

Guía de Monitoreo Ecológico: validación de procedimientos metodológicos y enfoques propuestos para un bosque de coníferas manejado en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala¹

Lorena Estrada Chinchilla²;
Bryan Finegan³; Diego Delgado⁴

Uno de los mecanismos importantes para apoyar el buen manejo forestal es la certificación de la madera. En los países consumidores, este mecanismo viene ganando seguidores debido a la preocupación por la pérdida y degradación de los bosques tropicales y, en los países productores, para garantizar el acceso a un rango amplio de mercados. La certificación forestal reconoce la importancia del monitoreo ecológico como herramienta para poder asegurar el manejo cuidadoso de dichos ecosistemas.



Fotos: Lorena Ninel Estrada.

¹ Basado en Estrada, LN. 2005. Estudio comparativo de bosques secundarios de coníferas de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala con énfasis en impactos de manejo forestal. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 111 p.

² Mag. Sc. en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, CATIE. lestrada@catie.ac.cr; ninelestrada@hotmail.com

³ Grupo Bosques, Áreas Protegidas y Biodiversidad, CATIE. bfinegan@catie.ac.cr

⁴ Grupo Bosques, Áreas Protegidas y Biodiversidad, CATIE. ddelgado@catie.ac.cr

Resumen

El propósito de este estudio fue determinar los impactos del manejo forestal y la variabilidad natural sobre la estructura y composición del rodal y sobre la comunidad de mariposas en un bosque secundario de coníferas de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala. Además, pretendió colaborar con la validación de los enfoques de la Guía de Monitoreo Ecológico desarrollada por Finegan et ál. (2004). Mediante el muestreo de indicadores, se detectaron los niveles de cambio y aceptabilidad de los mismos en un bosque manejado (BPJ), con respecto a un bosque de referencia (BR) sin manejo reciente. Para evaluar la abundancia de árboles y el área basal se establecieron parcelas temporales de 20 m x 50 m; para la apertura del dosel y la estructura vertical se utilizaron parcelas temporales de 10 m x 10 m. La comunidad de mariposas se evaluó en transectos de 150 m. De un total de 17 indicadores fue posible evaluar seis con el protocolo de la Guía, todos con un coeficiente de variación <40%, el cual permitió fijar umbrales de cambio para el BR y activadores para el BPJ. El resto de los indicadores contó con un CV demasiado alto como para ser evaluado. Todos los indicadores evaluados confirman que el manejo es aceptable para este bosque.

Palabras claves: Bosque secundario; bosque de coníferas; manejo forestal; estructura vegetativa; composición botánica; monitoreo; mariposas; Reserva de Biosfera Sierra de las Minas; Guatemala.

Summary

Ecological Monitoring Guide: Validation of methodological procedures and approaches proposed for a managed coniferous forest in the Biosphere Reserve Sierra de las Minas, Guatemala. The purpose of this study was to establish the impacts of forest management and natural variability on stand structure and forest composition, and on the butterfly community in a secondary coniferous forest in the Biosphere Reserve Sierra de las Minas, Guatemala. In addition, the study helped to validate the methodology proposed by the Ecological Monitoring Guide developed by Finegan et al. (2004). By sampling indicators, levels of change in the managed forest (BPJ) were detected with respect to a reference forest (BR) with no recent management. Temporary plots 20 m x 50 m were established to evaluate tree abundance and basal area; canopy opening and vertical structure were evaluated in 10 m x 10 m temporary plots. The butterfly community was evaluated along 150 m-transects. From a total 17 indicators, six were evaluated with the monitoring guide protocol. All of the indicators showed a variation coefficient (CV) <40% which permitted to establish 'change thresholds' for the BR and 'activators' for the BPJ. The other indicators showed a CV too high to be evaluated with the protocol. All indicators evaluated confirm that the management is acceptable for this forest.

Keywords: Secondary forest; coniferous forest; forest management; vegetative structure; botanical composition; monitoring; butterflies; Biosphere Reserve Sierra de las Minas; Guatemala.

Introducción

Las coníferas son uno de los recursos más importantes del mundo por su valor maderero y por las funciones ecológicas que desempeñan (Farjon y Page 1999). Guatemala, con una extensión de 108.890 km², tiene un 37%

de su territorio cubierto de bosques, el 80% de los cuales son bosques latifoliados y el 20% restante son bosques de coníferas (Robles et ál. 2000). Los ecosistemas de coníferas son poco conocidos en Guatemala y existe relativamente poca información publicada sobre las coníferas

del país; aproximadamente hay 14 especies de pino, además de las diversas especies arbóreas latifoliadas y caducifolias asociadas naturalmente a los pinares (Escobedo 1997 citado en Morales y Cartín 1997).

Uno de los mecanismos importantes para apoyar el buen manejo

forestal es la certificación de la madera. En los países consumidores, este mecanismo viene ganando seguidores debido a la preocupación por la pérdida y degradación de los bosques tropicales y, en los países productores, para garantizar el acceso a un rango amplio de mercados (Bennett 2000). Dentro del proceso de certificación se ha definido el concepto de bosques de alto valor para la conservación (BAVC), el cual fue desarrollado por el *Forest Stewardship Council* (FSC) con el fin de asegurar que los bosques certificados con atributos especiales para la conservación y la sociedad reciban un trato apropiado. La certificación forestal reconoce la importancia del monitoreo ecológico como herramienta para poder asegurar el manejo cuidadoso de dichos ecosistemas. La idea es que el manejo forestal produzca cambios en el bosque y que el monitoreo ecológico ayude a determinar si los cambios son aceptables o no (Finegan et ál. 2004). Así, los certificadores deben orientar a los manejadores para que desarrollen soluciones efectivas (bajo impacto y ganancias económicas).

El presente estudio pretende colaborar con los esfuerzos de validación de la Guía de Monitoreo Ecológico (Finegan et ál. 2004), desarrollada para apoyar esfuerzos de certificación y buen manejo forestal en bosques latifoliados (Ordóñez 2003, Carrillo 2007). Esta es la primera experiencia de aplicación en bosques de coníferas. Generalmente, los sistemas silviculturales en bosques de coníferas provocan reducciones de abundancia y área basal mayores que en los bosques de latifoliadas; por eso es importante evaluar el impacto de esas acciones de manejo. Con base en la Guía de Monitoreo Ecológico (GME) se utilizaron cuatro indicadores de estructura y composición del rodal y un grupo de especies sensibles a la perturbación:

la comunidad de mariposas. Nuestra hipótesis fue que, según los enfoques de la GME, el manejo no produce cambios inaceptables, ni sobre el rodal del bosque secundario, ni sobre la comunidad de mariposas. Nuestro objetivo fue aplicar los enfoques de la GME y determinar si el manejo de un bosque secundario de coníferas tiene impactos aceptables o no sobre los indicadores de estructura y composición del rodal y sobre la respuesta de la comunidad de mariposas diurnas.

Materiales y métodos

Área de estudio

Reserva de Biosfera Sierra de las Minas

El estudio se llevó a cabo en la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas (RBSM) durante los meses de febrero a junio del 2005. La Reserva se ubica en el nororiente de Guatemala, tiene un área de 242.642 ha e incluye cinco zonas de vida según el sistema de clasificación de Holdridge (1983). La RBSM forma parte de una cadena montañosa que abarca parte de cinco departamentos

de Guatemala, la cual se extiende por aproximadamente 130 km de longitud y 10 a 30 km de ancho, con elevaciones desde el nivel del mar hasta 3015 msnm (FDN 2003). La RBSM está administrada por la Fundación Defensores de la Naturaleza (FDN). El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) consideró que su alto valor la justifica como una región de conservación (CONAP 1999 citado en FDN 2003). De acuerdo con la guía de identificación de BAVC (Jennings et ál. 2002), la región cumple con los elementos ecológicos de los AVC 1, 2 y 3 (Cuadro 1); parece probable, entonces, que de solicitarse la certificación, el manejo tendría que cumplir con dichos valores para la conservación. Hasta ahora no existen bosques certificados en la Sierra de las Minas⁵.

Fincas que forman parte del área de estudio

El área de estudio se compone de dos bosques de pino-encino ubicados, el primero, en la Finca La Constancia, colindante con la zona

Cuadro 1.
Bosques de Alto Valor para la Conservación en la Sierra de las Minas

AVC1	Áreas de bosques con concentraciones significativas a nivel global, nacional o regional, de la biodiversidad (p.e., endemismo, especies en peligro, refugios).	La Sierra de las Minas es un importante banco de semillas forestales, con al menos 15 especies de coníferas tropicales, con gran potencial para el aprovechamiento forestal (FDN 2003).
AVC2	Áreas de bosque que contienen paisajes relevantes a nivel global, nacional o regional, que forman parte de o incluyen a la unidad de manejo, donde existen poblaciones viables de la mayoría —o todas— las especies que ocurren naturalmente con patrones naturales de distribución y abundancia.	La mayor cantidad de bosque primario existente en la RBSM está constituida por bosque nuboso y montano, localizados en las partes más altas de la Sierra. La Reserva incluye cinco zonas de vida (FDN 2003).
AVC3	Áreas de bosque que se ubican en o contienen ecosistemas raros, amenazados o en peligro.	Desde el punto de vista del manejo forestal certificado en las zonas de amortiguamiento, la región cumple con los elementos ecológicos que requieren los AVC 1, 2 y 3, por ser un área protegida, contar con una gran proporción de bosques naturales y albergar especies endémicas y amenazadas (FDN 2003).

⁵ César Tot. Junio, 2004. Director Sierra de las Minas, FDN. Com. pers.

núcleo de la RBSM, el cual no ha sido intervenido recientemente; este se considera como el bosque de referencia (BR). El segundo se ubica en la Finca El Jabalí (BPJ); se trata de un bosque intervenido hace 14 años aproximadamente (Fig. 1). La finca La Constancia se encuentra en su mayor parte dentro de las zonas de vida bosque muy húmedo subtropical frío y bosque pluvial montano bajo (Arreaga 2002a). El Jabalí se encuentra dentro de las zonas de vida bosque húmedo subtropical templado y bosque muy húmedo subtropical frío (Arreaga 2002b). Según el plan de manejo (Arreaga 2002b), el BPJ posee un 91% de bosque natural de coníferas y un 9% de bosque plantado de coníferas. Dentro de esta finca no existe asentamiento humano alguno (Arreaga 2002b).

En el Cuadro 2 se observa el historial de aprovechamiento forestal de los bosques en estudio. El entresaque selectivo practicado en el BPJ, consistió en aumentar la proporción de especies comerciales, entre ellas *Pinus tecunumanii*, *Pinus maximinoi*, *Cupresus lusitanica* y *Quercus* spp., sin eliminar las especies no deseables, y eliminar principalmente árboles que compiten directamente con árboles de futura cosecha (Louman et ál. 2001).

Metodología

La metodología se basa principalmente en la aplicación de los enfoques de la GME (Finegan et ál. 2004) y en los trabajos de Aguilar-Amuchástegui (1999), Jolón (1999) y Ordóñez (2003). Mediante el árbol de decisiones propuesto por la Guía, se seleccionaron cuatro indicadores de filtro grueso: abundancia de árboles, área basal, apertura del dosel en el sotobosque y estructura vertical (cobertura del follaje en diferentes estratos de altura); además se seleccionó un indicador de filtro fino: la comunidad de mariposas diurnas. Estos indicadores se habían utiliza-

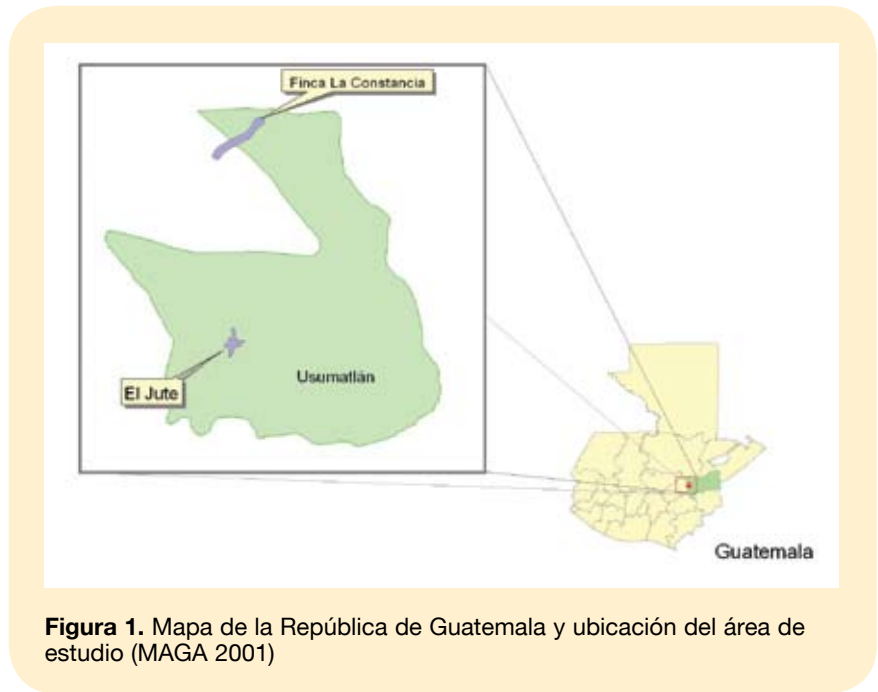


Figura 1. Mapa de la República de Guatemala y ubicación del área de estudio (MAGA 2001)

do para evaluar y comparar los bosques en un estudio previo (Estrada 2005), a partir de un análisis estadístico tradicional (ANDEVAS). En el presente estudio se compararon los mismos indicadores en dos bosques: el BPJ y el BR, pero esta vez se utilizaron los protocolos de la GME.

Diseño de muestreo para la evaluación de los indicadores de filtro grueso

En cada uno de los bosques evaluados (BPJ y BR) se establecieron tres transectos de 150 m de largo en el interior del bosque (evitando bordes), separados por 200 m. A lo

largo de los transectos se establecieron cinco parcelas temporales de 20 m x 50 m y 12 puntos de muestreo en el centro de parcelas temporales de 10 m x 10 m. Los transectos y parcelas se establecieron en forma sistemática y el muestreo en forma aleatoria (Fig. 2).

Evaluación de indicadores de estructura y composición del rodal

Se contó con un “baquiano” en campo y se tomaron muestras de cada árbol para su posterior identificación hasta género o especie; algunos árboles no pudieron ser identificados, por lo que se utilizó

Cuadro 2. Historial de aprovechamiento de los bosques bajo estudio

BPJ	Tala rasa hace aproximadamente 20-30 años. No existen datos precisos porque la finca pertenecía a otro dueño.	Bosque secundario intervenido hace 13-15 años por medio de entresaque selectivo de árboles a partir de un dap de 30 cm en adelante para extraer coníferas mal conformadas, bifurcadas y enfermas; se dejaron los árboles bien conformados y sanos para futura cosecha y productores de semilla.
BR	Tala rasa hace aproximadamente 20-30 años. No existen datos precisos porque la finca pertenecía a otro dueño.	Bosque secundario no intervenido desde hace 20-30 años. Localizado en la parte norte de la finca, colindante con la zona núcleo de la RBSM.

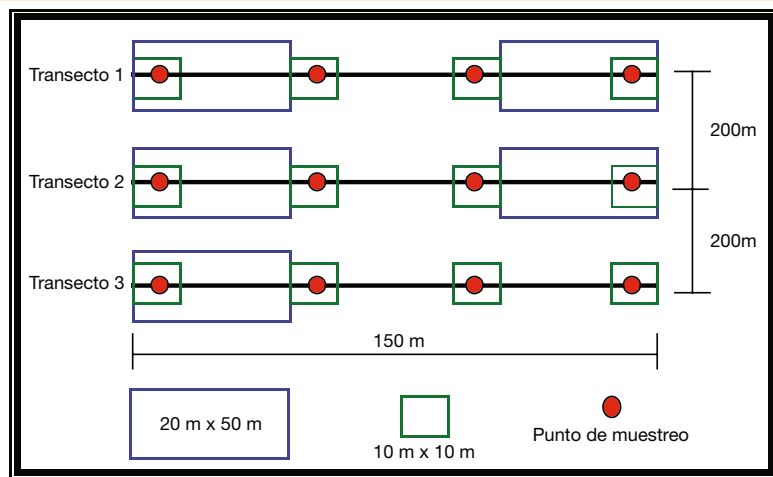


Figura 2. Diseño de muestreo. Transectos, parcelas y puntos de muestreo. Su ubicación en los bosques varió de acuerdo con el terreno. Esquema sin escala.

su nombre común. Se tomó como referencia para la identificación a Standley y Steyermark (1946); para los encinos se siguió a Marcos (1999). Además, se contó con la colaboración de la Directora del Herbario de la Universidad del Valle de Guatemala, Elfriede de Pöhl.

■ **Abundancia de árboles (total y por clases de tamaño) y área basal.-** Para evaluar los indicadores de estructura y composición del rodal se utilizaron las parcelas de 20 m x 50 m. En cada bosque se determinó el número de individuos total y por clases de dap ≥ 10 cm. Se midió cada árbol dentro de la parcela con una cinta diamétrica a la altura del pecho; se anotó el número de árbol, el dap de cada eje y el género y/o especie o nombre común. Para fines de análisis de datos, el área basal se calculó a partir de las mediciones del dap.

■ **Apertura del dosel en el sotobosque.-** Se utilizaron parcelas temporales de 10 m x 10 m. Se hicieron mediciones cada 50 m. Se utilizó un densiómetro esférico para estimar la apertura del dosel; para ello se tomaron cuatro mediciones dirigidas hacia los cuatro puntos cardinales y se obtuvo un promedio para

cada parcela, el cual se multiplicó por 1,04 para obtener el porcentaje de apertura del dosel.

■ **Estructura vertical del bosque (cobertura del follaje)-**

Se estimó la cobertura de la vegetación en varios estratos de altura, desde el sotobosque hasta el dosel superior. Se utilizaron las parcelas temporales de 10 m x 10 m y se siguió la metodología propuesta por Thiollay (1992). Para la toma de datos se estimó, en forma subjetiva, el porcentaje de cobertura de la vegetación de cada uno de cinco estratos: a) 0-2 m, b) 2-9 m, c) 10-20 m, d) 20-30 m y e) >30 m. En cada punto de muestreo y para cada estrato de altura, se asignó un valor de 0 si no existía cobertura de vegetación dentro de la parcela; 1 si la cobertura de la vegetación cubría entre 1-33%; 2 si era de 34-66 %, y 3 si era $>67\%$. De esta forma, a mayor valor de la escala, mayor cobertura de la vegetación.

Evaluación de la comunidad de mariposas

Se evaluaron las poblaciones de mariposas diurnas de las familias que son bien conocidas taxonómicamente y ecológicamente: Papilionidae,

Pieridae y Nymphalidae. No se tomaron en cuenta las familias Riodinidae y Lycaenidae pues su identificación presenta dificultades considerables (Finegan et ál. 2004). A pesar de que las especies de la familia Hesperidae también pueden ser difíciles de identificar, se consideraron en este estudio debido a su alta representatividad en los bosques. Se tomó como referencia a DeVries (1987), que según Méndez y Coronado (1993) resulta adecuado para Guatemala; además se consideró a Smart (1984), De la Maza (1987) y d'Abrera (1988). Las mariposas capturadas se compararon con los especímenes de la Colección Entomológica de la Universidad del Valle de Guatemala, en donde fueron depositadas. Los especímenes recolectados fueron montados y etiquetados según recomendaciones de DeVries (1987) y Borror y DeLong (1966). Los muestreos se hicieron mediante captura e identificación sin captura; los especímenes que no se lograron identificar o capturar se registraron como "desconocidos" y se les asignó una referencia de morfotipo que permitiera identificarlos en caso de lograr la captura y fueron tomados en cuenta para los análisis estadísticos.

Se recorrió cada transecto de 150 m a paso constante durante una hora con ayuda de un cronómetro, entre 08:00 y 15:00 horas, bajo condiciones ambientales adecuadas (sin lluvia y con alta radiación). Durante el recorrido se registraron y contaron los adultos de cada especie de mariposa presentes a 10 metros de distancia a cada lado del transecto. Se hicieron muestreos totales de seis horas para cada transecto (18 horas de muestreo por bosque). El orden de muestreo para cada bosque y transecto fue determinado al azar, para evitar sesgos provocados por la hora y día de recolección de información. Se recopiló toda la información obtenida por transecto durante las seis horas de evaluación; cada transecto constituyó una réplica por tipo de bosque.

Enfoques para el monitoreo a partir del uso de la GME

Determinación del nivel de impacto según la Guía

Para cada indicador evaluado se calcularon los promedios y las desviaciones estándar en el BR; esta información se utilizó para establecer los niveles de variación natural (umbrales de cambio) y los promedios e intervalos de confianza para el bosque de coníferas manejado (BPJ). Además, se determinaron los activadores de los umbrales con base en factores propuestos por la GME.

Determinación de los valores de los umbrales a partir de la variación estadística en los sitios de referencia (Enfoque 1 de la GME)

Esta sección pretende explicar cómo se determina si un cambio provocado por el manejo es aceptable o no (tomado de Finegan et ál. 2004). Un umbral de cambio⁶ se determina a partir del promedio de cada indicador en el BR y sumando o restando a este valor una, dos o tres desviaciones estándar (DE) calculadas también a partir de datos obtenidos en el BR. De esta manera, se tienen tres umbrales de cambio: bajo (promedio \pm 1DE), moderado (promedio \pm 2DE) y alto (promedio \pm 3DE). Este juego de umbrales constituye el marco de referencia a partir del cual se comparan los datos obtenidos en el bosque manejado. Los umbrales de cambio se fijan hacia arriba o hacia abajo del promedio del BR, dependiendo de si se está midiendo el aumento o disminución del indicador. Por ejemplo, si el indicador es el área basal, los umbrales se fijan hacia abajo del promedio del BR, ya que el impacto inaceptable que quiere medirse viene dado por una disminución del área basal producto del aprovechamiento de árboles; mientras que si el indicador son las especies de

Cuadro 3.

Umbrales de cambio definidos para cada indicador en el BPJ. Indicadores con CV debajo de 40% (líneas sombreadas)

BPJ				
Indicador	Activador	CV del BR	Sentido de ubicación de los umbrales	Justificación
Abundancia total de árboles	NA	69	↓	El manejo disminuye la abundancia de árboles y área basal
Abundancia clase diamétrica 10-19	NA	76	↑	El aumento de luz debido a la remoción de árboles grandes contribuye a aumentar la regeneración en árboles pequeños
Abundancia clase diamétrica 20-29	NA	67	↓	El manejo disminuye la abundancia de árboles y área basal
Abundancia clase diamétrica 30-39	NA	92	↓	El manejo disminuye la abundancia de árboles y área basal
Abundancia clase diamétrica 40-49	NA	68	↓	El manejo disminuye la abundancia de árboles y área basal
Abundancia clase diamétrica 50-59	NA	69	↓	El manejo disminuye la abundancia de árboles y área basal
Abundancia clase diamétrica >60	NA	91	↓	El manejo disminuye la abundancia de árboles y área basal
Área basal total	UCM	31	↓	El manejo disminuye la abundancia de árboles y área basal
Apertura del dosel	UCB	38	↑	El manejo aumenta la apertura del dosel, debido a la remoción de árboles grandes
% Cobertura del follaje 0-2 m	UCB	28	↑	El manejo aumenta la regeneración en el sotobosque
% Cobertura del follaje 2-9 m	UCB	38	↑	El manejo aumenta la regeneración en el sotobosque
% Cobertura del follaje 10-20 m	UCB	38	↓	Remoción de árboles grandes y daño indirecto a árboles remanentes
% Cobertura del follaje 20-30 m	NA	62	↓	Remoción de árboles grandes y daño indirecto a árboles remanentes
% Cobertura del follaje >30 m	NA	71	↓	Remoción de árboles grandes y daño indirecto a árboles remanentes
Mariposas sitios perturbados	UCB	22	↑	El manejo puede aumentar el número de individuos de las especies de estos gremios
Mariposas sitios no perturbados	NA	83	↓	El manejo disminuiría el número de individuos de las especies de este gremio
Mariposas generalistas	NA	71	↑	El manejo puede aumentar el número de individuos de las especies de estos gremios

UCB: Umbral de cambio bajo. **UCM:** Umbral de cambio moderado. **NA:** No aplica, no es posible determinar umbrales.

↓: Hacia abajo del valor de referencia. ↑: Hacia arriba del valor de referencia.

⁶ Valor de una variable de monitoreo que indica que un cierto cambio ha ocurrido (Finegan et ál. 2004)

mariposas de un gremio indicador de perturbación, los umbrales deben fijarse hacia arriba del promedio del BR, porque producto del manejo se crean condiciones que hacen que este gremio se incremente.

Luego de calculados los umbrales de cambio para un indicador se establece el activador⁷. Los activadores de los umbrales para cada indicador se establecen con base en los criterios descritos en la sección 6 de la GME. Para este estudio se decidió analizar sólo aquellos indicadores que mostraron poca variabilidad en el sitio de referencia (CV<40%), debido a que la alta variabilidad produce que los umbrales de cambio se vuelvan demasiado amplios, o con valores negativos en el caso de los umbrales fijados hacia abajo del promedio del BR. Estos umbrales amplios permitirían un cambio drástico en el aumento o disminución de los valores de los indicadores del bosque manejado. Aplicando los criterios de la GME, que toma en cuenta el tiempo transcurrido desde el manejo y la posible recuperación del bosque (especialmente por tratarse de un BAVC), se decidió utilizar un criterio riguroso para el BPJ y fijar umbrales de cambio bajo (UCB) como activadores para el mismo. El umbral de cambio moderado (UCM) se fijó únicamente para el indicador de área basal, tomando en cuenta la reducción permitida para el área (30 a 35%), ya que el objetivo del bosque manejado es la producción de madera.

Para analizar la comunidad de mariposas, se agruparon las especies en gremios indicadores de perturbación (sotobosque abierto, dosel y claros del bosque; borde, claros grandes y áreas perturbadas); por separado se evaluaron el gremio indicador de no perturbación (sotobosque sombreado) y el gremio de generalistas. La agrupación de las especies en

gremios se hizo de acuerdo con las características de uso del hábitat por parte de los adultos observados (DeVries 1987), información proporcionada por Finegan⁸ y observaciones de campo. El análisis a nivel de gremio ofrece información útil para el monitoreo de los impactos de manejo, con excepción de alguna especie de particular interés.

Resultados y discusión

Establecimiento de umbrales y activadores

En el Cuadro 3 se muestran todos los indicadores medidos, los indicadores a los cuales se pudo aplicar los enfoques de la Guía y la justificación del sentido de colocación de los umbrales con respecto al valor promedio en el BR (hacia arriba, o hacia abajo). La mayoría de indicadores obtuvieron coeficientes de variación bastante altos, por lo que no pudieron ser sometidos a los enfoques propuestos por la GME. Para efectos de este estudio, de 17 indicadores sólo seis pudieron ser evaluados: el área basal total, la apertura del dosel, el porcentaje de cobertura del follaje (0-2

m, 2-9 m y 10-20 m) y los gremios de mariposas indicadores de perturbación (CV<40%).

Indicadores de estructura del rodal

Abundancia de árboles

En la Fig. 3 se observa que para el BPJ, el intervalo de confianza (IC) no sobrepasó el valor de referencia (promedio de la abundancia del BR). Esto podría deberse al manejo llevado a cabo en el BPJ, el cual pudo favorecer la regeneración cuando los árboles pequeños reemplazan a los grandes (Denslow 1995, Lähde et ál. 2002). Asimismo, los árboles medianos pudieron verse favorecidos por el raleo aplicado (Johns 1988). A pesar de que se pueden observar los umbrales en la gráfica, debido a un alto CV para este indicador, no es posible utilizarlo en la práctica.

Área basal

Partiendo del hecho de que las extracciones en el área permiten la reducción del 30% al 35% del volumen total por hectárea⁹, y que es inevitable y hasta necesario que el

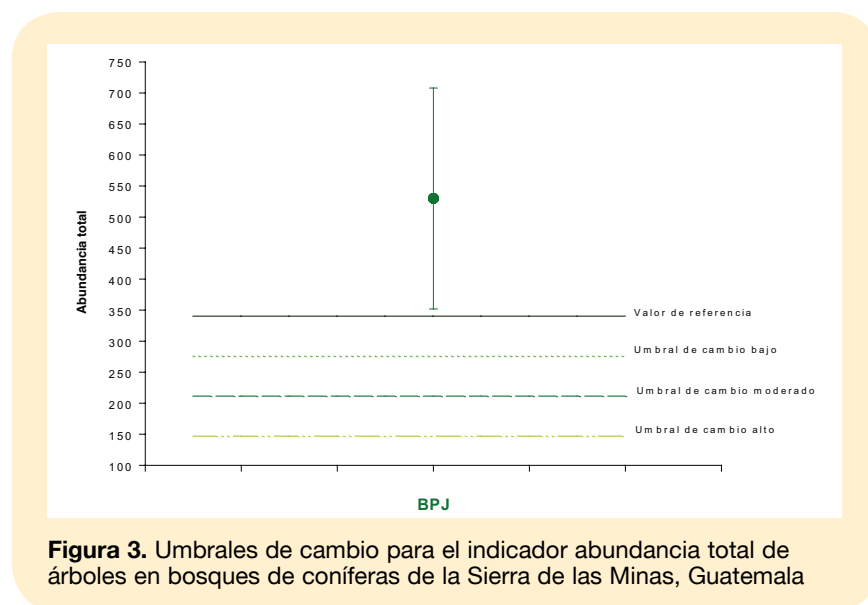


Figura 3. Umbrales de cambio para el indicador abundancia total de árboles en bosques de coníferas de la Sierra de las Minas, Guatemala

⁷ Valor de uno de los umbrales de cambio que al ser alcanzado por el valor promedio en el bosque manejado, más el intervalo de confianza al 95%, indica que ha ocurrido un impacto inaceptable y, por lo tanto, es necesario introducir modificaciones en el manejo como respuesta al cambio provocado por la intervención (Finegan et ál. 2004)

⁸ Bryan Finegan. Junio, 2005. Líder del Grupo Temático Bosques, Áreas Protegidas y Biodiversidad, CATIE. Com. pers.

⁹ Ing. Lizardo López. Febrero, 2005. Asistente de Gerencia Forestal Maderas El Alto. Com. pers.

bosque cambie en alguna medida a causa del manejo (Finegan et ál. 2004), se utilizó un activador fijado en umbral de cambio moderado para este indicador. De acuerdo con la Fig. 4, el IC no alcanzó el activador, por lo que se puede afirmar, con base en este indicador, que el manejo forestal del BPJ es aceptable.

Apertura del dosel en el sotobosque

Los umbrales de cambio para el porcentaje de apertura del dosel se determinaron hacia arriba del promedio en el área de referencia (Finegan et ál. 2004), debido a que se espera un aumento de la apertura del dosel después de llevarse a cabo el manejo, por la remoción de árboles grandes (Denslow 1995, Lähde et ál. 2002). Es decir que se está midiendo el aumento de la apertura del dosel provocado por el manejo, con respecto al BR. El promedio del indicador y el IC no alcanzaron el activador (Fig. 5). Por tal razón, se considera que el manejo tiene un impacto aceptable sobre este indicador estructural en el BPJ.

Estructura vertical del bosque

Los umbrales de cambio para los estratos de 0-2 m y de 2-9 m se determinaron hacia arriba del promedio en el área de referencia. Se realizó de esta manera debido a que la caída de los árboles durante el manejo provoca la apertura del dosel, lo que a su vez produce cambios en las condiciones físicas y ambientales del sitio; por ejemplo, la cantidad de luz que llega al suelo estimula la regeneración de especies y, en consecuencia, un sotobosque más denso (Johns 1988, Thiollay 1992, Hannah 1999, Crow et ál. 2002). Asimismo, al aumento de luz y la regeneración pueden dar como resultado la creación o eliminación de hábitats, lo cual afecta a algunas especies y favorece a otras (Smith et ál. 1997). Los únicos indicadores de cobertura del follaje con un CV menor al 40% son los estratos 0-2 m, 2-9 m y 10-20 m.

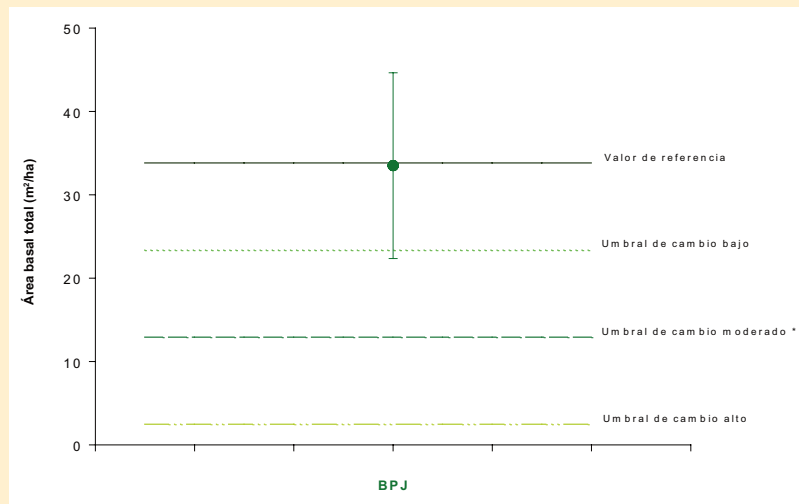


Figura 4. Umbrales de cambio para el indicador de área basal total para bosques manejados de coníferas de la Sierra de las Minas, Guatemala. *Umbral de cambio seleccionado como activador

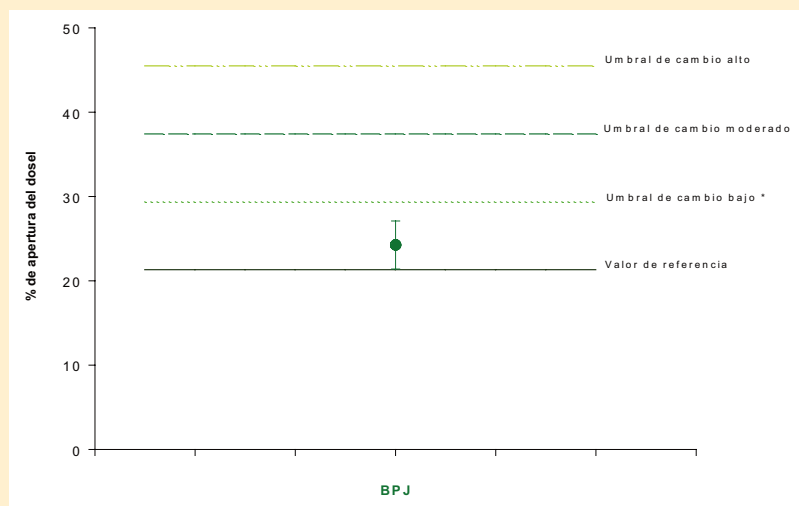


Figura 5. Umbrales de cambio para el indicador de apertura del dosel, para bosques manejados de coníferas de la Sierra de las Minas, Guatemala. *Umbral de cambio seleccionado como activador.

En la Fig. 6a se observan los cambios de umbral para el indicador de porcentaje de cobertura del follaje en el estrato más bajo (estrato 0-2 m). La apertura del dosel, y por ende la regeneración en el sotobosque, son cambios que normalmente suceden luego de realizarse el manejo (Denslow 1995, Lähde et ál. 2002). El promedio y el IC no alcanzaron el activador en ambos

estratos (0-2 m y 2-9 m) (Fig. 6a y b). Ambos indicadores revelan un manejo dentro de los límites aceptables. Por el contrario, para los estratos de altura >10 m, los umbrales se establecieron hacia abajo del promedio en el área de referencia, debido a que con la técnica de entresaque selectivo se remueve un cierto número de árboles maduros para madera (Johns 1988, Thiollay

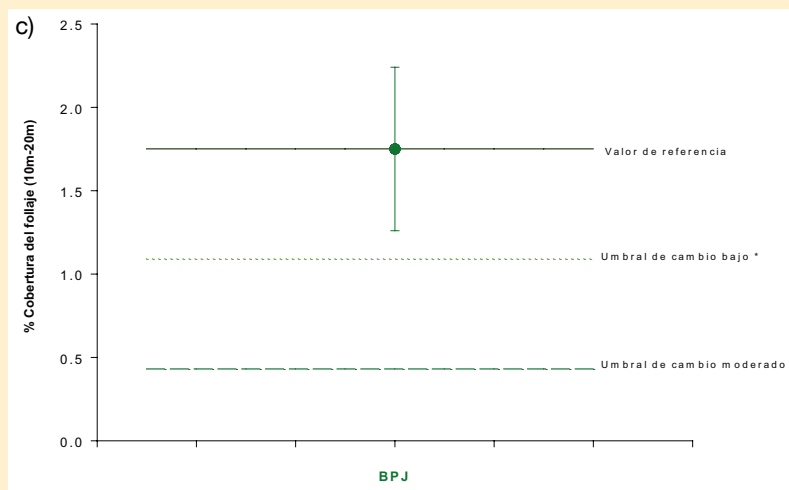
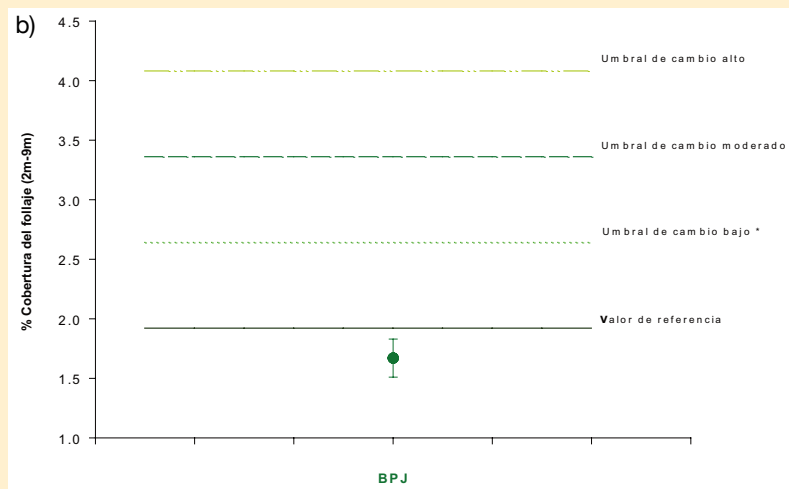
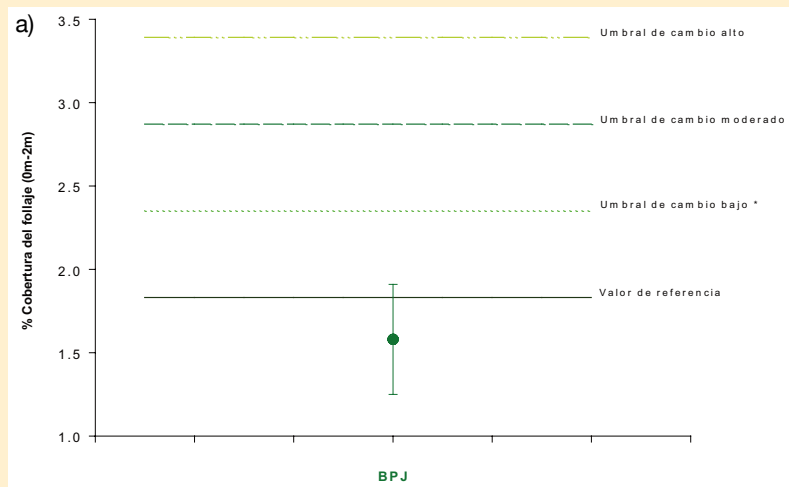


Figura 6. Umbrales de cambio para el indicador de estructura vertical en bosques manejados de coníferas de la Sierra de las Minas, Guatemala. *Umbral de cambio seleccionado como activador. a) 0-2 m, b) 2-9 m, c) 10-20 m.

1992). En la Fig. 6c se puede ver el promedio e IC del porcentaje de cobertura del follaje para el estrato 10-20 m del BPJ, el cual no alcanza el activador. Para los estratos 20-30 m y >30 no es posible aplicar el protocolo de la GME debido a su alta variabilidad.

Grupo de especies indicadoras de perturbación

Los gremios indicadores de perturbación son los únicos que cuentan con un coeficiente de variación lo suficientemente bajo para ser evaluados por el protocolo de la GME. Los mismos se evaluaron fijando los umbrales hacia arriba del valor de referencia, basándose en el supuesto de que el número de individuos de estas especies aumentaría debido a cambios producidos por el manejo. Los promedios e IC de los gremios de perturbación están muy por debajo del valor de referencia; en el BR se observa una presencia mucho más marcada de especies indicadoras de perturbación que en el bosque manejado (Fig. 7), aunque no se tiene una explicación para este hecho. No se presentan evidencias de un manejo inaceptable.

Conclusiones y recomendaciones

Los umbrales de cambio de la mayoría de los indicadores fueron bastante amplios. De 17 indicadores evaluados, sólo fue posible analizar seis por lo que sólo se utilizaron los indicadores con baja variabilidad, mientras que para otros no se pudo aplicar el protocolo de la GME. Los indicadores de área basal, cobertura del follaje (0-2 m, 2-9 m y 10-29 m) y los gremios de mariposas indicadoras de perturbación fueron los únicos sometidos al protocolo de la Guía. Todos ellos revelaron que el nivel de impacto causado por el manejo se encuentra dentro de niveles aceptables para este bosque, desde un punto de vista ecológico.

Foto: Lorena Ninel Estrada.



La caída de árboles durante el manejo provoca la apertura del dosel, lo que a su vez produce cambios en las condiciones físicas y ambientales del sitio



Foto: Lorena Ninel Estrada.

La cantidad de luz que llega al suelo estimula la regeneración de especies y, en consecuencia, un sotobosque más denso

Los gremios de sotobosque sombreado y generalistas presentaron una alta variabilidad, por lo que no fueron evaluados. Los gremios indicadores de perturbación revelan un manejo aceptable, con promedios e IC muy por debajo del valor de referencia presentado en el BR.

En cuanto a las mariposas como indicadores ecológicos, es recomendable realizar dos o más muestreos durante el año con el fin de evaluar la mayor cantidad de especies de mariposas posible y lograr deducciones más precisas sobre la calidad del hábitat en el área de estudio.

Los protocolos de la Guía de Monitoreo requieren de un esfuerzo de muestreo bastante alto, por lo que no es tan fácil aplicar esta metodología; sobre todo en bosques relativamente pequeños en donde no es posible establecer un número suficiente de transectos y/o parcelas. Sin embargo, los datos obtenidos para un bosque bajo manejo pueden ser tomados en cuenta para otros bosques manejados, siempre y cuando compartan características naturales y de prácticas de manejo.

En este estudio, algunos de los indicadores evaluados requieren un esfuerzo mayor de muestreo para bajar la variabilidad del coeficiente de variación, el cual puede llevarse a cabo para algunos de los estratos de cobertura del follaje; sin embargo, el muestreo no puede aumentarse para los indicadores de abundancia de árboles y área basal debido a que el tamaño de los bosques bajo estudio no permitió establecer más parcelas.

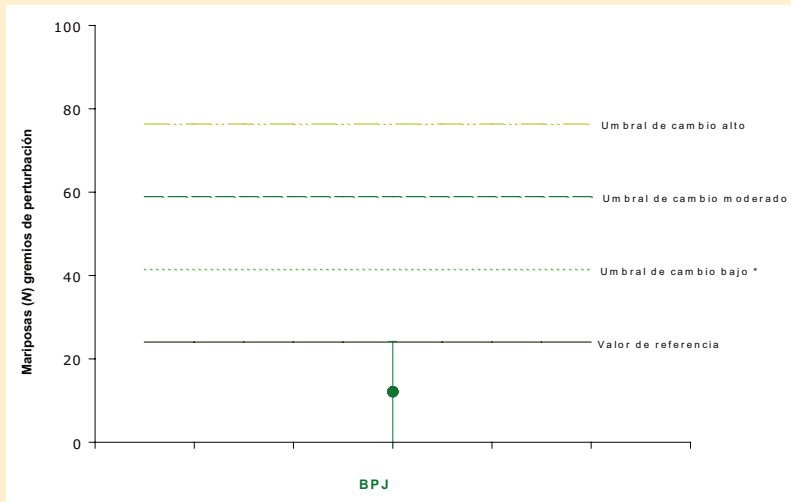


Figura 7. Umbrales de cambio para gremios de mariposas indicadores de perturbación en bosques manejados de coníferas de la Sierra de las Minas, Guatemala. *Umbral de cambio seleccionado como activador.

Literatura citada

- Aguilar-Amuchástegui, N. 1999. Criterios e indicadores de sostenibilidad ecológica: caracterización de la respuesta de dos grupos de insectos propuestos como verificadores. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 74 p.
- Arreaga, O. 2002a. Plan de manejo forestal Finca La Constancia. Usumatlán, GT, Maderas El Alto, S.A. 11p.
- _____. 2002b. Plan de manejo forestal Finca El Jabalí. Usumatlán, GT, Maderas El Alto, S.A. 9 p.
- Bennett, E. 2000. Timber certification: Where is the voice of the biologist? *Conservation Biology* 14:921-923.
- Borror, DJ; De Long, DM. 1966. An introduction to the study of insects. New York, US, Holt, Rinehart and Winston, Inc. 819 p.
- Carrillo, P. 2007. Comparative study of broadleaf forest in the Río Bravo Conservation and Management Area, Belize with an emphasis on the impacts of forest management. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 85 p.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 1999. Política nacional y estrategia para el desarrollo del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. Guatemala.
- Crow, TR; Buckley, D; Nauertz, E; Zasada, J. 2002. Effects of management on the composition and structure of Northern hardwood forests in Upper Michigan. *Forest Science* 48(1):129-145.
- D'Abrebra, B. 1984. Butterflies of South America. Australia, Hill House. 256 p.
- De la Maza, R. 1987. Mariposas mexicanas. México, D.F., MX, Fondo de Cultura Económica. 302 p.
- Denslow, JS. 1995. Disturbance and diversity in tropical rain forests: The density effect. *Ecological Applications* 5(4):962-968.
- DeVries, PJ. 1987. The butterflies of Costa Rica and their natural history: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. New Jersey, US, Princeton University Press. 327 p.
- Estrada, LN. 2005. Efecto del manejo forestal sobre la estructura y composición del rodal y sobre la comunidad de mariposas, en bosques de coníferas de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. *In* Estudio comparativo de bosques secundarios de coníferas de la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, Guatemala con énfasis en impactos de manejo forestal. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 111 p.
- Farjon, A; Page, C. 1999. Conifers. Gland, CH y Cambridge, UK, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). 121 p.
- FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza). 2003. Tercer Plan Maestro para la Biosfera Sierra de las Minas. Versión electrónica. Guatemala, GT. 81 p.
- Finegan, B; Hayes, J; Delgado, D; Gretzinger, S. 2004. Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación. San José, CR, FCENTROAMERICA/PROARCA/CATIE/OSU. 116 p.
- Hannah, PR. 1999. Species composition and dynamics in two hardwood stands in Vermont: a disturbance history. *Forest Ecology and Management* 120(1-3):105-116.
- Holdridge, LR. 1983. Mapa de zonas de vida a nivel de reconocimiento. Guatemala, GT, Instituto Nacional Forestal.
- Jennings, S; Nussbaum, R; Synntt, T; Azevedo, T; Brown, N; Colchester, M; Iacobelli, T; Jarvie, J; Lindhe, A; Vallejos C; Yaroshenko, A; Chunquan, Z. 2002. A toolkit for identifying and managing high conservation value forests. Review Draft 1. Unpublished document by ProForest, Oxford, United Kingdom.
- Johns, A. 1988. Effects of "selective" timber extraction of rain forest structure and composition and some consequences for frugivores and folivores. *Biotropica* 20(1):31-37.
- Jolón, MR. 1999. Establecimiento de la línea base de información de biodiversidad del bosque manejado en San Miguel La Palotada, Petén, Guatemala, y su aplicación en el monitoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 100 p.
- Lähde, E; Eskelinen, T; Väänänen, A. 2002. Growth and diversity effects of silvicultural alternatives on an old-growth forest in Finland. *Forestry* 75(4):395-400.
- Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 265 p. (Serie Técnica. Manual Técnico no. 46).
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2001. Programa de Emergencia por Desastres Naturales. Ciudad de Guatemala, GT, Unidad de Políticas e Información Estratégica.
- Marcos, C. 1999. Censo de especies del género *Quercus* y su distribución geográfica en dos cuencas de la RBSM. Tesis Ing. Forestal. Guatemala, GT, Universidad del Valle. 99 p.
- Méndez, C; Coronado, E. 1993. Evaluación ecológica rápida de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas. Ciudad de Guatemala, GT, CECON. 57 p.
- Morales, E; Cartín, F. (Eds.). 1997. Tercer Congreso Forestal Centroamericano [27-29 de agosto, 1997, San José, Costa Rica]. San José, CR, Impresos Belén, S.A. 297 p.
- Ordóñez, Y. 2003. Validación de indicadores ecológicos para la evaluación de sostenibilidad en bosques bajo manejo forestal en el trópico húmedo, con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 74 p.
- Robles, G; Oliveira, K; Villalobos, R. 2000. Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central. *In* Evaluación de los recursos forestales mundiales. Roma, IT, FAO, Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Consultado el 24-09-2005. http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/ae159s/AE159S06.htm
- Smart, P. 1984. The illustrated encyclopedia of the butterfly world in color. Over 2000 species reproduced life size. Secaucus, US, Chartwell Books Inc. 274 p.
- Smith, DM; Larson, BC; Kelty, MJ; Ashton, PMS. 1997. The practice of silviculture: applied forest ecology. Ciudad?, US, John Wiley. 537 p.
- Standley, P; Steyermark, J. 1946. Flora de Guatemala. Tomos I-XII. Chicago Natural History Museum.
- Thiollay, J. 1992. Influence of selective logging on bird species diversity in Guianan rain forest. *Conservation Biology* 6(1):47-63.