



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Centro de Investigaciones en Ecosistemas

EFFECTOS DE TÉCNICAS DE MANEJO
FORESTAL SOBRE LA ESTRUCTURA Y
COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE
AVES EN UN BOSQUE TEMPLADO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)**

P R E S E N T A

IVETE AGUILAR GEORGE

DIRECTORA DE TESIS: DRA. ELLEN ANDRESEN

MÉXICO, D.F.

NOVIEMBRE, 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

RECONOCIMIENTOS

Mi agradecimiento y reconocimiento a mi tutora, Dra. Ellen Andresen, por sus observaciones, recomendaciones, sugerencias, correcciones y orientación en la formulación del protocolo de tesis, así como en la revisión y desarrollo de esta investigación.

Agradezco a la Dra. Katherine Renton y al Dr. Jorge Schondube por su comprensión, por sus comentarios, y evaluaciones, que fueron indispensables para el desarrollo del proyecto.

Agradezco al Dr. Linding Cisneros y al Dr. Vega Rivera por sus comentarios.

Este proyecto de investigación fue financiado por CONACYT, a través del proyecto “Generación de criterios y técnicas para la restauración de bosques deconíferas” (SEMARNAT-2002-C01-0760).

Agradezco al CONACYT y a la UNAM por la beca que me otorgaron durante mis estudios de posgrado.

Agradezco a los directivos y personal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro por haberme permitido el acceso al bosque, por compartir sus conocimientos sobre el área y por su cooperación para el cumplimiento del trabajo de campo.

Agradezco el préstamo de vehículos que me brindó el CIECO y en particular al laboratorio de Geoecología a cargo del Dr. Gerardo Bocco.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que me ayudaron en el trabajo de campo en múltiples actividades: Arnulfo Blanco, Héctor Perdomo, Ana Ruth Pastor, Cristina López, y de manera muy especial a mi amiga Ivete Astorga por su ayuda invaluable.

DEDICACIÓN

A mi familia

A Jos

A mi familia Berea

El cielo proclama Tú gloria; de Tú creación nos habla la bóveda celeste. Los días se lo cuentan entre sí; las noches hacen correr la voz. Aunque no se escuchan palabras ni se oye voz alguna, su mensaje llega a toda la tierra hasta el último rincón del mundo.

INDICE

<i>Reconocimientos</i>	<i>i</i>
<i>Resumen</i>	<i>iii</i>
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	4
METODOLOGÍA	
Área de estudio	5
Especies de estudio	6
Efectos del manejo forestal sobre la comunidad de aves	7
Descripción de la comunidad vegetal	11
Análisis de datos	12
RESULTADOS	
COMUNIDAD DE AVES	17
Área Agua Chiquita	21
Área Cantera Charco	26
Área Pario	31

COMUNIDAD VEGETAL

Área Agua Chiquita	36
Área Cantera Charco	43
Área Pario	49
Relación entre la estructura de la vegetación y las aves	55

DISCUSIÓN	58
------------------	-----------

CONCLUSIÓN	61
-------------------	-----------

LITERATURA CITADA	63
--------------------------	-----------

Anexos	67
--------	----

INTRODUCCIÓN

En México se pierden anualmente alrededor de 650,000 ha de bosques templados, siendo Michoacán el estado con las más altas tasas de deforestación de estos bosques a nivel nacional (Ordóñez *et al.*, 2001).

El deterioro y la destrucción de bosques naturales se debe principalmente a prácticas directas como cambios en el uso del suelo (conversión a praderas, cultivos agrícolas, y desarrollos urbanos e industriales), incendios, y la extracción de recursos forestales maderables. El manejo de los recursos forestales maderables depende de los objetivos planteados por los poseedores o administradores del bosque. Uno de los objetivos planteados con mayor frecuencia es la optimización de la producción de los recursos deseados, en este caso la madera (Thoms y Betters, 1997). Un manejo con un objetivo de este tipo puede tener graves consecuencias ambientales tales como alteraciones en el ciclo hidrológico, el microclima, los procesos de sucesión secundaria, y en la estructura y la composición de las comunidades bióticas (Fregoso *et al.*, 2003).

El manejo de bosques con fines productivos, necesariamente implica la manipulación de la estructura y composición de la vegetación y, consecuentemente, una modificación de los atributos del hábitat de numerosas especies animales. La complejidad de la estructura y composición de la vegetación a menudo está asociada con la diversidad de nichos ecológicos, y por lo tanto con el número de especies animales, que pueden existir en una comunidad biótica (MacArthur y MacArthur, 1961; Willson, 1974; Rice *et al.*, 1984). Los mamíferos y las aves son probablemente los grupos de fauna que reciben mayor atención a nivel local, nacional e internacional. En particular, las aves son un grupo abundante, diverso, conspicuo, bien conocido y relativamente fácil de monitorear, que responden de distintas maneras a los cambios de estructura y composición del hábitat. Por todas estas características, las aves son buenos indicadores biológicos de la alteración o cambios en los ecosistemas (Favila y Halfpeter, 1997; Canterbury *et al.*, 2000; Kneeshaw *et al.*, 2000) y son de gran utilidad para el diseño de estrategias de manejo sustentable que conserven a largo plazo la biodiversidad y funciones de los bosques.

Para las aves la vegetación no sólo constituye el área de alimentación, descanso y nidificación, sino que resulta un refugio ante posibles depredadores (Thiollay, 1997; Marzluff *et al.*, 2000; Chalfound *et al.*, 2002; Gram *et al.*, 2003). Es por eso que esperamos que un hábitat con estructura y composición simples ofrezca menos oportunidades de forrajeo, menos posibilidades de escape, menos sitios para perchar y anidar y por ende soporte un número menor de especies, que un hábitat con estructura y composición más complejas (Aleixo, 1999; Marzluff *et al.*, 2000; Sekercioglu, 2002). Por ejemplo, García *et al.* (1998) compararon las comunidades de aves entre 11 tipos de vegetación en el centro-norte del estado de Michoacán en México, y encontraron que la abundancia y riqueza de aves se incrementó significativamente en relación directa a la complejidad de la estructura de la vegetación.

Los resultados de diversos estudios acerca de los efectos del aprovechamiento forestal sobre las comunidades de aves sugieren que los cambios en las comunidades de aves son muy variables, siendo específicos para cada sitio, y para cada grupo funcional y/o especie de ave (Johns 1991; Thiollay 1992, 1994, 1997, Mason, 1996; Aleixo, 1999; Stratford y Stouffer, 1999; Styring y bin Hussin, 2004). A su vez, los efectos específicos del manejo forestal dependen de una gran variedad de factores, incluyendo intensidad de aprovechamiento, tiempo transcurrido desde éste, contexto del entorno y patrones de uso del suelo posteriores a la extracción forestal. Por ejemplo, para bosques templados de Missouri en los Estados Unidos, Gram *et al.*, (2003) encontraron que las poblaciones de especies de aves características del bosque declinaron a medida que los árboles fueron removidos. Mientras que Robinson y Robinson (1999) reportaron, para un bosque templado de Illinois, que la mayoría de las especies de aves del bosque no fueron significativamente menos comunes en áreas taladas que en áreas no taladas. Estos últimos autores también concluyeron que el primer ciclo de corta en tala selectiva ocasiona sólo efectos menores en la composición de la comunidad de aves del bosque y además crea hábitat de corto plazo para especies que habitan áreas abiertas.

Además de disminuir la densidad de los árboles grandes, un manejo del bosque basado en la tala selectiva, produce otros importantes cambios estructurales. Por ejemplo, comúnmente el característico sotobosque ralo de bosques primarios se convierte en un sotobosque más denso, e incrementa la cantidad de claros y de bordes (Thiollay, 1992;

Gram *et al.* 2003; Dale y Slembe, 2005). Por otro lado, en cortas forestales los árboles muertos en pie son los primeros que se extraen, considerados a menudo indeseables porque pueden albergar insectos plaga, o porque incrementan el riesgo de fuego y/o accidentes (Salas, 1999). Todos estos tipos de cambios en el hábitat pueden tener efectos negativos o positivos sobre la avifauna, dependiendo de la especie. Así por ejemplo, en el caso del aumento en la cantidad de claros y bordes, se ha encontrado que ciertos recursos alimenticios o condiciones de forrajeo se ven favorecidas bajo estas condiciones. Debido a esto, algunas aves frugívoras, nectarívoras e insectívoros acechadores se benefician de este tipo de tala, mientras que los insectívoros de troncos y terrestres se ven afectados negativamente y son más comunes en bosques sin intervención (Thiollay, 1992, 1997; Mason, 1996; Marsden, 1998; Aleixo, 1999; Dale *et al.* 2000; Flores *et al.* 2001; Styring y bin Hussin 2004; Dale y Slembe, 2005). Por otro lado, en el caso de la extracción de los árboles muertos en pie, se ha encontrado que dicha actividad afecta de manera negativa y directa a las aves que utilizan estos árboles, tales como pájaros carpinteros, que anidan y perchan en ellos, y los utilizan como fuente de insectos (Franzreb, 1983; Salas 1999, Styring e Ickes 2001; Dale y Slembe, 2005). Debido a la gran cantidad de factores, mencionados arriba, que determinan el efecto particular del manejo forestal sobre elementos de la avifauna, resulta difícil, e incluso arriesgado, extrapolar de los resultados de otros estudios para tratar de predecir los efectos que tiene el manejo del bosque en un lugar determinado. Por esto es importante llevar a cabo estudios específicos en cada sitio donde se haga manejo forestal.

En Michoacán, el manejo de bosques que lleva a cabo la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP) toma importancia por el buen aprovechamiento de sus bosques, así como por su estructura operativa y de toma de decisiones (Velásquez et al, 2003). Desde 1997 la CINSJP cuenta con la Certificación Verde, avalada por el consejo Silvícola Mundial. La certificación fue concedida a la CINSJP por su diversificación de actividades productivas y de conservación de suelos, flora y fauna. Ello la compromete a dar seguimiento a sus actividades y a mantener y mejorar la calidad de manejo sustentable, por lo cual existe el interés de estudiar las comunidades biológicas sensibles a la transformación de hábitat. Como se mencionó anteriormente, las aves son un grupo muy adecuado para este tipo de monitoreo. Determinar la preferencia de las diferentes especies de aves por hábitats con historias particulares de manejo, permitiría identificar cuáles

especies de aves están tolerando los cambios en la dinámica espacial y temporal de los bosques locales, así como las especies que necesariamente requieren de bosques poco perturbados para su supervivencia a largo plazo. De este modo, se podría evaluar de manera inicial, si el manejo forestal que lleva a cabo la CINSJP es adecuado para el mantenimiento de la riqueza de la avifauna, y las funciones ecológicas asociadas a ella.

Algunos estudios ornitológicos realizados en la CINSJP y zonas aledañas proporcionan información base sobre la riqueza y abundancia de las aves, así como acerca de la asociación de especies particulares con ciertos tipos de hábitat en el gran mosaico de hábitats naturales y antropogénicos que, a nivel de paisaje, presenta la CINSJP (Villalón,1990; Salas, 1992; Sosa, 1996; ver Métodos para más detalles sobre la avifauna). Sin embargo, no existen estudios experimentales publicados que se hayan enfocado en cuantificar el efecto que tienen las técnicas de manejo forestal sobre las aves.

OBJETIVOS

Los objetivos principales de este trabajo son determinar y cuantificar los efectos de tres tipos de rodales forestales (dos con manejo y un testigo) encontrados en la CINSJP sobre la abundancia, riqueza y gremio alimenticio presentes de la comunidad de aves, y evaluar si dichos efectos están relacionados con cambios en la estructura y composición de la vegetación. De este modo se pretende comprender mejor el impacto que las actividades forestales en algunas áreas de la zona tienen sobre las aves. Los resultados de este estudio servirán como base para formular estrategias de manejo forestal sostenible, cuya aplicación reducirá a un mínimo posible el impacto del aprovechamiento sobre la diversidad biológica del bosque.

Las preguntas específicas a contestar con este trabajo son: (1) ¿Cómo responden algunas especies de aves residentes a los siguientes tratamientos de manejo: tercer aclareo y corta de regeneración, con respecto a la comunidad de aves en un bosque sin intervención forestal reciente (bosque viejo)? (2) ¿Cómo es la estructura y composición de la vegetación en parcelas de bosque viejo y parcelas con los dos tratamientos de manejo? (3) ¿Qué efecto tiene los componentes de la vegetación sobre la avifauna?

Área de estudio

La CINSJP se ubica en el municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, 15 km al oeste de la ciudad de Uruapan, en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal. El municipio de Nuevo San Juan se localiza en el sur de la región Purépecha en el centro occidente del Estado de Michoacán (19° 34' N y 102° 17' O; Fig. 1).

El uso del suelo en la CINSJP incluye agricultura de subsistencia (maíz, chile, frijol), ganadería extensiva y huertas de aguacate y durazno, centrándose principalmente en el aprovechamiento de madera y resina en los bosques de pino. La CINSJP cuenta con una superficie de 18,318 ha, de las cuales 11,000 (60%) son de bosque templado, lo que representa el 78% de la superficie total municipal. La vegetación predominante en la zona corresponde a los bosques templados de altura, que presentan una estructura heterogénea, en parte explicada por la formación reciente del volcán Parícutín. De acuerdo con su porcentaje de cobertura original, predominan los bosques de pino, encino, oyamel y sus respectivas asociaciones. En el componente arbóreo de estos bosques destacan las siguientes especies: *Pinus michoacana*, *Pinus moctezumae*, *Pinus douglassiana*, *Pinus leiophylla*, *Pinus pseudostrobus*, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa*, *Abies religiosa* y *Alnus jorullensis* (Velásquez *et al.*, 2003).

La CINSJP inició en 1988 un programa de manejo forestal con énfasis en la organización comunal. La base de dicho manejo fue el establecimiento de una industria de transformación, con reinversión de utilidades y capacitación permanente del personal técnico y administrativo (Torres *et al.*, 2003). Desde el inicio del programa, la comunidad se ha propuesto como meta principal el manejo sustentable del bosque, permitiendo su extracción y regeneración (Torres *et al.*, 2003). De las aproximadamente 11,000 ha forestales, se aprovechan un promedio de 1,000 ha al año para la extracción de 80,000 a 100,000 m³ de madera de las especies de pino (*Pinus* spp.), oyamel (*Abies religiosa*), y encino (*Quercus* spp.), principalmente.

El plan de manejo forestal (PMF) del bosque natural de la CINSJP tiene el propósito de favorecer el establecimiento y crecimiento de las especies que tengan mejores

características comerciales y silvícolas (Velásquez et al, 2003). Dicho plan sigue el método de árboles padres, que consiste en la tala selectiva secuencial de un porcentaje de arbolado (incluyendo individuos con poco valor comercial, tales como árboles bifurcados, enfermos, troncos muertos), dejando en pie como árboles padres a los mejores individuos, distribuidos en toda el área o en pequeños grupos, con el objeto de asegurar el establecimiento de la regeneración natural. (Ordóñez *et al*; 2001).

En la CINSJP el bosque se encuentra dividido en rodales, que son áreas del bosque formadas por árboles de una misma edad, aproximadamente, o de diferentes edades pero con características comunes en términos de pendiente, exposición al sol, tipo de suelo, e historia de uso. El bosque se aprovecha en rotaciones de 50 años con un tratamiento de aprovechamiento cada 10 años (Velásquez, 2003). Los tratamientos de aprovechamientos incluyen tres aclareos (primer, segundo y tercer aclareo), una corta de regeneración y una corta de liberación. Los aclareos se llevan a cabo con el fin de hacer una redistribución de la masa forestal que se deja en pie, de tal manera que sucesivamente va disminuyendo la densidad de los árboles al mismo tiempo que va aumentando el diámetro de éstos. En la cuarta fase de la rotación se practica la corta de regeneración, y es en este tratamiento cuando se extrae del 50 al 60% del volumen total que se extrae durante todo el período rotacional. En la corta de regeneración se deja en pie únicamente los mejores individuos que servirán como árboles padre (los cuáles se identifican y marcan desde el primer aclareo), para la regeneración natural y recolección de semillas, y por lo tanto darán origen a la masa forestal del próximo turno. En forma paralela a la cosecha, durante la corta de regeneración también se realizan actividades silvícolas complementarias que favorecen la regeneración tales como el chaponeo y la reforestación. El último tratamiento que se realiza es la corta de liberación. Después de la corta de regeneración, y una vez que la masa forestal joven, surgida de la regeneración natural y la reforestación, alcanza una altura aproximada de 10 m (lo cual se espera ocurra en 10 años), los árboles padre se cosechan, con la finalidad de fomentar el crecimiento de los nuevos individuos en toda la superficie.

Especies de estudio

El estado de Michoacán tiene el quinto lugar a nivel nacional en términos de riqueza de especies de aves. La riqueza avifaunística es de 492 especies, lo cual representa el 49% de las 1,026 especies registradas para México (726 residentes y 257 migratorias; Villaseñor y

Villaseñor, 1994). Los listados ornitológicos en Nuevo San Juan Parangaricutiro y áreas aledañas se remontan a finales del siglo XIX, cuando Nelson y Goldman (Sosa, 1996) trabajaron en la región de Tancítaro y Uruapan registrando 89 especies de aves. En años subsecuentes a la erupción del volcán Paricutín, Burt (1961) reportó la presencia de 94 especies de aves en la región del volcán Paricutín y sus alrededores. Como parte de un análisis altitudinal en Tancítaro, Villalón (1990) reportó la presencia de 269 especies de aves. Cabe destacar que el alto número de especies registradas en este estudio se debe al gradiente altitudinal y al muestreo de diferentes tipos de vegetación, que van desde bosques templados hasta el bosque tropical caducifolio. Posteriormente, Salas (1992) detectó para toda la Sierra Tarasca 150 especies de aves y registró 77 especies de aves para la región de Nuevo San Juan. Finalmente, Sosa (1996) reporta para la CINSJP 101 especies de aves, de las cuales 77 son especies residentes del área, 3 residentes de verano y 22 migratorias de invierno (Apéndice 1).

Efectos del manejo forestal sobre las aves

Dentro de la CINSJP se eligieron tres áreas para la realización del presente estudio: Agua Chiquita, Cantera-Charco y Pario (Fig. 1), cada una con tres rodales adyacentes con distinto manejo: (1) bosque aprovechado mediante tala selectiva muy leve hace más de 10 años (referido en lo sucesivo como bosque viejo) y que sirve como punto de comparación (testigo); (2) tercer aclareo; y (3) corta de regeneración. En todos los rodales experimentales con los dos últimos tipos de manejo, el aprovechamiento ocurrió en los años 2000 ó 2001, es decir, 4 ó 5 años antes de la realización del presente estudio, el cual se llevó a cabo en junio - octubre del 2005.

La matriz circundante en todos los sitios experimentales son otros rodales de bosque que se encuentran en alguno de los tratamientos de la rotación. En el área de Cantera Charco hay un área de pastizal cercana a los tres sitios experimentales de aproximadamente 6 ha. La composición y la estructura de la vegetación son ligeramente diferentes en cada área, pero es homogénea dentro de cada área, las diferencias de vegetación entre sitios dentro de un área se deben al manejo forestal (Velásquez et al, 2003). Los rodales con corta de regeneración son muy pocos y pequeños (aprox. 3 ha) en la CINSJP debido a que este tratamiento aun se está implementando de manera tentativa ya que existe el recelo de muchos de los propietarios de rodales de aplicar esta corta.

El presente estudio se enfocó en las especies residentes (aquellas que se reproducen en la localidad) y que forrajean dentro del bosque templado y/o habitats perturbados adyacentes, excluyendo aves rapaces, aves del sotobosque y aves que vuelan por encima del dosel (por ejemplo, golondrinas). La evaluación de la comunidad de aves se llevó a cabo usando dos metodologías: (1) transectos con puntos conteo para estimar la abundancia de las especies observadas, y (2) captura con redes de niebla para complementar datos de riqueza de especies y obtener datos de la condición física de los individuos capturados. La evaluación de la comunidad de aves se llevó a cabo del 15 de julio al 26 de septiembre del 2005 (es decir durante la época reproductiva, que además corresponde con la ausencia de especies migratorias).

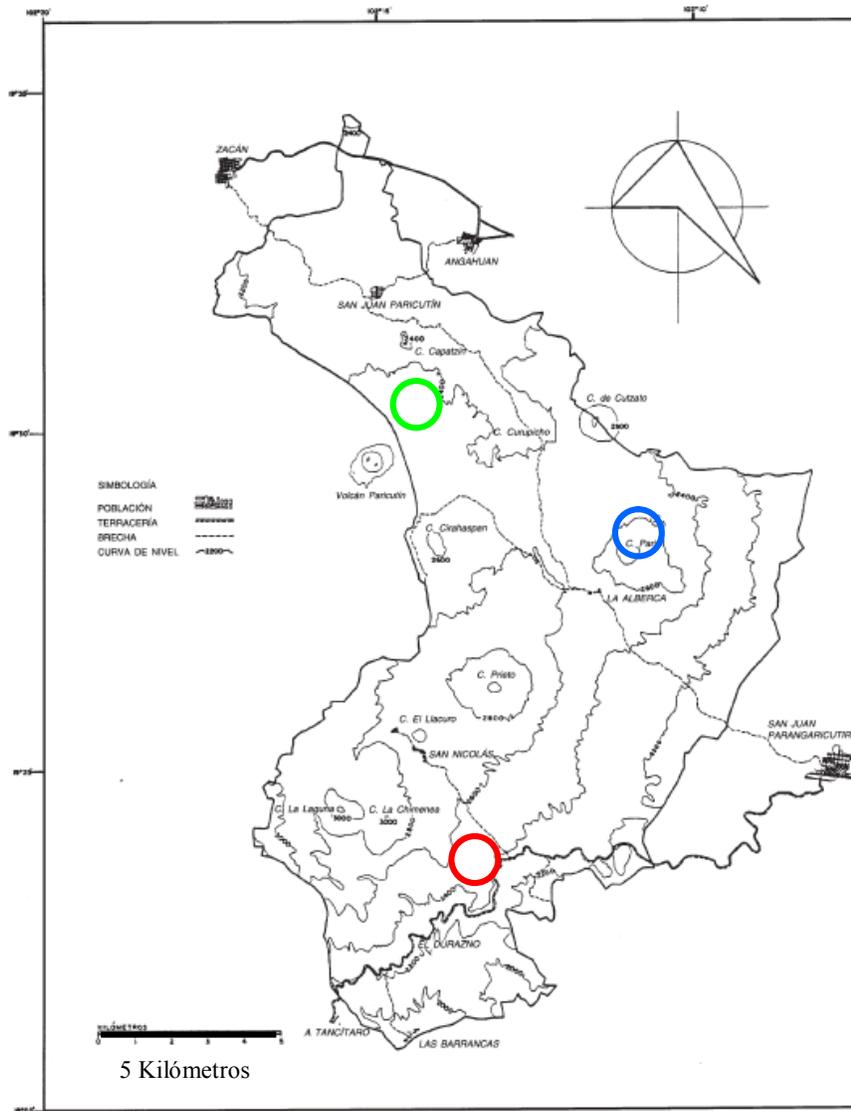


Figura 1. Comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Área de Agua Chiquita (rojo), área de Pario (azul) y área de Cantera-Charco (verde).

Transectos con puntos conteo.- Para cuantificar la riqueza y abundancia de las aves se utilizaron transectos compuestos por parcelas circulares. Dentro de cada uno de los nueve sitios experimentales se definió un transecto de 250 m de longitud, lo más recto posible. La longitud del transecto estuvo condicionado por la longitud de los sitios con el tratamiento de corta de regeneración ya que éstos son de área reducida (aprox. 3 ha) en las tres áreas. Los sitios de tercer aclareo fluctuaron entre 6 a 9 ha. Mientras que los de bosque viejo tuvieron tamaño entre 6 y 12 ha. A lo largo del transecto se colocaron 5 parcelas contiguas, de 50 m de diámetro cada una (área de 9817.5 m²/parcela).

En cada parcela circular a lo largo del transecto se registraron, durante 10 minutos, todas las aves detectadas visualmente (con ayuda de binoculares) y/o acústicamente. Cada ave se identificó a nivel de especie. Se permaneció 10 minutos en el centro de la primera parcela circular antes de iniciar el primer registro con el fin de disminuir el efecto de la llegada del observador. Las aves que inicialmente fueron observadas fuera del radio de los 25 m pero que durante el período de observación se desplazaron hacia dentro de la parcela se registraron, al igual que las aves que se salieron de la parcela al momento de la llegada del observador (excepto en la primera parcela). Debido a que las parcelas circulares estuvieron muy juntas, lo cual puede provocar dobles detecciones, no se puede asegurar la independencia estadística de cada punto (Hutto *et al.* 1986). Por esto, los datos obtenidos de todas las parcelas circulares en el transecto se juntaron para obtener el número de individuos y especies de aves por transecto.

Los conteos de aves se realizaron durante tres días consecutivos en cada área y, en dos horarios distintos cada día. El primer horario fue de las 0800 a 0900 hrs. y se estableció con base a la hora en que se disponía de suficiente luz para la visualización de las aves. El segundo horario se eligió a partir del término del primero, dejando 30 minutos para desplazarse a otro sitio experimental con distinto tratamiento en la misma área. Cada área se muestreó dos veces en todo el período de estudio, es decir un total de seis días de observación en cada una de las tres áreas, y un total de cuatro eventos de conteo realizados en cada uno de los nueve transectos.

Capturas con redes de niebla.- Para estimar la riqueza total de la avifauna, así como para calcular un “índice de bienestar” de las aves, tomando en cuenta la grasa corporal y tamaño de cada individuo, en cada uno de los sitios experimentales se colocaron 12 redes de niebla (12 m de longitud, 2 m de altura, 32 mm tamaño de malla) para la captura de aves. El arreglo de las redes en el espacio no fue al azar, sino que se buscó maximizar la tasa de captura, eligiéndose la ubicación de las redes considerando los movimientos usuales de las aves, la estructura y altura de la vegetación, y la pendiente. Sin embargo, en cada sitio se cubrió con las redes un área similar (3 ha aproximadamente), independientemente del área total de cada sitio. Se abrieron simultáneamente las 12 redes al amanecer (07:00) y se cerraron después de 6 horas de muestreo, siendo revisadas cada 45 minutos, dos días consecutivos en cada uno de los 9 sitios. Las aves capturadas se extrajeron de las redes, se

identificaron con la ayuda de guías de campo, se pesaron en una balanza digital (exactitud 0.1 g) y se determinó su edad y sexo. Además se midió la longitud del ala sin aplanar con una regla (0.1 cm) y se registro la grasa corporal de cada individuo almacenada en los huecos furculares, bajo abdomen y los costados del cuerpo bajo las costillas y bajo las alas, siguiendo la metodología de la Guía de Estudio del Anillador de Norteamérica, la cual clasifica la grasa en cuatro niveles: nada, poco, moderado y abundante. Las aves se marcaron con un plumón permanente en una de las plumas cobertoras primarias del ala izquierda para detectar las recapturas. Al igual que el muestreo por transectos, el muestreo por redes se llevó a cabo dos veces en cada sitio, para un total de 36 días de redes, 4 días en cada uno de los 9 sitios (24 horas red por sitio).

Con el fin de identificar tendencias ecológicas generales, se clasificó las especies de aves por gremios o grupos funcionales, instrumento exploratorio ampliamente utilizado para la descripción y comparación de comunidades de aves (Martin y Possingham, 2005). Además se clasificó las especies según el uso de hábitat: perturbado, no perturbado o ambos (perturbados y no perturbados) de acuerdo a la información proporcionada por Sosa (1996) y guías para la identificación de aves (Peterson y Chalif, 2000; Howell y Webb, 1995).

Descripción de la comunidad vegetal

La evaluación de la comunidad vegetal se llevó acabo del 3 al 19 de octubre del 2005. En cada uno de los 9 sitios se analizó la estructura y la composición de la vegetación en un área de 0.05 ha, mediante el método de Gentry (1988), estableciéndose cinco transectos de 2 m de ancho y 50 m de largo. Se colocó un transecto dentro de cada una de las cinco parcelas circulares que se utilizaron en el muestreo de la comunidad de aves. Se identificaron y cuantificaron todos los árboles en cada uno de los transectos. Para cada arbusto o árbol con diámetro a la altura del pecho (DAP, medido a 1.3 m sobre el suelo) > 2.5 cm, y con altura > 1 m se registró: DAP, especie y altura. Los datos de altura de los árboles se ordenaron en cuatro categorías: 1-5 m, 5-10, 10 -20 y > 20 m. Cada uno de estos transectos se subdividió en 5 subtransectos de 10 m de largo (20 m²), en los cuales se estimó visualmente el porcentaje del área (1-25, 26-50, 51-75 y 76-100%) que estuvo cubierta por las diferentes especies (o grupos de especies) de hierbas y/o arbustos.

Análisis de datos

Comunidad de aves.- La estimación de la diversidad de especies se realizó mediante el uso del índice de Shannon. El índice de Shannon de acuerdo con Magurran (1988) se calcula con la fórmula:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

donde:

p_i = abundancia proporcional de cada especie

El índice de Shannon (H') expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, midiendo el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Este índice asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S (número total de especies), cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988). Para medir qué tan homogéneamente están repartidas las abundancias de las especies se calculó el índice de Pielou:

$$J = \frac{H' \text{ real}}{H' \text{ max}}$$

donde:

H' real = Valor de diversidad H'

H' max = $\ln(S)$.

El valor de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones en las que todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

Para probar la hipótesis nula de que las diversidades provenientes de los tres tratamientos (bosque viejo, tercer aclareo, corta de regeneración, medidas con el índice de Shannon son iguales, seguimos el procedimiento de una prueba de t de Student modificada por

Hutcheson en 1970 (Moreno, 2001), la cual compara cada sitio contra los otros dos. Primero, para cada muestra se calcula el índice de diversidad ponderado (H_p) en función de la frecuencia de cada especie:

$$H_p = \frac{(N \log N) - (\sum f_i \log f_i)}{N}$$

donde,

f_i = frecuencia (número de individuos) registrada para la especie i

N = número de individuos total

Luego, para cada muestra se calcula la varianza del índice de diversidad ponderado:

$$var = \frac{\sum f_i \log f_i - (\sum f_i \log f_i)^2 / N}{N^2}$$

Finalmente se calculó la diferencia de las varianzas entre muestras (D_{var}), obteniéndose el valor de t y los grados de libertad (gl) asociados con el valor de t , siguiendo las siguientes formulas:

$$D_{var} = \sqrt{var_1 + var_2}$$

$$t = \frac{H_{p1} - H_{p2}}{D_{var}}$$

$$gl = \frac{(var_1 + var_2)^2}{(var_1^2 / N_1) + (var_2^2 / N_2)}$$

Como se efectuó más de un contraste estadístico en el análisis de los datos, el criterio aplicado es el de corregir el nivel de significancia (inicialmente $P < 0.05$) dependiendo del número de contrastes efectuado. Se eligió el método de Bonferroni por ser un ajuste para contrastes múltiples utilizado rutinariamente, de tal manera que se utilizó el valor de significancia de $P \leq 0.017$ para el valor de t en tablas.

La evaluación de la diversidad entre habitats (diversidad beta) es decir el grado de reemplazamiento de especies se calculó a través del índice cualitativo Jaccard. El intervalo de valores para este índice va de 0, cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Magurran 1988):

$$J = \frac{c}{a+b+c}$$

donde,

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

Con la abundancia y riqueza de individuos de cada una de las cuatro repeticiones de los conteos por transecto en los nueve sitios, se calculó un análisis de varianza (ANOVA) anidada mediante el programa SYSTAT 11, para probar diferencias significativas ($\alpha < 0.05$) entre áreas y entre los tratamientos en cada una de las áreas. Los datos de abundancia y riqueza fueron transformados a raíz cuadrada para llevar a cabo la ANOVA.

Se utilizaron pruebas de Chi-cuadrada de independencia, para determinar si existía una tendencia de incidencia de las especies y número de individuos de un particular gremio en cada tratamiento con los datos obtenidos de los conteos de aves. Los gremios se definieron con base a la clasificación de Sosa (1996).

Se graficaron curvas de acumulación de especies con los datos obtenidos en los transectos con parcelas circulares, para observar si el esfuerzo de muestreo en cada sitio fue el adecuado. Los datos obtenidos mediante las capturas de individuos en las redes de nieblas, se usaron para complementar la información de riqueza total de especies de cada uno de los sitios. El bajo número de individuos capturados para cada especie en cada sitio no permitió un análisis estadístico para determinar si algún sexo o edad muestra preferencia por alguno de los tratamientos. Asimismo, tampoco fueron suficientes los datos para comparar el peso promedio de los individuos de especies compartidas entre los sitios dentro de cada área. Finalmente, al no encontrarse ningún individuo con grasa no fue posible calcular el “índice de bienestar”.

Comunidad vegetal.- Se identificaron las plantas herbáceas y los arbustos a nivel de género. Con el fin de describir el sotobosque de cada sitio: 1) se calculó la moda del porcentaje de cobertura para cada género de herbáceas y arbustos, 2) se identificaron y contaron el número de árboles menores a 1 m de altura así como mayor a 1 m de altura,

El área basal total de todos los fustes de árboles por unidad de área constituye una medida de la densidad del bosque que refleja la cantidad de árboles y su tamaño. El área basal se calculó con la fórmula:

$$\text{área basal} = \pi(d^2/4)$$

donde,

d = diámetro a la altura del pecho

Para cada uno de los nueve sitios se calcularon tanto el área basal total en las 0.05 has medidas, como el área basal promedio \pm desviación estándar por transecto (n = 5 transectos en cada sitio), o sea en 100 m². El clasificar la altura de los árboles en distintas categorías, nos permitió por medio del cálculo de la moda, reportar una altura de dosel predominante. Finalmente, se dibujó un perfil fisionómico para cada uno de los sitios con los datos de los árboles mayores a 1 m registrados en las 0.05 has.

Originalmente se había planificado analizar los datos de los nueve sitios con un diseño de bloques, en el cuál cada área correspondería a un bloque, y por lo tanto se tendría 3 repeticiones para cada tratamiento. Una vez colectados los datos se observó que los patrones observados eran distintos en cada una de las tres áreas, por lo que se realizó un análisis de varianza anidado con dos factores: factor área (tres áreas), y factor tratamiento (tres tratamientos) anidado dentro de área, usándose como repeticiones los cuatro conteos independientes en cada uno de los 9 sitios.

Adicionalmente, para explorar la posibilidad de que las diferencias entre sitios, en términos de aves, sean debidas a la vegetación, sin tener en cuenta los tratamientos, se realizó un análisis de componentes principales (*Principal Components Analysis*; PCA) mediante el paquete PCord4. Los valores de los componentes principales fueron utilizados, en análisis de correlación de Spearman (no paramétricos) para evaluar su relación con las variables de respuesta de la avifauna.

El análisis de componentes principales es una técnica de ordenación de la información ampliamente utilizada en estudios de selección de hábitat. El PCA mediante combinaciones lineales de las variables de la comunidad vegetal, identifica y extrae factores ortogonales (independientes) que son descriptores sencillos de los gradientes estructurales del hábitat (Rottenberry y Wiens, 1980). Las variables de la comunidad vegetal de los nueve sitios usadas en el PCA fueron: 1) número de árboles de 1 a 5 m de altura, 2) número de árboles de 6 a 10 m de altura, 3) número de árboles de 11 a 20 m de altura, 4) número de árboles con una altura mayor a los 20 m, 5) número de géneros de herbáceas y arbustos, 6) número de especies de árboles, 7) área basal total en 0.05 has, 8) número de árboles con dap <10 cm, 9) número de árboles con un dap de 10 a 20 cm y 10) y número de árboles con un dap mayor a los 20 cm. Después de elegir el número de ejes que englobaron la mayor información del sistema, se realizó la correlación Spearman (mediante el paquete SYSTAT 11) entre cada uno de los ejes del PCA y once variables de la comunidad de aves: 1) riqueza, 2) abundancia, 3) índice de Shannon, 4) número de especies de frugívoros, 5) insectívoros, 6) omnívoros, 7) nectarívoros, 8) abundancia de insectívoros, 9) omnívoros, 10) nectarívoros, 11) y frugívoros. Los datos de aves usados fueron aquellos obtenidos en los transectos de parcelas circulares, de cada uno de los nueve sitios. El coeficiente de Spearman oscila entre -1 y +1, indicándonos asociaciones negativas o positivas respectivamente.

RESULTADOS

Comunidad de aves

A partir de 36 eventos de conteo de aves realizados en los transectos de parcelas circulares y el uso de redes de niebla en los 9 sitios muestreados, se obtuvo una lista de 49 especies de aves residentes pertenecientes a 20 familias (Tabla 1). También se registraron 2 especies migratorias. Mediante los transectos de conteo se observaron 1505 individuos pertenecientes a 36 especies. Por otro lado, mediante las redes de niebla se capturaron 544 individuos pertenecientes a 48 especies. Una especie, *Myarchus tuberculifer*, fue registrada únicamente mediante los conteos, mientras que 12 especies fueron únicamente registradas mediante las redes; el resto de las especies (36) fueron registradas mediante ambos métodos. Con respecto a las 77 especies residentes reportadas previamente por Sosa (1996) para el bosque templado de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro se reportan 14 especies adicionales nuevas para la CINSJP: *Amazilia tzacatl*, *Amazilia violiceps*, *Atlapetes virenticeps*, *Basileuterus belli*, *Campylorhynchus gularis*, *Catharus fuscescens*, *Cyanocorax sanblasianus*, *Diglossa baritula*, *Eugenes fulgens*, *Oporornis agilis*, *Parus scleteri*, *Piranga rubra*, *Trogon elegans*, *Turdus rufitorques*.

Tabla 1. Lista de las 49 especies de aves registradas en las áreas de Agua Chiquita, Cantera Charco y Pario, en el bosque de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

FAMILIA	ESPECIE	USO DE HÁBITAT ^a	GREMIO ALIMENTICIO ^b
Trochilidae	<i>Amazilia beryllina</i>	3	NE
	<i>Amazilia tzacatl</i>	3	NE
	<i>Amazilia violiceps</i>	2	NE
	<i>Colibri thalassinus</i>	3	NE
	<i>Eugenes fulgens</i>	1	NE
	<i>Hylocharis leucotis</i>	1	NE
	<i>Lampornis amethystinus</i>	1	NE
	<i>Lampornis clemenciae</i>	1	NE
Trogonidae	<i>Trogon elegans</i>	1	FRU
	<i>Trogon mexicanus</i>	1	FRU
Picidae	<i>Picoides villosus</i>	1	INTR
Dendrocolaptidae	<i>leucogaster</i>	1	INTR
Tyrannidae	<i>Contopus pertinax</i>	3	INA
	<i>Empidonax occidentalis</i>	1	INA
	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	1	INA
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	3	INA
Vireonidae	<i>Vireo huttoni</i>	3	IND
Corvidae	<i>Aphelocoma ultramarina</i>	1	OM
	<i>Cyanocitta stelleri</i>	1	OM
	<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	3	OM
Paridae	<i>Parus sclateri</i>	1	OM
Coerebinae	<i>Diglossa baritula</i>	1	NE
Strigidae	<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	CA
Sylviinae	<i>Regulus calendula</i>	1	IND
Aegithalidae	<i>Psaltriparus minimus</i>	3	OM
Certhidae	<i>Certhia americana</i>	1	INTR
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus gularis</i>	3	IN
	<i>Troglodytes aedon</i>	3	INT
Turdidae	<i>Catharus fuscescens</i>	1	FRU
	<i>Catharus occidentalis</i>	1	FRU
	<i>Myadestes occidentalis</i>	1	OM
	<i>Sialia mexicana</i>	1	OM
	<i>Turdus assimilis</i>	1	FRU
	<i>Turdus rufitorques</i>	3	FRU
	<i>Melanotis caerulescens</i>	3	OM
Peucedramidae	<i>Peucedramus taeniatus</i>	3	IND
Parulidae	<i>Basileuterus belli</i>	1	IN
	<i>Ergaticus ruber</i>	1	INTR
	<i>Dendroica townsendi</i>	1	IND
	<i>Myioborus miniatus</i>	1	INA
	<i>Oporornis agilis</i>	3	IN
	<i>Parula superciliosa</i>	1	IND
	<i>Wilsonia pusilla</i>	3	INA
	<i>Piranga flava</i>	1	IND
Tharupidae	<i>Piranga rubra</i>	1	IND
	<i>Atlapetes pileatus</i>	3	OM
Emberizidae	<i>Atlapetes virenticeps</i>	3	OM
	<i>Junco phaeonotus</i>	3	OM
	<i>Pipilo ocai maculatus</i>	3	OM

^a Uso de hábitat: 1= no perturbado, 2= perturbado, 3= uso de ambos hábitat (ver Métodos para más información).

^b Gremios alimenticios: CA = carnívoro; NE = nectarívoro; FRU = frugívoro; OM = omnívoro; IN = insectívoro, INT = insectívoro terrestre; INA = insectívoro aéreo; INTR = insectívoro de troncos; IND = insectívoro de dosel.

Se llevó a cabo un análisis de ANOVA anidada comparando la abundancia de aves y riqueza de especies de cada una de las cuatro repeticiones de los conteos por transecto en los nueve sitios. Determinando como factor principal y fijo el área, y como factor anidado el tratamiento (anidado en el factor área), se analizaron ambas variables de respuesta por separado: número de individuos y número de especies. Los resultados de los análisis indican que hay diferencia entre las áreas en la abundancia (ANOVA anidado, $F_{2,6} = 3.6$, $P = 0.04$) y riqueza de aves (ANOVA anidado, $F_{2,6} = 42.2$, $P < 0.001$). Además, hay diferencia entre los tratamientos de manejo del bosque en la abundancia (ANOVA anidado, $F_{2,6} = 3.3$, $P = 0.014$) y riqueza de aves (ANOVA anidado, $F_{2,6} = 29.4$, $P < 0.001$).

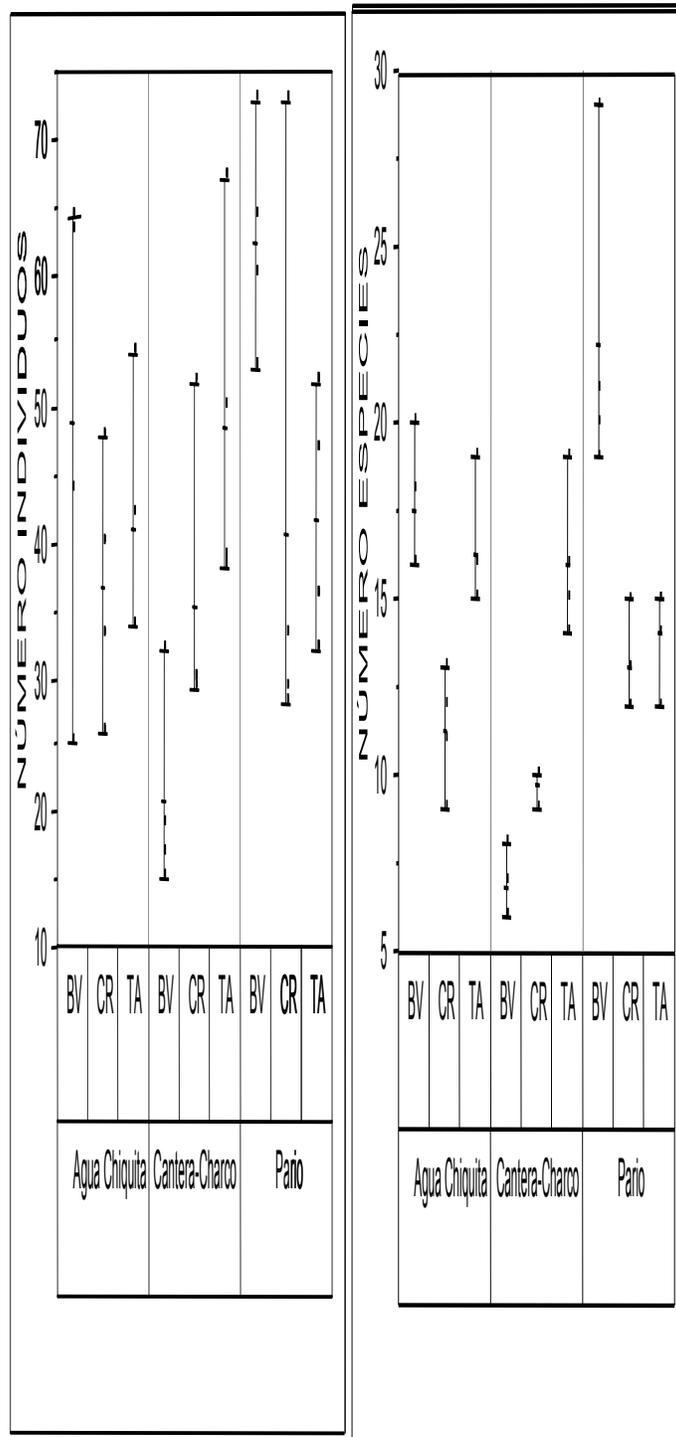


Figura 2. Número promedio de individuos (A) y de especies (B) de cada una de las cuatro repeticiones de los conteos por transecto en los tratamientos de bosque viejo (BV), tercer aclareo (TA) y corta de regeneración (CR) para las tres áreas de estudio. Las barras de error son la desviación estandar.

Área Agua Chiquita

Para el área de Agua Chiquita se reportan 39 especies de aves observadas en los transectos de parcelas circulares y capturadas en las redes de niebla, de las cuales 13 especies se encontraron en los tres tipos de hábitat (Tabla 2). De las 13 especies, 5 especies son muy flexibles en cuanto al grado de perturbación del hábitat, las 8 restantes prefieren los ambientes poco perturbados. Las 6 especies que sólo se encuentran en el bosque viejo fueron especies que prefieren los ambientes no perturbados. En cambio las especies registradas únicamente en el tercer aclareo o la corta de regeneración fueron especies pertenecientes a ambas categorías de uso de hábitat (no perturbado y uso de ambos hábitats). Un total de 16 especies se registraron sólo en uno de los tratamientos: *Dendroica townsendi*, *Glaucidium brasilianum*, *Parula superciliosa*, *Picoides villosus*, *Trogon elegans* y *T. mexicanus* sólo se registraron en el Bosque Viejo; *Aphelocoma ultramarina*, *Eugenes fulgens*, *Lepidocolaptes leucogaster*, *Peucedramus taeniatus*, *Piranga flava*, *Vireo huttoni* sólo estuvieron presentes en el Tercer Aclareo; y finalmente, *Campylorhynchus gularis*, *Melanotis caerulescens*, *Mytrephanes phaeocercus*, *Oporornis agilis* sólo estuvieron presentes en la Corta de Regeneración.

En los conteos en las parcelas circulares se registraron un total de 507 individuos pertenecientes a 29 especies en los tres sitios. En el bosque viejo se registraron 196 individuos de 23 especies, de las cuales *Catharus occidentalis* y *Troglodytes aedon* fueron las especies más abundantes con 26 y 20 individuos respectivamente (Tabla 2). Las especies más abundantes en el tercer aclareo fueron *Hylocharis leucotis* y *Catharus occidentalis* con 25 y 20 individuos respectivamente de una muestra de 164 aves, pertenecientes a 23 especies (Tabla 2). En la corta de regeneración se registraron 147 individuos de 14 especies, siendo las más abundantes *Hylocharis leucotis* y *Troglodytes aedon* con 30 individuos cada una (Tabla 2).

Por otro lado, la Figura 3 muestra la curva de acumulación de especies con base en los datos recabados a través de los cuatro transectos de conteo realizados en cada uno de los tres sitios en el área de Agua Chiquita. Se ve claramente que la riqueza de especies fue similar en el bosque viejo y en el tercer aclareo, pero mucho menor en la corta de regeneración (también ver Tabla 2). Por otro lado se puede apreciar que en los tres

tratamientos las curvas alcanzan la asíntota por lo que se puede concluir que la cantidad de muestreo fue adecuada.

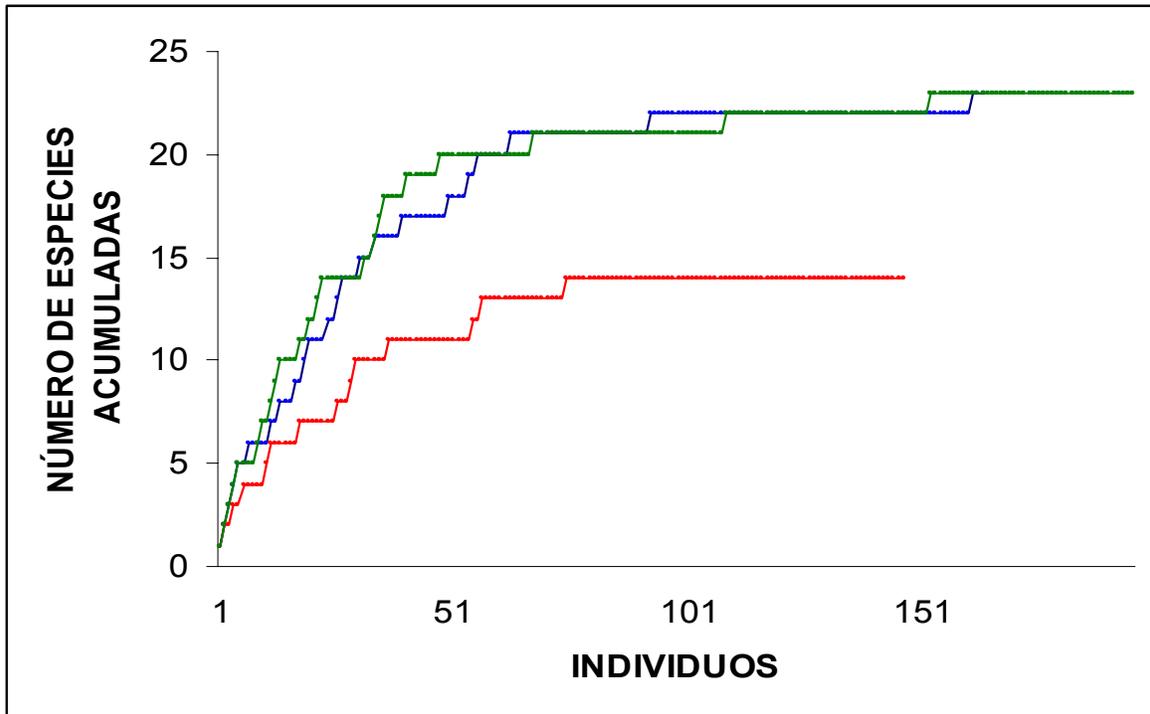


Figura 3. Curva de acumulación de especies. Bosque viejo (verde), tercer aclareo (azul) y corta de regeneración (rojo).

En el área se capturaron en las redes de niebla un total de 190 aves, representando a 29 especies de 15 familias. Para las comunidades de los tratamientos de bosque viejo, tercer aclareo y corta de regeneración señaladas en la Tabla 2, la riqueza específica de aves es 21, 18 y 19 respectivamente.

Tabla 2. Abundancia de la avifauna registrada en los transectos de conteo y capturada en redes (en paréntesis) en el área de Agua Chiquita.

ESPECIE	BOSQUE VIEJO	TERCER ACLAREO	CORTA REGENERACIÓN
Omnívoros			
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	-	2	-
<i>Atlapetes pileatus</i>	12(1)	7(2)	10(7)
<i>Atlapetes virenticeps</i>	-	(4)	(1)
<i>Cyanocorax sanblasianus</i>	1(1)	2	-
<i>Junco phaenotus</i>	10(3)	7(1)	6(4)
<i>Melanotis caerulescens</i>	-	-	(1)
<i>Myadestes occidentalis</i>	15(3)	9(5)	2(1)
<i>Parus sclateri</i>	2(1)	1	-
<i>Pipilo ocai maculatus</i>	10(2)	8(3)	8(7)
<i>Psaltriparus minimus</i>	2	1	-
<i>Sialia mexicana</i>	5(1)	1(2)	-
Insectívoros			
<i>Basileuterus belli</i>	1(2)	7(5)	-
<i>Campylorhynchus gularis</i>	-	-	(1)
<i>Certhia americana</i>	10(3)	-	4(1)
<i>Contopus pertinax</i>	5	2	9
<i>Dendroica towdensi</i>	(2)	-	-
<i>Empidonax occidentalis</i>	15(1)	3(1)	8(4)
<i>Ergaticus ruber</i>	16(1)	10(3)	7
<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	-	1	-
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	-	-	(4)
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	3	2	-
<i>Myioborus miniatus</i>	16(4)	8(4)	5(3)
<i>Oporornis agilis</i>	-	-	(2)
<i>Parula superciliosa</i>	5	-	-
<i>Peucedramus taeniatus</i>	-	9(1)	-
<i>Picoides villosus</i>	3	-	-
<i>Piranga flava</i>	-	1(1)	-
<i>Troglodytes aedon</i>	20(3)	13(5)	30(16)
<i>Vireo huttoni</i>	-	2	-
<i>Wilsonia pusilla</i>	5(3)	11(2)	11(4)
Frugívoros			
<i>Catharus occidentalis</i>	26(7)	20(11)	15(5)
<i>Trogon elegans</i>	1(1)	-	-
<i>Trogon mexicanus</i>	3	-	-
<i>Turdus assimilis</i>	(1)	-	(1)
Nectarívoros			
<i>Eugenes fulgens</i>	-	(1)	-
<i>Hylocharis leucotis</i>	(1)	25(12)	30(16)
<i>Lampornis amethystenus</i>	(1)	(1)	(1)
<i>Lampornis clemenciae</i>	10(1)	12	2(4)
Carnívoros			
<i>Glaucidium brasilianum</i>	(1)	-	-
INDIVIDUOS	196(43)	164(64)	147(83)
ESPECIES	23(21)	24(18)	14(19)

Los tratamientos que compartieron un mayor número de especies de aves fueron el bosque viejo y el tercer aclareo ($J= 0.28$). En el paraje de Agua Chiquita se observó lo esperado, es decir que a medida que la intensidad del tratamiento de manejo aumentó, disminuyeron la diversidad y equidad de la comunidad de aves en el área (Tabla 3). De acuerdo con la prueba de t de Hutcheson existen diferencias significativas entre la diversidad de la comunidad de aves entre el tercer aclareo y la corta de regeneración ($t = 1.96$, g.l. 309, $P < 0.017$), entre el tercer aclareo y el bosque viejo ($t = 1.96$, g.l. 334, $P < 0.017$) y entre la corta de regeneración ($t = 1.96$, g.l. 304, $P < 0.017$) y el Bosque Viejo.

Tabla 3. Número de especies de aves e individuos en cada uno de cuatro repeticiones de los conteos por transecto, observados en los tres tratamientos en el área de Agua chiquita. En las últimas dos columnas se presentan los valores de diversidad de especies y equidad para los tres tratamientos.

TRATAMIENTO	# ESPECIES	# INDIVIDUOS	DIVERSIDAD SHANNON	EQUIDAD PIELOU
BOSQUE VIEJO	16	25	2.82	0.9
	20	64		
	16	44		
	18	63		
TERCER ACLAREO	16	34	2.79	0.89
	19	54		
	15	34		
	15	42		
CORTA REGENERACIÓN	11	40	2.35	0.88
	13	48		
	12	33		
	9	26		

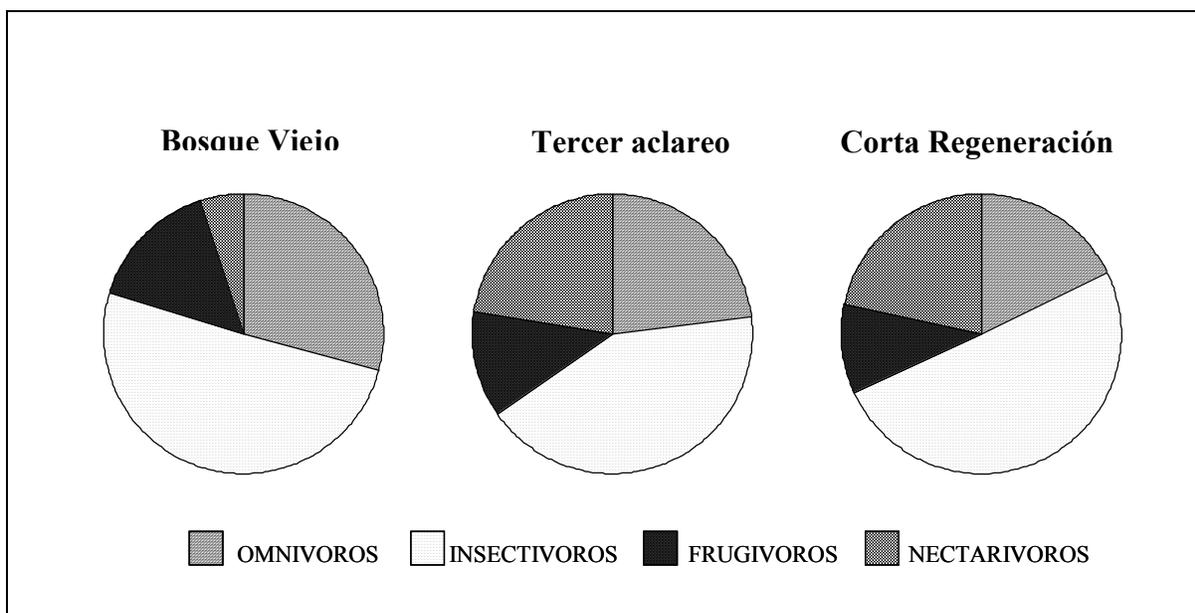


Figura 4. Porcentaje del número de individuos por gremio alimenticio en cada tratamiento del bosque en Agua Chiquita.

Entre los tres tratamientos el número de especies pertenecientes a un particular gremio alimenticio no varió significativamente ($X^2 = 2.42$, $gl=6$, $P=0.877$), pero hubo diferencias significativas entre el tratamiento en el número de individuos ($X^2=30.58$, $gl=6$, $P< 0.001$). La proporción de individuos insectívoros fue similar en los tres tratamientos, y la proporción de los cuatro gremios fue muy parecida en el tercer aclareo y la corta de regeneración (Fig 4). Por su parte el bosque viejo se caracterizó por alojar menos nectarívoros y más omnívoros que el tercer aclareo y la corta de regeneración (Fig 4).

En la corta de regeneración el 41% de los individuos pertenecieron a la especie *Troglodytes aedon*, ave insectívora terrestre tolerante a perturbaciones. Esta especie probablemente es beneficiada por el sotobosque más denso del sitio, el cual le proporciona excelente área de forrajeo. Otra especie que caracterizó el sitio fue el colibrí *Hylocharis leucotis*, y su abundancia es atribuible a la presencia de la planta herbácea del género *Salvia* en el sitio, por ser fuente de néctar (Tabla 8). Especies de plantas como *Rubus fruticosus* (zarzamora), pueden explicar la presencia abundante de frugívoros como *Catharus occidentalis* en toda el área. El uso de los bosques secundarios por las aves está relacionado frecuentemente con la abundancia de recursos estacionales en estos ambientes, como por ejemplo frutos y flores. Las respuestas de las especies individuales de aves a las modificaciones en el

hábitat, particularmente de aquellas especies polinizadoras y dispersoras de semillas, son de vital importancia en el funcionamiento y la recuperación en el funcionamiento y la recuperación de los ecosistemas alterados (Rouges y Blake, 2001).

En conclusión, se observó que para el área de Agua Chiquita, el manejo del bosque del tercer aclareo no provocó una disminución considerable de la diversidad, con respecto al bosque viejo. La riqueza de especies fue igual en ambos tratamientos pero en el tercer Aclareo se favoreció la abundancia de ciertas especies, lo cual se refleja en la disminución de la equidad y la diversidad (Tabla 3). A pesar de que la diversidad no fue mucho menor en el tercer aclareo, sí cambió la composición de la comunidad de aves. Especies sensibles a perturbaciones como los trotones y los pájaros carpinteros, así como insectívoros de dosel y de troncos se ubicaron preferentemente en el bosque viejo (Tabla 2). Especies características de lugares abiertos, nectarívoros e insectívoros terrestres, se registraron abundantemente en el sitio de corta de regeneración.

Área Cantera Charco

Agrupando los datos de los transectos de conteo en parcelas circulares y de capturas en redes de niebla, en el bosque viejo, tercer aclareo y corta de regeneración se registraron 8, 21, y 17 especies respectivamente (Tabla 4). Del total de 25 especies registradas en el área de Cantera Charco, 7 especies se encontraron en los tres tipos de hábitats, 5 de las cuales son especies sensibles a las perturbaciones ambientales.

Dentro del bosque viejo no se registraron especie exclusivas de este tratamiento. Por otro lado, *Catharus fuscescens*, *Contopus pertinax*, *Melanosis caerulescens*, *Myadestes occidentales*, *Peucedramus taniatus*, *Vireo huttoni*, *Wilsonia pusilla* sólo se registraron en el tercer aclareo, siendo la mayoría de ellas especies reportadas para condiciones con y sin perturbación ambiental, mientras que *Diglossa baritula*, *Colibrí thalasinus*, *Regulus calendula* y *Turdus rufitorques* sólo se observaron en la corta de regeneración.

La Figura 5 muestra la curva de acumulación de especies con base en los datos recabados a través de los cuatro transectos de conteo realizados en cada uno de los tres sitios en el área de Cantera Charco. Se ve claramente que la riqueza de especies fue distinta en los tres tratamientos (también ver Tabla 3). Por otro lado se puede apreciar que en los tres

tratamientos las curvas alcanzan la asíntota por lo que se puede concluir que la cantidad de muestreo fue adecuada.

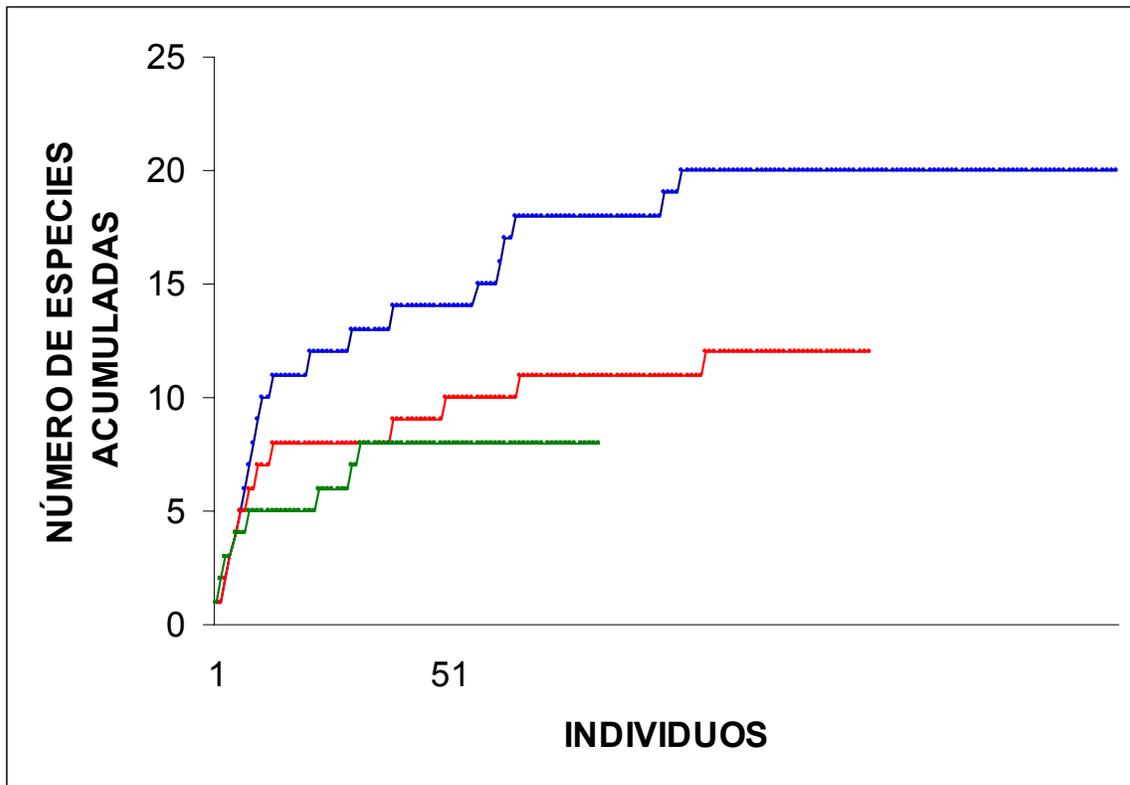


Figura 5. Curva de acumulación de especies. Bosque viejo (verde), tercer aclareo (azul) y corta de regeneración (rojo).

Durante los conteos en las parcelas circulares se registraron 418 individuos de 20 especies, con la siguiente distribución: 83 individuos en el Bosque viejo, 194 individuos en el Tercer Aclareo, y 141 individuos en la Corta de Regeneración (Tabla 4). Las especies más abundantes en el tercer aclareo fueron *Ergaticus ruber* y *Catharus occidentales* con más de 25 detecciones. En el bosque viejo *Hylocharis leucotis* fue una de las especies más abundantes al igual que en la corta de regeneración, junto con *Psaltriparus minimus* (Tabla 4).

Los tratamientos que compartieron un mayor número de especies de aves fueron el tercer aclareo y la corta de regeneración ($J= 0.27$). La diversidad de especies más alta ocurrió en el tercer aclareo, seguida por la corta de regeneración y en tercer lugar el bosque viejo, lo cual es opuesto a lo que se esperaba (Tabla 5). La equidad es menor en la corta

regeneración, debido al efecto del registro de dos bandadas de *Psaltriparus minimus*. Mediante la prueba de t de Hutcheson concluimos que hubo diferencias significativas entre tercer aclareo y corta regeneración en la diversidad de la comunidad de aves ($t = 2.13$, g.l. 290, $P < 0.017$). Asimismo, la diversidad de especies difirió significativamente entre el bosque viejo y el tercer aclareo ($t = 2.14$, g.l. 138, $P < 0.017$) y entre el bosque viejo y la corta de regeneración ($t = 2.14$, g.l. 164, $P < 0.017$).

Con redes de niebla se capturaron un total de 198 aves pertenecientes a 21 especies de 10 familias (Tabla 4). En el tratamiento de tercer aclareo las especies más abundantes fueron *Atlapetes pileatus* y *Catharus occidentalis* con 8 individuos (34% del total de individuos). En el tratamiento de corta de regeneración las especies más abundantes fueron *Psaltriparus minimus* con 15 individuos; y *Atlapetes pileatus*, *Catharus occidentales*, *Empidonax occidentalis* y *Junco phaenotus* con 8 individuos (69% del total de los individuos). En el bosque viejo la especie claramente más abundante fue *Hylocharis leucotis* con 41 individuos capturados (57% del total).

Tabla 4. Abundancia de la avifauna registrada en los transectos de conteo y capturada en redes (en paréntesis) en el área Cantera charco.

ESPECIE	BOSQUE VIEJO	TERCER ACLAREO	CORTA REGENERACIÓN
Frugívoros			
<i>Catharus fuscensens</i>	-	(5)	-
<i>Catharus occidentalis</i>	10(4)	27(8)	20(8)
<i>Turdus ruftorques</i>	-	-	(1)
Insectívoros			
<i>Certhia americana</i>	4	7(1)	-
<i>Contopus pertinax</i>	-	10	-
<i>Empidonax occidentalis</i>	10(8)	6(1)	15(8)
<i>Ergaticus ruber</i>	-	20(4)	17(3)
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	6(2)	6	3(1)
<i>Myioborus miniatus</i>	-	18	8(1)
<i>Peucedramus taenatus</i>	-	11	-
<i>Regulus calendula</i>	-	-	(3)
<i>Troglodytes aedon</i>	3(4)	4(1)	7(7)
<i>Vireo huttoni</i>	-	6(2)	-
<i>Wilsonia pusilla</i>	-	9(4)	-
Nectarívoros			
<i>Colibri thalassinus</i>	-	-	(1)
<i>Diglossa baritula</i>	-	-	(1)
<i>Hylocharis leucotis</i>	27(41)	8(2)	26(6)
<i>Lampornis clemenciae</i>	21(9)	5(1)	(1)
Omnívoros			
<i>Atlapetes pileatus</i>	-	16(8)	6(8)
<i>Junco phaenotus</i>	2(4)	18(6)	4(8)
<i>Melanotis caerulescens</i>	-	1	-
<i>Myadestes occidentalis</i>	-	12	-
<i>Pipilo ocai maculatus</i>	-	5(2)	5(3)
<i>Psaltriparus minimus</i>	-	3(2)	29(15)
<i>Sialia mexicana</i>	-	2(1)	1(3)
INDIVIDUOS	83(72)	194(48)	141(78)
ESPECIES	8(7)	20(15)	12(17)

Tabla 5. Número de especies de aves e individuos en cada uno de cuatro repeticiones de los conteos por transecto, observados en los tres tratamientos en el área de Cantera-Charco. En las últimas dos columnas se presentan los valores de diversidad de especies y equidad para los tres tratamientos.

TRATAMIENTO	# ESPECIES	# INDIVIDUOS	DIVERSIDAD SHANNON	EQUIDAD PIELOU
BOSQUE VIEJO	6	17	1.77	0.85
	7	32		
	6	15		
	8	19		
TERCER ACLAREO	19	67	2.76	0.92
	15	50		
	16	38		
	14	39		
CORTA REGENERACIÓN	10	52	2.19	0.88
	9	30		
	10	30		
	10	29		

No hubo diferencia entre los tres tipos de bosque en la proporción de especies de aves por gremio alimenticio ($X^2 = 3.17$, $gl = 6$, $P = 0.788$), pero hubo diferencia entre los tipos de bosque por número de individuos en cada gremio ($X^2 = 103.5$, $gl = 6$, $P < 0.001$). El bosque viejo alojó un mayor porcentaje de individuos nectarívoros y un menor porcentaje de individuos omnívoros que la corta de regeneración y el tercer aclareo (Fig. 6). Por otro lado, en el tercer aclareo se observó un mayor porcentaje de individuos insectívoros que en el bosque viejo y el tercer aclareo (Fig. 6).

El Bosque Viejo se caracterizó por la presencia de colibríes de las especies *Hylocharis leucotis* y *Lampornis clemenciae* que representaron el 58% del total de los individuos registrados durante los transectos de parcelas circulares. Los colibríes obtienen primordialmente sus requerimientos energéticos del néctar floral, probablemente había algún parche importante de flores en algún lugar cercano, que no fue observado y por lo tanto no fue registrado en el transecto de vegetación. Solo se reporta una especie preferencialmente omnívora y una frugívora, *Junco phaeotus* y *Catharus occidentalis*, presentes en los tres sitios dentro del área. Respecto a los insectívoros, coincidió la

presencia de *Certhia americana* y *Troglodytes aedon* con el sitio de tercer aclareo. El tercer aclareo tiene un mayor número de individuos y de especies de omnívoros que la corta de regeneración.

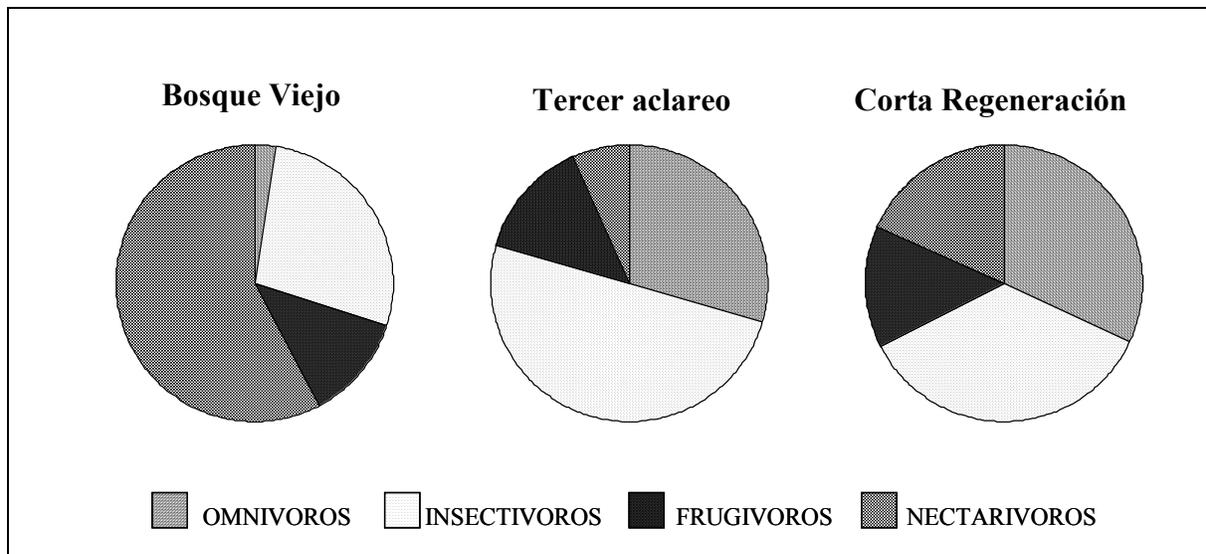


Figura 6. Porcentaje del número de individuos por gremio alimenticio en cada tratamiento del bosque en Cantera-Charco.

Área Pario

Englobando los datos del muestreo con transectos de parcelas circulares y del uso de redes de niebla, en el bosque viejo, tercer aclareo y corta de regeneración se registraron 23, 20, 22 especies respectivamente (Tabla 6). Del total de 32 especies registradas en el área de Pario, 10 especies se encontraron en los tres tipos de tratamiento. *Cyanocitta stelleri* sólo se observó en el bosque viejo, *Amazilia violiceps* y *Picoides villosus* fueron únicamente observadas el tercer aclareo, mientras que colibris como *Amazilia beryllina*, *Amazilia tzacatl*, *Amazilia virenticeps*, *Eugenes fulgens* junto con *Parus sclateri* y *Pipilo ocai* sólo se registraron en la corta de regeneración.

La Figura 7 muestra la curva de acumulación de especies con base en los datos recabados a través de los cuatro transectos de conteo realizados en cada uno de los tres sitios en el área de Pario. Se ve claramente que la riqueza de especies fue mayor en Bosque Viejo, seguida del Tercer aclareo y finalmente la Corta de regeneración (también ver Tabla 5). Por otro

lado se puede apreciar que en los tres tratamientos las curvas alcanzan la asíntota por lo que se puede concluir que la cantidad de muestreo fue adecuada.

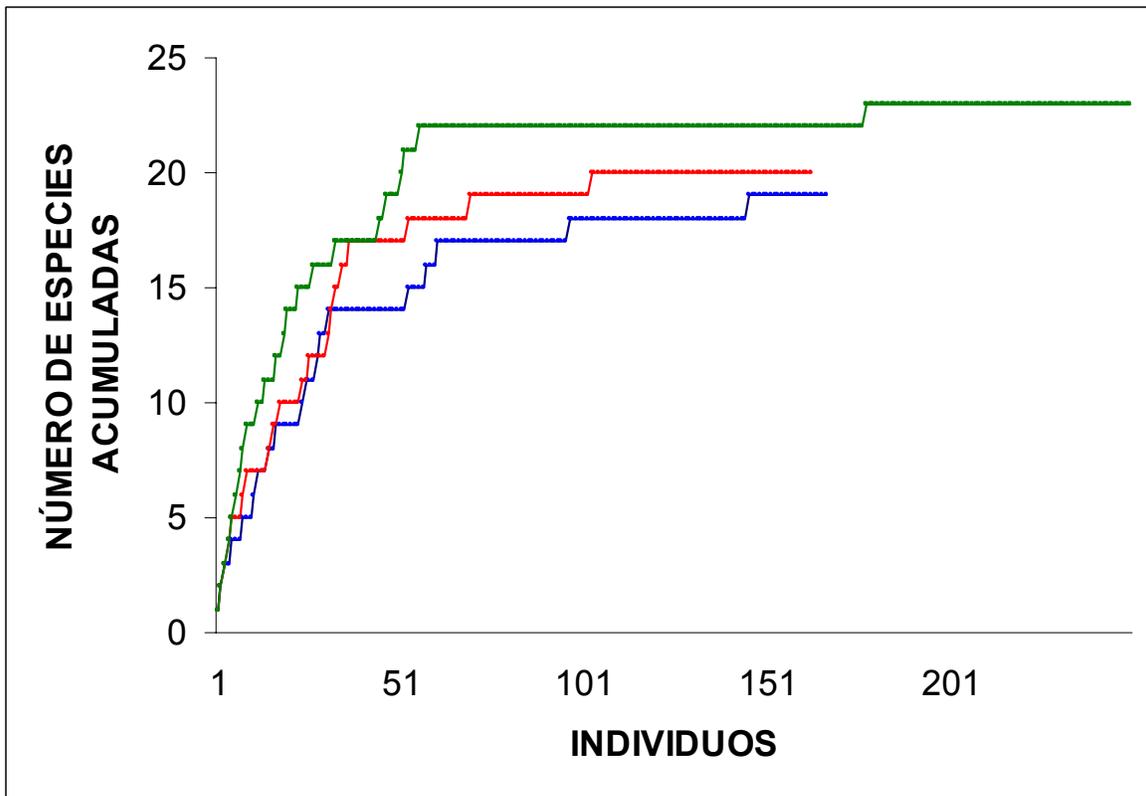


Figura 7. Curva de acumulación de especies. Bosque viejo (verde), tercer aclareo (azul) y corta de regeneración (rojo).

En los transectos de parcelas circulares se registraron 580 individuos de 29 especies en el área de Pario. *Ergaticus ruber* y *Empidonax occidentalis* fueron de las especies más abundantes en tercer aclareo y bosque viejo (Tabla 6). Miembros de la familia Trochilidae como *Hylocharis leucotis* y *Lampornis clemenciae* fueron las especies más abundantes en la corta de regeneración (Tabla 6).

Los tratamientos que compartieron un mayor número de especies de aves fueron el bosque viejo y el tercer aclareo ($J= 0.29$). El sitio con mayor equidad fue el tercer aclareo (Tabla 5). El bosque viejo tuvo mayor diversidad de especies de aves que los otros dos tratamientos (Tabla 7). De acuerdo con la prueba de t de Hutcherson con comparaciones a posteriori, existen diferencias estadísticas significativas entre la diversidad de la comunidad

de aves del bosque viejo al compararla con la diversidad en el tercer aclareo ($t=2.13$, g.l. 306, $P < 0.017$) y con la corta de regeneración ($t=2.13$, g.l. 261, $P < 0.017$), y no existen diferencias significativas entre el tercer aclareo y la corta de regeneración ($t=2.13$, g.l. 317, $P < 0.017$)

En las redes de niebla se capturó un total de 156 aves, de 29 especies de 16 familias (Tabla 6). En el tratamiento de tercer aclareo las especies más abundantes fueron *Empidonax occidentalis* con 11 individuos y *Troglodytes aedon* e *Hylocharis leucotis* con 9 individuos (48% del total de individuos, Tabla 6). En el tratamiento de corta de regeneración la especie más abundante fue *Hylocharis leucotis* con 23 (40% del total de los individuos, Tabla 6), en el bosque viejo las especies más abundantes fueron *Catharus occidentalis* y *Certhia americana* con 10 y 6 individuos respectivamente (42% del total de los individuos, Tabla 6).

Tabla 6. Abundancia de la avifauna registrada en los transectos de conteo y capturada en redes (en paréntesis) en el área Pario

ESPECIE	BOSQUE VIEJO	TERCER ACLAREO	CORTA REGENERACIÓN
Frugívoros			
<i>Catharus occidentalis</i>	4(10)	-	3(2)
<i>Trogon mexicanus</i>	8(1)	-	1
Insectívoros			
<i>Basileuterus belli</i>	4(1)	2(1)	-
<i>Certhia americana</i>	12(6)	9(3)	-
<i>Contopus pertinax</i>	16	18(1)	-
<i>Empidonax occidentalis</i>	20(2)	29(11)	7(2)
<i>Ergaticus ruber</i>	28(1)	21(6)	9(1)
<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	3(1)	2(1)	-
<i>Myarchus tuberculifer</i>	6	2	2
<i>Myioborus miniatus</i>	13(2)	8(4)	6
<i>Parula supercilliosa</i>	15(1)	1	-
<i>Peucedramus taniatus</i>	10	4	-
<i>Picoides villosus</i>	-	1(3)	-
<i>Piranga rubra</i>	3	-	1(1)
<i>Troglodytes aedon</i>	18(5)	5(9)	22(2)
<i>Vireo huttoni</i>	13	-	6(1)
Nectarívoros			
<i>Amazilia beryllina</i>	-	-	8(2)
<i>Amazilia tzacatl</i>	-	-	(1)
<i>Amazilia violiceps</i>	-	(1)	-
<i>Eugenes fulgens</i>	-	-	1(2)
<i>Hylocharis leucotis</i>	8(1)	12(9)	33(23)
<i>Lampornis clemenciae</i>	-	4(1)	25(1)
Omnívoros			
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	4	6	7(1)
<i>Atlapetes pileatus</i>	20(4)	16(3)	4(2)
<i>Cyanocitta stelleri</i>	1(2)	-	-
<i>Junco phaeotus</i>	5	11(6)	8(4)
<i>Myadestes occidentalis</i>	15	9(1)	6(2)
<i>Parus sclateri</i>	-	-	2(1)
<i>Pipilo ocai maculatus</i>	-	-	7(1)
<i>Psaltriparus minimus</i>	20	7(1)	-
<i>Sialia mexicana</i>	4(1)	-	5(8)
INDIVIDUOS	250(38)	167(61)	163(57)
ESPECIES	23(14)	19(16)	20(18)

Tabla 7. Número de especies de aves e individuos en cada uno de cuatro repeticiones de los conteos por transecto, observados en los tres tratamientos en el área de Pario. En las últimas dos columnas se presentan los valores de diversidad de especies y equidad para los tres tratamientos.

TRATAMIENTO	# ESPECIES	# INDIVIDUOS	DIVERSIDAD SHANNON	EQUIDAD PIELOU
BOSQUE VIEJO	20	73	2.91	0.93
	19	53		
	21	60		
	19	64		
TERCER ACLAREO	14	52	2.61	0.88
	15	36		
	12	47		
	15	32		
CORTA REGENERACIÓN	12	28	2.58	0.86
	12	29		
	13	33		
	15	73		

No hubo diferencia significativa en la proporción de especies por gremio alimenticio entre los tratamientos ($X^2 = 6.04$, $gl = 6$, $P = 0.419$) pero hubo diferencia significativa en la proporción de individuos por gremio alimenticio en cada tratamiento ($X^2 = 125.6$, $gl = 6$, $P < 0.001$). El bosque viejo y el tercer aclareo presentaron porcentajes muy similares en el número de individuos insectívoros y omnívoros (Fig. 8). Sin embargo, el bosque viejo presentó aves frugívoras mientras que este gremio estuvo ausente en el tercer aclareo. En cambio la corta de regeneración presentó menor proporción de individuos de aves insectívoras, y una mucha mayor proporción de individuos nectarívoros, en comparación con el tercer aclareo y el bosque viejo (Fig. 8).

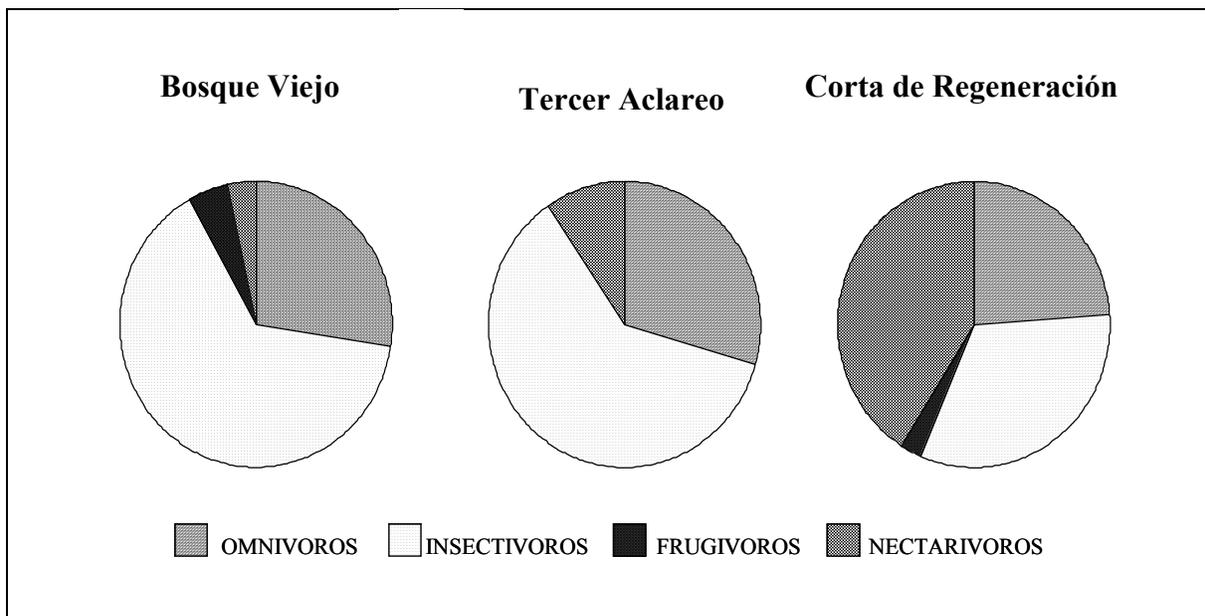


Figura 8. Porcentaje del número de individuos por gremio alimenticio en cada tratamiento del bosque en Parío.

Comunidad vegetal

Área Agua Chiquita

En el área de Agua Chiquita se registro un total de 62 géneros de herbáceas y arbustos y 10 especies de árboles (Tabla 8). En el bosque viejo, se registró 18 géneros de hierbas y arbustos registrados (Tabla 9) los cuales cubrieron $\leq 25\%$ de cada uno de los subtransectos. *Pinus pseudostrabus* fue el árbol más recurrente con 40 individuos mayores de 1 m de altura, seguido de *Quercus rugosa* con 17 individuos (Fig. 9). En el tercer aclareo se encontraron 18 géneros de hierbas y arbustos (Tabla 8), ninguno mostró una cobertura predominante. Se contaron 53 individuos de *Quercus deserticota* y 22 de *Pinus pseudostrabus*, 37 y 9 mayores de 1 m de altura respectivamente (Fig. 10). En la corta de regeneración se registró el mayor número de géneros de hierbas y arbustos, con un total de 25 (Tabla 8). La zarzamora, *Rubus fruticosus*, fue la herbácea con una cobertura importante que caracterizó el sitio. En un área de 0.05 ha se registraron 6 árboles mayores de 2 m de altura, 3 *Pinus pseudostrabus*, 2 de los cuales eran individuos semilleros y 3 *Quercus crassifolia* (Fig. 11).

En general, el bosque viejo y el tercer aclareo tuvieron árboles dentro de las cuatro categorías de altura, a diferencia de la corta de regeneración que tuvo árboles menores a 5 m y mayores a los 20 m (Tabla 9). El bosque viejo tuvo el mayor número de árboles mayores a 1 m y los más gruesos del fuste, lo que se refleja finalmente en una mayor área basal en total (Tabla 9).

El tercer aclareo no fue mucho menos diverso en su comunidad de aves que el bosque viejo principalmente en lo que se refiere al número de especies insectívoras (Tabla 2), esto se empalma con la semejanza en la descripción de la comunidad vegetal. Ambos tuvieron entre 70 y 50 árboles con una altura mayor a 1 m a diferencia de los 6 árboles registrados en la corta de regeneración. El área basal nos indica que aunque existe un número parecido de árboles en pie en el bosque viejo y en el tercer aclareo, los árboles del bosque viejo son de tronco más grueso en general, con un promedio de dap 22 ± 18.9 cm, a diferencia de los árboles del tercer aclareo, individuos más jóvenes, no tan altos y con troncos con un promedio de dap de 9.7 ± 12.2 cm (Tabla 9).

En los tres sitios se identificaron especies arbóreas del género *Pinus* y *Quercus*, pero sólo en el bosque viejo y en el tercer aclareo los individuos del género *Quercus* alcanzaron alturas mayores a 1 m (Tabla 9, Fig 9 y 10). Además, únicamente en el Bosque Viejo se registró un género arbóreo adicional: *Abies* (Tabla 8, Fig 9).

Las Figuras 9, 10 y 11 son una representación grafica lineal de cada uno de los individuos mayores a 1 m registrados en los transectos de vegetación (250 m x 2 m), en cada una de los tres tratamientos en Agua Chiquita, donde podemos ver de manera gráfica la abundancia, la altura en metros y el género de cada árbol registrado.

Tabla 8. Géneros de hierbas y arbustos, y especies de árboles registrados en el área de Agua Chiquita

BOSQUE	VIEJO	TERCER	ACLAREO	CORTA	REGENERACIÓN
HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES	HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES	HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES
<i>Alloispermum</i>	<i>Abies religiosa</i> ¹	<i>Archibacchari</i>	<i>Pinus moctezumae</i> ²	<i>Begonia</i>	<i>Crataegus pubescens</i> ³
<i>Begonia</i>	<i>Crataegus pubescens</i> ²	<i>Arracacia</i>	<i>Pinus pseudostrubus</i> ²	<i>Ceanothus</i>	<i>Pinus pseudostrubus</i> ²
<i>Cestrum</i>	<i>Pinus pseudostrubus</i> ²	<i>Asclepias</i>	<i>Quercus deserticola</i> ²	<i>Cestrum</i>	<i>Quercus candicans</i> ³
<i>Cheilanthes</i>	<i>Quercus deserticola</i> ²	<i>Baccharis</i>	<i>Quercus laurina</i> ¹	<i>Galium</i>	<i>Quercus crassifolia</i> ²
<i>Cirsium</i>	<i>Quercus rugosa</i> ²	<i>Begonia</i>	<i>Quercus obtusata</i> ³	<i>Kearnemalvastrum</i>	<i>Quercus laurina</i> ³
<i>Desmodium</i>		<i>Berberis</i>		<i>Lopezia</i>	
<i>Galinsoga</i>		<i>Bidens</i>		<i>Lupinus</i>	
<i>Oreopanax</i>		<i>Brassica</i>		<i>Melampodium</i>	
<i>Rubus</i>		<i>Brickellia</i>		<i>Montanoa</i>	
<i>Salvia</i>		<i>Carpinus</i>		<i>Neobrittonia</i>	
<i>Sambucus</i>		<i>Desmodium</i>		<i>Oxalis</i>	
<i>Senecio</i>		<i>Galium</i>		<i>Parietaria</i>	
<i>Sigesbeckia</i>		<i>Lupinus</i>		<i>Phaseolus</i>	
<i>Sisyrinchium</i>		<i>Lycianthes</i>		<i>Phytolacca</i>	
<i>Solanum</i>		<i>Rubus</i>		<i>Piqueria</i>	
<i>Stevia</i>		<i>Salvia</i>		<i>Plantago</i>	
<i>Tournefortia</i>		<i>Senecio</i>		<i>Rubus</i>	
<i>Viburnum</i>		<i>Sisyrinchium</i>		<i>Sabazia</i>	
		<i>Ternstroemia</i>		<i>Salvia</i>	
		<i>Viburnum</i>		<i>Sambucus</i>	
				<i>Senecio</i>	
				<i>Sida</i>	
				<i>Sigesbeckia</i>	
				<i>Solanum</i>	
				<i>Stevia</i>	

Altura: ¹ > 1m; ² < 1m, ³ ambas categorías de altura

Tabla 9. Descripción de la comunidad vegetal del área de Agua Chiquita

	BOSQUE	TERCER	CORTA
	VIEJO	ACLAREO	REGENERACIÓN
0.05 ha. de muestreo			
Hierbas y arbustos			
Número de géneros	18	20	25
Árboles <1 m altura			
Número de individuos	28	32	54
Número de especies	4	5	4
Árboles ≥1 m altura			
Número de individuos	69	52	6
Número de especies	5	4	2
# de indiv. 1-5 m	9	22	2
# de indiv. 6-10 m	19	25	0
# de indiv. 1-20 m	23	4	0
# de indiv. > 20 m	18	1	4
# de indiv. dap < 10 cm	25	37	4
# de indiv. dap 10 – 20 cm	16	10	2
# de indiv. dap > 20 cm	28	5	0
dap promedio cm	22.04±18.87	9.73±12.24	9.1±8.1
área basal m²	453.79	98.63	6.487

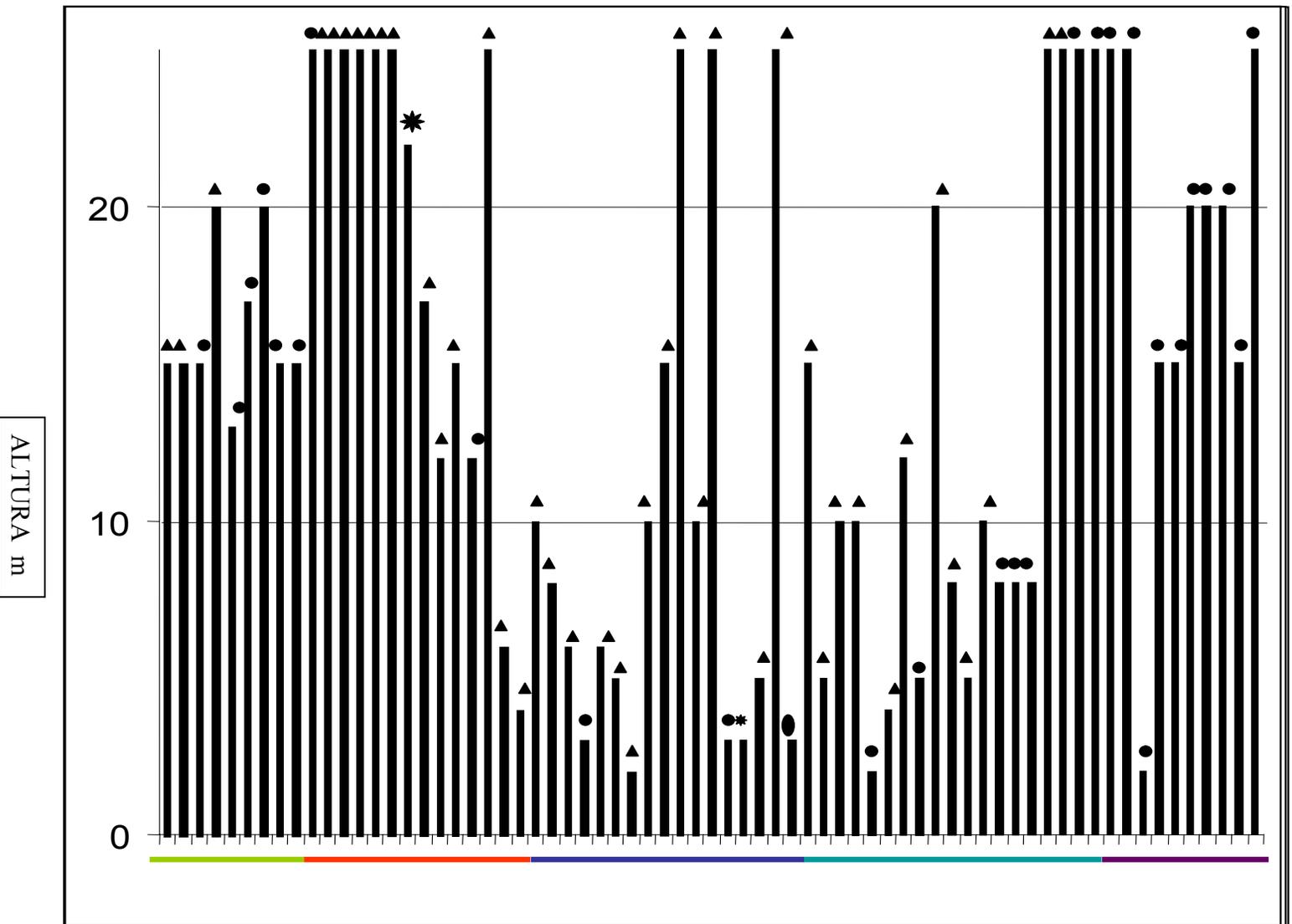


Figura 9. Perfil fisionómico del bosque viejo en Agua Chiquita. *Pinus* (triángulo), *Quercus* (círculo), *Abies* (estrella), *Crataegus* (óvalo).

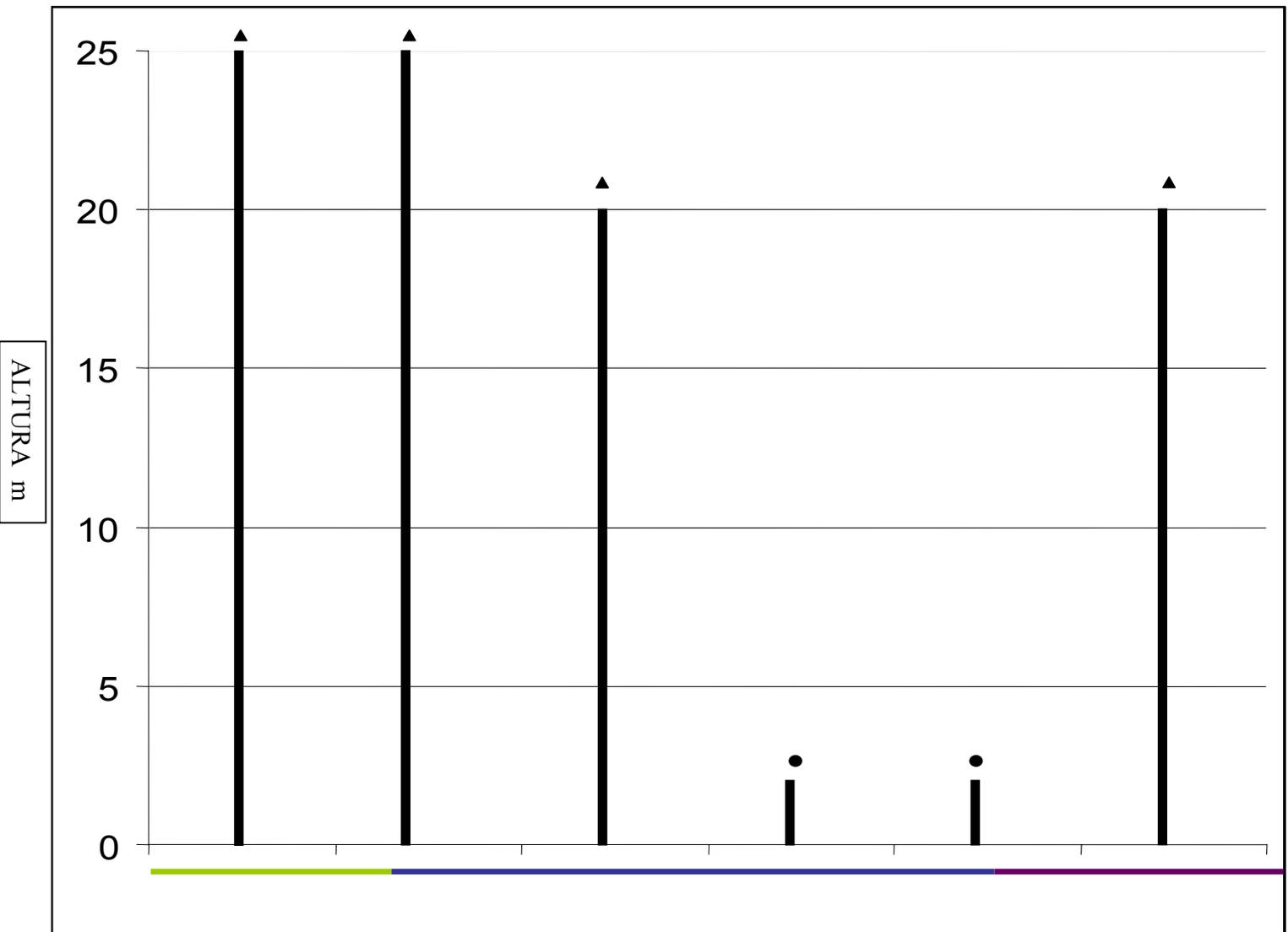


Figura 11. Perfil fisiológico de la corta de regeneración en Agua Chiquita. *Pinus* (triángulo), *Quercus* (círculo).

Área Cantera Charco

En el área de Cantera Charco se registró un total de 25 géneros de herbáceas y arbustos y 8 especies de árboles (Tabla 10). En el bosque viejo, se registró 17 géneros de hierbas y arbustos registrados los cuales cubrieron $\leq 25\%$ de cada uno de los 25 subtransectos (Tabla 10), la altura de las hierbas y arbustos en general fue menor a los 30 cm, debido a la falta de suelo y presencia de afloramientos de piedras volcánicas. *Abies religiosa* fue el árbol más recurrente con 23 individuos mayores de 1 m de altura, seguido de *Pinus moctezumae* con 18 individuos (Fig. 12). En general los árboles midieron entre 11 a 20 m de altura (Tabla 11). Se recolectaron muestras de 9 géneros de hierbas y arbustos en el tratamiento de tercer aclareo (Tabla 10) pero ninguno mostró una cobertura predominante. Se contaron 44 individuos de *Pinus pseudostrobus*, 3 tejocotes y 2 *Quercus candicans*. La altura de dosel que caracteriza este sitio estiva en el rango de los 5 a los 10 m (Tabla 11). En la corta de regeneración se registraron 16 géneros de hierbas y arbustos (Tabla 10). En un área de 0.05 ha se registraron 13 árboles mayores de 1 m de altura, 7 *Pinus pseudostrobus*, 5 *Quercus gentry* y un *Crateagus pubescens* (Fig 14). Los *Pinus pseudoestrobis* conforman el estrato de 11 a 20 m (Tabla 11).

En general, el sitio de bosque viejo dentro del área de Cantera Charco, se caracterizó por la presencia de piedra volcánica, poco suelo y una superficie accidentada. Albergó una mayor riqueza de especies arbóreas y se contaron más árboles que en los otros dos sitios, pero estos eran más delgados ($d_{ap} 17.2 \pm 12.4$ cm) por lo que el área basal por transecto intermedia entre la del tercer aclareo y la de la corta de regeneración (Tabla 11). A pesar de la abundancia de árboles con respecto a la corta de regeneración, el bosque viejo fue menos rico en términos de especies de aves y albergó menos insectívoros, lo cual hace pensar que la presencia de árboles favorecen la presencia de insectívoros siempre y cuando estos sean de tronco grueso. El tercer aclareo se caracterizó por tener árboles más gruesos y fue el tratamiento con mayor área basal (Tabla 11).

El tejocote, *Crateagus pubescens*, sólo se observó en las parcelas pertenecientes a los sitios de tercer aclareo y corta de regeneración (Tabla 10, Fig 3 y 14), lo cual debe influir en la presencia de frugívoros como *Catharus occidentalis*, *Catharus fuscescens* y *Turdus rufitorques*.

Las figuras 12, 13 y 14 son una representación grafica lineal (500 m²) de cada uno de los individuos mayores a 1 m registrados en cada una de las áreas, donde ilustramos la abundancia, la altura en metros y el género de cada árbol registrado.

Tabla 10. Géneros de hierbas y arbustos, especies de árboles registrados en el área de Cantera Charco

BOSQUE VIEJO		TERCER ACLAREO		CORTA REGENERACIÓN	
HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES	HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES	HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES
<i>Acaena</i>	<i>Abies religiosa</i> ¹	<i>Arctostaphylos</i>	<i>Abies religiosa</i> ²	<i>Acaena</i>	<i>Crataegus pubescens</i> ¹
<i>Anoda</i>	<i>Pinus moctezumae</i> ¹	<i>Castilleja</i>	<i>Crataegus pubescens</i> ¹	<i>Alloispermum</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> ²
<i>Begonia</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> ¹	<i>Lupinus</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> ³	<i>Arctostaphylos</i>	<i>Quercus gentry</i> ¹
<i>Eupatorium</i>	<i>Quercus obtusata</i> ¹	<i>Parnetya</i>	<i>Quercus candicans</i> ¹	<i>Asclepias</i>	
<i>Fuchsia</i>	<i>Quercus candicans</i> ³	<i>Phytolacca</i>		<i>Begonia</i>	
<i>Galium</i>	<i>Quercus rugosa</i> ³	<i>Salvia</i>		<i>Castilleja</i>	
<i>Geranium</i>		<i>Senecio</i>		<i>Desmodium</i>	
<i>Holodiscus</i>		<i>Sisyrinchium</i>		<i>Lopezia</i>	
<i>Jaltomata</i>		<i>Taraxacum</i>		<i>Oenothera</i>	
<i>Lobelia</i>				<i>Parnetya</i>	
<i>Lupinus</i>				<i>Phytolacca</i>	
<i>Oenothera</i>				<i>Piqueria</i>	
<i>Parnetya</i>				<i>Salvia</i>	
<i>Plantago</i>				<i>Senecio</i>	
<i>Senecio</i>				<i>Sisyrinchium</i>	
<i>Sisyrinchium</i>				<i>Taraxacum</i>	
<i>Taraxacum</i>					

Altura: ¹ > 2m; ² < 2m, ³ ambas categorías de altura

Tabla 11. Descripción de la comunidad vegetal del área de Cantera Charco

	BOSQUE VIEJO	TERCER ACLAREO	CORTA REGENERACIÓN
0.05 ha. de muestreo			
Hierbas y arbustos			
Número de géneros	17	9	16
Árboles <1 m altura			
Número de individuos	3	3	3
Número de especies	2	2	1
Árboles ≥1 m altura			
Número de individuos	69	49	13
Número de especies	4	3	3
# indiv. 1-5 m	5	5	1
# indiv. 6-10 m	25	23	7
# indiv. 11-20 m	36	5	4
# indiv. > 20 m	3	16	1
# indiv. dap < 10 cm	26	15	1
# indiv. dap 10 – 20 cm	24	11	2
# indiv. dap > 20 cm	19	23	10
dap promedio cm	17.18±12.37	29.3±22.34	29.36±13.25
área basal m²	245.19	517.75	104.56

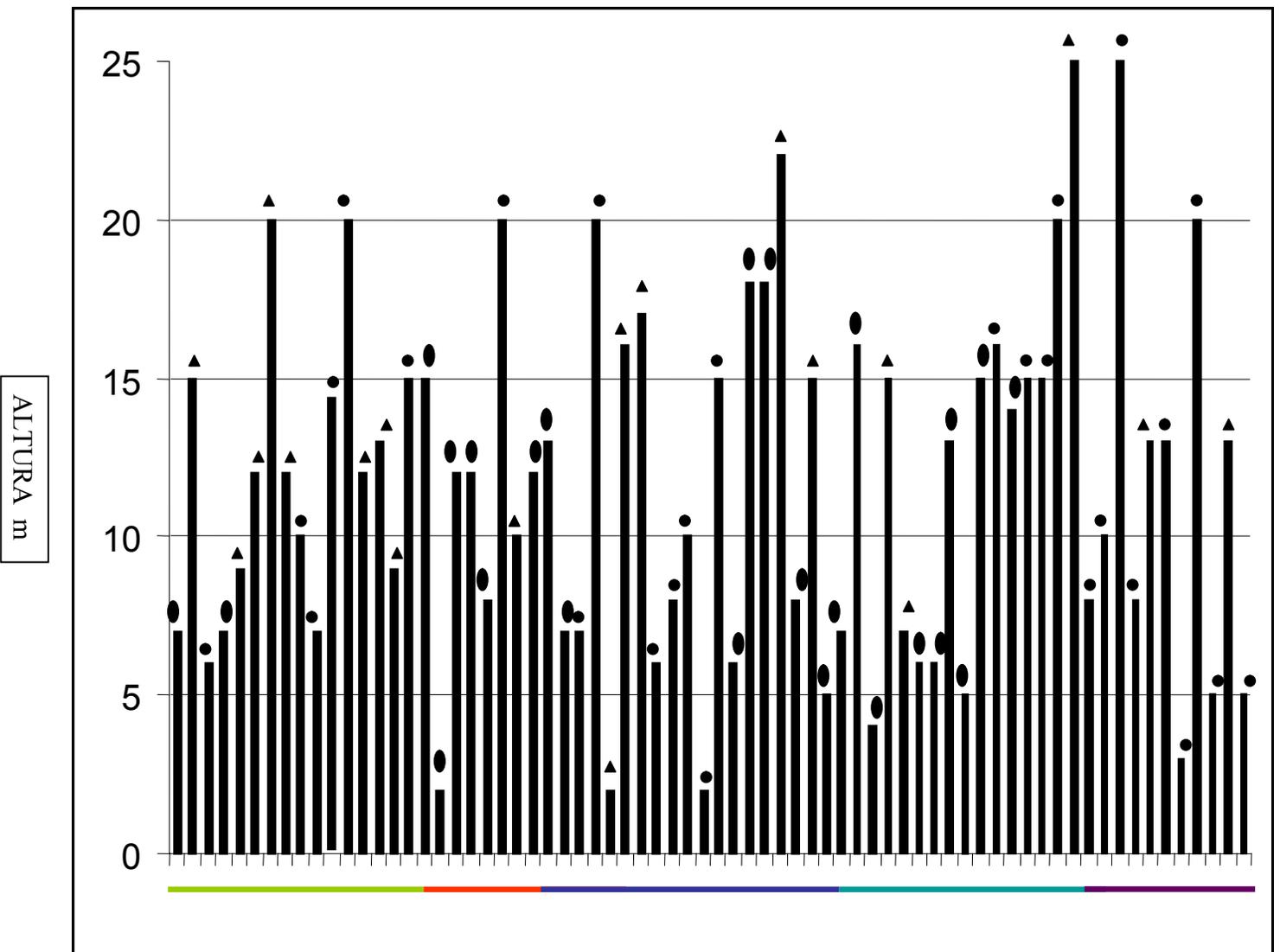


Figura 12. Perfil fisiológico del bosque viejo en cantera charco *Pinus* (triángulo), *Quercus* (círculo), *Crataegus* (óvalo).

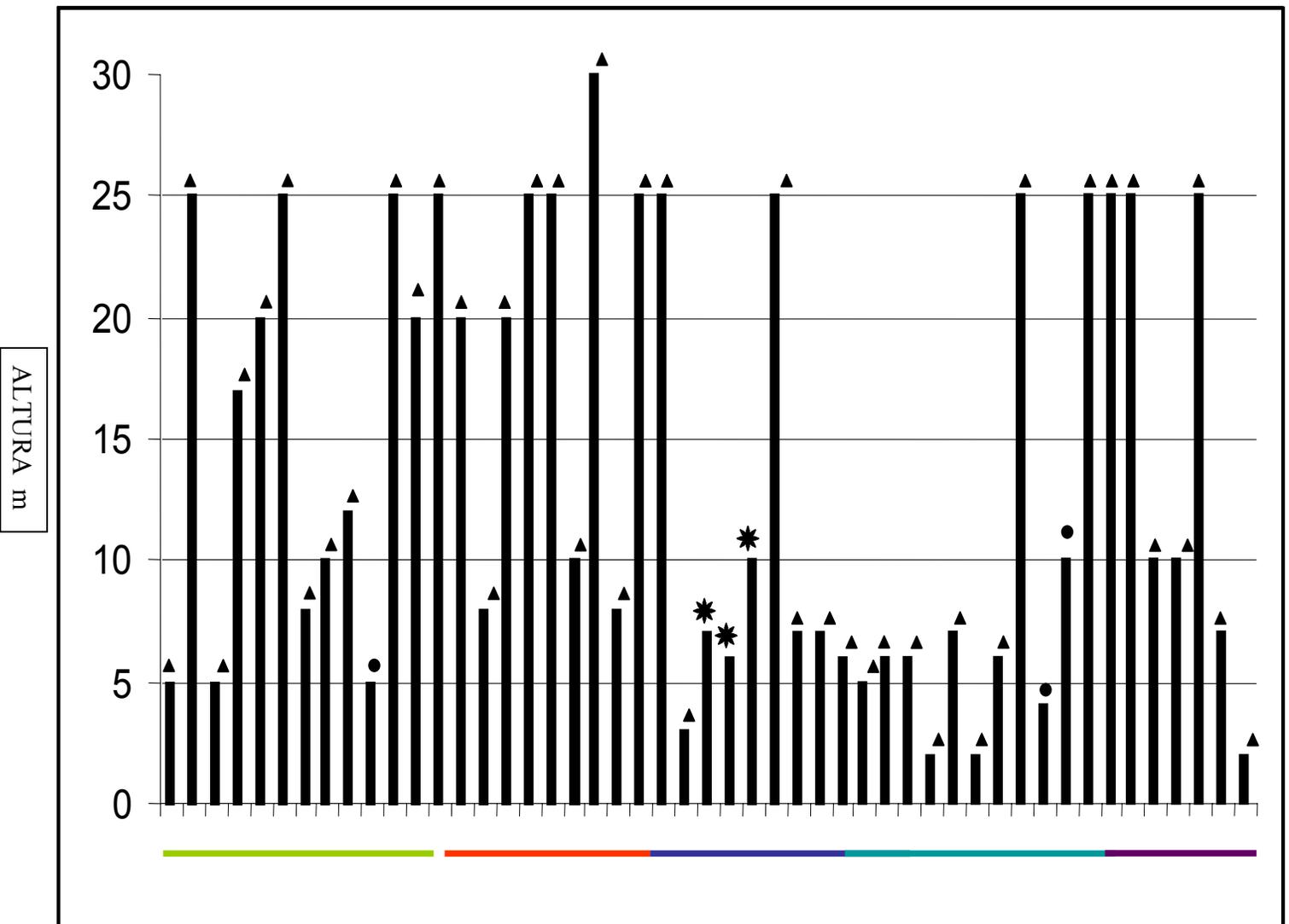


Figura 13. Perfil fisionómico del tercer aclareo en cantera charco. *Pinus* (triángulo), *Quercus* (círculo), *Abies* (estrella), *Crataegus* (óvalo).

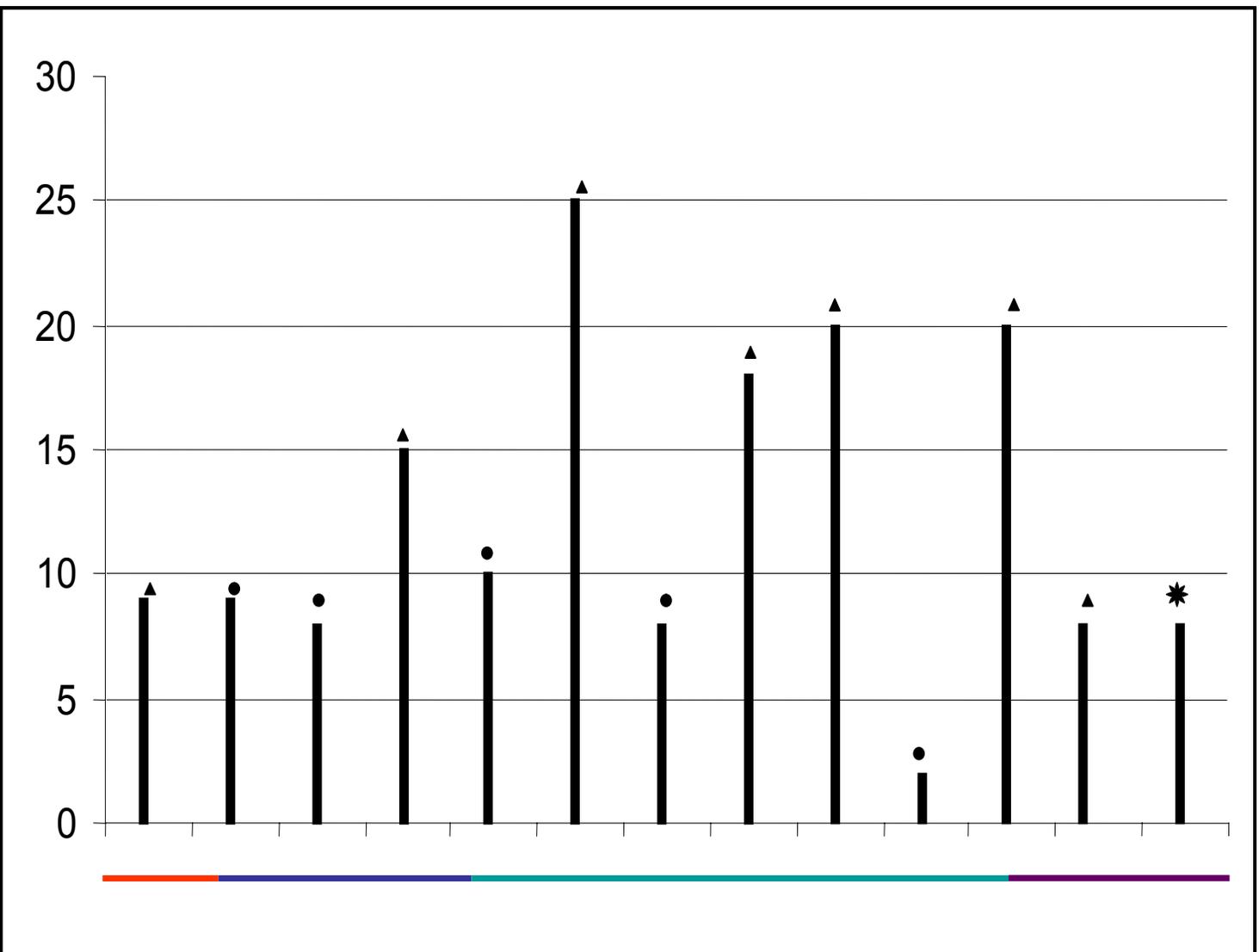


Figura 14. Perfil fisionómico de la corta de regeneración en cantera charco. *Pinus* (triángulo), *Quercus* (círculo), *Abies* (estrella).

Área Pario

En el área de Pareo se registro un total de 38 géneros de herbáceas y arbustos y 6 especies de árboles (Tabla 12). En el bosque viejo, se registró 19 géneros de hierbas y arbustos (Tabla 12) los cuales cubrieron $\leq 25\%$ de cada uno de los subtransectos (Tabla 13). *Quercus crassifolia* fue el árbol más recurrente con 23 individuos mayores de 1 m de altura, seguido de *Pinus dauglasiana* con 13 individuos (Fig 15). En general los árboles midieron entre 10 a 20 m de altura (Tabla 13). En el tercer aclareo se encontraron 14 géneros de hierbas y arbustos (Tabla 12), y ninguno mostró una cobertura predominante (Tabla 13). Se contaron 15 individuos de *Pinus douglasiana*, 10 *Quercus crassifolia*, 2 *Quercus candicans*, 2 *Pinus pseudostrobus* y un *Quercus rugosa* (Figura 16). La altura de los árboles que caracteriza este sitio fluctuó en el rango de los 10 a los 20 m (Tabla 13). En la corta de regeneración se registraron 29 géneros de hierbas y arbustos (Tabla 12), la mayoría con una altura menor a los 30 cm (Tabla 13), excepto los individuos de *Senecio angulifolius*, comúnmente llamado burro, que llegaron a medir hasta los 1.70 m y cubrieron el 70% de superficie (Tabla 12, Fig 17). En los otros dos tratamientos la abundancia del burro fue menor. Se registraron 5 árboles mayores de 2 m de altura, 3 *Quercus crassifolia* y 2 *Pinus pseudoestrobis* (Tabla 12, Fig 17), estos últimos árboles semilleros de 28 m de altura (Tabla 13).

En general, el bosque viejo tuvo más árboles que el tercer aclareo y la corta de regeneración. Al igual que el tercer aclareo tuvo individuos en cada una de las categorías de altura, solo que los individuos eran más altos y menos gruesos del fuste. La comunidad de aves del bosque viejo fue más diversa aquella de los tratamientos silvícolas recientes de tercer aclareo y corta de regeneración. Además entre estos dos últimos no se encontró una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a la diversidad (Tabla 7). Lo anterior coincide con el registro de una mayor riqueza de árboles, herbáceas y arbustos en el bosque viejo (Tabla 13). Las mismas especies arbóreas se registraron en el bosque viejo y en el tercer aclareo, pero en este último la cantidad de árboles fue menor y además estos en general fueron menos altos pero con un fuste mas grueso (dap 22.15 ± 21.65 cm vs. 17.97 ± 14.66 , tercer aclareo y bosque viejo respectivamente). En ambos sitios el gremio mejor representado fue el de los insectívoros, con un mayor número de detecciones para el bosque viejo.

En el sitio de corta de regeneración el arbusto *Senecio angulifolius* fue el que constituyó principalmente el sotobosque, llegando a cubrir el 100% de los subtransectos y con una altura poco menor a los dos metros. Es un sitio de dosel muy abierto, lo cual explica una alta riqueza de herbáceas como salvias (Tabla 13). Los árboles registrados fueron dos individuos semilleros de *Pinus pseudostrobus* mayores a los 20 m y 3 *Quercus candicans*.

Tabla 12. Géneros de hierbas y arbustos, especies de árboles registrados en el área de Parío.

BOSQUE VIEJO		TERCER ACLAREO		CORTA REGENERACIÓN	
HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES	HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES	HIERBAS Y ARBUSTOS	ÁRBOLES
<i>Acaena</i>	<i>Crataegus pubescens</i> ³	<i>Alloispermum</i>	<i>Crataegus pubescens</i> ²	<i>Alloispermum</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> ³
<i>Andiatum</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> ³	<i>Andiatum</i>	<i>Pinus douglasiana</i> ¹	<i>Andiatum</i>	<i>Quercus crassifolia</i> ³
<i>Anoda</i>	<i>Pinus douglasiana</i> ³	<i>Anoda</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i> ²	<i>Anoda</i>	
<i>Artostaphylos</i>	<i>Quercus crassifolia</i> ³	<i>Asclepias</i>	<i>Quercus crassifolia</i> ²	<i>Begonia</i>	
<i>Asclepias</i>	<i>Quercus rugosa</i> ³	<i>Begonia</i>	<i>Quercus candicans</i> ¹	<i>Caenothus</i>	
<i>Begonia</i>		<i>Cestrum</i>	<i>Quercus rugosa</i> ¹	<i>Cestrum</i>	
<i>Cestrum</i>		<i>Galium</i>		<i>Cheilanthes</i>	
<i>Commelina</i>		<i>Geranium</i>		<i>Citharexylum</i>	
<i>Dahlia</i>		<i>Lupinus</i>		<i>Commelina</i>	
<i>Eupatorium</i>		<i>Oenothera</i>		<i>Crusea</i>	
<i>Geranium</i>		<i>Parnetia</i>		<i>Desmodium</i>	
<i>Jaltomata</i>		<i>Salvia</i>		<i>Echeandia</i>	
<i>Lupinus</i>		<i>Senecio</i>		<i>Eupatorium</i>	
<i>Parnetia</i>		<i>Sisyrinchium</i>		<i>Galium</i>	
<i>Piqueria</i>				<i>Gnaphalium</i>	
<i>Plantajo</i>				<i>Halenia</i>	
<i>Salvia</i>				<i>Holodiscus</i>	
<i>Senecio</i>				<i>Iresine</i>	
<i>Taraxacum</i>				<i>Lobelia</i>	
				<i>Lopezia</i>	
				<i>Lupinus</i>	
				<i>Matelea</i>	
				<i>Phitolacca</i>	
				<i>Piqueria</i>	
				<i>Senecio</i>	
				<i>Sigesbeckia</i>	
				<i>Sisyrinchium</i>	
				<i>Solanum</i>	
				<i>Taraxacum</i>	

Altura: ¹ > 2m; ³ < 2m, ² ambas categorías de altura

Tabla 13. Descripción de la comunidad vegetal del área de Pario

	BOSQUE VIEJO	TERCER ACLAREO	CORTA REGENERACIÓN
0.05 ha. de muestreo			
Hierbas y arbustos			
Número de géneros	19	14	29
Árboles <1 m altura			
Número de individuos	65	22	23
Número de especies	5	2	2
Árboles ≥1 m altura			
Número de individuos	54	37	5
Número de especies	5	5	2
# indiv. 1-5 m	8	4	1
# indiv. 6-10 m	19	14	1
# indiv. 11-20 m	23	13	1
# indiv. > 20 m	4	6	2
# indiv. dap < 10 cm	15	9	1
# indiv. dap 10 – 20 cm	22	16	2
# indiv. dap > 20 cm	17	12	2
dap promedio cm	17.97±14.66	22.15±21.65	23.94±22.87
área basal m²	226.51	169.1	38.94

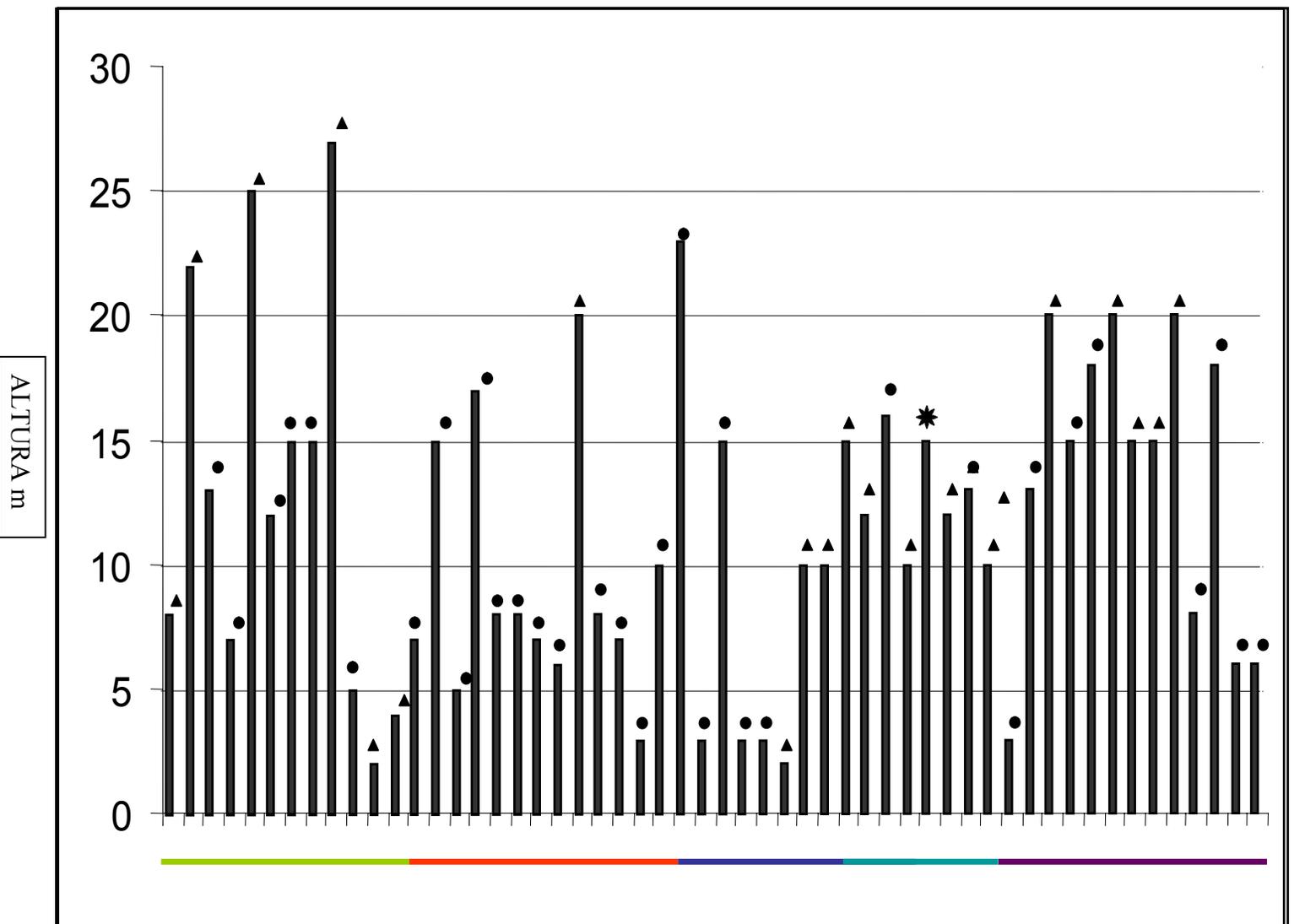


Figura 15. Perfil fisionómico del bosque viejo en Parí. *Pinus* (triángulo), *Quercus* (círculo), *Abies* (estrella).

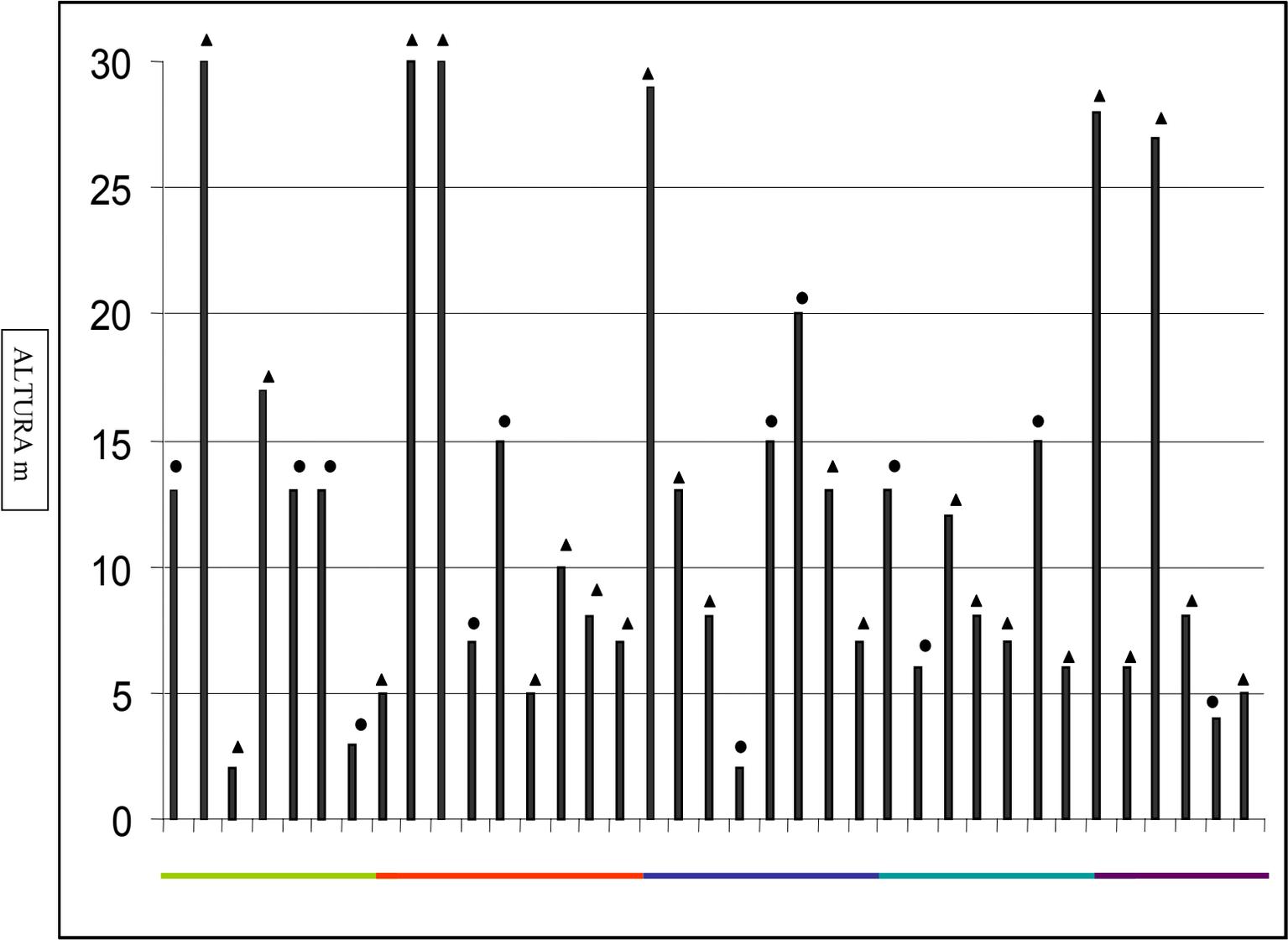


Figura 16. Perfil fisiognómico del tercer aclareo en Parí. *Pinus* (triángulo), *Quercus* (círculo).

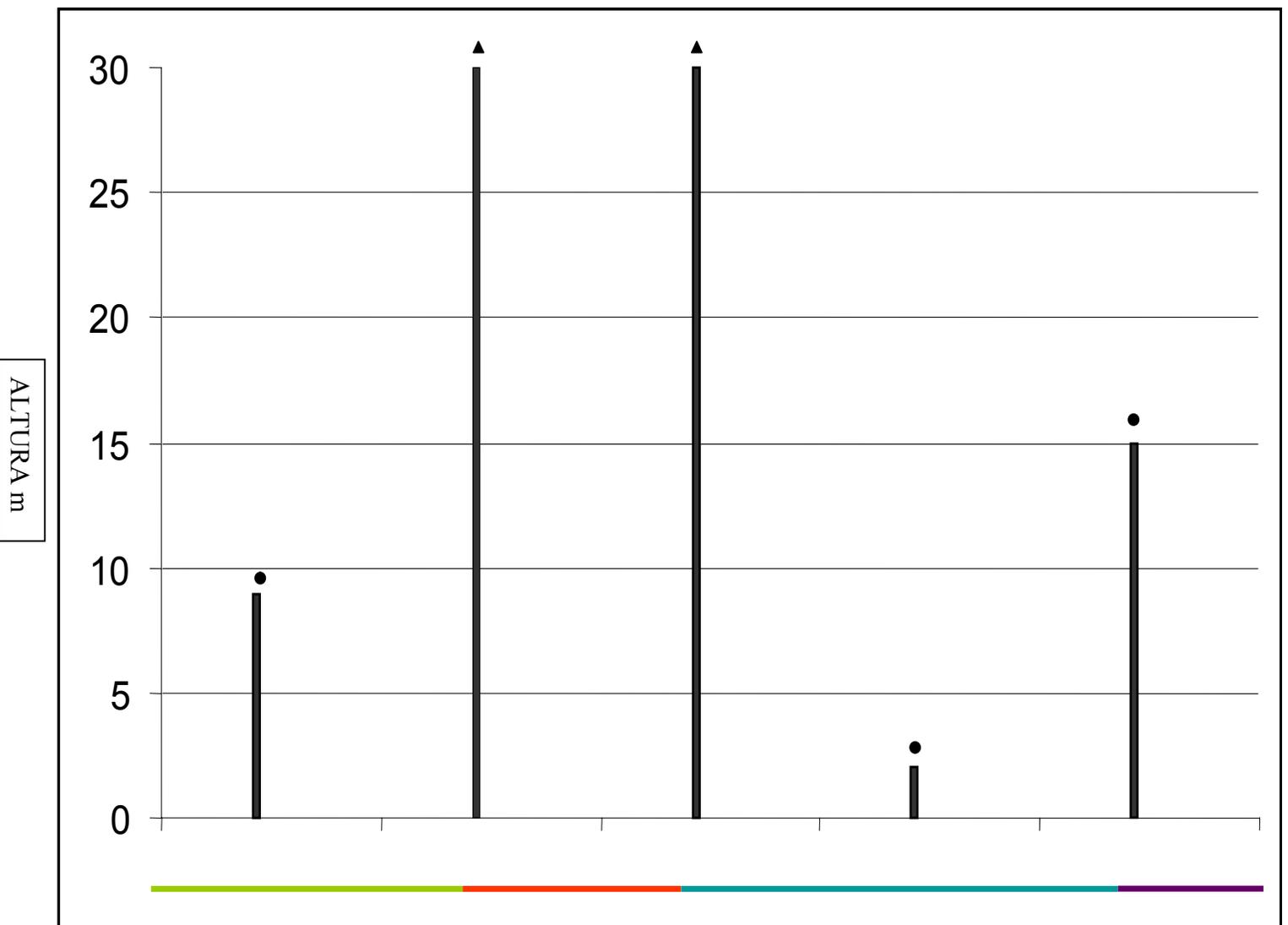


Figura 17. Perfil fisiológico de la corta de regeneración en Parí. *Pinus* (triángulo), *Quercus* (círculo).

Relación entre la estructura de la vegetación y las aves

A causa de la diversidad observada de ensambles de la comunidad de aves en sitios con un mismo tratamiento, intentamos mediante un análisis de componentes principales ordenar los sitios con base en las características de la comunidad vegetal. Las variables de la comunidad vegetal fueron la abundancia de árboles en cada una de las categorías de altura y dap, área basal total en 0.05 has y número de géneros de herbáceas y arbustos. Todos los cálculos fueron hechos utilizándose el programa Pcord 4. Los primeros tres ejes del PCA explicaron el 88.04 % (Tabla 14) de la variabilidad presente en la caracterización ambiental realizada.

Tabla 14. Factores de carga de los tres principales ejes del análisis de componentes principales (PCA).

	CÓDIGO	PCA		
		1	2	3
Número de árboles 1-5 m altura	NA1	-0.1852	-0.4746	-0.5039
Número de árboles 6-10 m altura	NA2	-0.3908	-0.1713	-0.1672
Número de árboles 11-20 m altura	NA3	-0.3161	-0.0864	-0.5326
Número de árboles >20 m altura	NA4	-0.2472	0.4463	-0.2569
Número géneros herbáceas y arbustos	NGHA	0.2924	-0.2569	0.1060
Número especies de árboles	NEA	-0.2783	-0.2702	0.2993
Área basal	AB	-0.3450	0.3723	-0.1866
Número de árboles dap <10 cm	N1D	-0.3149	-0.3849	-0.2864
Número de árboles dap de 10-20 cm	N2D	-0.3642	-0.1360	0.3864
Número de árboles dap > 20 cm	N3D	-0.3717	0.3073	0.0414
Autovalor (eigenvalue)		5.475	2.076	1.253
% Varianza acumulada		54.8	75.5	88.04

Con base en la información que nos brinda el PCA1 (54.8%), los sitios de corta de regeneración de las tres áreas se agrupan de manera clara (Fig. 18). Esta ordenación se debe a su similitud en características de la comunidad vegetal como: número géneros herbáceas y arbustos, número de árboles 1-5 m altura y número de árboles >20 m altura (Tabla 14) .

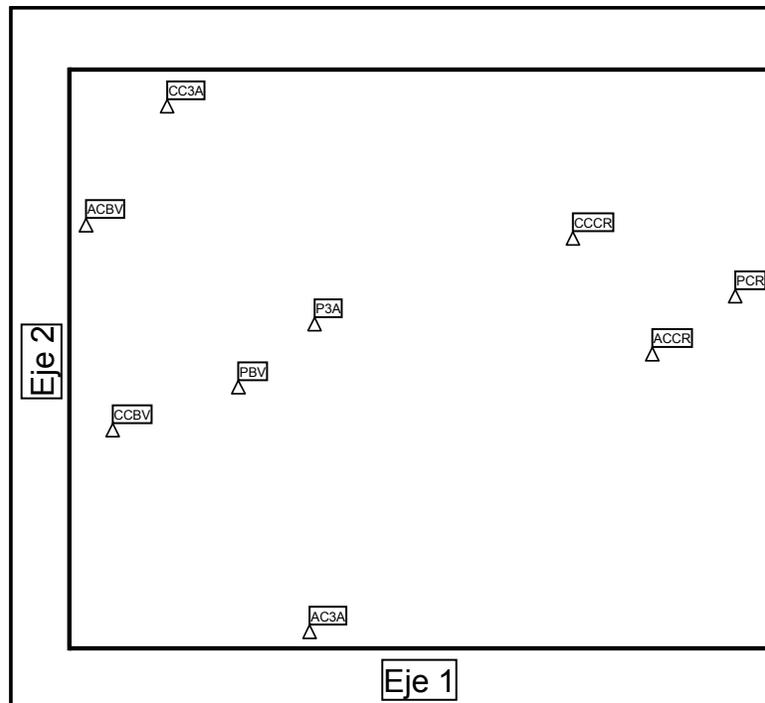
En el extremo más negativo del PCA1, se encuentran los sitios de bosque viejo de las tres áreas (Fig 18), donde las variables más descriptivas del lugar son árboles de 6 a 10 m de altura y con un dap mayor a los 20 cm (Tabla 14). Cabe mencionar que el sitio de tercer

aclareo de Cantera Charco, según lo descrito por el PCA1, se asemeja más los sitios de bosque viejo que a los otros dos sitios de tercer aclareo, en especial al bosque viejo de la misma área (Fig 18).

Los sitios del tercer aclareo de Agua Chiquita y Pario son similares con base en lo descrito por el PCA1 pero difirieron en los ejes PCA2 y 3 (Fig 18). En el PCA2, el sitio de tercer clareo de Agua chiquita fue mejor descrito que el de Pario por las variables: número de árboles 1-5 m altura y número de árboles dap <10 cm (Tabla 14).

Después de obtener el ordenamiento de los sitios por el PCA, se hizo una correlación de cada uno de los ejes con variables de la comunidad de aves tales como: riqueza, abundancia, índice de Shannon, abundancia y riqueza de cada uno de los gremios. La correlación de los ejes con las variables solo resultó significativa en un modelo generado (coeficiente de correlación Spearman = -0.766, $P < 0.05$). El PC3 que explica el 12.3% de la variabilidad del sistema, relacionó de manera positiva la presencia de omnívoros a la riqueza de árboles de preferencia con un dap entre 10 y 20 cm y negativamente a la presencia de árboles menores a 20 m de altura

A



B

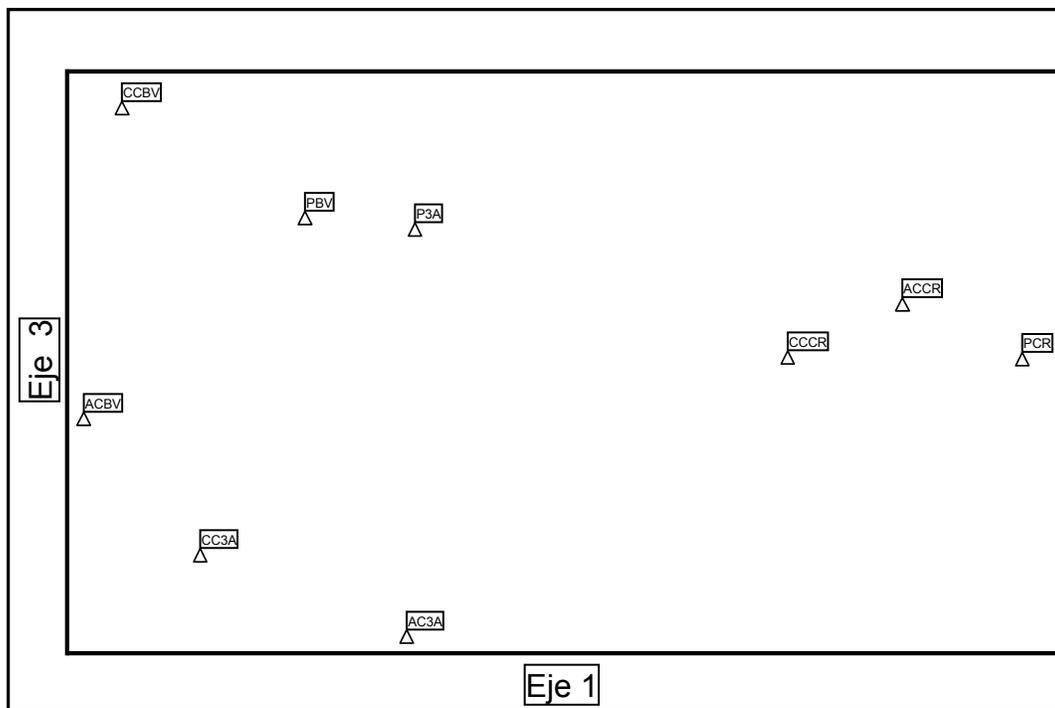


Figura 18. Ordenación en base a los componentes principales de los nueve sitios. (A) PCA1 y PCA2, (B) PCA1 y PCA3.

Agua chiquita: bosque viejo (ACBV), tercer aclareo (ACTC) y corta de regeneración (ACCR)

Cantera charco: bosque viejo (CCBV), tercer aclareo (CCTC) y corta de regeneración (CCCR)

Pario: bosque viejo (PBV), tercer aclareo (PTC) y corta de regeneración (PCR)

DISCUSIÓN

En general, el Bosque Viejo fue el más diverso en cada una de las áreas, y a medida que disminuyó la complejidad estructural de la vegetación (abundancia y altura de árboles, arbustos y herbáceas) disminuyó la diversidad de la avifauna. Empero, el sitio de bosque viejo en Cantera Charco no siguió este patrón, posiblemente debido a la presencia de arena y rocas de origen volcánico en su superficie, producto de la perturbación natural de la explosión del volcán Parícutín en el año 1944, que duró 9 años por lo que el final de la perturbación es más reciente.

De acuerdo a lo observado, el aprovechamiento forestal no siempre será adverso a la mayoría de las metas de conservación de la biodiversidad. Sitios con complejidad intermedia, es decir los de tercer aclareo, tuvieron diversidad elevada de aves (ej. Cantera Charco). El aumento de diversidad en sitios de tercer aclareo con respecto a la corta de regeneración, está previsto por la hipótesis de perturbación intermedia (Connell, 1978). Esta hipótesis predice que en ambientes con niveles de perturbación intermedios se favorece la presencia tanto de especies de hábitats no perturbados, como de especies de hábitats perturbados de amplia distribución. Algunas especies sensibles a las perturbaciones probablemente serán afectadas negativamente por cualquier tipo de aprovechamiento maderero y su conservación dependerá de las reservas ecológicas y no de la intensidad del aprovechamiento. Puesto que no todas las especies de aves requieren hábitats no intervenidos o mínimamente perturbados, es necesario definir el nivel permisible de perturbación que permita mantener una comunidad faunística saludable, es decir, con las características que le permitan su permanencia. Lamentablemente, se conoce muy poco sobre los límites de perturbación que pueden soportar las especies de aves. El aumento de la riqueza en estos ambientes también se puede deber a que el manejo forestal, como aquel que lleva a cabo la CINSJP, produce un mosaico de hábitats de diversos tipos y aumentan el área de bordes, que permiten una mayor disponibilidad de alimento, y facilidad de movimiento mediante sendas y caminos construidos durante el aprovechamiento (Johns 1988). A la vez, si bien la fauna podrá abandonar ciertas áreas durante el período de corta, esta pérdida podrá ser temporal siempre y cuando existan áreas cercanas que sirvan como fuente para la recolonización (Wilcox, 1980).

También pudimos observar, que en el área de Pario, a pesar de que existió una disminución de masa forestal entre los tratamientos de tercer aclareo y corta de regeneración, la diversidad de aves no fue significativamente diferente, no así la composición de la comunidad de aves. Especies que no registraron en el bosque viejo sólo se registraron en uno de los otros dos tratamientos. Por otro lado, especies como *Hylocaris leucotis* mostraron un gradiente de abundancia de mayor a menor conforme aumento la complejidad de la estructura de la vegetación esto debido a la presencia de herbáceas productoras de néctar como las del género *Salvia*. La disminución de la diversidad de los tratamientos de tercer aclareo y corta de regeneración con respecto al bosque viejo en Pario también pudo haber sido producto de la cercanía de ambos al borde del mismo camino con tránsito vehicular frecuente, a diferencia del bosque viejo, el cual no era adyacente a los otros dos tratamientos y el camino más cercano es raramente usado.

Se observó un gradiente de abundancia de aves respecto a la complejidad de la estructura de la vegetación. Los colibris fueron más abundantes en la corta de regeneración, en Pario a diferencia de *Myadestes occidentalis* en las áreas de Agua chiquita y Cantera Charco, donde fue mucho más abundante en el bosque viejo que en los sitios de corta de regeneración. Esto se puede atribuir a la presencia de árboles como el tejocote o arbustos de zarzamora, pero para entender las distribuciones de frugívoros se requiere efectuar comparaciones de abundancia y distribución de frutos en bosque alterado e intacto. *Parula supercilliosa*, así como otras especies insectívoras como carpinteros, son sensibles a la disminución de cobertura vegetal debido a la reducción en la abundancia de insectos y los cambios en el microclima especialmente de luz y humedad, producidos por la extracción de madera (Johns, 1987; Thiollay, 1992). En un análisis más detallado de las especies registradas únicamente en el bosque viejo de Agua Chiquita, la presencia del pájaro carpintero *Picoides villosus* es comprensible debido a la presencia de árboles de tronco duro muertos en pie. Tradicionalmente, los árboles muertos en pie son eliminados en el manejo forestal, ya que son considerados como atrayentes de rayos y por lo tanto generadores de incendios forestales, además de potenciales fuentes de plagas forestales. Recientemente, la remoción de los árboles muertos se ha promovido por razones estéticas y por un incremento de la demanda de pulpa para papel (Salas 1999). La remoción total de los árboles muertos en pie, como sucede regularmente en los tratamientos de aclareo, puede causar la desaparición de la mayoría de las aves que anidan en cavidades o que forrajean en

ellos, como lo demuestra el trabajo de Scott *et al.*, (1977), en el que se redujo 53% la densidad de las aves que anidan en cavidades, en una parcela experimental a la que se le realizaron cortas silvícolas y se removieron además los árboles muertos en pie. Porcentajes similares son reportados por Bolen y Robinson (1995). La tendencia en la actualidad, cuando se trata de manejar integralmente un bosque, es la de dejar un cierto número de árboles muertos en pie. La razón faunística para recomendar dicha práctica es que algunas especies pueden excavar sólo en madera dura y otras en madera suave. Los árboles muertos en pie con madera dura se convierten en árboles con madera suave a través de un proceso gradual de deterioro y descomposición. Dos procesos sucesionales influyen sobre el uso de los árboles muertos en pie por la fauna silvestre: a) las características internas y externas del árbol muerto y b) el estado sucesional de la comunidad vegetal que rodea el árbol muerto. Cada estadio en el proceso de descomposición tiene un valor particular para ciertas especies de aves. La madera suave produce el sustrato para artrópodos que constituyen una importante fuente de alimentación para muchas especies de avifauna silvestre (Aleixo, 1999). El tamaño y la altura de cada árbol muerto en pie también determinan qué especies usarán un árbol muerto para anidar (Salas, 1999). Cada especie de las que anidan en cavidades muestra una clara preferencia por una altura específica en la cual construir su nido. El tamaño de la especie determina el diámetro mínimo del árbol muerto en pie que pueda proporcionar un espacio lo suficientemente grande para anidar (Scott *et al.*, 1977). Además de los carpinteros, miembros de la familia Trogonidae, y especies como *Glaucidium brasilianm*, *Dendroica towdensi* y *Parula supercilliosa* sólo se reportaron para el bosque viejo de Agua Chiquita y Pario (ver Tabla 6), de hecho en este último lugar también se registró en el tercer aclareo, pero su abundancia fue mucho menor. Se sabe además, que estas especies también usan los árboles muertos en pie para anidar y/o como fuente de alimento (Salas, 1999). Las especies de árboles que usan son: *Pinus pseudostrobus*, *Pinus douglasiana*, *Pinus michoacana* especies de madera blanda en comparación con los encinos que usan sólo cuando presentan cavidades naturales.

Un primer paso para entender la relación entre el manejo de bosques y la comunidad de aves es hacer estudios de riqueza y de abundancia, como el presente trabajo. Sin embargo, si se quiere tener un entendimiento mejor del sistema, se deben realizar estudios que utilicen diseños experimentales que relacionen el manejo forestal con la demografía de aves (reproducción, supervivencia etc.). Por ejemplo, Bourque y Villard (2001) midieron los

efectos de dos tipos de manejo forestal, la tala selectiva y la cosecha total, comparándolas con áreas sin corte, sobre la abundancia y la reproducción de dos especies de aves migratorias neotropicales (*Dendroica caerulescens* y *Seiurus aurocapillus*). Ambas especies tuvieron densidades más bajas y su rendimiento reproductivo fue significativamente menor en áreas con tala selectiva que en los lotes sin corte.

Finalmente, el concepto que respalda a las estrategias conservacionistas, tales como la certificación, es que los bosques naturales debidamente manejados son capaces de producir los beneficios económicos que se necesita sin diezmar los bosques. Quienes proponen el manejo forestal sostenible imaginan bosques que brindan un flujo continuo de maderas de importancia económica, al mismo tiempo que se mantiene la diversidad biológica y la complejidad de los ecosistemas (Buschbacher 1990; Hartshorn 1995). Con base en el presente estudio, se propone algunas medidas que los administradores de bosque, en este caso la Comunidad Indígena de Nueva San Juan, pueden tomar para reducir el impacto del manejo en la biodiversidad: (1) Mantener las zonas de bosque no tocadas donde la falta de extracción de madera permite seguir la dinámica natural del bosque. (2) Asegurar que se mantenga continuidad del dosel del bosque en algunos puntos arriba de los caminos, para mantener el paso para animales del dosel. (3) Conservar los árboles individuales que tienen funciones ecológicas importantes, tales como individuos huecos o muertos en pie. (4) No permitir el aprovechamiento de árboles de especies de abundancia baja aunque sean especies maderables. (5) Mantener la conectividad entre parches de bosque. (6) El mantener corredores cuando sea posible, aun a escalas muy locales (de un parche de bosque manejado a otro), puede ayudar la conservación de la biodiversidad (7) También sería conveniente la regeneración de otras especies como encinos, oyameles, y otros, mediante la plantación, y no solamente de pinos, ya que con el tiempo esto podría llevar hacia una homogenización del bosque.

Conclusión

En general, el bosque viejo fue el más diverso en cada una de las áreas, y a medida que disminuyó la complejidad estructural de la vegetación (abundancia y altura de árboles, arbustos y herbáceas) disminuyó la diversidad de la avifauna. El bosque con intervención

forestal de tercer aclareo jugó un papel importante en la conservación de muchas especies de aves, pero, aunque adecuado para colonización, se desconoce su potencial para sostener poblaciones a largo plazo. Comparando la diversidad de la avifauna entre bosque viejo y tercer aclareo ésta no varía abruptamente, lo que sí fue notorio fue el cambio en la abundancia y composición de la comunidad de aves. Especies pertenecientes al gremio alimenticio de los insectívoros disminuyeron con la intensidad del manejo forestal mientras que especies nectarívoras (colibríes) aumentaron por la disponibilidad de recursos alimenticios. El tratamiento de la corta de regeneración es el de mayor impacto negativo, la diversidad de aves disminuye y el único gremio que se favorece son los nectarívoros.

LITERATURA CITADA

- Aleixo, A. 1999. Effects of selective logging on a bird community in the Brazilian Atlantic forest. *Condor* 101: 537-548.
- Bolen, E.G., y W.L. Robinson. 1995. *Wildlife ecology and management*, Tercera Edición. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Bourque, J. y M.A.Villard. 2001. Effects of selection cutting and landscape-scale harvesting on the reproductive success of two neotropical migrant bird species. *Conservation Biology* 15: 184-195.
- Burt W.H. 1961. Some effects of the Volcan Paricutin on vertebrates . *Occas. Pap. Mus. Zool. Univ. Michigan* 620:1-24.
- Buschbacher, R.J. 1990. Natural forest management in the humid tropics: ecological, social and economic considerations. *Ambio* 19: 253-258.
- Canterbury, G. E., Martin, T.E., Petit, D.R., Petit, L.J. y D.F. Bradford. 2000. Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conservation Biology* 14:544-558..
- Chalfound, A.D., Thompson III, F.R. y M. Ratnaswamy. 2002. Nest predators and fragmentation: A review and meta- analysis. *Conservation Biology* 16: 306-318.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science* 199:1302-1310.
- Dale, S., Mork, K., Solvang, R. y A. J. Plumptre. 2000. Edge effects on the understory bird community in a logged forest in Uganda. *Conservation Biology* 14: 265-276.
- Dale, S. y B. Slembe. 2005. Effects of selective logging (50 years ago) on habitat use and ranging behaviour of a forest understorey bird (Red-tailed Bristlebill, *Bleda syndactyla*) in Uganda. *African Journal of Ecology* 43: 114–122
- Favila, M.E. y G. Halffter. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoologica Mexicana* 72:1-25.
- Flores, B., Rumiz, D.I. y G. Cox. 2001. Avifauna del bosque semideciduo Chiquitano (Santa Cruz, Bolivia) antes y después de aprovechamiento forestal selectivo. *Ararajuba* 9: 1-11.
- Franzreb, K.E. 1983. A comparison of avian foraging behavior in unlogged and logged mixed-coniferous forest. *Wilson Bulletin* 95: 60-76.
- Fregoso, A., Velásquez, A. y G. Cortéz. 2003. La vegetación, sus componentes y un análisis jerárquico del paisaje, en: Velásquez, A. Torres, A. y Bocco, G.

- (compiladores). p 201-234. Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales, INE-SEMARNAT, México
- Garcia, S., Finch, D.M. y L.G. Chávez. 1998. Patterns of forest use and endemism in resident bird communities of north-central Michoacán, Mexico. *Forest Ecology and Management* 110: 151-171.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on geographical and environmental gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- Gram, K.W., Porneluzi, P.A., Clawson, R.L., Faaborg, J. y S.C. Richter. 2003. Effects of experimental forest management on density and nesting success of bird species in Missouri Ozark forest. *Conservation Biology* 17: 1324-1337.
- Hartshorn, G. 1995. Ecological basis for sustainable development in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26:155-75.
- Howell, S.N.G. y Webb, S. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press. Oxford, Inglaterra.
- Hutto, R.L., Pletschet, S.M. y P. Hendricks. 1986. A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use *The Auk* 103:593-602.
- Johns, A.D. 1987. The use of primary and selectively logged rainforest by Malasian primates. *Ecology* 67:684-694.
- Johns, A.D. 1991. Responses of Amazonian rain forest birds to habitat modification. *Journal of Tropical Ecology* 7: 417-437.
- Johns, A.D. 1992. Vertebrate responses to selective logging: implications for design of logging systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 335:437-442.
- Kneeshaw, D.D., Leduc, A., Drapeau, P., Gauthier, S., Paré, D., Carignan, R., Doucet, R., Bouthillier, L., y C. Messier. 2000. Development of integrated ecological standards of sustainable forest management at an operational scale. *Forestry Chronicle* 76:481-493.
- MacArthur, R.H. y J. W. MacArthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. USA: Princeton University Press.
- Marsden, S.J. 1998. Changes in bird abundance following selective logging on Seram, Indonesia. *Conservation Biology* 12: 505-611.
- Martin, T.G., y Possingham, H.P. 2005. Predicting the impact of livestock grazing on birds using foraging height data. *Journal of Applied Ecology* 42: 400-408.

- Marzluff, J., Raphael, M. G. y R. Sallabanks. 2000. Understanding the effects of forest management on avian species. *Wildlife Society Bulletin* 28:1132-1143.
- Mason, D. 1996. Responses of Venezuelan understory birds to selective logging, enrichment strips and vine-cutting. *Biotropica* 28: 296-309.
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad: Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p. *Rev. biol. trop.*, dic. 2001, vol.49, no.3-4, p.1300-1302.
- Ordoñez, J.A. De Jong, B. y O. Masera. 2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Nuevo San Juan, Michoacán. *Madera y Bosques*. 7: 27-47.
- Peterson, R. T., y E. L. Chalif. 2000. *Aves de México*. Editorial Diana, México.
- Rice, J., B.W. Anderson y R.D. Omhart. 1984. Comparison of the importance of different habitat attributes to avian community organization. *Journal of Wildlife Management* 48:895-991.
- Robinson, W.D. y S.K. Robinson. 1999. Effects of selective logging on forest bird populations in a fragmented landscape. *Conservation Biology* 13: 58-66.
- Rotenberry, J.T. y J.A. Wiens. 1980. A synthetic approach to principal component analysis of bird/habitat relationships. En D. E. Capen: *The Use of Multivariate Statistics in Studies of Wildlife Habitat*, pp. 197-208. USDA Forest service. General technical report No. RM-87. Vermont.
- Salas, P.M.A. 1992. Efecto de las técnicas silvícolas sobre las comunidades de aves silvestres. *Memorias de la V Reunión Científica Forestal y Agropecuaria*. CIPAC, INIFAP y SARH. Morelia, México.
- Salas, P.M.A. 1999. Árboles muertos en pie y su relación con las aves silvestres en un bosque de México. *Observatorio medioambiental* 2: 287-294
- Sayer, J.A., Zuidema, P.A. y M. Rijks, 1995: Managing for biodiversity in humid tropical forests. *Commonwealth Forestry Review*, 74:282-287.
- Scott, V. E., Evans, K.E., Patton, D.R. y C. P. Stone. 1977. Cavity-nesting birds of North American forests. *Agric. Handb.* 511. Washington, DC.
- Sekercioglu, C.H. 2002. Effects of forestry practices on vegetation structure and bird community of Kibale National Park, Uganda. *Biological Conservation* 107:229-240.
- Sosa, G. N. 1996. Caracterización de la avifauna en parches de vegetación en la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Michoacán, Morelia.

- Stratford, J.A. y P.C. Stouffer. 1999. Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Conservation Biology* 13:1416-1423.
- Styring, A.R., y bin Hussin, M.Z. 2004. Effects of logging on woodpeckers in a Malaysian rain forest: the relationship between resource availability and woodpecker abundance. *Journal Tropical Ecology* 20:495-504.
- Styring, A.R. y K. Ickes. 2001. Woodpecker abundance in a logged (40 years ago) vs. unlogged lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. *Journal Tropical Ecology* 17: 261-268.
- Thiollay, J-M. 1992. Influence of selective logging on bird species diversity in a Guianan rainforest. *Conservation Biology* 6: 47-63.
- Thiollay, J-M. 1994. Structure, density and rarity in an Amazonian rainforest bird community. *Journal of Tropical Ecology* 10: 449-481.
- Thiollay, J-M. 1997. Disturbance, selective logging and bird diversity: a neotropical forest study. *Biodiversity and Conservation* 6: 1155-1173.
- Thoms, C. y D. Betters. 1997. The potencial for ecosystem management in Mexico's forest ejidos. *Forest Ecology and Management* 103:149-157.
- Torres, A. Bocco, G. y A. Torres. 2003. Antecedentes históricos en: Velázquez, A. Torres, A. y G. Bocco. (compiladores). p 51-56. *Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*, INE-SEMARNAT, México.
- Velásquez, A. Bocco. G. y A. Torres. 2003. Descripción del territorio comunal, en: Velázquez, A. Torres, A. y G. Bocco. (compiladores). p 45-50. *Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*, INE-SEMARNAT, México.
- Villalón, C.R.M. 1990. Análisis altitudinal de la avifauna del transecto Tancítaro-Parácuaro, México. Tesis Profesional. Escuela de Biología, UMSNH. 41 pp.
- Wilcox, B.A. 1980. Insular ecology and conservation. En Soule, M. (ed.). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Willson, M.F. 1974. Avian community organization and habitat structure. *Ecology* 55: 1017-1029.

Ápndice 1. Especies de aves residentes de la CINSJP registradas por Sosa (1996)

FAMILIA	ESPECIE	FAMILIA	ESPECIE
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Parulidae	<i>Vermivora ruficapilla</i>
Accipitridae	<i>Accipiter cooperi</i>		<i>Parula superciliosa</i>
	<i>Buteo brachyurus</i>		<i>Dendroica coronata</i>
	<i>Buteo jamaicensis</i>		<i>Dendroica townsendi</i>
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>		<i>Dendroica occidentalis</i>
Phasianidae	<i>Dendrortyx macroura</i>		<i>Mniotilta varia</i>
Columbidae	<i>Columbina inca</i>		<i>Wilsonia pusilla</i>
	<i>Leptotila verreauxi</i>		<i>Cardellina rubrifrons</i>
Cuculidae	<i>Geococcyx velox</i>		<i>Ergaticus ruber</i>
	<i>Crotophaga sulcirostris</i>		<i>Myioborus pictus</i>
Strigidae	<i>Otus trichopsis</i>		<i>Myioborus miniatus</i>
	<i>Bubo virginianus</i>		<i>Basileuterus rufifrons</i>
	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Emberizidae	<i>Sporophila torqueola</i>
Caprimulgidae	<i>Caprimulgus vociferus</i>		<i>Atlapetes pileatus</i>
Apodidae	<i>Chaetura vauxi</i>		<i>Pipilo ocai macalatus</i>
Trochilidae	<i>Cynanthus latirostris</i>		<i>Pipilo erythrophthalmus</i>
	<i>Hylocharis leucotis</i>		<i>Pipilo fuscus</i>
	<i>Amazilia beryllina</i>		<i>Volatinia jacarina</i>
	<i>Lampornis amethystinus</i>		<i>Aimophila ruficauda</i>
	<i>Lampornis clemenciae</i>		<i>Spizella passerina</i>
	<i>Selasphorus platycercus</i>		<i>Chondestes grammacus</i>
	<i>Selasphorus rufus</i>		<i>Melospiza melodia</i>
Trogonidae	<i>Trogon mexicanus</i>		<i>Junco phaeonotus</i>
Picidae	<i>Sphyrapicus thyroideus</i>		<i>Junco hyemalis</i>
	<i>Picoides scalaris</i>		<i>Molothrus ater</i>
	<i>Picoides villosus</i>	Corvidae	<i>Cyanocitta stelleri</i>
	<i>Colaptes auratus</i>		<i>Aphelocoma ultramarina</i>
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>		<i>Corvus corax</i>
Tyrannidae	<i>Camptostoma imberbe</i>	Sittidae	<i>Sitta carolinensis</i>
	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	Certhidae	<i>Certhia americana</i>
	<i>Contopus pertinax</i>	Troglodytidae	<i>Catherpes mexicanus</i>
	<i>Empidonax minimus</i>		<i>Thryomanes bewickii</i>
	<i>Empidonax occidentalis</i>		<i>Troglodytes aedon</i>
	<i>Empidonax fulvifrons</i>	Regulidae	<i>Regulus satrapa</i>
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>		<i>Regulus calendula</i>
	<i>Tyrannus vociferans</i>		<i>Poliophtila caerulea</i>
Bombycillidae	<i>Bombycilla cedrorum</i>	Turdidae	<i>Sialia sialis</i>
Mimidae	<i>Melanotis caerulescens</i>		<i>Sialia mexicana</i>
Ptilonotidae	<i>Ptylogonis cinereus</i>		<i>Myadestes occidentalis</i>
Peucedramidae	<i>Peucedramus taeniatus</i>		<i>Catharus aurantirostris</i>
Tharupidae	<i>Piranga flava</i>		<i>Catharus occidentalis</i>
	<i>Piranga ludoviciana</i>		<i>Catharus guttatus</i>
	<i>Spermagra erythrocephala</i>		<i>Turdus assimillis</i>
Cardinalidae	<i>Pheucticus melanocephalus</i>		<i>Turdus rufopalliatus</i>
Vireonidae	<i>Vireo huttoni</i>		<i>Turdus migratorius</i>
	<i>Vireo gilvus</i>	Icteridae	<i>Icterus parisorum</i>
Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>		<i>Icterus galbula</i>
	<i>Hirundo pyrrhonota</i>	Frigillidae	<i>Carpodacus mexicanus</i>
	<i>Hirundo rustica</i>		<i>Carduelis pinus</i>
Paridae	<i>Poeceli sclateri</i>		<i>Carduelis psaltria</i>
Aegithalidae	<i>Psaltriparus minimus</i>		