

Informe final* del Proyecto R062
Determinantes ambientales de la abundancia de vertebrados terrestres en la región
Lacandona: Primera fase

Responsable: Dr. Alfredo D Cuarón Orozco
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ecología
Departamento de Ecología de los Recursos Naturales
Dirección: Circuito Exterior Ciudad Universitaria, Copilco Universidad, Coyoacán,
México, DF, 04510 , México
Correo electrónico: cuaron@chico-che.ecologia.unam.mx
Teléfono/Fax: 01(43)27 2351 Fax: 01(43)27 2350
Fecha de inicio: Octubre 15, 1998
Fecha de término: Julio 31, 2001
Principales resultados: Informe final, Hoja de cálculo
Forma de citar el informe final y otros resultados:** el Cuarón Orozco, A. D., 2001. Determinantes ambientales de la abundancia de vertebrados terrestres en la región Lacandona: Primera fase. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R062.** México D. F.
Forma de citar hoja de cálculo: Cuarón Orozco, A. D., 2001. Determinantes ambientales de la abundancia de vertebrados terrestres en la región Lacandona: Primera fase. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. **Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. R062.** México D. F.

Resumen:

Es necesario contar con información básica sobre la abundancia de vertebrados terrestres, y los factores naturales y antropogénicos que afecta esta abundancia, para diseñar y desarrollar programas de manejo fundamentados (para protección, aprovechamiento o control). El objetivo principal con este proyecto es evaluar los determinantes ambientales, tanto naturales como antropogénicos, que influyen en la abundancia de los vertebrados terrestres (mamíferos >0.5 kg y aves frugívoras) en la región Lacandona. Son objetivos particulares: (1) Determinar la riqueza de especies de las comunidades de vertebrados terrestres, su abundancia y preferencias de hábitat en sitios con diferentes unidades geomorfológicas (e.g., llanuras aluviales, meandros viejos, lomeríos bajos en areniscas y montañas kársticas), tanto en áreas de selva continua como con mosaicos de vegetación transformada; (2) Determinar cuáles son las especies indicadoras más útiles (para el seguimiento con fines de conservación; sensu Noss, 1990) en los diferentes tipos de cobertura vegetal y uso de suelo; y (3) Proporcionar información sobre la abundancia de los vertebrados terrestres, que en conjunto con información sobre cambios en disponibilidad de hábitat y explotación en el sur de México (Cuarón, 1997), permita evaluar de manera más objetiva la situación de conservación real de un número importante de especies incluidas en la NOM-059-ECOL-1994, o que son candidatas a ser incluidas en esa forma. Se utilizará como base para el trabajo de campo la Estación de Chajul, en el sur de la región Lacandona. Se emplearán una multitud de métodos complementarios para documentar la presencia y estimar la abundancia de vertebrados terrestres

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL

Proyecto R062

**Determinantes ambientales de la abundancia de
vertebrados terrestres en la región Lacandona:**

Primera fase.

Responsable del proyecto:

Dr. Alfredo D. Cuarón

Departamento de Ecología de los Recursos Naturales
Instituto de Ecología, UNAM
Antigua carretera a Pátzcuaro No. 8701
Col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta
Morelia, Michoacán, 58190

Fax: (4) 3222719 Tel: (4) 3222786 y (5) 6232786

Contenido

| | | |
|----|--|-----------|
| | Resumen- | iii |
| | Participantes del proyecto..... | iv |
| 1 | Introducción | 1 |
| 2 | Objetivo | 1 |
| 3 | Actividades desarrolladas..... | 2 |
| 4 | Contratiempos..... | 6 |
| 5 | Actividades no desarrolladas | 7 |
| 6 | Resultados | 7 |
| | 6.1 Variación natural y antropogénica de la abundancia..... | 8 |
| | 6.1.1 Variación natural: temporal y por unidades geomorfológicas | 9 |
| | 6.1.2 Variación antropogénica: cacería | 9 |
| | 6.2 Estimación de abundancia usando huellas..... | 10 |
| | 6.3 Experimentos con huellas | 11 |
| | 6.4 Abundancia del saraguato maya y comparación de métodos..... | 12 |
| | 6.5 Patrones de vocalización del saraguato maya | 15 |
| | 6.5.1 Variación temporal de los patrones de vocalización | 15 |
| | 6.5.2 Relaciones con patrones de vocalización | 16 |
| 7 | Conclusiones..... | 16 |
| 8 | Evaluación del proyecto..... | 18 |
| 9. | Propiedad intelectual y restricción del uso de los datos | 18 |
| 10 | Literatura citada | 19 |
| 11 | Cuadros..... | 20 |
| 12 | Figuras- | 25 |
| 13 | Anexo 1: Informe financiero..... | 39 |
| 14 | Anexo 2: Artículo publicado..... | 44 |

Resumen

La estimación de la abundancia de especies es importante para conocer la situación de conservación de las poblaciones, para definir estrategias adecuadas de manejo para las poblaciones y sus hábitats, y para evaluar la efectividad de las acciones de manejo. También es importante estimar la variabilidad natural y antropogénica de las especies y entender cuales son los determinantes ambientales de la abundancia. Para lograr eso es necesario desarrollar métodos simples, baratos y confiables.

El objetivo principal con este proyecto fue evaluar los determinantes ambientales, tanto naturales como antropogénicos, que influyen en la abundancia de los vertebrados terrestres (mamíferos >0.3 kg y aves frugívoras) en la región Lacandona. En esta fase se enfatizó el caso de los mamíferos. Se dio especial consideración a aquellas especies de interés para la conservación (especies amenazadas), que tienen importancia social y económica (fauna cinegética y especies consideradas "plaga"), así como aquellas que cumplen funciones ecológicas destacadas (por ejemplo, carnívoros, depredadores y/o dispersores de semillas).

En este informe se detallan las actividades desarrolladas durante esta fase del proyecto, se explican los contratiempos que se presentaron durante la ejecución del mismo y las actividades que no pudieron ser desarrolladas. Se presenta una colección de algunos de los resultados parciales obtenidos y analizados hasta la fecha. Se concluye con una evaluación personal de los avances del proyecto y se incluye como anexo un informe financiero.

Se presentan resultados sobre la variación natural (temporal y con relación a las unidades geomorfológicas) y antropogénica (cacería) de mamíferos medianos, obtenidos de observaciones directas y de huellas. Se reportan resultados de un experimento realizado para estimar que determina la probabilidad de establecimiento y la duración de las huellas. Se hace una comparación de varios métodos para estimar la abundancia del mono saraguato maya (*Alouatta pigra*) y se evalúan los patrones de vocalización de esa especie.

El cumplimiento de los objetivos del proyecto fue ampliamente satisfactorio. Se obtuvo información valiosa para el manejo de las poblaciones de mamíferos y sus hábitats en la Selva Lacandona y que contribuye al conocimiento universal sobre que determina la abundancia de los grandes mamíferos y sobre la ecología y comportamiento de estas especies. Se contribuyó de manera importante a la formación de recursos humanos, tanto de ayudantes de campo como de estudiantes.

Participantes del proyecto

Responsable: Dr. Alfredo D. Cuarón, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México

Asesor: Dr. Miguel Martínez-Ramos, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México

Tesistas de Licenciatura:

- Paloma Mónica Carton de Grammont Lara. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Patricia García Tello. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Christopher Arturo González Baca. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Ana María González Di Pierro. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- Ana Berta López Chávez. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. **Ayudantes de**

Campo:

- Sr. Praxedis Sinaca
- Ejido Plavón de la Gloria: Isidro "Chilo", Manuel, Melquíades, Florentino, Manuel, Salvador, Román, Gabriel, Jorge, Rosemberg, Sain, Leandro
- Ejido Boca del Río Chajul: Rafael Lombera
- Ejido Loma Bonita: Gilberto Jamangapé, Santos Jamangapé

1 Introducción

El presente informe detalla las principales actividades y algunos resultados de una de las fases iniciales de una investigación a largo plazo en la que se evaluarán los distintos aspectos de los efectos que las actividades antropogénicas (explotación y distintos tipos de perturbación de hábitat) tienen sobre la abundancia de la fauna silvestre, y el efecto que estos tienen a su vez sobre la estructura y composición de los ecosistemas tropicales y sus procesos de regeneración. Asimismo, con este proyecto se espera obtener información veraz sobre las poblaciones de especies amenazadas y aquellas que son susceptibles de aprovechamiento o aquellas cuyas poblaciones requieren ser manejadas en algún sentido. Con esto, espero contribuir con información útil para la solución de problemas ambientales, a la vez de abrir camino en áreas académicas poco desarrolladas en los trópicos, y en México en particular, y que son de gran relevancia internacional en la actualidad.

La estimación de la abundancia de especies es importante para conocer la situación de conservación de las poblaciones, para definir estrategias adecuadas de manejo para las poblaciones y sus hábitats, y para evaluar la efectividad de las acciones de manejo. También es importante estimar la variabilidad natural y antropogénica de las especies y entender cuales son los determinantes ambientales de la abundancia. Lamentablemente, los métodos para estimar poblaciones de mamíferos tropicales no están bien desarrollados ni estandarizados. Uno de los métodos más comúnmente empleados es el de trayectos en línea. El método de análisis más reconocido para los trayectos en línea (Buckland et al. 1993) requiere de un gran tamaño de muestra (20 detecciones, y preferentemente de 60 a 80 observaciones). Desafortunadamente, en el bosque tropical los mamíferos son observados con poca frecuencia. Se requiere mucho esfuerzo para obtener las observaciones necesarias, lo cual ocasiona un alto costo. Por ello es necesario desarrollar métodos simples, baratos y confiables.

En este informe se comienza por detallar el objetivo y las actividades desarrolladas durante esta fase del proyecto. A continuación se explican los contratiempos que se presentaron durante la ejecución del mismo y las actividades que no pudieron ser desarrolladas. Posteriormente se presenta una colección de algunos de los resultados parciales obtenidos y analizados hasta la fecha. Finalmente, se concluye con una evaluación personal de los avances del proyecto. Se incluye como anexo un informe financiero.

2 Objetivo

El objetivo principal con este proyecto fue evaluar los determinantes ambientales, tanto naturales como antropogénicos, que influyen en la abundancia de los vertebrados terrestres (mamíferos >0.3 kg y aves frugívoras) en la región Lacandona. En esta fase se enfatizó el caso de los mamíferos. Se dio especial

consideración a aquellas especies de interés para la conservación (especies amenazadas), que tienen importancia social y económica (fauna cinegética y especies consideradas "plaga"), así como aquellas que cumplen funciones ecológicas destacadas (por ejemplo, carnívoros, depredadores y/o dispersores de semillas).

3 Actividades desarrolladas

A continuación se destacan las actividades más importantes desarrolladas durante esta etapa del proyecto (noviembre de 1998 a marzo del 2001),

Se realizaron un total de once salidas de campo a la Estación de Biología Chajul y áreas vecinas, en la región lacandona. Se completó un total de 417 personas/día de trabajo de campo (excluyendo los días de trabajo de los ayudantes de campo locales).

Se estableció y dio mantenimiento a un sistema de senderos para el monitoreo de vertebrados terrestres y sus hábitats en las áreas adyacentes a la Estación de Biología Chajul. Estos senderos están asociados a un sistema de 14 parcelas, establecido previamente, donde se ha estado estudiando la estructura y composición de la vegetación. Las parcelas y los senderos están ubicados en las cuatro principales unidades geomorfológicas de la región: llanuras aluviales, lomeríos bajos en areniscas, zonas inundables en meandros viejos, y montañas kársticas. Con este sistema de trayectos se ha estado documentando la variabilidad natural en la abundancia de los vertebrados terrestres. Hasta la fecha se han establecido 38.6 km de senderos, los cuales están marcados cada 50 m y de los cuales se ha preparado un mapa base. Además, hay varios kilómetros más de senderos que ya han sido abiertos, pero que debido a las difíciles características del terreno y las condiciones climatológicas, no pudieron ser marcados ni se pudo recabar los datos para realizar el mapa correspondiente. Aunque se pretendía ubicar senderos tanto en la parte poco afectada por actividades humanas como en las áreas con mayores presiones humanas, dado el gran esfuerzo requerido para realizar esto y recabar datos en ambas partes y las limitantes financieras (ver abajo), se decidió concentrar el esfuerzo durante esta fase del proyecto en las áreas sin o con poca perturbación antropogénica. La información obtenida allí servirá como el control a ser comparado posteriormente con los sitios perturbados. No obstante, los sitios muestreados pueden ser divididos entre sitios no cazados y sitios con presencia de cacería, uno de los tipos de perturbación de mayor interés.

Los métodos para estimar la abundancia de vertebrados terrestres en bosques tropicales, aunque relativamente desarrollados, tienen todavía muchas limitaciones. Por ello, fue necesario dedicar parte del tiempo en este proyecto a probar o desarrollar y afinar métodos de *muestreo* para estimar la abundancia de los vertebrados terrestres. En particular, se trabajó en la formalización del *método* de triangulación de vocalizaciones de monos saraguato mayas *Alouatta pigra*

(aplicable también a otras especies que emiten vocalizaciones muy sonoras), en la formalización de métodos para estimar abundancia de especies utilizando sus huellas, y en la comparación de métodos de análisis para trayectos en línea. Adelante se proporcionan más detalles sobre esto.

Se recabaron datos sobre la abundancia de los vertebrados terrestres usando el método de trayecto en línea (transectos) empleando los senderos mencionados en el párrafo anterior. Durante éste periodo se realizó un esfuerzo de muestreo acumulado de 326 km de trayectos recorridos. La mayoría de los trayectos fueron matutinos, aunque se realizaron algunos trayectos vespertinos y se efectuaron trayectos nocturnos, aunque todavía de manera preliminar. Al realizar el muestreo de trayectos a distintas horas del día se pretende obtener más y mejor información sobre una mayor cantidad de especies.

Se utilizó el método de triangulación de vocalizaciones para evaluar poblaciones de especies que emiten llamados muy sonoros (en este caso para el saraguato maya). Se realizaron 46 horas de muestreo utilizando éste método (117 horas/estación de muestreo), el cual se ha ido ajustando a las características del lugar y a las necesidades del proyecto. Con este método se le ha dado seguimiento a la ubicación de las tropas cercanas a la Estación de Biología Chajul (un área de 800 ha). También se han tomado datos sobre la ubicación de saraguatos en otros sitios de la región. Se han realizado análisis sobre la variabilidad estacional de la frecuencia de las vocalizaciones de los saraguatos. Se encontró una gran diferencia entre las distintas épocas del año. Durante algunos de los meses, la frecuencia con la que vocalizaban los saraguatos fue tan baja que se consideró poco productivo realizar un esfuerzo adicional de muestreo mediante triangulaciones. Esta información será de gran utilidad para planear de manera más eficiente en el futuro los programas para estimar la abundancia de esta especie.

Se recopilaron datos sobre la abundancia de los vertebrados terrestres utilizando distintos métodos que se basan en señales indirectas de su presencia, en particular sus huellas. Se realizó un experimento para evaluar la probabilidad de establecimiento y la persistencia de los rastros de mamíferos en sitios con diferentes características y en distintas condiciones ambientales. También se probaron diferentes diseños de muestreo para recabar los datos de abundancia de mamíferos utilizando huellas. Además se tomaron datos sobre la superficie de los sitios con condiciones adecuadas para el establecimiento de huellas a lo largo de los senderos utilizados para los trayectos. Este trabajo servirá para optimizar el diseño de futuros muestreos y para calibrar los métodos de muestreo basados en rastros, para la estimación de la abundancia de mamíferos en selvas húmedas.

Se inició de manera preliminar el uso de trampas fotográficas para evaluar la presencia y abundancia de especies de vertebrados y para documentar su comportamiento. Utilizamos una sola cámara en una salida de campo y pudimos registrar varias especies de vertebrados, así como el comportamiento intra- en interespecífico de especies ante cadáveres de vertebrados en la selva. Esta

técnica tiene gran potencial para desarrollar estudios de vertebrados en el bosque tropical, si se usa un diseño de muestreo adecuado y se cuenta con suficientes cámaras. Puede ser particularmente útil para obtener información sobre especies crípticas que no es posible o es difícil estudiar de otro modo. Esperamos poder adquirir suficientes cámaras en el futuro para ampliar esta faceta del proyecto.

Se realizaron observaciones preliminares sobre la ecología y comportamiento del saraguato negro y se pusieron a prueba los métodos de muestre. Con estas observaciones se pretende obtener información más fina que pueda explicar que determina la abundancia de esta especie amenazada en áreas naturales y áreas con presiones antropogénicas, Aunque este tipo de observaciones no estaban previstas en el proyecto original presentado a la CONABIO, se consideró que dado el avance positivo en los distintos aspectos del proyecto, era adecuado continuar con esta nueva etapa.

Se recabaron datos en las 14 parcelas de vegetación sobre la fenología de los árboles con diámetro a la altura del pecho mayor de 10 cm. Se han estado recabando estos datos mensualmente desde el mes de abril de 1999. Se entrenó a una persona de la localidad para que tome los datos fenológicos y le pueda dar continuidad a esta parte del proyecto con un menor costo. Esta parte del trabajo se realizó con financiamiento de fuentes ajenas a la CONABIO, pero complementan el trabajo realizado en el proyecto. Con la información obtenida en el futuro podremos analizar la relación entre la disponibilidad de alimentos y la abundancia de la fauna.

Las ideas desarrolladas en este proyecto con relación al uso de los rastros para estimar la abundancia de mamíferos tropicales sirvieron para la estructuración de un artículo que ya fue publicado:

Carrillo, E, G. Wong, y A.D. Cuarón. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology* 14: 1574-1579.

En este artículo, del cual se adjunta una copia, se compara la abundancia de mamíferos grandes y medianos en áreas naturales protegidas con distintas restricciones en cuanto al uso de recursos y distintos grados de protección. Aunque los datos fueron recopilados anteriormente, en áreas naturales protegidas de Costa Rica, las ideas desarrolladas para este proyecto fueron críticas para la elaboración de este artículo. Este trabajo fue presentado también en el IV Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y Conservación, celebrado en Panamá (2000), y en el V Congreso Nacional de Mastozoología que tuvo lugar en Mérida (2000). La participación en congresos no fue financiada con fondos de CONABIO.

Se efectuaron varias conversaciones con miembros de la "Comunidad Lacandona" (choles, tzeltales y lacandones) sobre los proyectos de investigación que desarrollamos en la región y sobre sus necesidades de información para el

manejo de recursos naturales. Con los funcionarios del gobierno federal responsables del manejo de las áreas protegidas en la región lacandona se discutieron las necesidades de información científica para el manejo de recursos naturales en la región y las posibilidades interacción con mi programa de investigación.

Se realizó una visita al Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic, Guatemala. Esta visita, que no fue financiada con fondos de CONABIO, fue realizada para asesorar a un estudiante guatemalteco (Universidad de San Carlos de Guatemala) y para obtener información comparativa al trabajo que se realiza en Chajul.

Se ha invertido un esfuerzo considerable en el entrenamiento de estudiantes y asistentes de campo en los temas centrales del proyecto. Se realizaron más de diez seminarios académicos para el entrenamiento de estudiantes de licenciatura y posgrado, además de discusiones cotidianas sobre los temas relacionados al proyecto. Cinco estudiantes de licenciatura (tres de la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, una de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y una de la Universidad Nacional Autónoma de México) han estado participando activamente en el proyecto realizando sus investigaciones de tesis, y algunos piensan continuar con sus estudios de posgrado trabajando en temas relacionados al proyecto. Los títulos de las tesis que están próximas a concluirse son:

- González Baca, C.A. Variación natural y antropogénica de la abundancia de mamíferos silvestres en la Selva Lacandona. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- García Tello, P. Patrones de establecimiento y duración de huellas de mamíferos bajo distintas condiciones ambientales: un estudio experimental. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- López Chávez, A.B. Abundancia del mono saraguato maya *Alouatta pigra* en la Selva Lacandona: comparación de métodos. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- González Di Pierro, A.M. Patrones de vocalización del mono saraguato maya (*Alouatta pigra*) en la Selva Lacandona. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Carton de Grammont Lara, P.M. Evaluación de sistemas de categorización de especies amenazadas: una propuesta ejemplificada con los mamíferos del sur de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Se presentaron trabajos con los mismos títulos en el V Congreso Nacional de Mastozoología, celebrado en Mérida (2000). Los trabajos de González Baca,

González Di Pierro y Cartón de Grammont obtuvieron cada uno mención honorífica en el concurso de presentaciones orales de estudiantes de licenciatura de ese congreso. Los mismos trabajos fueron presentados en el XVII Simposio sobre Fauna Silvestre, celebrado en la Ciudad de México.

4 Contratiempos

Fue necesario posponer la primera salida de campo, programada para fines de noviembre de 1998, debido a que la Estación de Biología Chajul se inundó como consecuencia de las fuertes lluvias provocadas para el huracán Mitch. La estación sufrió graves daños, por lo que estuvo cerrada por un largo periodo mientras era rehabilitada. La primera salida de campo finalmente se realizó a partir del 17 de febrero de 1999.

Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A.C., la organización no gubernamental encargada de la administración de la Estación de Biología Chajul, decidió incrementar la cuota personal de estancia en la estación de \$25 a \$150 por noche (1999), y a partir de enero del 2000 a \$170 por noche. Con este nuevo incremento, la cuota de la estación es 580% mayor que lo que era a principios de 1999 (y evidentemente en 1998, cuando el proyecto fue aprobado por la CONABIO). Estas circunstancias afectaron negativamente el desarrollo del proyecto al restringir el número de días que se podía trabajar en el campo. Debido a las restricciones financieras impuestas por el incremento en el costo de la estancia en la estación, fue necesario modificar el plan de trabajo originalmente propuesto y dejar pendientes algunas fases de la investigación (ver abajo). En primera instancia se decidió concentrar el trabajo principalmente en la Reserva de la Biosfera Montes Azules y no tanto del otro lado del río Lacantúm, en la región de Marqués de Comillas. Además se consiguió algún equipo de campo prestado por parte de investigadores de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y del Instituto de Ecología de la UNAM. Por ello, y con la aprobación de la CONABIO, parte de los fondos dispuestos para la compra de equipo se pudieron asignar para el trabajo de campo.

El 16 de marzo de 1999, durante el viaje de Morelia a la Estación de Biología Chajul, fuimos asaltados por dos o tres sujetos armados que detuvieron al autobús en el que nos transportábamos. El suceso ocurrió cerca del poblado de Flor de Cacao, en la región de Marqués de Comillas, Chiapas, aproximadamente a un kilómetro de un retén militar. El hecho fue muy traumático para los cuatro miembros del grupo de investigación que viajábamos, aunque afortunadamente, fuera del susto y unos cuantos cientos de pesos que nos quitaron, el suceso no pasó a más. Una colega que viajó unos días después que nosotros, también fue asaltada en circunstancias semejantes y, aparentemente, en el mismo sitio. Estos eventos ejemplifican las condiciones de inseguridad que prevalecen en la zona de estudio y que ponen en riesgo a los participantes en el trabajo de campo.

5 Actividades no desarrolladas

Los objetivos esenciales de este proyecto se cumplieron satisfactoriamente y con creces. Sin embargo hubo algunas actividades que no pudieron desarrollarse por las limitantes financieras ocasionadas por el incremento en el costo de la estancia en la Estación de Biología Chajul. Como ya se menciono se debió enfatizar el trabajo en la Reserva de la Biosfera Montes Azules y solamente se inició el trabajo en las zonas más perturbadas de Marqués de Comillas. Además, no se pudo realizar la estimación de abundancia de especies mediante el uso de reproducciones de las grabaciones de sus cantos, ya que los fondos dispuestos para la compra del equipo necesario se utilizaron para el trabajo de campo. El equipo se acaba de adquirir recientemente con fondos de otra fuente (UNAM), por lo que en cuanto se tenga financiamiento para el trabajo de campo se podrá realizar esa fase del proyecto.

6 Resultados

En las secciones anteriores ya se señaló cuales fueron las principales actividades desarrolladas durante el periodo de noviembre de 1998 a marzo del 2001. A continuación se presenta una colección de los resultados obtenidos y analizados hasta ahora. Con ésta información se están preparando cuatro tesis de licenciatura (ver arriba) y varios artículos que serán enviados a revistas internacionales arbitradas. La información será útil además para un quinta tesis de licenciatura y otros artículos internacionales. Cada uno de ellos tendrá una estructura completa (introducción, métodos, resultados y demás), pero aquí se reportan solamente algunos de los aspectos esenciales de los resultados. A medida que se vayan concluyendo las tesis y que los artículos se vayan publicando, éstos se harán llegar a la CONABIO. Asimismo la información se hará llegar a los habitantes del área donde hemos estado trabajando y a las autoridades relevantes, como son las de las diferentes áreas protegidas en la región lacandona.

Como se mencionó arriba, el trabajo se ha concentrado durante esta fase del trabajo en las zonas con menor perturbación antropogénica, particularmente en aquellas que mantienen su cobertura vegetal original y sin asentamientos humanos. La información obtenida servirá como base (testigo) para cuando en fases posteriores del proyecto se obtengan datos en las áreas mas severamente afectadas por las actividades humanas, y evaluar cuales han sido los efectos antropogénicos sobre las poblaciones animales.

Los datos se recopilaron tanto durante la época de lluvias como en la época seca. Se recabó información en las cuatro principales unidades geomorfológicas de la región: llanuras aluviales, lomeríos bajos en areniscas, zonas inundables en meandros viejos, y montañas kársticas. Todas éstas unidades están cubiertas por selva perennifolia, aunque la composición y estructura de la selva difiere entre las

unidades geomorfológicas (M. Martínez-Ramos, datos no publicados). Adicionalmente, se encuentran áreas pequeñas de vegetación sabanoide en los lomerios bajos en areniscas. En adelante me referiré a estas unidades geomorfológicas también como unidades de paisaje. Se consideraron también en la recopilación de datos zonas cazadas y zonas sin presión de cacería. Se tomaron datos sobre la abundancia de los vertebrados terrestres (particularmente grandes mamíferos) utilizando varios métodos complementarios. Se avanzó en la estimación de la abundancia de los mamíferos, pero también en la evaluación y depuración de distintos métodos de muestreo. Aquí se presentan algunos resultados sobre el trabajo realizado con trayectos en línea (transectos), sobre la observación de huellas a lo largo de los mismos, y el registro de los ritmos y la triangulación de las vocalizaciones de los saraguatos negros (*Alouatta pigra*) para estimar su abundancia. Se incluyen además información que hemos recabado para afinar o desarrollar métodos de estimación de abundancia de vertebrados. Esto incluye un experimento para evaluar las probabilidades de establecimiento y duración de huellas en distintas condiciones ambientales y la comparación de distintos métodos de análisis para los trayectos en línea.

6.1 Variación natural y antropogénica de la abundancia

En total realizamos 103 recorridos en los trayectos, acumulando 326 km. Con el muestro de trayectos se registraron durante el estudio un total de 12 especies de mamíferos grandes (Cuadro 1). Además se observaron otras seis especies fuera de los muestreos de trayecto (tiacuachillo dorado, *Caluromys derbianus*, martucha, *Potos flavus*, viejo de monte, *Eira barbara*, grison, *Galictis vittata*, puma, *Puma concolor*, leoncillo, *Herpailurus yagouaroundi*, y tepezcuintle, *Cuniculus paca*). El número total de eventos de detección (individuos o grupos, en el caso de especies gregarias) durante los trayectos fue de 74. Esto implica el registro de 2.3 ± 0.3 (error estándar, ES) mamíferos (individuos o grupos - en adelante, avistamientos) por cada 10 kilómetros recorridos. La abundancia de cada especie se reporta en el Cuadro 1.

Con el fin de determinar que tan completo fue el inventario de especies que se obtuvo con los trayectos en línea se calcularon curvas de acumulación de especies (Fig. 1). Es evidente que de seguir invirtiéndose esfuerzo de muestreo se continuaría registrando especies adicionales. Utilizando un estimador de riqueza de especies (ACE) se detectó que con el esfuerzo de muestreo invertido (326 km) se debieron haber registrado 24.5 especies - el doble de las realmente observadas. Además, la curva aún no alcanzaría la asíntota.

Para estimar la densidad con el método de trayecto en línea es necesario obtener muestras considerables (Buckland et al. 1993). De las doce especies encontradas durante los trayectos sólo fue posible estimar la densidad poblacional con éste método para dos de ellas: *A. pigra* y *A. geoffroyi*. La densidad estimada con este método para *A. pigra* fue de 0.82 ± 0.49 grupos/km² (E.S.) y para *A. geoffroyii* de 1.78 ± 0.64 grupos/km².

6.1.1 Variación natural: temporal y por unidades geomorfológicas

En temporada de lluvias recorrimos 193 km y realizamos un total de 46 avistamientos (2.4 ± 0.41 avistamientos/10 km), repartidos en 11 especies distintas. En la temporada seca registramos 28 animales de 7 especies, en 133 km (2.1 ± 0.42 avistamientos/10 km). No existieron diferencias significativas en el número de mamíferos observados en las dos épocas. No obstante, con un mismo esfuerzo de muestreo se pueden registrar más especies en tiempo de lluvias que en la temporada seca (Fig. 2). No hubo diferencias significativas entre la diversidad de especies en la época de lluvias (índice de Shannon, $H' = 1.93$) y la *seca* ($H' = 1.64$) ($t_{005} (2) = 1.617$; $p = 0.11$). Asimismo, la abundancia de ninguna de las especies registradas difirió entre la época seca y la de lluvias (Pruebas de Mann-Whitney; Fig. 3).

Al considerar la variación en la riqueza de especies entre las diferentes unidades de paisaje se encontraron diferencias importantes. La riqueza de especies fue mayor en las zonas aluviales e inundables (7 especies en cada caso) y fue menor en las áreas sabanoides (1 especie) (Cuadro 2). La diversidad de especies en las áreas sabanoides ($H' = 0$) también fue contrastante con la de las otras áreas ($H' = 1.22-1.77$).

Agrupando las observaciones de todas las especies para determinar la abundancia de mamíferos en cada unidad de paisaje, obtuvimos la tasa más alta de observaciones en las zonas kársticas (4 ± 1.3 avistamientos/10 km). El segundo valor más alto fue el de la sabana (3.3 ± 3.3 avistamientos/10 km), aunque éste representa observaciones atípicas. La menor abundancia la encontramos en los lomeríos (1.5 ± 0.3 avistamientos/10 km) (Fig 4). Encontramos diferencias significativas entre las unidades de paisaje, particularmente entre los lomeríos y la zona aluvial y entre los lomeríos y la zona kárstica ($H = 10.8$, $p = 0.03$; prueba Kruskal-Wallis corregida por empates y respectivas pruebas de comparación múltiple).

El Cuadro 3 contiene la información sobre la abundancia de cada especie en las diferentes unidades del paisaje. Encontramos diferencias significativas en la abundancia de las especies entre las unidades de paisaje en los casos de *A. pigra*, *T. pecari* y *O. virginiana* (pruebas Kruskal-Wallis, $p < 0.05$).

6.1.2 Variación antropogénica: cacería.

Consideramos como sitios no cazados aquellos dentro de un radio de 1 km de la Estación de Investigación Científica Chajul y como sitios cazados aquellos a una distancia mayor. Recorrimos 189 km en áreas no cazadas y registramos 32 avistamientos (1.7 ± 0.33 avistamientos /10 km) de 10 especies distintas. En las

áreas cazadas acumulamos 136 km de trayectos y registramos 8 diferentes especies; hicimos 42 observaciones (3.1 ± 0.53 avistamientos/10km). La probabilidad de encontrar mas especies a medida que se incrementa el esfuerzo de muestreo fue similar en las áreas cazadas y las no cazadas (Fig. 5).

El índice de diversidad (H) en las zonas sin cacería fue de $H' = 1.99$, mientras que en las áreas con cacería fue de $H' = 1.56$. La diversidad de especies fue significativamente mayor en las zonas que no tienen presión de cacería ($t_{0.05} (1) 72.9 \equiv 2.34$; $p = 0.021$). La abundancia de las especies en sitios cazados y no cazados se muestra en la Figura 6. Se encontraron solamente diferencias estadísticas en el caso de las especies de primates, que fueron más abundantes en los sitios cazados.

Parece contraintuitivo que los primates, que son muy susceptibles a la cacería (Cuarón 1991), fueran más abundantes en las zonas cazadas. Esto se debe a que estas especies son abundantes en las zonas aluviales, muchas de las cuales se consideraron como cazadas. En análisis futuros se considerará la interacción entre las unidades del paisaje y el nivel de cacería. En cualquier caso, la evidencia obtenida sugiere que la Reserva de la Biosfera Montes Azules, al menos en su porción sur, está cumpliendo una función importante en la protección de la fauna. Si bien hay cierto efecto de la cacería sobre los mamíferos (ver índices de diversidad arriba), este parece ser incipiente.

6.2 Estimación de abundancia usando huellas

El uso de las huellas es una opción para estimar la abundancia de las especies, particularmente de aquellas que son poco conspicuas o poco abundantes. Su uso, sin embargo, es todavía muy limitado. En la mayoría de los casos los estudios se han restringido a registrar presencia de la especie con las huellas, utilizando procedimientos no sistemáticos. Recientemente, hemos *utilizado las huellas* para estimar la abundancia y para monitorear y evaluar las presiones de cacería y la efectividad de áreas protegidas (Carrillo et al. 2000).

Con el registro de huellas a lo largo de los trayectos, se confirmó la presencia de 14 especies de mamíferos grandes (Cuadro 4). Además se registraron otras dos especies fuera de los muestreos de trayecto (hormiguero arborícola, *Tamandua mexicana*, y puma). El número total de eventos de registro de huellas durante los trayectos en tres etapas del muestreo durante la época de lluvias fue de 104. Esto implica el registro de 0.98 huellas por cada kilómetro de transecto. En el Cuadro 4 se presentan los índices de abundancia registrados, y la información acumulada. Los datos muestran algunas tendencias con relación a la abundancia de las especies entre las distintas unidades geomorfológicas de la región (Cuadro 5). Durante ese periodo de registraron un número semejante de huellas en las áreas aluviales y en los lomeríos. Sin embargo, estos últimos, que predominan en la región, tuvieron un esfuerzo de muestreo mayor. Esto sugiere que la abundancia de los mamíferos es mayor en las zonas aluviales, lo que

confirma los datos obtenidos con los trayectos en línea. Esta pendiente concluir el análisis con la totalidad de los datos recabados.

6.3 Experimentos con huellas

Actualmente es posible obtener índices de abundancia usando huellas, pero no es posible usarlas para estimar la densidad de las especies. Sin embargo, el potencial para obtener esa información existe y es posible obtener mayor y mejor información de las huellas. Para ello es necesario calibrar los índices de abundancia. Es importante considerar que el establecimiento y la duración de huellas es afectada por factores como la forma y el tamaño de la huella, por la naturaleza y condición del sustrato (la estructura de partículas y el grado de humedad), y las condiciones climatológicas. Por eso nos propusimos determinar como afectan las condiciones ambientales (época del año, tipo de suelo y cobertura vegetal) el establecimiento y la duración de distintos tipos característicos de huellas de mamíferos. Con ese propósito empleamos un diseño experimental multifactorial considerando: el tipo de la huella (forma), el tamaño de la huella, el tipo de suelo, y la época del año (humedad en el sustrato y precipitación), además de la cobertura de vegetación sobre las huellas.

El estudio lo realizamos en suelos ubicados en terrazas aluviales y en lomeríos bajos, que son los más extensos en la zona de Chajul. El experimento se realizó en cuatro etapas: época de lluvias (agosto 1999), transición entre la época de lluvias y la seca (diciembre 1999), época seca (marzo 2000) y una época de lluvias adicional (junio 2000). Se consideraron tres tipos de huellas (plantígrado, digitígrado y unguígrado), y en cada caso una huella de una especie grande y de otra pequeña. Las especies consideradas fueron: como plantígrados el mapache (*Procyon lotor*) y el tepezcuintle (*Cuniculus paca*), como digitígrados el jaguar (*Panthera onca*) y el leoncillo (*Herpailuris yagouaround!*), y como unguígrados el tápir *Tapirus bairdii* y el venado cabrito (*Mazama americana*). Además se utilizó un figura geométrica oval como testigo. En cada época del año establecimos, utilizando moldes de resina, 100 huellas de cada especie en cada tipo de suelo. En total establecimos 5,600 huellas.

Se evaluó la proporción de las huellas que se establecieron exitosamente. Después de ello, se documentó diariamente la persistencia de las huellas hasta que desaparecieron. Para determinar la duración de las huellas se consideró la condición de la huella y si estaba cubierta por hojarasca u otros elementos. Adicionalmente se estimó la cobertura de la vegetación sobre cada huella en tres niveles: sotobosque, dosel medio y dosel superior.

Aún no se completa el análisis de los resultado de este experimento. Sin embargo, es posible ya reportar alguna de las tendencias principales que se registraron. Por ejemplo, las huellas desaparecieron principalmente por deterioro. La cobertura por hojarasca fue solamente una causa secundaria de desaparición de las huellas, pero esto varía con la época del año. No se registraron diferencias importantes en cuanto al tipo de huella, pero si hubo ciertas tendencias. Las

huellas de los plantígrados duran menos que las de los digitígrados y los ungulígrados. Similarmente, las huellas grandes duran más que las pequeñas. Sin embargo, esto también varía con la época del año.

Los suelos aluviales en general presentan mejores condiciones para el establecimiento de huellas que aquellos que se encuentran en lomeríos y la época seca parece ser la que presenta peores condiciones para que las huellas queden marcadas (Fig. 7). Las huellas de las especies pequeñas de cada tipo de mamífero tienden a establecerse menos bien que las de las especies grandes. Se muestra como ejemplo los resultados para la transición entre la época lluviosa y la seca, donde no encontramos diferencias significativas (Fig. 8).

La duración de las huellas varía entre las diferentes épocas del año. La duración durante la época seca puede ser de hasta cinco días, y encontramos algunas diferencias entre los suelos aluviales, donde duran más, y los suelos en lomerío (Fig. 9). Durante la época lluviosa las huellas en ambos tipos de suelo desaparecen rápidamente. Para el día posterior al establecimiento de las huellas prácticamente la totalidad de las huellas desapareció (Fig. 10). En cambio, en la transición entre la época lluviosa y la seca, la duración es máxima, alcanzando a persistir hasta por 12 días, con pocas diferencias entre los tipos de suelo (Fig. 11).

Se encontró que la cobertura de la vegetación no tiene un efecto importante sobre la duración de las huellas. La Figura 12 muestra el ejemplo de las huellas de *jaguar* (*Panthera onca*) durante la época seca. Este resultado es importante ya que sugiere que se pueden comparar sitios con diferentes niveles de cobertura de la vegetación.

Se detectó un claro efecto de la estacionalidad sobre el establecimiento de huellas, pero especialmente sobre la duración. Esto tuvo que ver con la humedad del suelo. Un suelo seco (compacto) evita que las huellas queden bien impresas y un suelo húmedo facilita su impresión. Por otro lado, la precipitación también puede tener un efecto importante en la duración de las huellas, ya que tan solo una lluvia ligera puede borrar las huellas. Por lo anterior, al realizar estimaciones de abundancia usando huellas es mejor realizar la recolecta de datos en la temporada de lluvias, ya que las huellas se pueden establecer mejor. Además, las huellas que se encuentren durante esa época serán recientes, con lo que se evita realizar dobles tanteos y se pueden obtener mejores estimaciones poblacionales.

6.4 Abundancia del saraguato maya y comparación de métodos

Utilizamos el caso del saraguato maya (*Alouatta pragra*) para poner a prueba y comparar la efectividad de los métodos utilizados para estimar la abundancia de los mamíferos. Adicionalmente determinamos el tamaño de los grupos y la proporción sexual y la estructura de edades de la especie, además de identificar su preferencia de hábitat.

Consideramos diferentes métodos de análisis de trayecto en línea y el método de triangulación múltiple de vocalizaciones. Los diferentes métodos de análisis para los trayectos en línea difieren en la forma de estimar el área muestreada. Comparamos los siguientes métodos:

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| King (Leopold 1933): | $D = n/2 * L * r$ |
| • Struhsaker (Struhsaker 1975): | $D = n/2 * L * x$ |
| • Kelker (Kelker, 1945): | $D = n / 2 * L * MaxDPC$ |
| • MDRC1 (NCR 1981): | $D = n / 2 * L * MDRC$ |
| • MDRC2 (NCR 1981): | $D = n / 2 * L * MDRC2$ |
| • MAXDP (NCR 1981): | $D = n / 2 * L * MaxDP$ |
| • MAXDR (NCR 1981): | $D = n / 2 * L * MaxDR$ |
| • Distance (Buckland et al. 1993): | $D = n / 2 * L * f(x)$ |

Donde:

| | |
|-------------------------------------|---|
| D = Densidad | MaxDPC = Máxima distancia perpendicular confiable |
| n = Número de grupos observados | MDRC = Máxima distancia radial confiable |
| L = Longitud del trayecto | MaxDP = Máxima distancia perpendicular |
| r = Media de la distancia radial | MaxDR = Máxima distancia radial |
| Media de la distancia perpendicular | $f(x)$ = Función de la distancia perpendicular |

Con el método de triangulación múltiple se acumuló un esfuerzo de muestreo de 47 horas. Los datos se tomaron por una hora durante el coro matutino (5:00-6:00 horas). Se usaron 23 estaciones de muestreo diferentes, abarcando un área de 800 hectáreas. Se usaron de 3 a 6 estaciones de muestreo simultáneas.

Detectamos 27 grupos, con un total de 102 individuos. El tamaño medio de los grupos fue de 3.8 individuos/grupo (mínimo = 2, máximo = 8). La estructura de sexos de los grupos consistió de 38.2% machos, 29.4% hembras y 32.4% individuos de sexo no determinado. Esto equivale a 1.3 machos por cada hembra. La estructura de edad estuvo conformada por 52.0% de adultos, 5.9% subadultos, 16.7 juveniles, 9.8% infantiles y 15.7% de individuos no determinados.

El 44% de los grupos observados se encontraba sobre terrazas aluviales y el 15 % sobre planicies inundables (59% en conjunto). El 22% de los grupos se localizaron en lomeríos bajos y 19% en sierras kársticas. Con relación al total de los individuos detectados, el 47% estaba en terrazas aluviales y 19% en planicies inundables (66% en conjunto). El 21 % estaba en lomeríos bajos y el 14% sobre sierras kársticas. El tamaño de los grupos fue mayor en las planicies inundables y las terrazas aluviales que en los lomeríos bajos y las sierras kársticas (Figura 13).

En el Cuadro 6 se reportan las densidades calculadas con cada uno de los métodos de trayecto en línea y el de triangulación múltiple. También se incluye una comparación de las densidades calculadas con cada método con relación a la estimada con el método de triangulación. Los métodos de análisis de trayecto en línea de King, Struhsaker, Kelker y la MDRC sobrestiman la densidad poblacional. Los métodos que usan la MaxDP y la MaxDR, la subestiman. Los que usan la MDRC2 proporcionan datos más cercanos a lo encontrado con triangulación múltiple. Sin embargo, es posible que esto se deba a una casualidad ya que los métodos que usan la MDRC2 emplean la distancia radial, la cual no se considera adecuada por no tener sentido biológico ni estadístico. En cambio el método de muestreo de distancia es robusto estadísticamente y proporciona resultados que consideramos adecuados ya que son cercanos a lo que registramos con el método de triangulación y reflejan muy bien la abundancia que hemos registrado en observaciones intensivas con los grupos de monos.

Debido al comportamiento pasivo y silencioso (salvo cuando rugen) de los saraguatos es posible que pasen desapercibidos durante los trayectos en línea - esta es una limitante del uso de éste método con esta especie. Según el método de análisis que se utilice se puede subestimar o sobreestimar la densidad de la población (Cuadro 6). El método de análisis más robusto es el de muestreo de distancia (Distance sampling; Buckland et al. 1993). Este método tiene una teoría bien desarrollada. Sin embargo, es muy demandante en datos, ya que se recomienda que se use un número considerable de eventos de detección. En el bosque tropical es difícil observar a los mamíferos, por lo que en la mayoría de los casos se requiere invertir un considerable esfuerzo de muestreo. Para lograr 20 eventos de detección de muchas especies se requiere caminar cientos o miles de kilómetros de trayectos (Cuadro 1; Carrillo et al., 2000).

En comparación con los trayectos en línea, el método de triangulación múltiple permite una mejor detección de los grupos de saraguatos. El método es empíricamente simple. Sin embargo, tiene la limitación de que la teoría que lo sustenta está poco desarrollada, además de que no existen procedimientos estandarizados reconocidos. Justamente estamos trabajando en una idea que da un sustento teórico al método y en una propuesta para la estandarización de los procedimientos de campo.

Recomendamos que cuando se reporten estudios que han estimado la abundancia de especies se haga explícito no solo como se adquirieron los datos sino también los métodos de análisis utilizados. Lamentablemente esto no siempre se hace. También es importante estandarizar los métodos de toma de datos y de análisis para facilitar las comparaciones entre diferentes estudios.

Cada uno de los métodos de toma de datos que empleamos tiene sus fortalezas y deficiencias. En muchos sentidos los métodos son complementarios. Se puede recomendar el uso del método de triangulación de vocalizaciones particularmente para la época seca (ver abajo). Cuando se use el método de trayecto en línea es importante maximizar el esfuerzo de muestreo. También es

útil realizar estudios intensivos sobre las especies para poder calibrar los resultados obtenidos con los métodos anteriores.

Nuestros resultados indican que *Alouatta pigra* tiene una marcada preferencia a zonas aluviales. Las densidades que registramos en la Selva Lacandona son menores que las que se han reportado para Belice y Guatemala. Sin embargo, la disponibilidad de hábitat preferente para la especie en estos países es menor que en la región lacandona. La Selva Lacandona proporciona las mejores oportunidades para la conservación de los saraguatos negros, por lo que es un área prioritaria para su conservación.

6.5 Patrones de vocalización del saraguato maya

Recopilamos información sobre los patrones de vocalización del mono saraguato maya (*A. pigra*). Esta información, además de ser novedosa por sí misma, permitirá que futuros trabajos orienten los esfuerzos de muestreo para estimar la abundancia de esta especie a las horas del día en las que se pueda obtener más información. Por ejemplo, los esfuerzos de muestreo intensivos para obtener información sobre la abundancia de estos animales usando vocalizaciones pueden ser solamente provechosos si se escoge la época del año adecuada y se toman datos a las horas con mayor intensidad de vocalizaciones.

Registramos 405 vocalizaciones de saraguatos, de las cuales el 95% fueron rugidos, el 4% rugidos y ladridos combinados y el 1% ladridos. Los grupos no respondieron a otros llamados en el 86% de los casos. Sí hubo respuesta por otro grupo en el 13% de las veces que un grupo emitió una vocalización sonora, y en el 1% de las veces no se logró saber si respondían a otras vocalizaciones o no. La mayoría de las respuestas sucedieron durante el coro matutino.

6.5.1 Variación temporal de los patrones de vocalización

Identificamos un pico de vocalizaciones de las 5:00 a las 7:00 horas (Fig. 14), coincidiendo con el coro matutino, lo que corresponde al 38% del total de los llamados diarios. El resto de las vocalizaciones se repartieron de manera casi homogénea a lo largo del día. Debido al marcado pico al alba, hubo diferencias significativas en la frecuencia de vocalizaciones a lo largo del día ($F=7.0792$, $p<0.0001$).

El número de vocalizaciones por día varió durante los meses que se desarrolló el estudio (Fig. 15). Hubo un menor número de llamados durante los meses de la temporada de lluvias. Una excepción fue enero del 2000. Enero suele ser un mes seco, sin embargo, llovió durante el periodo de la toma de datos, por lo que se presentó un número de vocalizaciones algo menor de las que se hubieran dado de haberse mantenido el patrón. Aunque hay una tendencia a que los saraguatos vocalicen con menor frecuencia en la temporada de lluvias (Fig. 16),

no hubo diferencias significativas entre el número de vocalizaciones por día durante la temporada seca y la de lluvias ($t = -1.93$, $p > 0.184$).

La duración acumulada diaria de las vocalizaciones en los distintos meses tuvo un patrón semejante al de la frecuencia de vocalizaciones. Hubo una disminución al acercarse la temporada de lluvias (Fig. 17). La duración acumulada diaria de las vocalizaciones durante la época de lluvias fue significativamente menor que durante la temporada seca ($t = -2.36$, $p > 0.021$) (Fig. 18).

No se encontró algún patrón con respecto a la latencia de las vocalizaciones en los diferentes meses (Fig. 19). El periodo de silencio entre la finalización de una vocalización y el inicio de otra, no varió en los distintos meses. Tampoco se encontraron diferencias al comparar la temporada seca y la de lluvias (Fig. 20).

Aunque en el mes de julio, que es un mes lluvioso, la duración de los coros matutinos fue menor que en los otros meses, no hubo diferencia estadística en la duración de los coros en los diferentes meses del estudio ($F = 1.45$, $p > 0.23$) (Fig. 21). No hubo coros durante el mes de enero del 2000 en los días de la toma de datos. Tampoco se encontró una diferencia en la duración de los coros matutinos entre la temporada seca y la época de lluvias ($t = -1.19$, $p > 0.31$), aunque hay una tendencia a que la duración sea mayor en la temporada de secas (Fig. 22).

6.5.2 Relaciones con patrones de vocalización

Se evaluó el efecto de la precipitación sobre el número y la duración de vocalizaciones diarias (Fig. 23). Se encontró una relación negativa entre la precipitación y el número de vocalizaciones ($r = -0.31$, $p = 0.008$, $n = 71$; datos transformados $\log+1$). También se encontró una relación negativa entre de la precipitación y la duración de las vocalizaciones ($r = -0.26$, $p = 0.03$, $n = 71$; datos transformados $\log+1$) (Fig. 24). Sin embargo, tanto en el caso de la frecuencia y como de la duración de las vocalizaciones existe una gran dispersión de los datos con respecto a la precipitación. Esto se debe a que existen otros factores que operan simultáneamente. Estos pueden ser otros factores climáticos que no medimos, o no medimos con suficiente detalle, así como interacciones sociales intra e intergrupales, y eventos fortuitos que provoquen alarma en los monos (caídas de árboles, presencia de depredadores y otros estímulos). Por otro lado, no se encontró una relación de los patrones de vocalización con la temperatura.

Se encontró una correlación positiva entre la duración acumulada y el número de vocalizaciones diarias ($r = 0.941$, $p < 0.0001$) (Fig. 25). Esto sugiere que, contrario a lo que esperábamos, no existe una compensación en el gasto energético invertido por los saraguatos en sus vocalizaciones.

7 Conclusiones

Al tomarse en conjunto las observaciones realizadas durante y fuera de los trayectos, así como los registros realizados mediante evidencias indirectas, confirmamos la presencia de 24 especies de grandes mamíferos en la Estación de Biología Chajul y áreas adyacentes. Para 19 de ellas obtuvimos un índice de abundancia.

Se encontró una variación importante de la diversidad y abundancia de mamíferos entre las diferentes unidades geomorfológicas. Esto sugiere claramente que cualquier tipo de estrategia de manejo y estudio de mamíferos en la región debe tomar en cuenta la distribución de las unidades geomorfológicas en la zona. Se debe ser cuidadoso al hacer comparaciones entre sitios. Por otro lado, como era de esperarse, no encontramos una diferencia en la abundancia de los mamíferos entre la época seca y la de lluvias.

Aunque no se encontró diferencias en la abundancia (salvo la de los monos) entre los sitios cazados y los no cazados, si se encontraron diferencias significativas en la diversidad de especies de estos sitios. Esto sugiere que no existe un efecto importante por la cacería, pero si uno incipiente.

Registrarnos la gran mayoría de las especies de mamíferos grandes que se esperaba encontrar en la zona de estudio. Esto indica que la parte sur de la Reserva de la Biosfera de Montes Azules esta cumpliendo con sus objetivos de conservación. Es evidente que la presencia de la Estación de Biología Chajul, y particularmente de investigadores trabajando activamente en la zona, está teniendo un efecto positivo, al menos desde el punto de vista de diversidad y abundancia de fauna.

Los métodos disponibles y tradicionales para estimar la abundancia de grandes mamíferos tienen limitantes para su uso en los bosques tropicales. Con este proyecto avanzamos en el desarrollo y refinamiento de dichos métodos. Específicamente evaluamos diferentes diseños para la recopilación de datos sobre abundancia usando huellas. Obtuvimos información sobre que determina el establecimiento y la duración de las huellas en distintas condiciones ambientales. Esta información será útil para calibrar las estimaciones de abundancia usando huellas. Adicionalmente, avanzamos en la formalización del método de triangulación múltiple de vocalizaciones que es un buen método para estimar la abundancia de animales que emiten vocalizaciones sonoras, como los saraguatos. Usando datos obtenidos de la población de saraguatos, también comparamos varios métodos de análisis de trayecto en línea. Encontramos que el muestro de muestreo de distancia, que es robusto estadísticamente, también proporciona los resultados más cercanos a las estimaciones obtenidas con el método de triangulación múltiple.

Encontramos patrones temporales bien definidos de las vocalizaciones de los saraguatos. El patrón diario de vocalizaciones tiene un pico al alba. Este patrón contrasta con el patrón bimodal registrado en Belice para la misma especie, en un ambiente fragmentado y una población saturada. Los patrones bimodales son típicos de primates territoriales. Hay evidencias que sugieren que las diferencias se deben al diferente grado de perturbación entre los dos sitios. Los patrones anuales también están bien definidos, con mayor frecuencia y duración de las vocalizaciones durante los meses de la temporada seca. Esta información es útil para optimizar el diseño de futuros estudios utilizando el método de triangulación múltiple.

Los resultados obtenidos en este proyecto servirán para cinco tesis de licenciatura que están por concluirse. Además, ya se publicó un artículo en una revista internacional arbitrada líder en el campo, y varios artículos se enviarán a publicar próximamente.

8 Evaluación del proyecto

Considero que el cumplimiento de los objetivos del proyecto fue ampliamente satisfactorio. Además de cumplir los objetivos propuestos avanzamos en otros aspectos del proyecto que no estaban comprometidos en la propuesta presentada a CONABIO. Se obtuvieron resultados que serán útiles para el manejo de las poblaciones de mamíferos y sus hábitats en la Selva Lacandona. También se obtuvo información que contribuye al conocimiento universal sobre que determina la abundancia de los grandes mamíferos y sobre la ecología y comportamiento de estas especies. Se sentaron bases sólidas para las futuras fases de este proyecto a largo plazo. Se contribuyó de manera importante a la formación de recursos humanos, tanto de ayudantes de campo como de estudiantes, en las áreas de ecología y manejo de mamíferos silvestres.

9 Propiedad intelectual y restricción de uso de los datos

Los datos resultantes de este proyecto son propiedad intelectual del Dr. Alfredo David Cuarón Orozco. Con propósitos de publicación y análisis, su uso está restringido al Dr. Cuarón y a los colaboradores inmediatos que él designe.

10 Literatura citada

Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake. 1993. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall, London.

Carrillo, E, G. Wong, y A.D. Cuarón. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology* 14: 1574-1579.

Cuarón, A.D. 1991. Conservación de los primates y sus hábitats en el sur de México. Tesis de Maestría en Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

r

Dr. Alfredo D. Cuarón Dr. Miguel Martínez Ramos



Responsable del proyecto R062

Asesor del proyecto R062

11 Cuadros

Cuadro 1. Especies de mamíferos y número de avistamientos (individuos o grupos) registrados durante los trayectos en línea y la abundancia de cada especie. También se indica la distancia de trayectos necesaria para poder realizar 20 avistamientos de cada especie.

| Especie | Numero de avistamientos | Observaciones /10Km | ES | km necesarios para 20 obs |
|------------------------------|-------------------------|---------------------|-------|---------------------------|
| <i>Tamandua mexicana</i> | 3 | 0.09 | ±0.05 | 2173 |
| <i>Dasyus novemcinctus</i> | 1 | 0.03 | ±0.03 | 6520 |
| <i>Alouatta piltra</i> | 15 | 0.46 | ±0.12 | 435 |
| <i>Ateles geoffroyi</i> | 24 | 0.74 | ±0.16 | 272 |
| <i>Nasua narica</i> | 2 | 0.06 | ±0.04 | 3260 |
| <i>Lontra longicaudus</i> | 1 | 0.03 | ±0.03 | 6520 |
| <i>Tapirus bairdii</i> | 1 | 0.03 | ±0.03 | 6520 |
| <i>Pecarí tajacu</i> | 10 | 0.31 | ±0.11 | 652 |
| <i>Tayassu pecarí</i> | 1 | 0.03 | ±0.03 | 6520 |
| <i>Mazama americana</i> | 2 | 0.06 | ±0.04 | 3260 |
| <i>Odocoileus virginiana</i> | 1 | 0.03 | ±0.03 | 6520 |
| <i>Sciurus sp</i> | 13 | 0.40 | ±0.12 | 502 |
| Total | 74 | | | |

Cuadro 2. Especies encontradas y número de avistamientos por unidad de paisaje.

| Especie | Aluvia | Lomerios Inundabl | Sabana | Kárstico | Tota |
|------------------------|--------|-------------------|--------|----------|------|
| <i>T. mexicana</i> | | 2 | | | 3 |
| <i>D. novemcinctus</i> | | | | | 1 |
| <i>A. piltra</i> | | 3 | | 4 | 15 |
| <i>A. geoffroyi</i> | 1 | 7 | | 3 | 24 |
| <i>N. narica</i> | | | | | 2 |
| <i>L. longicaudus</i> | | | | | 1 |
| <i>T bairdii</i> | | | | | 1 |
| <i>P. tajacu</i> | | | | 1 | 1 |
| <i>T, pecarí</i> | | 4 | | 1 | 10 |
| <i>M. americana</i> | | 2 | | | 2 |
| <i>D, virginiana</i> | | | 1 | | 1 |
| <i>Sciurus spp</i> | | 9 | | | 13 |

Cuadro 3. índice de abundancia (observaciones/10 km) de cada especie en las cinco unidades de paisaje. Las cifras dentro de paréntesis indican el error estándar.

| Especie | Aluvial | Lamerlos | Inundable | Sabana | Karstico |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| T mexicana | 0.11 (0.11) | 0.12 (0.08) | | | |
| <i>D. novemcinctus</i> | | | 0.26 (0.26) | | |
| <i>A. pigra</i> | 0.56 (0.29) | 0.17 (0.10) | 0.77 (0.43) | | 1.82 (0.84) |
| <i>A. geoffroyi</i> | 1.35 (0.39) | 0.41 (0.15) | 0.51 (0.4) | | 1.36 (0.75) |
| <i>N. narica</i> | 0.11 (0.11) | | 0.26 (0.26) | | |
| <i>L. longicaudis</i> | 0.11 (0.11) | | | | |
| T, bairii | | | 0.26 (0.26) | | |
| <i>P. tajacu</i> | 0.45 (0.22) | 0.23 (0.14) | 0.26 (0.26) | | 0.45 (0.45) |
| <i>T pecarí</i> | | | | | 0.45 (0.45) |
| <i>M. americana</i> | | 0.15 (0.18) | | | |
| <i>O. virginiana</i> | | | | 3.33 (3.33) | |
| <i>Sciurus spp</i> | 0.34 (0.19) | 0.52 (0.19) | 0.26 (0.26) | | |

Cuadro 4. Abundancia de mamíferos durante tres periodos de toma de datos en la época de lluvias en la Selva Lacandona. Los datos están expresado como un índice de abundancia construido a partir de las huellas registradas a lo largo de los trayectos.

| Nombre común | Especie | Índice de abundancia (huella/km) | | | Total |
|------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------|------------|-------|
| | | Julio | Agosto | Septiembre | |
| Tlacuache común | <i>Didelphis marsupialis</i> | | | 0.03 | 0.01 |
| Armadillo | <i>Dasyus novemcintus</i> | | | 0.09 | 0.03 |
| Jaguar | <i>Panthera anca</i> | 0.03 | 0.08 | 0.06 | 0.06 |
| Ocelote | <i>Leopardus pardalis</i> | 0.03 | 0.08 | 0.09 | 0.07 |
| Tigrillo | <i>Leopardus wieii</i> | 0.09 | | 0.06 | 0.05 |
| Cacomixtle | <i>Bassariscus sumichrasti</i> | | | 0.03 | 0.01 |
| Pi zote | <i>Nasua narica</i> | | | 0.03 | 0.01 |
| Mapache | <i>Procyon lotor</i> | 0.06 | 0.11 | 0.11 | 0.09 |
| Tapir | <i>Tapirus bairii</i> | 0.06 | 0.11 | 0.14 | 0.10 |
| Pecarí de collar | <i>Pecarí tajacu</i> | 0.12 | 0.11 | 0.23 | 0.15 |
| Senso | <i>Tayassu pecarí</i> | 0.09 | 0.05 | 0.06 | 0.07 |
| Venado cabrito | <i>Mazama americana</i> | 0.17 | 0.25 | 0.31 | 0.25 |
| Tepezcuintle | <i>Cuniculos paca</i> | 0.03 | 0.05 | 0.17 | 0.08 |
| Ardilla | <i>Sciurus sp.</i> | 0.03 | | | 0.01 |
| <i>Total</i> | | 0.70 | 0.85 | 1.40 | 0.98 |

Cuadro 5. Variabilidad en la abundancia de mamíferos en diferentes unidades geomorfológicas de la Selva Lacandona. Los números reportados son la cantidad de registros de huellas realizados en cada unidad. Los datos no están calibrados para considerar el esfuerzo de muestreo. Los nombres comunes se indican en el Cuadro 4. Las "sabanas" se encuentran en lomeríos, pero se incluyen por separado ya que en ellos predomina la vegetación sabanoide, a diferencia de los otros sitios donde predomina la selva alta perennifolia.

| Especie | Registros por unidad geomorfológica | | | | | Total |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|---------|--------|-------|
| | Aluvial | Indundable | Kárstico | Lomerío | Sabana | |
| <i>Didelphis marsupiales</i> | | 1 | | | | 1 |
| <i>Dasyopus novemcinctus</i> | | | | 3 | | 3 |
| <i>Panthera onca</i> | 2 | | | 4 | | 6 |
| <i>Leopardus pardalis</i> | 2 | 1 | | 3 | 1 | 7 |
| <i>Leopardus wiedii</i> | 2 | | | 1 | 1 | 5 |
| <i>Bassariscus sumichrasti</i> | | | | 1 | | 1 |
| <i>Nasua narica</i> | | 1 | | | | 1 |
| <i>Procyon lotor</i> | 8 | | | 1 | 1 | 10 |
| <i>Tapirus bairdii</i> | 1 | 1 | | 9 | | 11 |
| <i>Pecari tajacu</i> | 7 | 4 | | 5 | | 16 |
| <i>Tayassu pecari</i> | 1 | 3 | | 3 | | 7 |
| | | | | | | 26 |
| <i>Mazama americana</i> | 15 | | 3 | 8 | | 26 |
| <i>Cuniculos paca</i> | 3 | | | 4 | | 9 |
| <i>Sciurus sp.</i> | | | | 1 | | 1 |
| | 41 | 11 | 3 | 43 | 5 | 104 |

Cuadro 6. Densidad de grupos y de individuos de saraguato negro (*Alouatta pigra*) calculada mediante diferentes métodos de trayecto en línea y mediante la triangulación de vocalizaciones. Se incluye además la comparación de cada una de las densidades obtenidas con trayecto en línea con respecto a la de la triangulación.

| Método | Grupo/km ² | Individuo/km ² | % |
|---------------|-----------------------|---------------------------|-----|
| Distante | 0.8±0.5 | 3.0±2.0 | 14 |
| King | 1-1+0-7 | 4-1±2.8 | 57 |
| Struhsaker | 1.5±1.0 | 5.7±3.9 | 114 |
| Kelker | 1.4±0.4 | 5.3±1.4 | 100 |
| MDRC1 | 1.9±0.5 | 7.1±1.8 | 171 |
| MDRC2 | 0.7±0.2 | 2.6±0.7 | 0 |
| MaxDP | 0.4±0.1 | 1.4±0.04 | -43 |
| MaxDR. | 0.3±0.1 | 1.1 ±0.3 | -57 |
| Triangulación | 0.7 | 2.7 | |

12 Figuras

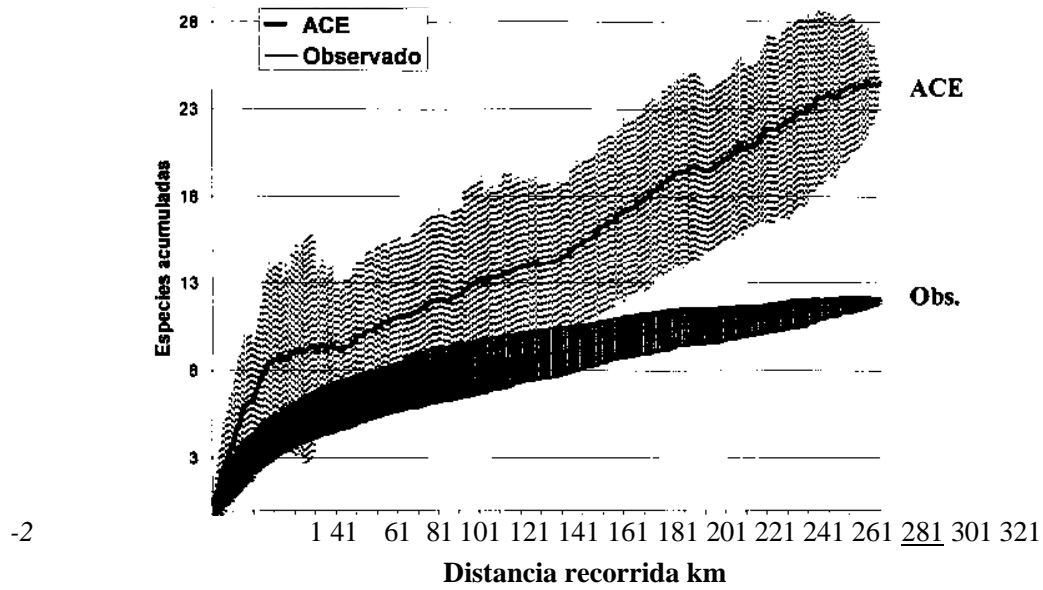
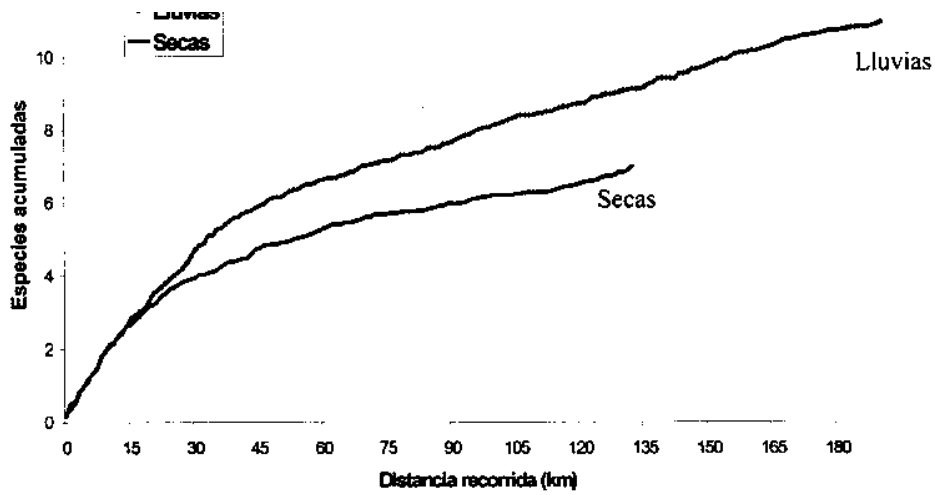


Figura 1. Curvas de acumulación de especies observadas y estimadas (ACE). Las barras verticales en cada punto representan la desviación estándar.

Figura 2. Curvas de acumulación de especies observadas para las temporadas seca y de lluvias.



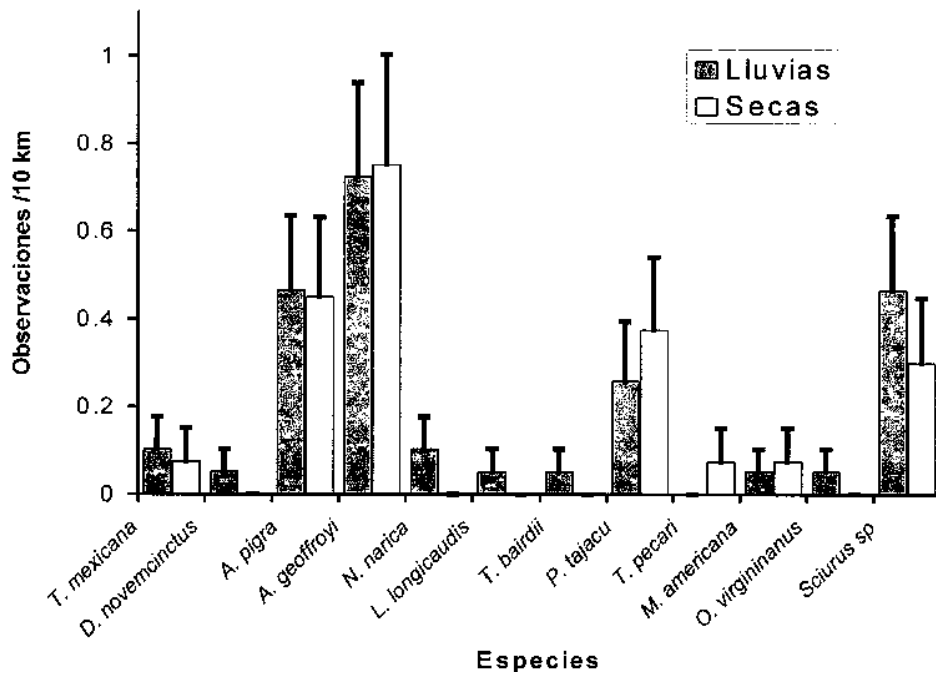


Figura 3. Índice de abundancia (observaciones/10 km) para cada especie en temporada de lluvias y secas. Las líneas verticales representan un error estándar.

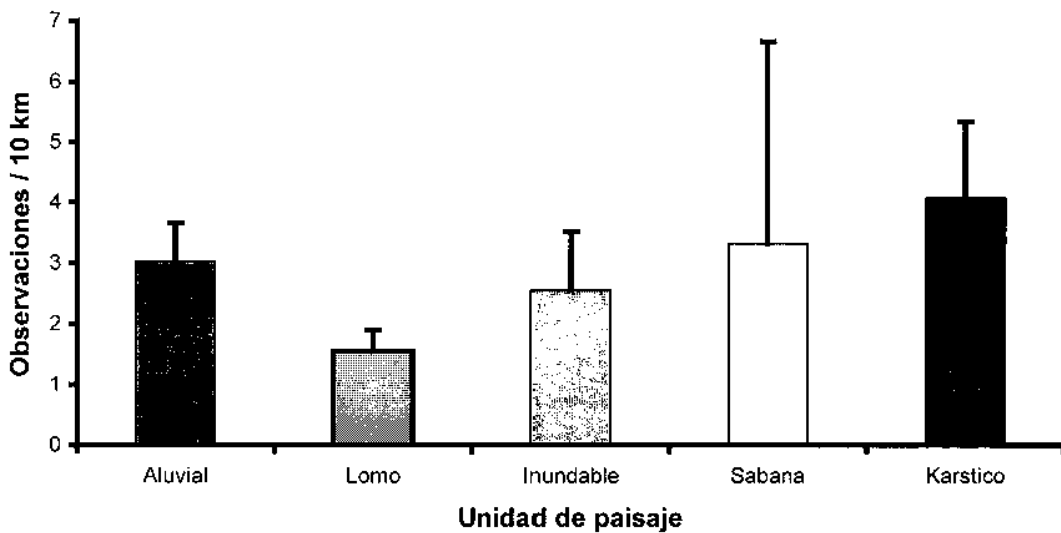


Figura 4. Abundancia de mamíferos en cada unidad de paisaje.

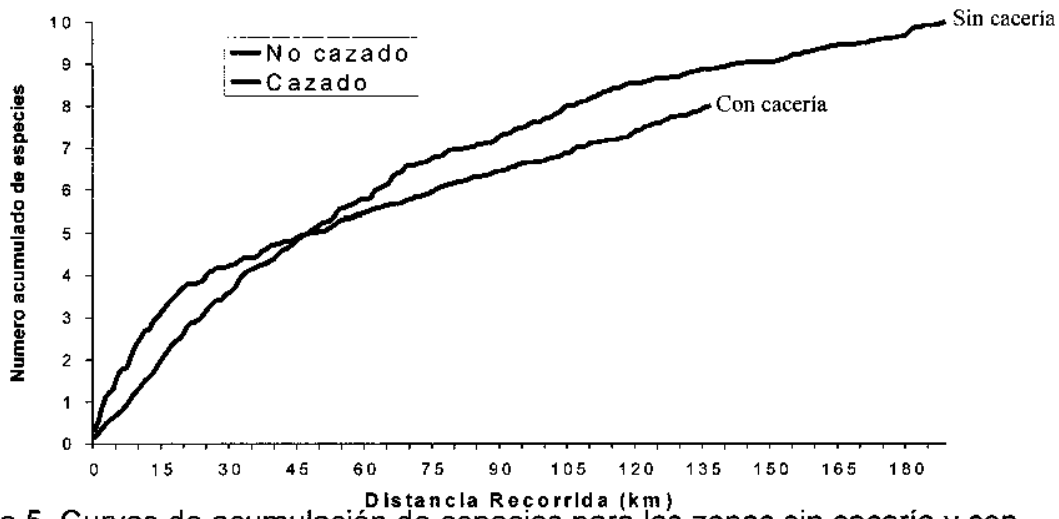
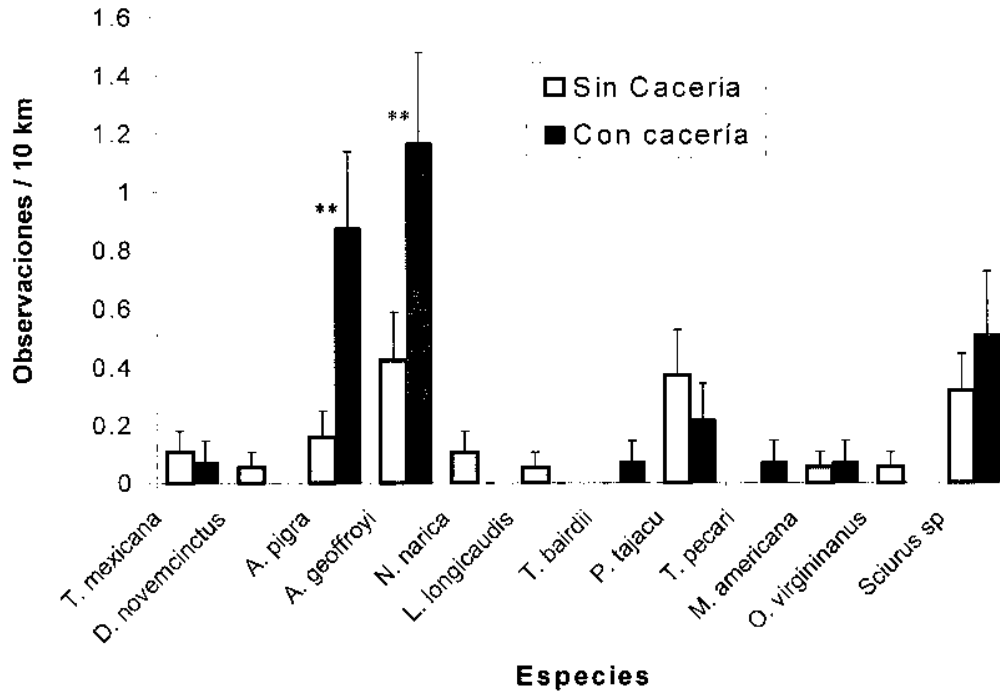


Figura 5- Curvas de acumulación de especies para las zonas sin cacería y con cacería.

Figura 6. Abundancia de especies de mamíferos en zonas con y sin cacería. Las barras verticales representan el error estándar. Los asteriscos indican diferencias significativas en la



abundancia de especies entre las dos áreas según la prueba U de Mann-Whitney (** p < 0.01).

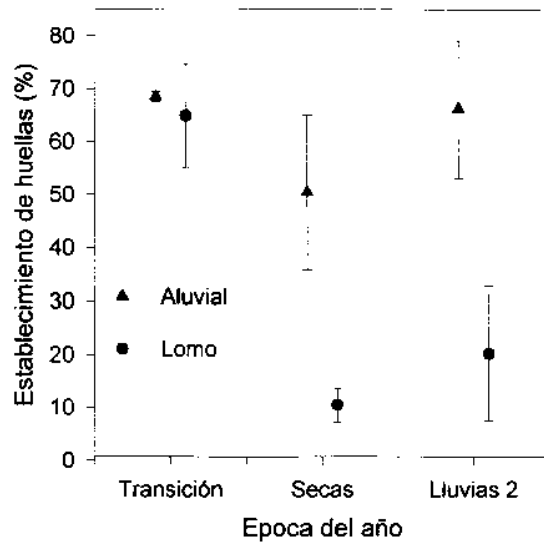


Figura 7. Comparación de la probabilidad del establecimiento de huellas en dos tipos de suelo durante diferentes épocas del año.

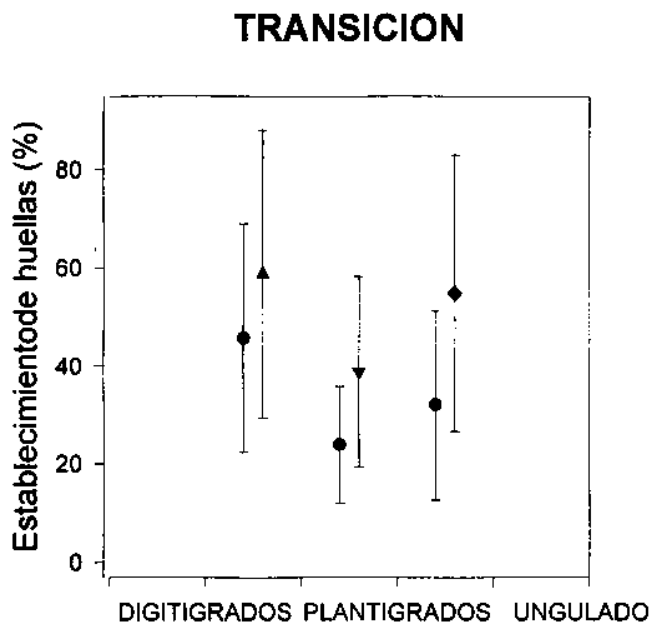


Figura 8. Probabilidad del establecimiento de huellas durante la transición entre la época lluviosa y la seca. Se presentan resultados para huellas pequeñas (izquierda) y grandes (derecha) de tres grupos de mamíferos de acuerdo a su tipo de huella.

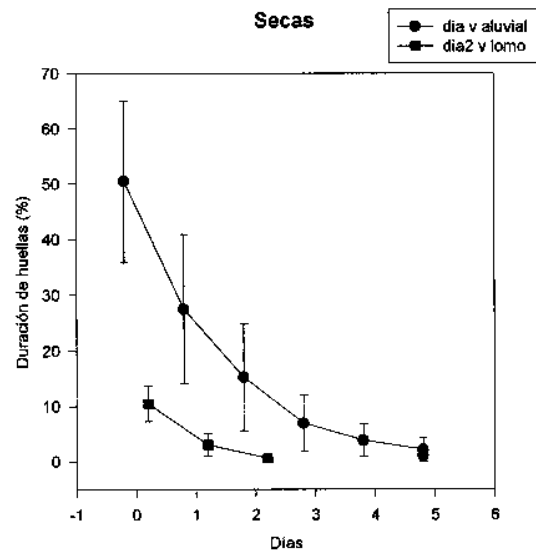
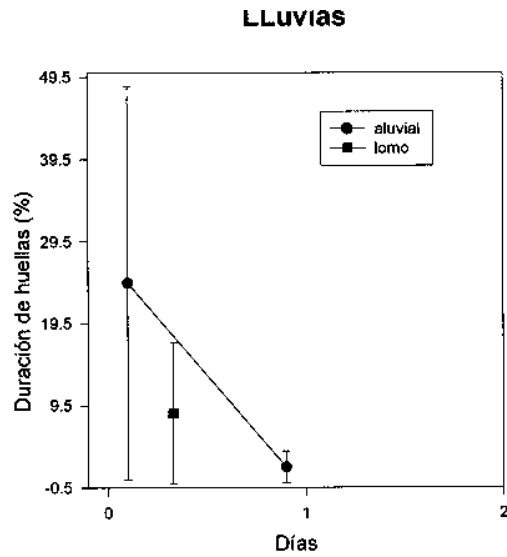


Figura 9. Duración de huellas durante la época seca en suelos aluviales y sobre lomeríos.

Figura 10. Duración de huellas durante la época de lluvia en suelos aluviales y



sobre lomeríos.

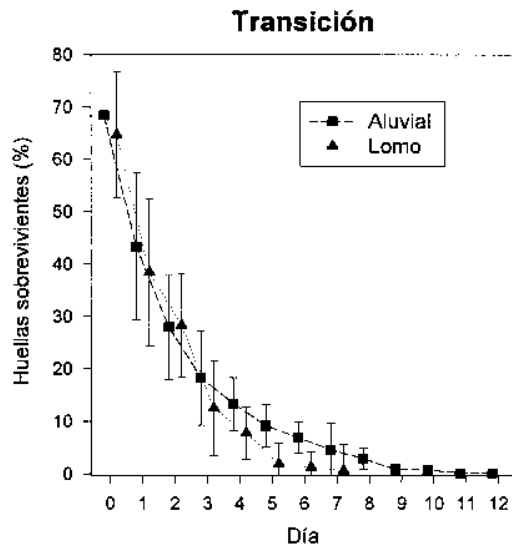


Figura 11. Duración de huellas durante la transición entre la época de lluvia y la temporada seca en suelos aluviales y sobre lomeríos.

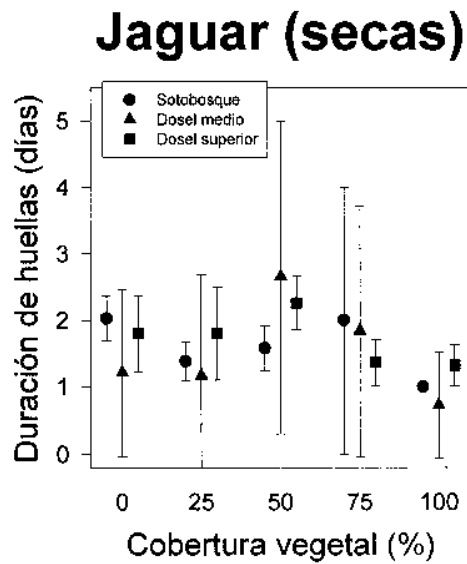


Figura 12. Duración de huellas de jaguar (*Panthera anca*) durante la época seca, de acuerdo a diferentes grados de cobertura vegetal en el sotobosque, el dosele medio y el dosele superior de la selva.

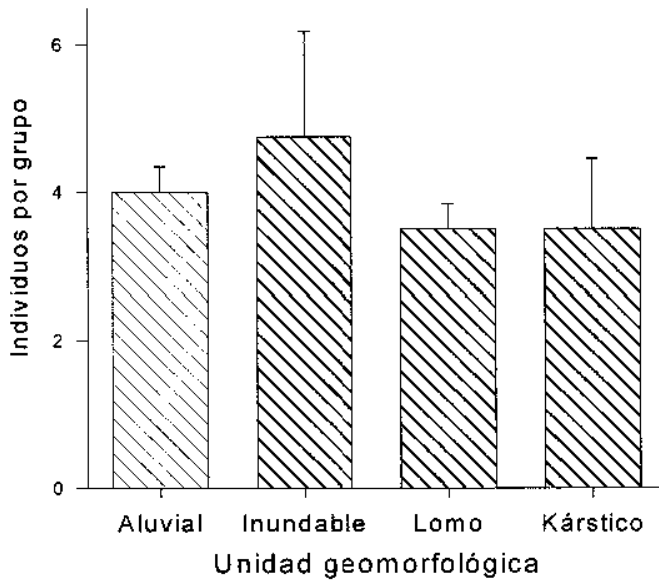


Figura 13. Tamaño promedio de los grupos de saraguato maya (*Alouatta pigra*) en diferentes unidades geomorfológicas de la Selva Lacandona.

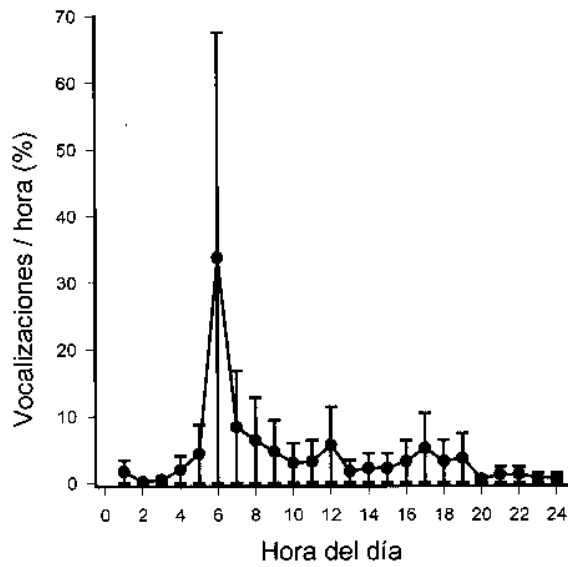


Figura 14. Porcentaje de vocalizaciones del saraguato maya por hora, con respecto a la hora del día.

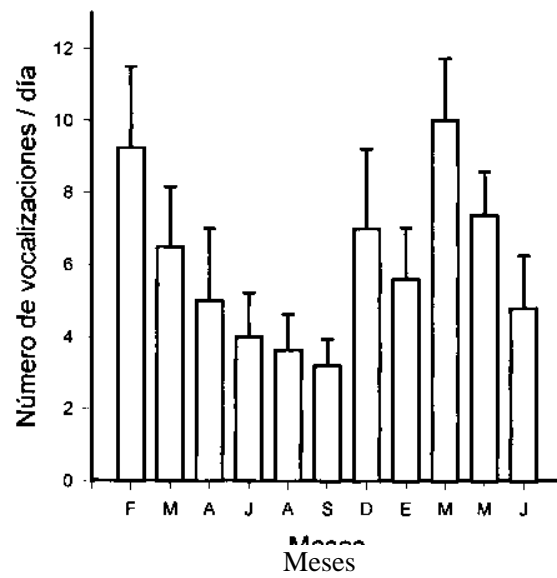


Figura 15. Frecuencia de vocalizaciones por día (y error estándar) del saraguato maya durante los diferentes meses del año.

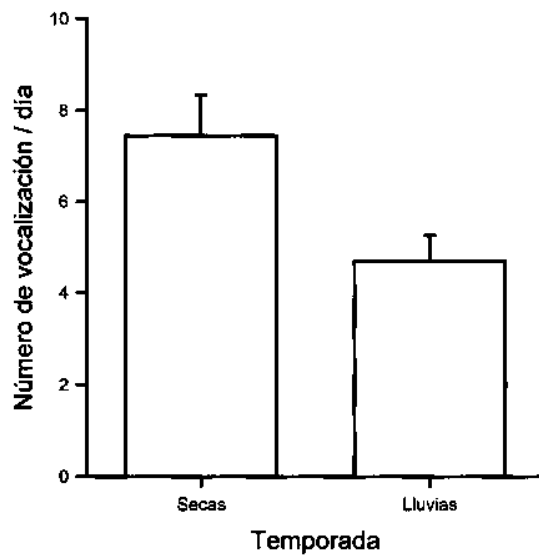


Figura 16. Frecuencia media de vocalizaciones por día (y error estándar) del saraguato maya en la temporada seca y en la de lluvias.

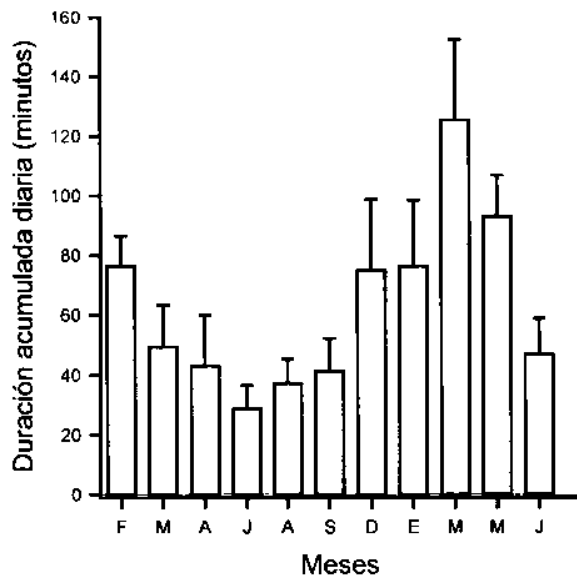


Figura 17. Duración acumulada diaria de las vocalizaciones del saraguato maya en los meses de la toma de datos.

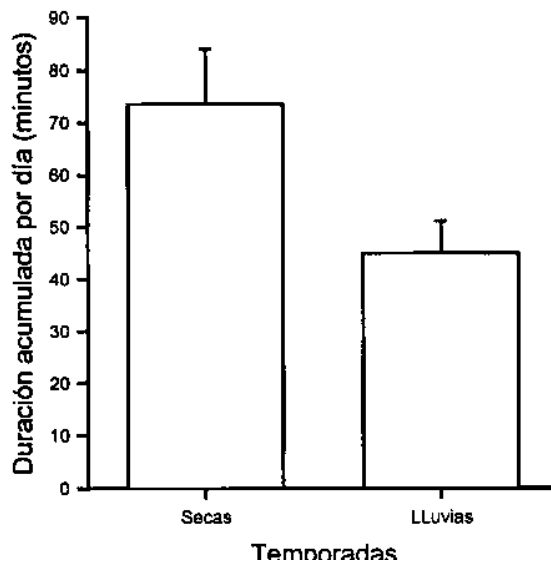


Figura 18. Duración acumulada por día de las vocalizaciones del saraguato maya durante la temporada seca y la de lluvias.

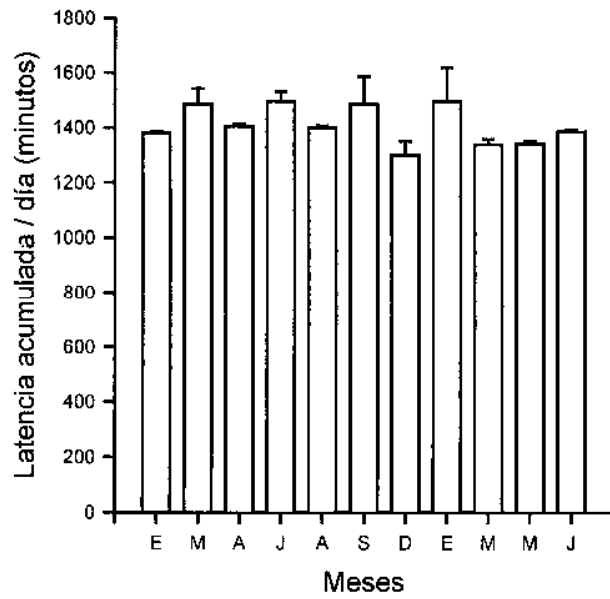


Figura 19. Latencia acumulada por día de las vocalizaciones del saraguito maya en los meses de la toma de datos. Latencia es el periodo de silencio que transcurre entre una vocalización y otra.

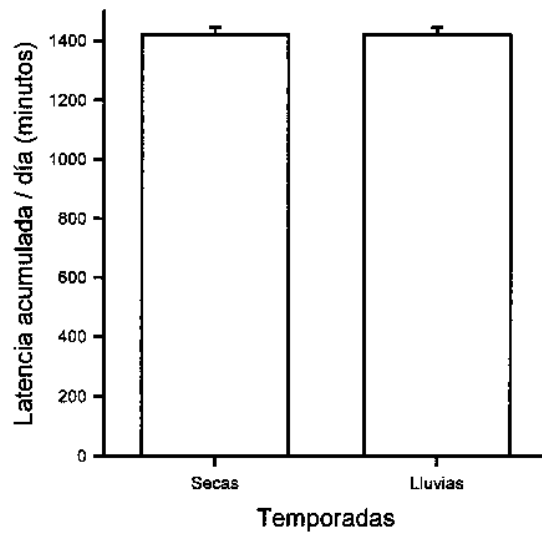


Figura 20. Latencia acumulada por día de vocalizaciones del saraguito maya, tanto en la temporada de secas, como en la de lluvias. Latencia es el periodo de silencio que transcurre entre una vocalización y otra.

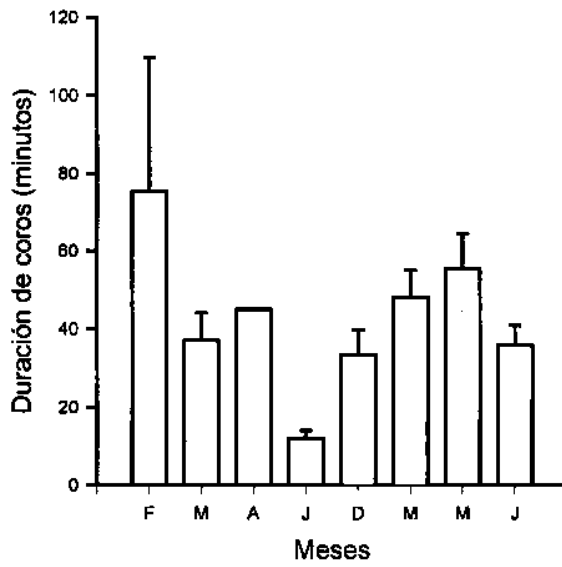


Figura 21. Duración de los coros matutinos de las tropas de saraguato maya durante los distintos meses.

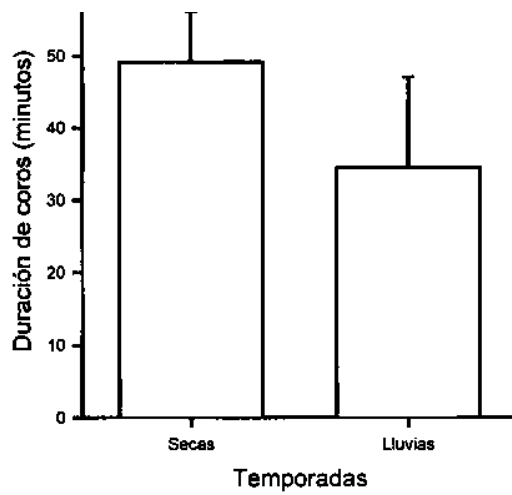


Figura 22. Duración de los coros matutinos de grupos de saraguato maya con respecto a la temporada seca y la de lluvias.

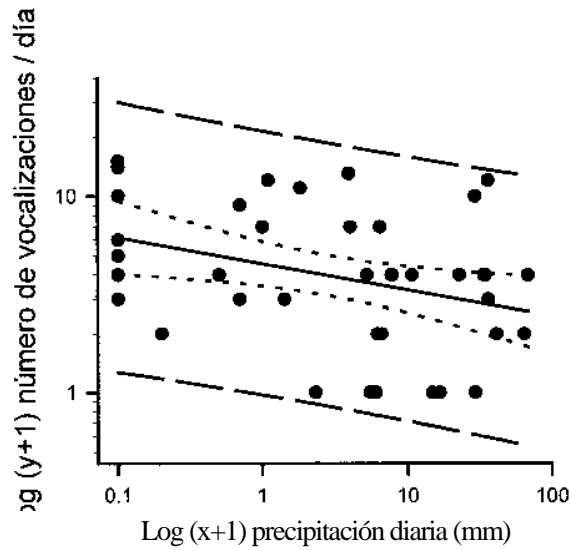


Figura 23. Relación entre el número de vocalizaciones por día de saraguito maya y la precipitación diaria en Chajul, Chiapas. Las líneas punteadas representan el intervalo de confianza (95%). Las líneas discontinuas indican el intervalo de predicción y la línea continua representa la regresión de los datos.

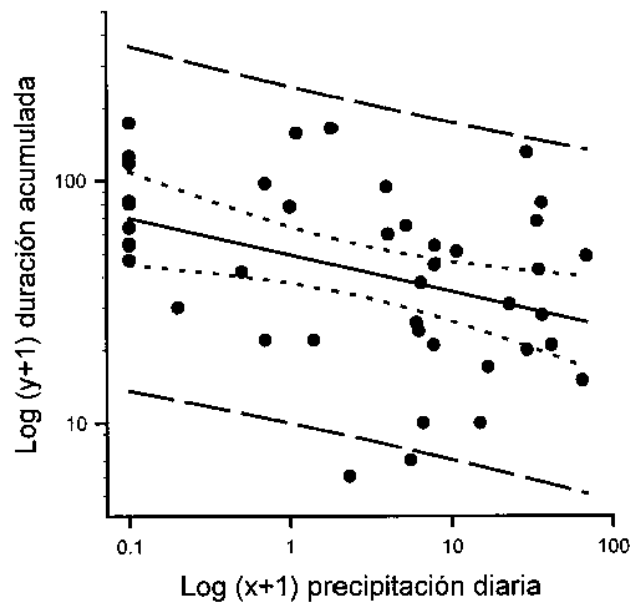


Figura 24. Relación entre la duración acumulada de las vocalizaciones de los saraguitos mayas y la precipitación diaria en Chajul. Las líneas punteadas indican el intervalo de confianza (95%), las líneas discontinuas el intervalo de predicción y la línea continua representa la regresión.

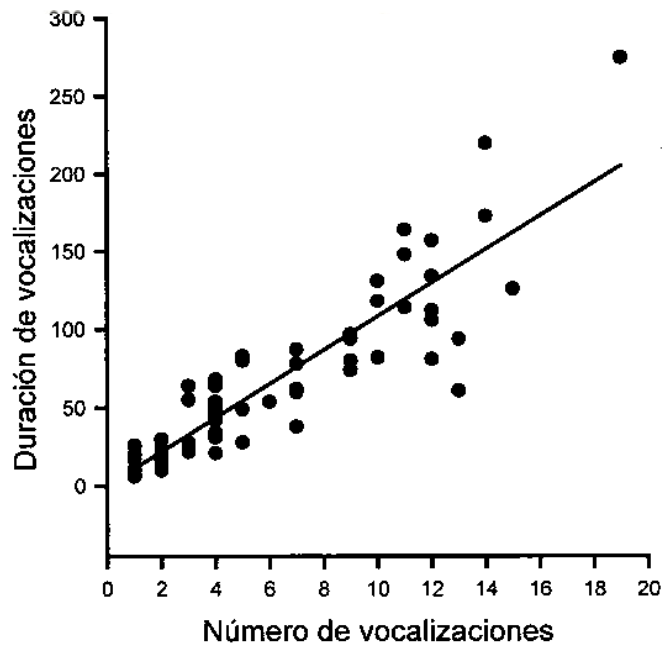


Figura 25. Relación entre el número de vocalizaciones diarias de saraguatos mayas y la duración acumulada diaria.