palliata* and *A. pigra*. Tesis de Doctorado. Universidad de Murcia, España. 151 pp.





VIII. DISCUSIÓN GENERAL

EVALUACIÓN DEL HÁBITAT DISPONIBLE PARA MONOS SARAGUATOS EN EL AGROSISTEMA CACAO

La evaluación del hábitat disponible para los monos saraguatos en los agrosistemas de cacao, el modelo Muti-Criterio muestra que la configuración y características del paisaje presentan condiciones poco favorables para las poblaciones de *A. palliata mexicana*. Pese a esto, los datos poblacionales muestran que aparentemente los monos han encontrado la forma de mantener y aumentar sus poblaciones. Así mismo, los resultados del modelo de Nicho ecológico (MAXENT) muestran que estos sitios poseen condiciones ambientales favorables con una alta probabilidad de presencia de la especie.

De los 68 registros encontrados, al menos 10 se encuentran en fragmentos que presentan idoneidades muy bajas en ambos modelos (Ver anexo IV). Los fragmentos restantes (68%) en su mayoría presentan una estructura paisajística muy baja, sin embargo presentan alta o media predicción de la presencia, de acuerdo a las características ambientales.

Aunque no se tiene datos poblacionales suficientes para determinar a qué se debe el tamaño o incremento de la población en un paisaje antrópico como el agrosistema cacao; es posible que esto se deba a patrones y procesos locales como la disponibilidad de alimento, la falta de competidores o depredadores naturales (Williams-Guillén, 2003; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2008; Galán-Acedo *et al.*, 2018); o bien a procesos y patrones poblacionales en escalas espaciales y temporales más largos como la dinámica de fuente-sumidero (Galán-Acedo *et al.*, 2018); otro factor que puede estar influyendo es la composición del paisaje, pues contribuye al aislamiento de las subpoblaciones debido a la presencia de carreteras y asentamientos humanos y/o la reducción de los fragmentos, lo cual limita la dispersión de los grupos (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2011).

Por otro lado en la población se pudieron detectar comportamientos conductuales registradas en ambientes altamente fragmentados o en agrosistemas de café como la estrategia de fisión-fusión (Aguilar-Melo *et al.*, 2013), el incremento de consumo de frutos nativos y exóticos (Dias y Rangel-Negrín, 2015; Chaves y Bica-Marques, 2016) y la suplementación de árboles en la matriz colindante (Asensio *et al.*, 2009).





Si bien los modelos de idoneidad muestran resultados contradictorios esto se debe principalmente al objetivo y al tipo de información utilizada para cada uno. El objetivo del modelo Multi-Criterio fue evaluar las condiciones del hábitat disponible a través de la estructura del paisaje (Amici *et al.*, 2010), en el cual se pueden implementar dos tipos de respuestas para evaluar la estructura del hábitat, estas pueden ser positivas (determinantes) o negativas (no-determinantes) (Store y Kangas, 2001).

El objetivo del Nicho fue predecir la probabilidad de presencia de los monos en los agrosistemas considerando variables ambientales que les permite sobrevivir (Phillips y Dudík, 2008). En este tipo modelo las variables deben ser únicamente positivas, puesto que determina los recursos y los factores limitantes requeridos para la persistencia de la especie y no sus interacciones negativas (Araújo y Guisan, 2006). Además, se ha documentado que al incluir variables con las coberturas terrestres no mejora la precisión de la predicción del modelo (Tullier *et al.*, 2004).

Es importante mencionar que la implementación de ambos modelos contribuye a evaluar a una escala paisajística en un tiempo relativamente corto y con un menor costo. Si bien, para que ambos modelos expresen un resultado más cercano a la realidad se deben evaluar las interacciones biológicas (depredadores, competidores), los efectos en las poblaciones (natalidad, mortalidad, migración etc.), los recursos disponibles (diversidad de plantas, micro clima etc.) entre otros.

PROBLEMÁTICAS DETECTADAS EN EL AGROSISTEMA CACAO

Los monos aulladores son considerados como una especie con una alta plasticidad conductual y ecológica, que los clasifica como animales resistentes a vivir en paisajes altamente modificados (McKinney *et al.*, 2015). Sin embargo las poblaciones que habitan en los agrosistemas enfrentan riesgos potenciales como la cacería y la transmisión de enfermedades de humanos y animales domésticos, así como conflictos con humanos debido a la invasión de los cultivos (Oliveira y Estrada, 2017), tal como se pudo observar en este estudio.

Durante la búsqueda de los monos en el agrosistema (Capítulo 1), se pudo obtener testimonios de productores y locatarios de los problemas a los que se enfrentan los monos en Comalcalco y sus alrededores, como resultado de la estructura del paisaje y la





presencia de las personas. En algunas ocasiones estos problemas se pudieron presenciar directamente por el cuerpo académico Diagnóstico Ambiental y Cambio Climático en previas salidas de campo.

Lo primero que se pudo detectar en campo fue el derribe total y parcial del agrosistema en varios sitios donde habitan los monos (ver cuadro 3, Cap. 1). Dentro del derribe parcial se observaron árboles maderables (macuilis, cedro, etc.) para comercializarlos y árboles de fuste alto y dosel amplio (samán, palo mulato, etc.), como parte de la estrategia de poda para aumentar la productividad de las plantaciones viejas (López-Juárez *et al.*; 2016). Considerando que los monos prefieren los sitios con árboles de mayor tamaño (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2007), el derribe total y parcial del agrosistema constituye un problema para los monos que deben buscar nuevas rutas y sitios de forrajeo o nuevos fragmentos que habitar.

A través de los testimonios de los entrevistados se pudo detectar la muerte de ejemplares por ataque de perros doméstico. Estos ataques se incrementan en los agrosistemas principalmente por dos razones: primero, la cercanía de las casas ya que los agrosistemas funcionan como traspatio de estas; segundo, los productores llevan a sus perros durante las jornadas de trabajo. Estas situaciones aumentan el número de perros y el tiempo de estadía de estos en comparación con paisajes con fragmentos de vegetación natural (Frigeri *et al.*, 2014).

Otro problema fue la electrocución de monos en líneas de alta tensión. En el área de estudio se pudo observar que el cableado se extiende por toda la carretera, colindando con el dosel de los agrosistemas, además los cables no cuentan con protección o aislante alguno. Estos cables pueden ser usados por los monos como una ruta alternativa para cruzar el dosel entre fragmentos, causando así la electrocución de individuos (Teixeira *et al.*, 2013).

También existe la captura de organismos para utilizarlos como mascota. En una ocasión fue reportada la muerte de un ejemplar hembra-adulta, esta presentaba indicios de que estaba amamantado, pero no se encontró al infante. El problema con la caza es que en muchas ocasiones tienen que matar a la hembra y los infantes mueren al poco tiempo por la mala alimentación recibida y las malas condiciones de cautiverio (Estrada y Coates-Estrada, 1984).





Si bien el objetivo de este estudio no fue medir o evaluar la percepción de los dueños o vecinos de los fragmentos donde hay monos, si se pudo detectar que existen percepciones divididas y que estas dependerán principalmente de factores relacionados con la pérdida económica por el consumo de frutos y su cosmovisión.

Es así, que en los sitios donde la percepción fue negativa, los vecinos comentaron que los productores mataron a ejemplares machos-adultos. Esto se debe principalmente por el consumo de especies como el zapote y el mango que son utilizados para comercializarlos (Valenzuela-Córdova *et al.*, 2015). El consumo de los cultivos por los animales silvestres, pueden generar niveles muy altos de hostilidad en los productores que pierden sus cosechas, además el conflicto entre humanos-primates no solo es por la pérdida económica, sino también por el desconocimiento de la especie y la falta de valores culturales (Hockings, 2016).

Los productores que presentaron una mayor tolerancia hacia los monos, fueron aquellos que no comercializan los frutales, donde el consumo no representa una pérdida económica significativa, y/o que los que han observado detenidamente a los grupos. Cuando estas personas observan y admiran los grupos les generan sentimientos de piedad el parecido físico con los humanos y las relaciones de parentesco entre madres-crías, así como el fuerte vínculo que existe entre estos últimos (Hill y Webber, 2010).

Muchas de las muertes de los monos no son reportadas a alguna autoridad ambiental, pues los pobladores argumentan desconocer si existe alguna institución correspondiente. Cuando los casos fueron reportados, las autoridades respondieron demasiado tarde y no hubo ninguna sanción hacia los responsables. Además, es difícil obtener información completa de cuantos ejemplares mueren a causa de los efectos de la caza y el comercio ilegal (Chapman *et al.*, 2005).





RECOMENDACIONES

A través de los problemas detectados y de trabajos previos en el área de estudio se manifiesta que la persistencia de los monos que viven en el agrosistema cacao del Municipio de Comalcalco y sus alrededores, dependerán en gran medida de la protección y toma de decisiones de los productores o dueños de los fragmentos de cacao. Es por esto que tomando la opinión de expertos se recomiendan las siguientes estrategias:

a) *Proyectos de investigación*

1. Monitoreo a largo plazo de poblaciones para evaluar las tendencias de la dinámica de las subpoblaciones (Arroyo-Rodríguez y Mandujano, 2009).
2. Evaluación de la mortalidad de monos por la incidencia de las infraestructuras humanas (carreteras, redes eléctricas) (Teixeira *et al.*, 2013), presencia de animales domésticos (Frigeri *et al.*, 2014) y caza de ejemplares.
3. Evaluación de la vegetación de los fragmentos ocupados y potenciales para la persistencia de monos. Esto puede ayudar a diferenciar entre los efectos de los patrones espaciales del hábitat y los efectos de la vegetación per se (Arroyo-Rodríguez y Dias, 2010).
4. Es importante evaluar el impacto ecológico y económico de la presencia y las actividades de los primates en el agrosistema cacao (Chaves y Bica-Márquez, 2017). Así mismo resolver cómo se pueden manejar las poblaciones de primates que son consideradas plagas por parte de los productores (Estrada, 2006).
5. Evaluar el aumento del estrés fisiológico de las poblaciones que habitan en pequeños parches para detectar enfermedades como la incidencia de parásitos. Así mismo evaluar su relación/dinámica huésped-parasito en respuesta al cambio climático y cómo afectará esto a la supervivencia de los monos (Arroyo-Rodríguez y Dias, 2010).
6. Implementar el uso de marcadores genéticos para rastrear de manera confiable el flujo de genes entre subpoblaciones aisladas dentro de una metapoblación (Arroyo-Rodríguez y Mandujano, 2009; Haddad *et al.*, 2015) para evaluar si existe pérdida de diversidad genética (Arroyo-Rodríguez y Dias, 2010).





b) *Proyectos de conservación*

1. Programas de educación ambiental para las comunidades o sitios turísticos donde hay presencia de monos aulladores. Con enfoque que permita recalcar la importancia ecológica, la biología y la relación de los monos con el agrosistema de cacao. Así mismo, acentuar la importancia de proteger a los monos aulladores (Asensio *et al.*, 2009). Con esto se puede mejorar el conocimiento de las personas, promover comportamientos pro-conservadores e involucrar a más personas en la conservación de primates (Jacobson, 2010).
2. Programas de restauración y conectividad del paisaje. Incluyendo especies que sean útiles para los agricultores (madera y árboles frutales nativos), árboles beneficiosos para los monos, así como especies de árboles raros y amenazados (Schroth y Harvey, 2007). Esto puede ayudar a incrementar el tamaño de fragmentos pequeños (<20 ha) que están actualmente ocupados e incrementar la conectividad de los fragmentos (Mandujano *et al.*, 2006; Resasco *et al.*, 2017).
3. Implementar puentes y pasos de fauna aéreos entre fragmentos divididos por carreteras (Teixeira *et al.*, 2013). Así como el aislamiento de los cables eléctricos (Lokschin *et al.*, 2007), para evitar decesos por atropello y electrocución.
4. Así mismo se puede implementar proyectos ecoturísticos enfocado al avistamiento de monos saraguatos (Valenzuela *et al.*, 2015). En el caso de la elaboración de productos derivados del cacao, también se puede buscar la certificación de sus productos por ayudar a conservar especies silvestres en los agrosistemas (Mas y Dietscht, 2004; Bisseleua *et al.*, 2009), en este caso a los monos saraguatos. Esto puede ser factible para que el mercado y los consumidores aprecien y paguen por productos más amigables con el medio ambiente (Bisseleua *et al.*, 2009).
5. Implementar Escuelas Campesinas que permitan la capacitación e interacción de productores y profesionistas, donde se pueda compartir el conocimiento local por un lado, y científico por el otro, que fomenten prácticas sustentables y técnicas agrícolas locales amigables con el ambiente (Gómez-Martínez *et al.*, 2017). Esto, con el fin de conservar los agrosistemas de cacao y evitar el reemplazo por cultivos menos diversos (Schroth y Harvey, 2007). También se debe educar a los productores y consumidores acerca de los servicios ambientales proporcionados por los





agrosistemas sombreados tradicionales y como estos pueden mantener la biodiversidad tropical (Bisseleua *et al.*, 2009).

La implementación de estos proyectos dependerá de las decisiones científicas, políticas y administrativas efectivas que deben ser realizadas de forma inmediata para poder conservar a los monos saraguatos (Estrada *et al.*, 2017).

Es así que el manejo apropiado de los agrosistemas de cacao donde se involucre tanto al sector productor como al de la investigación y conservación, puede ayudar al desarrollo sustentable que beneficie tanto a la economía de los productores como a la preservación de la vida silvestre en las zonas agroforestales (Parrish *et al.*, 1999; Díaz-José, *et al.*, 2014). Esto también puede ayudar a conservar las tradiciones y costumbres que envuelven la producción y comercialización del cacao en esta zona, pues se corre el peligro de perder la identidad cultural al eliminar o reemplazar los agrosistemas de cacao (Naranjo, 2011).

Además, el potencial de conservación de los elementos del paisaje, y las iniciativas dirigidas a mejorarlos, pueden no alcanzar su máximo potencial sin la estrecha colaboración y el interés de los propietarios y las comunidades locales (Asensio *et al.*, 2009; Lokschin *et al.*, 2007; McLennan *et al.*, 2017). Pues la colaboración colectiva y el intercambio de conocimiento puede ser de mucha importancia para mantener la producción futura de los agrosistemas de cacao en Tabasco (Hes *et al.*, 2017).





REFERENCIAS

- Aguilar-Melo, A. R., Andresen, E., Cristóbal-Azkarate, J., Arroyo-Rodríguez, V., Chavira, R., Schondube, J., Seri-Silva, J. C. y Cuarón, A. D. (2013). Behavioral and physiological responses to subgroup size and number of people in howler monkeys inhabiting a forest fragment used for nature-based tourism. *American journal of primatology*, 75(11), 1108-1116.
- Almeida-Rocha, J. M., Peres, C. A., y Oliveira, L. C. (2017). Primate responses to anthropogenic habitat disturbance: A pantropical meta-analysis. *Biological Conservation*, 215, 30-38.
- Amici, V., Geri, F., y Battisti, C. (2010). An integrated method to create habitat suitability models for fragmented landscapes. *Journal for Nature Conservation*, 18(3), 215-223.
- Araujo, M. B., y Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of biogeography*, 33(10), 1677-1688.
- Arroyo-Rodríguez, V., Mandujano, S., Benítez-Malvido, J., y Cuende-Fanton, C. (2007). The influence of large tree density on howler monkey (*Alouatta palliata mexicana*) presence in very small rain forest fragments. *Biotropica*, 39(6), 760-766.
- Arroyo-Rodríguez, V., Mandujano, S., y Benítez-Malvido, J. (2008a). Landscape attributes affecting patch occupancy by howler monkeys (*Alouatta palliata mexicana*) at Los Tuxtlas, Mexico. *American Journal of Primatology*, 70(1), 69-77.
- Arroyo-Rodríguez, V., Asensio, N., y Cristóbal-Azkarate, J. (2008b). Demography, life history and migrations in a Mexican mantled howler group in a rainforest fragment. *American Journal of Primatology*, 70(2), 114-118.
- Arroyo-Rodríguez, V., y Dias, P. A. D. (2010). Effects of habitat fragmentation and disturbance on howler monkeys: a review. *American Journal of Primatology*, 72(1), 1-16.
- Arroyo-Rodríguez, V., Dias, P.A.D., y Cristóbal-Azkarate, J. (2011). Group size and foraging effort in mantled howlers at Los Tuxtlas, Mexico: a preliminary test of the ecological-constraints model. *Perspectivas en primatología mexicana*. Villahermosa: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. p, 103-116.
- Arroyo-Rodríguez, V., y Mandujano, S. (2009). Conceptualization and measurement of habitat fragmentation from the primates' perspective. *International Journal of Primatology*, 30(3), 497-514.
- Asensio, N., Arroyo-Rodríguez, V., Dunn, J. C., y Cristóbal-Azkarate, J. (2009). Conservation value of landscape supplementation for howler monkeys living in forest patches. *Biotropica*, 41(6), 768-773.
- Bisseleua, D. H. B., Missoup, A. D., y Vidal, S. (2009). Biodiversity conservation, ecosystem functioning, and economic incentives under cocoa agroforestry intensification. *Conservation biology*, 23(5), 1176-1184.
- Chapman, C. A., Gillespie, T. R., y Goldberg, T. L. (2005). Primates and the Ecology of their Infectious Diseases: How will Anthropogenic Change Affect Host-Parasite Interactions? *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 14(4), 134-144.
- Chaves, Ó. M., y Bicca-Marques, J. C. (2017). Crop feeding by brown howlers (*Alouatta guariba clamitans*) in forest fragments: The conservation value of cultivated species. *International Journal of Primatology*, 38(2), 263-281.
- Dias, P. A. D., y Rangel-Negrín, A. (2015). Diets of howler monkeys. In *Howler Monkeys* (pp. 21-56). Springer, New York, NY.
- Díaz-José, J., Díaz-José, O., Mora-Flores, S., Rendón-Medel, R., y Tellez-Delgado, R. (2014). Cacao in Mexico: Restrictive factors and productivity levels. *Chilean journal of agricultural research*, 74(4), 397-403.
- Estrada, A. (2006). Human and non-human primate co-existence in the neotropics: a preliminary view of some agricultural practices as a complement for primate conservation. *Ecological and Environmental Anthropology*. 2(2), 17- 29.





- Estrada, A. (2015). Conservation of *Alouatta*: Social and economic drivers of habitat loss, information vacuum, and mitigating population declines. In Howler monkeys (pp. 383-409). Springer, New York, NY.
- Estrada, A., Garber, P. A., Rylands, A. B., Roos, C., Fernandez-Duque, E., Di Fiore, A., Nekaris, A., Nijman, V., Heymann, E. W., Lambert J. E., Rovero, F., Barelli, C., Setchell, J. M., Gillespie, T. R., Mittermeier, R. A., Arregoitia, L. V., de Guinea, M., Gouveia, S., Dobrovolski, R., Shanee, S., Shanee, N., Boyle, S. A., Fuentes A., MacKinnon K. C., Amato, K. R., Meyer, A. L. S., Wich, S., Sussman W., Pan, R., Kone, I. y Li, B. (2017). Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. *Science Advances*, 3(1), e1600946.
- Estrada, A., y Coates-Estrada, R. (1984). Some observations on the present distribution and conservation of *Alouatta* and *Ateles* in southern Mexico. *American Journal of Primatology*, 7(2), 133-137.
- Frigeri, E., Cassano, C. R., y Pardini, R. (2014). Domestic dog invasion in an agroforestry mosaic in southern Bahia, Brazil. *Tropical Conservation Science*, 7(3), 508-528.
- Galán-Acedo, C., Arroyo-Rodríguez, V., Estrada, A., y Ramos-Fernández, G. (2018). Drivers of the spatial scale that best predict primate responses to landscape structure. *Ecography*.
- Gómez-Martínez, E., Mata-García, B., y González-Santiago, M. V. (2017) ¿Es la agroecología un extensionismo participativo? El caso de las escuelas campesinas en México. *Revista Kavilando*, 9(1), 170-183.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey D. J., Margules, C. R., Melbourne, B. A., Nicholls, A. O., Orrock, J. L., Song, D., y Townshend J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), e1500052.
- Hes, T., Sulaiman, H., Mintah, S., Arrieta, J. S. B., Bc, B. J. R. E., Saldaña, T. M., y Hernandez, J. A. R. (2017). Weak levels of social capital as one of the causes of the fall of Mexican cacao production. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(6), 411.
- Hill, C. M., y Webber, A. D. (2010). Perceptions of nonhuman primates in human-wildlife conflict scenarios. *American journal of primatology*, 72(10), 919-924.
- Hockings, K. J. (2016). Mitigating Human-Nonhuman Primate Conflict. In *The International Encyclopedia of Primatology* (Eds. M. Bezanson, K. C. MacKinnon, E. Riley, C. J. Campbell, K. Nekaris, A. Estrada, A. F. Di Fiore, S. Ross, L. E. Jones-Engel, B. Thierry, R. W. Sussman, C. Sanz, J. Loudon, S. Elton and A. Fuentes). doi:10.1002/9781119179313.wbprim0053
- Jacobson, S. K. (2010). Effective primate conservation education: gaps and opportunities. *American Journal of Primatology*, 72(5), 414-419.
- Lokschin, L. X., Rodrigo, C. P., Hallal Cabral, J. N., y Buss, G. (2007). Power lines and howler monkey conservation in Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. *Neotropical Primates*, 14(2), 76-80.
- Fischer, J., y Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global ecology and biogeography*, 16(3), 265-280.
- López-Juárez, S. A., Sol-Sánchez, Á., Córdova Ávalos, V., y Gallardo López, F. (2016). Efecto de la poda en plantaciones de cacao en el estado de Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (14), 2807-2815.
- Naranjo G. J. A. (2011). Caracterización de productos tradicionales y no tradicionales derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el estado de Tabasco, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 60 p.
- Mandujano, S., Escobedo-Morales, L. A., Palacios-Silva, R., Arroyo-Rodríguez, V., y Rodríguez-Toledo, E. M. (2006). A metapopulation approach to conserving the howler monkey in a highly fragmented landscape in Los Tuxtlas, Mexico. In *New perspectives in the study of Mesoamerican primates* (pp. 513-538). Springer US.





- Mas, A. H., y Dietsch, T. V. (2004). Linking shade coffee certification to biodiversity conservation: butterflies and birds in Chiapas, Mexico. *Ecological Applications*, 14(3), 642-654.
- McIntyre, S., y Hobbs, R. (1999). A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. *Conservation biology*, 13(6), 1282-1292.
- McKinney, T., Westin, J. L., y Serio-Silva, J. C. (2015). Anthropogenic habitat modification, tourist interactions and crop-raiding in howler monkeys. In *Howler monkeys* (pp. 281-311). Springer, New York, NY.
- McLennan, M. R., Spagnoletti, N., y Hockings, K. J. (2017). The implications of primate behavioral flexibility for sustainable human-primate coexistence in anthropogenic habitats. *International Journal of Primatology*, 38(2), 105-121.
- Muñoz, D., Estrada, A., Naranjo, E., y Ochoa, S. (2006). Foraging ecology of howler monkeys in a cacao (*Theobroma cacao*) plantation in Comalcalco, Mexico. *American Journal of Primatology*, 68(2), 127-142.
- Oliveira, L. C. y Estrada, A. (2017). Agroecosystems. In Fuentes A. (Ed). *The International Encyclopedia of Primatology*. 1608 pp. DOI: 10.1002/9781119179313.wbprim0235.
- Parrish J., Reitsma R., Greenberg R., McLarney W., Mack R. y Lynch J. (1999). Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 16-19.
- Phillips, S. J., y Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Resasco, J., Bruna, E. M., Haddad, N. M., Banks-Leite, C., y Margules, C. R. (2017). The contribution of theory and experiments to conservation in fragmented landscapes. *Ecography*, 40(1), 109-118.
- Schroth, G., da Fonseca, A.B., Harvey, C.A., Gascon, C., Vasconcelos, H.L. e Izac, A.M.N. (2004). *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island Press, Washington, USA.
- Schroth, G., y Harvey, C. A. (2007). Biodiversity conservation in cocoa production landscapes: an overview. *Biodiversity and Conservation*, 16(8), 2237-2244.
- Store, R., y Kangas, J. (2001). Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. *Landscape and urban planning*, 55(2), 79-93.
- Teixeira, F. Z., Printes, R. C., Fagundes, J. C. G., Alonso, A. C., y Kindel, A. (2013). Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes. *Biota Neotropica*, 13(1), 117-123.
- Thuiller, W., Araujo, M. B., y Lavorel, S. (2004). Do we need land-cover data to model species distributions in Europe? *Journal of Biogeography*, 31(3), 353-361.
- Valenzuela-Córdova, B., Mata-Zayas, E. E., Pacheco-Figueroa, C. J., Chávez-Gordillo, E. J., Díaz-López, H. M., Gama, L., y Valdez-Leal, J. D. D. (2015). Potencial ecoturístico del agrosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) con monos saraguatos (*Alouatta palliata* Gray) en la Chontalpa, Tabasco. *Agroproductividad*, 8(5):3-10.
- Williams-Guillén K., (2003). The behavioral ecology of mantled howling monkeys (*Alouatta palliata*) living in a Nicaraguan shade coffee plantation. Doctor Thesis. New York University. 223 pp.





Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

ANEXOS



Anexo I. Clasificación supervisada (Segmentación) del Agrosistema Cacao en el programa TerrSet.

Para la caracterización del agrosistemas de cacao se hizo una clasificación supervisada con el programa TerrSet, utilizando imágenes Spot 7 del año 2015 con una resolución de 6 metros. Este procedimiento se realizó con el módulo IDRISI Image Processing, con la herramienta Segmentation Classifiers del programa TerrSet.

Para iniciar, las imágenes Spot se insertaron en el programa [File/Import/Software-Specific Formats/ERDIDRIS (ERDAS)]. La imagen está compuesta de 4 bandas espectrales (B0=azul, B1=verde, B2= roja, B3= morada), que combinadas brindan una mejor visualización, permitiendo un mayor detalle al hacer la clasificación.

Posteriormente se re-proyectaron las imágenes a UTM (File/Reformat/PROYECT) nombrando los archivo de salida “Chontalpa Bnd1, Bnd2, Bnd3, Bnd4”. Se delimitó el área de estudio haciendo un recorte en forma rectangular que abarcó el municipio de Comalcalco, para esto se utilizó la herramienta “WINDOW” (File/Reformat/WINDOW) a cada una de las bandas. Los Archivos de Salida se nombraron “Comalcalco Bnd1, Bnd2, Bnd3, Bnd4”.

Después de procesar las imágenes spot 7 se inició con el proceso de segmentación. El desarrollo de este proceso se realiza en tres pasos a continuación se muestra:

1. SEGMENTATION: En el programa se siguió la ruta IDRISI Image Processing/ Segmentation Classifiers/ SEGMENTATION.

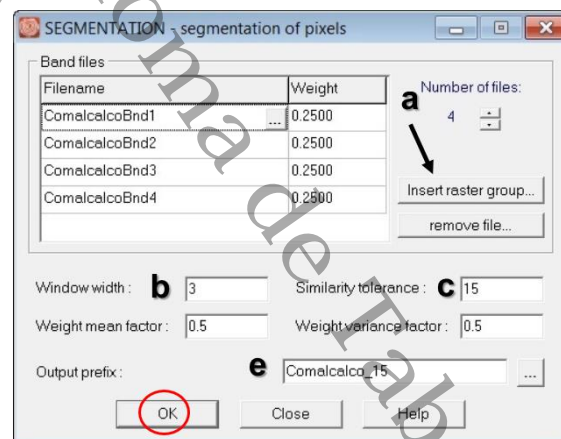
a) En el recuadro, primero se introdujo el número de bandas de la imagen a procesar, en este caso 4.

b) Después, en el cuadro “Window width, se estableció la anchura y altura de la ventana móvil donde el módulo derivará una imagen de varianza de cada una de las capas, en este caso el valor 3.

c) El cuadro “Similarity tolerance” (tolerancia de similitud), es el nivel de generalización y segmentación que se generará en la imagen de salida, en este caso se utilizó el nivel 15.

d) En los apartados de “Weight mean factor” y “Weigth variance factor”, que se utilizan para evaluar la similitud entre segmentos vecinos, se asignó el valor 0.5 (dados por defecto) en los dos casos.

1

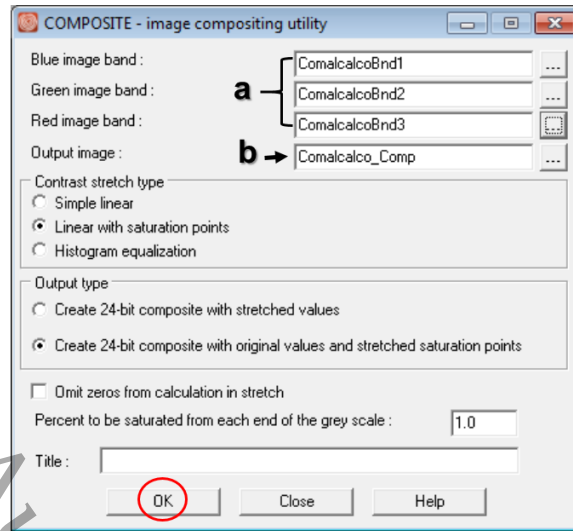




- e) Por último se le asignó el nombre al archivo de salida como “Comal_15” y se da clic en el botón OK.

2. COMPOSITE Antes de iniciar el proceso de SEGTRAIN, primero se creó un archivo, que se utilizó como imagen de fondo para el archivo de la segmentación de entrada. Este archivo es un mosaico utilizado para mejorar la visualización de las imágenes, donde se combinaron las bandas Comalcalco Bnd1 (azul), Comalcalco Bnd2 (verde), Comalcalco Bnd3 (roja), siguiendo la ruta IDRISI image precessing/Enhancement/ COMPOSITE.

- a) Las bandas se insertaron en los tres primeros cuadros, de acuerdo con el color correspondiente.
- b) En el recuadro *Output image*, se le asignó el nombre del mapa generado de la combinación. Los demás valores se dejaron con los valores designados y recomendados por los autores del programa.

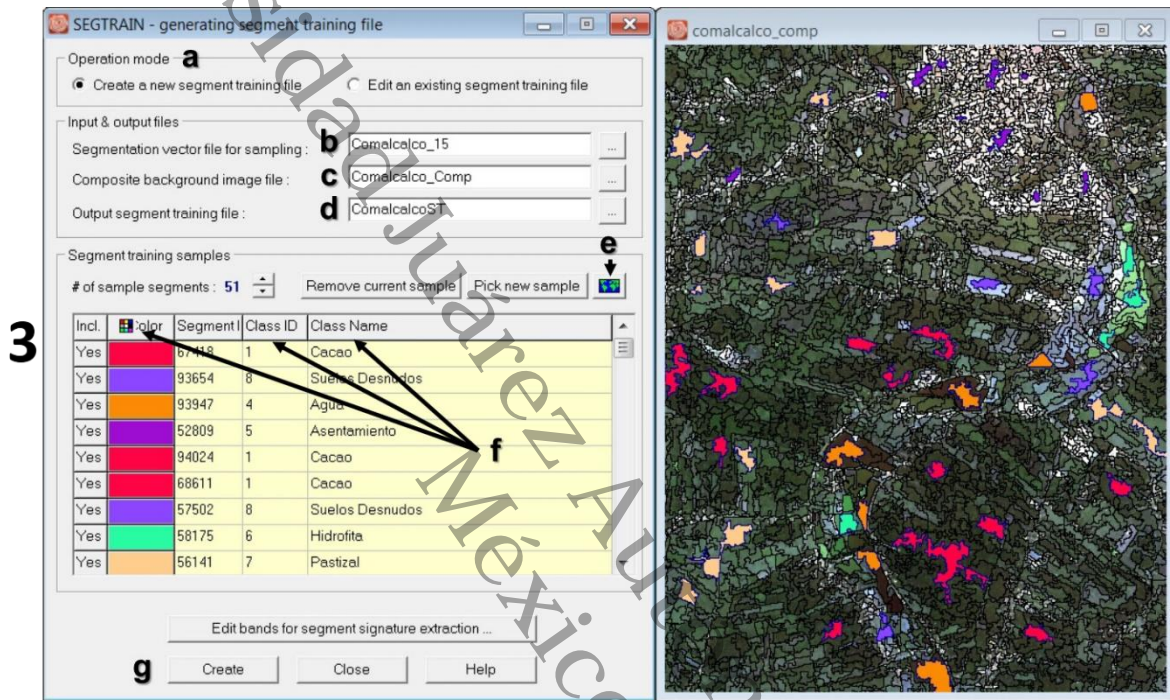


3. SENSEGTRAIN: La ruta para ejecutar este paso será en IDRISI Image Processing/ Segmentation Classifiers/ SEGTRAIN.

- a) Para crear un archivo de entrenamiento primero se seleccionó “Operation Mode” se seleccionó la casilla *Create a new sementation training file*.
- b) En el apartado donde se insertan los archivos de entrada, en el recuadro “Segmentation vector file for sampling” se insertó el archivo generado en el SEGTRAIN (Comal_15), para probar los segmentos poligonales como sitios de entrenamiento.
- c) Posteriormente se insertó en el recuadro de “Composite background image file” el archivo generado con el módulo “COMPOSITE” llamado “Comalcalco_Comp”, este se utilizó como imagen de fondo para el archivo de la segmentación de entrada.
- d) En el “Ouput segment trining file” se asignó el nombre del archivo de salida denominado “Comall_Segtr”.
- e) Después se da clic en el icono con la imagen del mapa, en este se abre una ventana con la imagen segmentada y la compuesta, acomodada la primera sobre la segunda. En esta se seleccionaron segmentos, dándole doble clic.



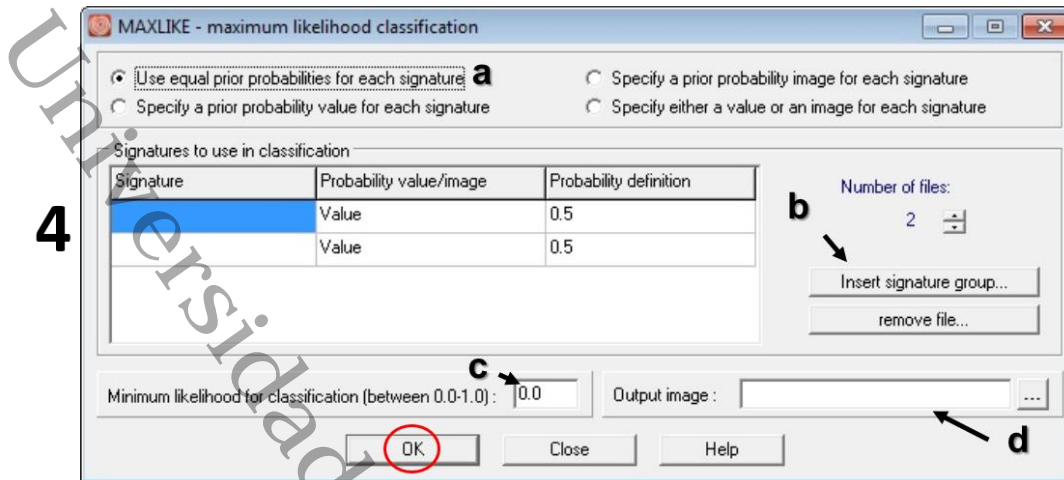
- f) Después, en la sección de la interfaz “Segment training simples”, se les asignaron el color, el número y nombre de la clase de cada segmento seleccionado, de acuerdo al tipo de cobertura o clase (urbano, cultivo, selva, ríos etc.).
- g) Por último, una vez que se seleccionaron los segmentos suficientes para cada tipo de Clase se terminó el proceso dándole clic en “Create”. El resultado fue la creación de un grupo de archivos derivado de cada una de las clases.



4. **MAXLIKE:** Al igual que el módulo anterior antes de iniciar este proceso primero se crea una imagen en el Módulo MAXLIKE que servirá para ejecutar el SEGCLASS. La ruta a seguir en el programa será la siguiente: IDRISI Image Processing/Hard Classifier/ MAXLIKE.

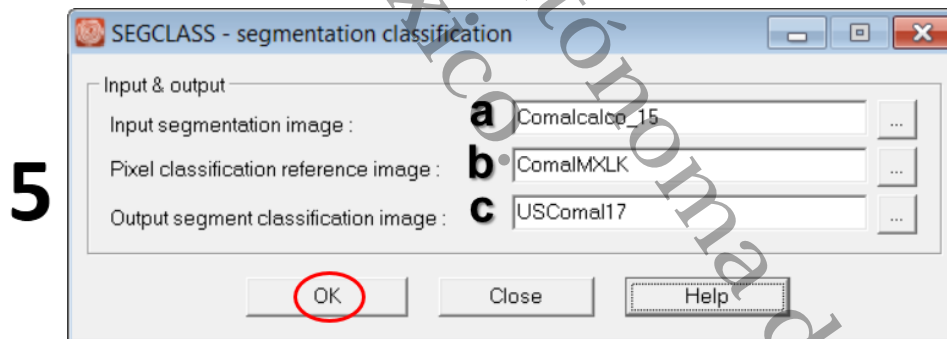
- a) Para el proceso de este trabajo se utilizó la casilla “Use equal prior probabilities for each signature” en cual se le asigna una probabilidad equitativa a priori a cada firma.
- b) Posteriormente se insertaron los archivos derivados del SEGTRAIN, los cuales corresponden a los tipos de clases resultantes de la clasificación.
- c) Por último se dejó el valor de probabilidad recomendado por los autores (es decir, 0), para indicar que en cada píxel se le asigna la clase con la más alta probabilidad;
- d) y se le asignó el archivo de salida en la casilla “Output image”, para concluir con el proceso.





5. **SEGCLASS** La ruta para ejecutar este paso fue en IDRISI Image Processing/ Segmentation Classifiers/ SEGCLASS.

- a) Primero se insertó la imagen derivada del módulo SEGMENTATION en el recuadro de “*Input sementation image*”.
- b) En el recuadro “*Pixel classification reference image*”, se insertó la imagen derivada del MAXLINE.
- c) Por último se le agregó el nombre del archivo final.





Anexo II. Entrevista aplicada para localizar monos en los agrosistemas de cacao.

ENTREVISTA

Nº Entrevista: _____ Punto GPS: _____ Fecha: _____ Municipio: _____
 Localidad (donde vive): _____
 Nombre (si lo quiere proporcionar): _____ Sexo: F M
 Ocupación: _____ Edad: _____ Entrevistador: _____

1. ¿Ha visto monos en los alrededores de su comunidad?

- a) Si (indique cuál de las láminas) Lámina 1: _____ Lámina 2: _____
 b) No
 c) Anteriormente (indique cual de la lámina) Lámina 1: _____ Lámina 2: _____

2. ¿Dónde los vio?

3. ¿Cuándo fue la última vez que los vio?

4. ¿En qué temporada y frecuencia en que llegan los monos?

5. ¿Los ha visto alimentarse?

- a) Si _____ ¿Qué comen?: _____
 b) No _____ (Pase a la pregunta 6)

6. ¿Los ha escuchado aullar?

- a) Si _____ ¿A qué hora del día?: _____
 b) No _____ (Pase a la pregunta 6)

7. ¿Le gusta que haya monos en esta comunidad?

- a) Si _____
 b) No _____

8. ¿Sabía usted que el mono aullador es una especie en peligro de extinción y/o protegido por la ley?

- a) Si _____
 b) No _____

9. ¿Usted estaría de acuerdo en ayudar a proteger a los monos?

- c) Si _____
 d) No _____

Notas y comentarios:



Anexo III: Ejemplo de láminas con imágenes de primates

Lámina 1

¿Cual de estos monos ha visto en su comunidad?



Lámina 2

¿Cual de estos monos ha visto en su comunidad?



Nota: Las láminas eran a color en tamaño carta (21.6 x 27.9)



Anexo IV. Atributos de los registros de monos encontrados en el municipio de Comalcalco y sus alrededores.

ID	Coordenadas UTM		Municipio	Comunidad/Referencia	Registro	Vegetación	ID * Fragmento	Tamaño del fragmento	Número de Individuos **	Categoría de Idoneidad	
	X	Y								Multi-Criterio	Nicho Ecol.
1	471147	2023641	Comalcalco	Zapotal 3ra	Avistamiento	Cacao	47	58.19	4	Muy Baja	Alta
2	472065	2023899	Comalcalco	Zapotal 3ra	Avistamiento	Cacao	45	24.5	18	Media	Alta
3	457289	2027240	Comalcalco	Transito Tular (Col. Las Ilusiones)	Avistamiento	Cacao	51	39.59	5	Muy Baja	Media
4	457513	2026932	Comalcalco	Transito Tular (Col. Las Ilusiones)	Avistamiento	Cacao			10	Muy Baja	Alta
5	456789	2029395	Comalcalco	Transito Tular	Rastros olfativos	Cacao	55	10.97	-	Muy Baja	Baja
6	457005	2028453	Comalcalco	Transito Tular	Conocimiento	Cacao	54	69.07	-	Muy Baja	Alta
7	457256	2028055	Comalcalco	Transito Tular	Conocimiento	Cacao	52	131.17	-	Muy Baja	Media
8	475155	2019672	Comalcalco	Sur 5ta (Finca la Luz)	Avistamiento	Cacao	34	31.01	21	Baja	Alta
9	475657	2019633	Comalcalco	Sur 5ta (Finca la Luz)	Avistamiento	Cacao			28	Baja	Alta
10	474717	2012799	Comalcalco	Sur 1ra	Avistamiento	Cacao	10	74.97	4	Baja	Media
11	471387	2014743	Comalcalco	Sargento López	Avistamiento	Cacao	13	10.27	6	Muy Baja	Media
12	469323	2018169	Comalcalco	Reyes Hernández 1ra	Avistamiento	Cacao	30	67.48	8	Muy Baja	Alta
13	472671	2015883	Comalcalco	Reyes Hernández 3ra	Avistamiento	Cacao	18	55.99	4	Muy Baja	Media
14	487827	2020197	Comalcalco	Paso Cupilco	Avistamiento	Cacao	39	18.15	3	Baja	Media
15	474939	2009037	Comalcalco	Oriente 6ta	Avistamiento	Cacao	2	43.33	5	Muy Baja	Media
16	475173	2008617	Comalcalco	Oriente 6ta	Rastros Auditivo	Cacao	1	7.81	-	Muy Baja	Baja
17	477537	2011497	Comalcalco	Oriente 4ta	Avistamiento	Cacao	7	146.61	8	Muy Baja	Media
18	476373	2011143	Comalcalco	Oriente 4ta	Avistamiento	Cacao			15	Baja	Media
19	478131	2015253	Comalcalco	Oriente 1ra (Carr. Comalcalco-Vhsa)	Avistamiento	Cacao	16	73.85	37	Baja	Media
20	476043	2013765	Comalcalco	Oriente 5ta	Avistamiento	Cacao	14	247.39	19	Baja	Alta
21	478479	2021103	Comalcalco	Norte 1ra (Zona Arqueológica)	Avistamiento	Cacao	42	119.35	17	Muy Baja	Alta
22	478089	2021691	Comalcalco	Norte 1ra (Finca Cholula)	Avistamiento	Cacao			30	Baja	Alta
23	454761	2014479	Comalcalco	Naranjal	Avistamiento	Cacao	12	3.45	5	Baja	Baja
24	469323	2019087	Comalcalco	Miguel Hidalgo (La isla)	Avistamiento	Cacao	32	26.79	5	Muy Baja	Alta
25	467235	2018811	Comalcalco	Miguel Hidalgo	Avistamiento	Cacao	29	3.91	-	Muy Baja	Alta
26	452073	2022987	Comalcalco	Guayo 2da	Avistamiento	Cacao	44	7.72	11	Muy Baja	Media
27	457485	2022471	Comalcalco	Guayo 1ra	Avistamiento	Cacao	43	37.81	2	Muy Baja	Baja
28	467559	2019765	Comalcalco	Gregorio Méndez	Avistamiento	Cacao	37	12.91	15	Muy Baja	Alta
29	468159	2019417	Comalcalco	Gregorio Méndez	Avistamiento	Cacao	33	8.9	15	Muy Baja	Alta
30	461373	2019735	Comalcalco	Francisco I Madero 2da	Avistamiento	Cacao	38	17.88	4	Muy Baja	Alta
31	461907	2018517	Comalcalco	Francisco I Madero 2da	Avistamiento	Cacao	27	6.59	8	Muy Baja	Alta
32	458127	2021487	Comalcalco	Emiliano Zapata 1ra	Avistamiento	Cacao	41	47.65	15	Muy Baja	Media
33	458139	2021025	Comalcalco	Emiliano Zapata 1ra	Avistamiento	Cacao			12	Muy Baja	Alta
34	455325	2019765	Comalcalco	Emiliano Zapata 2da	Avistamiento	Cacao	40	34.42	22	Baja	Alta
35	464599	2019580	Comalcalco	Col. Tecolutilla-Aldama	Conocimiento	Cacao	36	25.84	-	Muy Baja	Alta
36	462237	2025135	Comalcalco	Cocohital 1ra	Avistamiento	Cacao	48	21.08	12	Baja	Alta
37	479247	2018763	Comalcalco	Chichicapa	Avistamiento	Cacao/Achual	28	16.75	7	Media	Baja

ID	Coordenadas UTM		Municipio	Comunidad/Referencia	Registro	Vegetación	ID * Fragmento	Tamaño del fragmento	Número de Individuos **	Categoría de Idoneidad	
	X	Y								Multi-Criterio	Nicho Ecol.
38	454581	2016069	Comalcalco	Carlos Greene 4ta	Avistamiento	Cacao	19	48.82	17	Muy Baja	Alta
39	454635	2016561	Comalcalco	Carlos Greene 4ta	Avistamiento	Cacao			10	Muy Baja	Alta
40	454281	2016447	Comalcalco	Carlos Greene 4ta	Avistamiento	Cacao	22	41.28	14	Muy Baja	Baja
41	453927	2016063	Comalcalco	Carlos Greene 4ta	Avistamiento	Cacao	17	34.82	33	Muy Baja	Media
42	453231	2016171	Comalcalco	Carlos Greene 1ra (Col. La Esperanza)	Avistamiento	Cacao			7	Muy Baja	Media
43	452459	2017515	Comalcalco	Carlos Greene 1ra (Rancho Sn Fernando)	Rastros auditivo	Cacao	24	10.01	-	Media	Alta
44	453669	2017221	Comalcalco	Carlos Greene 1ra (Rancho Sn Fernando)	Rastros auditivo	Achual	58	34.05	-	Muy Baja	Alta
45	450873	2015211	Comalcalco	Carlos Greene 1ra (Col. Valenzuela)	Avistamiento	Achual	57	3.31	8	Muy Baja	Alta
46	451527	2014809	Comalcalco	Carlos Greene 1ra (Col. El Limón)	Avistamiento	Cacao	15	18.19	8	Muy Baja	Baja
47	452055	2016861	Comalcalco	Carlos Greene 1ra	Avistamiento	Cacao	20	15.53	10	Baja	Alta
48	451737	2016801	Comalcalco	Carlos Greene 1ra	Avistamiento	Cacao	21	6.2	16	Baja	Media
49	456219	2017635	Comalcalco	Arrollo Hondo 3ra	Avistamiento	Cacao	25	10.02	13	Muy Baja	Alta
50	462087	2017383	Comalcalco	Aldama (Col. Occidente)	Avistamiento	Cacao	23	21.09	25	Baja	Media
51	461865	2017280	Comalcalco	Aldama (Col. Occidente)	Avistamiento	Cacao			4	Muy Baja	Alta
52	464031	2017833	Comalcalco	Aldama (Carretera Aldama-Tecolutilla)	Rastros Olfativo	Cacao	26	24.32	-	Muy Baja	Alta
53	459867	2009733	Cunduacán	Libertad 5ta	Conocimiento	Cacao	4	30.33	-	Muy Baja	Media
54	465099	2013621	Cunduacán	Ejido Reforma	Avistamiento	Cacao	11	8.63	9	Media	Media
55	447561	2009853	Cárdenas	Francisco I Madero (Poblado C9)	Avistamiento	Cacao	5	51.61	12	Muy Baja	Baja
56	444681	2019375	Cárdenas	Santuario 1ra	Avistamiento	Cacao	35	31.57	16	Muy Baja	Media
57	444537	2019183	Cárdenas	Santuario 1ra	Avistamiento	Cacao	31	27.73	9	Muy Baja	Nula
58	453099	2010765	Cárdenas	Santana 3ra	Avistamiento	Cacao	9	86.22	2	Muy Baja	Media
59	456027	2008785	Cárdenas	Santana 3ra	Avistamiento	Cacao	3	104.76	2	Muy Baja	Media
60	450561	2012463	Cárdenas	Poza Redonda 3ra	Avistamiento	Cacao	8	14.3	8	Muy Baja	Alta
61	483471	2011683	Jalpa de Méndez	Huapacal 1ra	Avistamiento	Cacao	6	11.32	12	Muy Baja	Baja
62	478983	2030841	Paraíso	Politécnico	Conocimiento	Cacao	56	36.74	-	Baja	Baja
63	480951	2028423	Paraíso	Palestina	Avistamiento	Cacao	53	102.07	2	Muy Baja	Nula
64	480639	2027961	Paraíso	Palestina	Avistamiento	Cacao			1	Media	Baja
65	483009	2023893	Paraíso	Libertad 1ra	Avistamiento	Cacao	46	82.28	3	Media	Baja
66	482475	2023557	Paraíso	Libertad 1ra	Rastros excretas	Cacao			-	Media	Baja
67	477175	2027321	Paraíso	Francisco I Madero	Conocimiento	Cacao	50	298.58	-	Baja	Media
68	480765	2025765	Paraíso	Carretera Entrada al Chivero	Conocimiento	Cacao	49	163.62	-	Baja	Media


* Grupos que comparten el mismo fragmento.

** Solo contiene información de los registros por observación directa.

Las celdas en color gris representan los sitios donde se obtuvieron los resultados menos favorables en ambos modelos.


Anexo V. Desarrollo del Modelo Multi-Criterio en el programa TerrSet.


Para construir los factores del modelo se utilizó el mapa de uso de suelo obtenido en el primer capítulo. De este mapa se obtuvo boléanos para cada variable.

Para iniciar con el proceso en el programa se accionó el icono del SDM  en la barra de herramientas del programa.

1. **VARIABLES:** En la ventana primero se insertaron los factores seleccionando en la pestaña *Decision Variables* la opción *Add variable*.

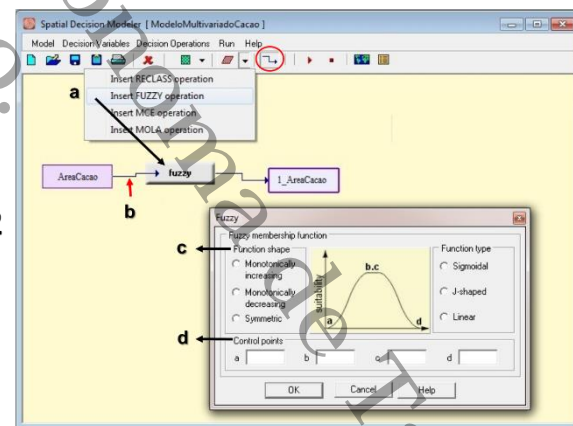
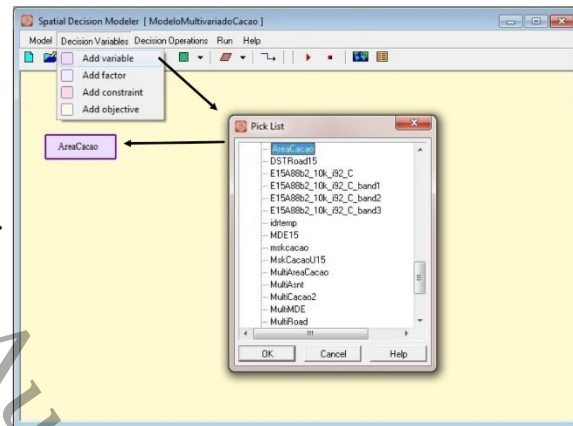
2. MÓDULO FUZZI

a) Para esto se insertó la función FUZZI desde el ícono , en la interfaz del *Spatial Decision Variables*, seleccionando la opción *Insert FUZZY operation*.

b) y se enlazó utilizando el botón *connect* con la flecha  en la barra de herramienta con el criterio antes insertado.

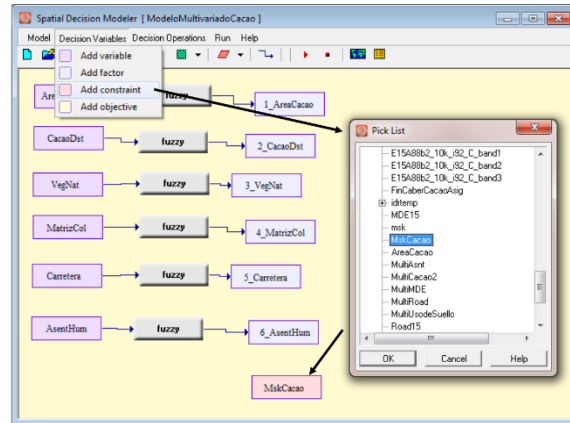
c) Posteriormente, para crear las combinaciones del análisis del Multi-criterio se asignó el rango de permanencia seleccionando la forma y el tipo de función correspondiente para el factor.

d) Así mismo se asignó los valores para los puntos de control. Ambas dinámicas (1 y 2) se aplicaron a los seis factores que se utilizaron para el desarrollo análisis Multi-criterio.




3. **RESTRICCIÓN:** Siguiendo la misma dinámica que se utilizó para los factores, la restricción se insertó desde la pestaña *Decision Variables*, pero esta vez seleccionando el botón *Add constraint*. A diferencia de los factores, las restricciones tienen un rango de permanencia difusa de 0 o 1, por lo que no se le aplica ninguna función (Eastman 1993).

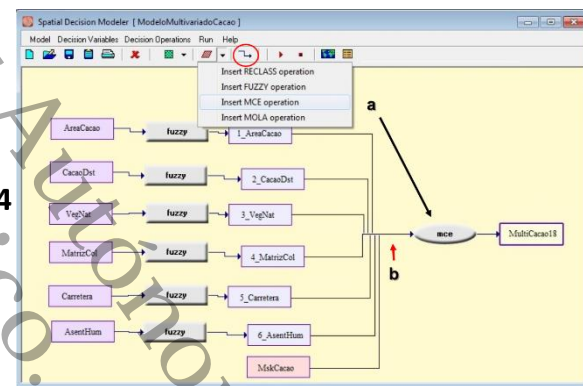
3




4. **MÓDULO MCE** Después se aplicó el módulo MCE a todos los criterios para obtener el mapa con las áreas.

- a) Para esto se insertó la función seleccionado el siguiente botón  en la interfaz del *Spatial Decision Variables*, seleccionado la opción *Insert MCE operation*.

4



- b) Posteriormente con el botón *connect*  se enlazaron las imágenes resultantes del módulo FUZZY (mapas vectoriales) al módulo MCE.

5. **WEIGHT:** El siguiente paso fue ponderar los factores de acuerdo al peso que se consideraron con las mejores características que ayuden a la subsistencia de los monos.

- a) Para esto se activó la interfaz *Multi-Criteria Evaluation* dándole clic derecho en el icono de la función MCE. El siguiente paso fue introducir los pesos a cada criterio en la matriz de comparación.
- b) A continuación se calcula la consistencia mediante el módulo *WEIGHT*, dándole clic en el botón *Calculate Weights*.
- c) Cuando el cálculo resultó inconsistente se recalculó la matriz hasta lograr un resultado lo más cercano a 0.00 posible. Después seleccionó la opción *Medium decisión risk / no tradeoff* en el apartado *Aggregation option*,





d) y se dio clic en el botón *Calculate weights using AHP*, para calcular los pesos con el algoritmo *Proceso de Análisis Jerárquico* (d). Al final se dio clic en el botón OK.

5

The screenshot shows the 'Multi-Criteria Evaluation' window with a pairwise comparison matrix and a 'Module Results' window. The matrix compares factors: 6_AsentHum, 5_Carretera, 4_MatrizCol, 3_VegNat, 2_CacaoDst, and 1_AreaCacao. The results window shows the eigenvector of weights and a consistency ratio of 0.01.

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
extremely less important									
very strongly less important									
strongly less important									
moderately less important									
equally									
moderately more important									
strongly more important									
very strongly more important									
extremely more important									

The 'Module Results' window shows the following eigenvector of weights:

Factor	Weight
6_AsentHum	0.0722
5_Carretera	0.0722
4_MatrizCol	0.0722
3_VegNat	0.3089
2_CacaoDst	0.2372
1_AreaCacao	0.2372

Consistency ratio = 0.01
Consistency is acceptable.

6. El último paso de todo el proceso es correr el modelo para obtener el mapa de idoneidad de hábitat. Para esto se da clic en el botón

6

The screenshot shows the 'Spatial Decision Modeler' window with the 'Run' button highlighted in the toolbar.



Anexo VI. Correlación de variables ambientales para el modelo de distribución

Variable	Descripción de la variable	Bio1	Bio4	Bio5	Bio6	Bio7	Bio8	Bio9	Bio10	Bio11	Bio12	Bio13	Bio14	Bio15	Bio16	Bio17	Bio18	Bio19	MDE
Bio1	Temperatura media anual (°C)	1	-0.15	0.79	0.50	-0.21	0.04	0.78	0.63	0.75	0.00	0.01	-0.05	0.00	0.03	-0.01	-0.063	0.13	-0.71
Bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar * 100)	-0.15	1	0.33	-0.88	0.98	-0.11	-0.27	0.60	-0.74	-0.29	-0.67	0.18	-0.31	-0.46	0.15	-0.039	-0.73	0.06
Bio5	Temperatura máxima del mes más cálido (°C)	0.79	0.33	1	0.13	0.23	0.08	0.76	0.78	0.37	0.20	-0.13	0.37	-0.38	0.15	0.36	0.251	-0.18	-0.51
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)	0.50	-0.88	0.13	1	-0.94	0.18	0.68	-0.31	0.94	0.50	0.61	0.09	0.03	0.64	0.13	0.276	0.62	-0.25
Bio7	Rango de temperatura anual (°C)(Bio5-Bio6)	-0.21	0.98	0.23	0.94	1	-0.15	0.40	0.58	-0.80	-0.42	-0.65	0.04	-0.17	-0.57	0.00	-0.182	-0.67	0.06
Bio8	Temperatura promedio del trimestre más lluvioso (°C)	0.04	-0.11	0.08	0.18	-0.15	1	0.24	-0.16	0.16	0.41	-0.07	0.40	-0.33	0.37	0.41	0.430	-0.12	0.11
Bio9	Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)	0.78	-0.27	0.76	0.68	-0.40	0.24	1	0.24	0.79	0.62	0.21	0.49	-0.45	0.61	0.53	0.547	0.14	-0.38
Bio10	Temperatura promedio del trimestre más cálido (°C)	0.63	0.60	0.78	0.31	0.58	-0.16	0.24	1	-0.01	-0.43	-0.39	-0.14	0.04	-0.48	-0.16	-0.332	-0.29	-0.57
Bio11	Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)	0.75	-0.74	0.37	0.94	0.80	0.16	0.79	-0.01	1	0.37	0.47	0.03	0.04	0.47	0.07	0.167	0.53	-0.45
Bio12	Precipitación anual (mm)	0.00	-0.29	0.20	0.50	-0.42	0.41	0.62	-0.43	0.37	1	0.35	0.87	-0.71	0.96	0.87	0.954	0.09	0.28
Bio13	Precipitación del mes más lluvioso (mm)	0.01	-0.67	-0.13	0.61	-0.65	-0.07	0.21	-0.39	0.47	0.35	1	-0.03	0.29	0.58	-0.08	0.087	0.91	-0.03
Bio14	Precipitación del mes más seco (mm)	-0.05	0.18	0.37	0.09	0.04	0.40	0.49	-0.14	0.03	0.87	-0.03	1	-0.92	0.73	0.99	0.947	-0.30	0.31
Bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)	0.00	0.31	-0.38	0.03	0.17	0.33	0.45	0.04	0.04	-0.71	0.29	-0.92	1	-0.51	-0.95	-0.849	0.45	-0.27
Bio16	Precipitación del trimestre más lluvioso (mm)	0.03	-0.46	0.15	0.64	-0.57	0.37	0.61	-0.48	0.47	0.96	0.58	0.73	-0.51	1	0.72	0.844	0.32	0.22
Bio17	Precipitación del trimestre más seco (mm)	-0.01	0.15	0.36	0.13	0.00	0.41	0.53	-0.16	0.07	0.87	-0.08	0.99	-0.95	0.72	1	0.963	-0.33	0.30
Bio18	Precipitación del trimestre más cálido (mm)	-0.06	-0.04	0.25	0.28	-0.18	0.43	0.55	-0.33	0.17	0.95	0.09	0.95	-0.85	0.84	0.963	1	-0.20	0.34
Bio19	Precipitación del trimestre más frío (mm)	0.13	-0.73	-0.18	0.62	-0.67	-0.12	0.14	-0.29	0.53	0.09	0.91	-0.30	0.45	0.32	-0.333	-0.20	1	-0.18
MDE	Modelo digital de elevación (msnm)	-0.71	0.06	0.51	-0.25	0.06	0.11	0.38	-0.57	-0.45	0.28	-0.03	0.31	-0.27	0.22	0.304	0.34	-0.18	1

a- Las variables en negritas son las variables que no están relacionadas entre sí, utilizados en el modelo piloto.

b- Las variables marcadas en color gris fueron utilizadas en el modelo final.

Anexo VII. Desarrollo del Modelo de Nicho Ecológico en el Programa TerrSet.

El primer paso para desarrollar el modelo fue tener todas las variables en formato *raster*. Estas contenían el mismo tipo de datos, por ejemplo: tamaño (columnas y filas), proyección, tipo de dato etc. Todas localizadas en la misma carpeta.

1. Para iniciar con el desarrollo del modelo se desplegó el set *Habitat Biodiversity Modeler*. En este set se desplegó la interfaz de *Habitat Suitability / Species Distribution Modeling*.
2. Después se seleccionó el tipo de datos de presencia en *Training data carácter*, que para este trabajo fue *Presence*.
3. A continuación se seleccionó el algoritmo para desarrollar el modelo en el apartado *Modeling approach*, en este caso MAXENT.
4. Después se seleccionó el tipo de formato de las variables ambientales, en la opción *Raster* en *Training site file type*.
5. Los datos de entrada de los registros y/o avistamientos de la presencia de monos fueron ingresados en *Input training data file*.
6. Las variables ambientales se introdujeron en el recuadro correspondiente (*Environmental variables*) y fue seleccionado el tipo de valor continuo.

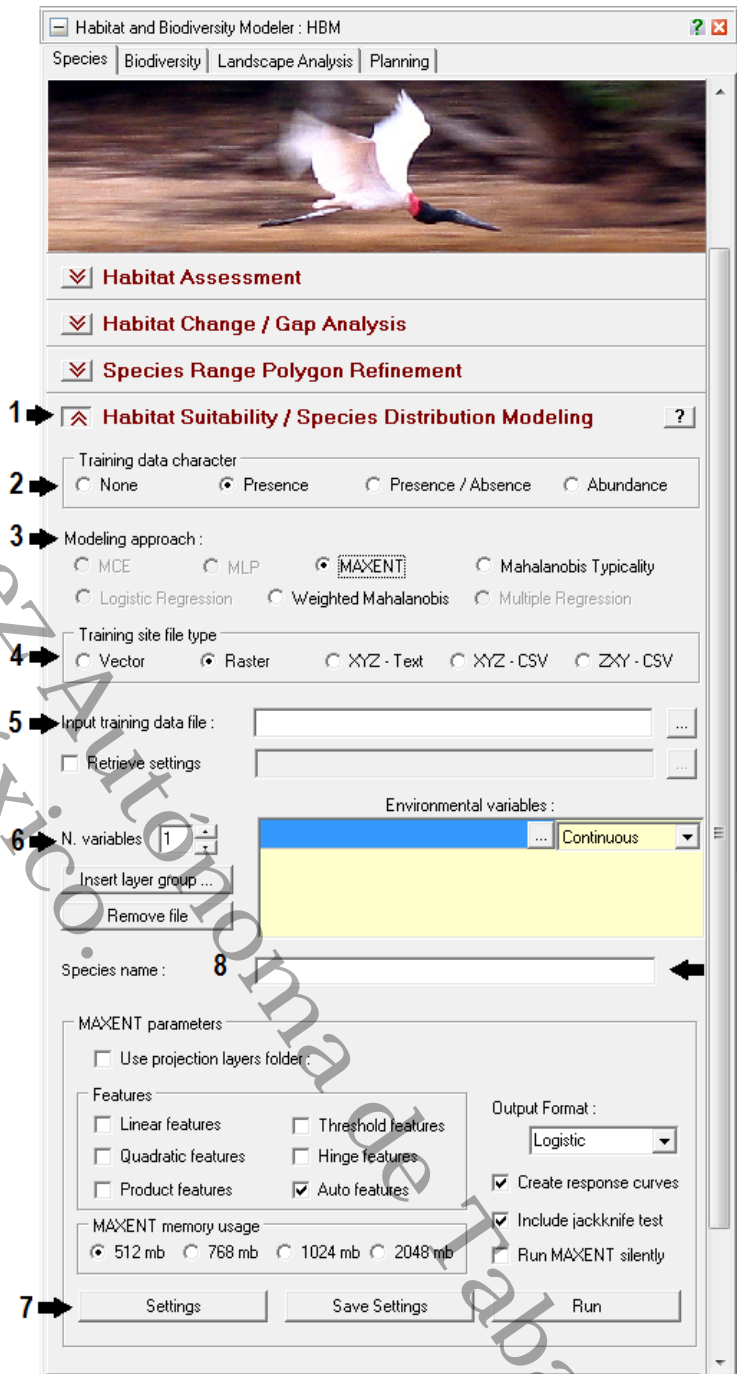


Figura A. Interfaz de *Habitat Suitability / Species Distribution Modeling*



7. Para el modelo de este estudio se utilizó el 25% de los datos para la prueba AUC. Esto se realizó seleccionando el botón *Settings* donde se despliega una ventana llamada *Maximum Entropy Parameters*. En esta ventana hay tres pestañadas; en la primera pestaña (*Basic*) en el cuadro *Random Test Percentage* colocamos 25 para el porcentaje de la prueba de AUC. Los demás parámetros se dejaron tal cual (por sugerencia de los creadores del programa) (Figura B).
8. Por último, se agregó el nombre de *Apalliata* al archivo de salida en el recuadro *Species name*. Así mismo se dejaron los parámetros dados por defecto que los creadores del programa proponen para MAXENT (Eastman, 2016) (Figura A).

Figura B. Interfaz de parámetros MAXENT.

