



ANÁLISIS DEL CHIPE MEJILLA DORADA (*Setophaga chrysoparia*), ESPECIES ACOMPAÑANTES EN LAS PARVADAS MIXTAS, Y CAMBIO DE COBERTURA EN LA ECOREGIÓN DE BOSQUES DE PINO-ENCINO DE CENTROAMÉRICA

INFORME FINAL

Marzo 2015



Consultora:

Ana José Cobar Carranza

Revisor:

Efraín Castillejos Castellanos

Colaboradores:

Efraín Castillejos Castellanos- Pronatura Sur A.C.

Manolo García Vetorrazzi- Centro de Estudios Conservacionistas

David Douterlungne- Pronatura Sur A.C.

Maria Patrocinio Alba López- Pronatura Sur A.C.

Este informe es parte del proyecto “Strengthening conservation actions for the Golden-cheeked Warbler wintering habitat. Phase I” financiado por Neotropical Migratory Bird Conservation Act (NMBCA).

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
SECCIONES.....	6
I. Análisis de la abundancia de <i>Setophaga chrysoparia</i> en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica	6
Introducción	6
Resultados	6
Conclusiones y Recomendaciones	13
II. Modelado de la distribución potencial de <i>Setophaga chrysoparia</i> en el rango de distribución invernal.....	14
Introducción	14
Metodología	14
Resultados	16
Discusión	26
Conclusiones.....	27
Recomendaciones	27
Referencias	28
Anexos	29
III. Tendencias de cambio de cobertura forestal de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica	31
Introducción	31
Método.....	31
Resultados	37
Discusión	52
Conclusiones.....	54
Recomendaciones	54
Referencias	55
IV. Identificación de prioridades para la conservación en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica	56
Introducción	56
Método.....	56
Resultados	60

Discusión	70
Conclusiones.....	70
Recomendaciones	71
Referencias.....	71
Anexos	72
V. Winter ecology, composition and organization of mixed-species foraging flocks in Mexico and Central America pine-oak forests	82
Abstract.....	82
Methods	84
Results	88
Discussion	98
Acknowledgements.....	102
Literature Cited	103
Appendix.....	105
CONCLUSIONES	110
VI. Consideraciones para el manejo forestal de los bosques de pino-encino.....	110
Referencias.....	117

INTRODUCCIÓN

El chipe mejilla-dorada (Golden-cheeked Warbler, GCWA), *Setophaga chrysoparia*, es un ave migratoria neotropical de la Familia Parulidae, posee una distribución restringida y según las categorías de conservación de UICN se encuentra globalmente amenazada. La especie se reproduce en la Planicie Edwards en el Centro de Texas y durante el invierno migra hacia el Neotrópico a la Ecoregión de Bosques de Pino-encino de Centroamérica.

Durante el período 2006 a 2010, la Alianza para la conservación de los bosques de pino-encino de Mesoamérica, llevaron a cabo un proyecto de 4 años de monitoreo invernal de *Setophaga chrysoparia*. Esta especie se ha utilizado como especie bandera de la Alianza, así como especie indicadora de la integridad ecológica de los bosques de pino-encino del sur de México y Centroamérica.

Esta consultoría se realizó con los objetivos de: 1) llevar a cabo el análisis de la abundancia de *Setophaga chrysoparia*, 2) conocer y estimar la distribución potencial del hábitat invernal de *S. chrysoparia*, 3) determinar tendencias del cambio de cobertura forestal en la Ecoregión, 4) indentificar prioridades para la conservación en la Ecoregión, 5) incrementar el conocimiento del uso del hábitat por parte de las parvadas forrajeras mixtas en los bosques templados de la Ecoregión, y 6) establecer recomendaciones para el manejo forestal. Para generar esta información el insumo principal fueron los datos generados en campo por el monitoreo regional realizado en el marco de la Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica. Monitoreo que se realizó en 5 países, México (Chiapas), Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua del 2006 al 2010. Estos resultados se ponen a disposición de la Alianza, manejadores, tomadores de decisiones e interesados con el fin de proveer de información sobre el avance en el conocimiento de la ecología de la especie *Setophaga chrysoparia* y otras aves migratorias y residentes neotropicales, así como información sobre el estado de conservación de los bosques mixtos templados. Conocimientos que deberán orientar y generar recomendaciones para el manejo y protección de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.

Este documento cuenta con seis secciones, en las cuales participaron profesionales de varias instituciones a los que se agradece sus análisis, aportes y comentarios:

Efraín Castillejos Castellanos- Pronatura Sur A.C.

Maria Patrocinio Alba López- Pronatura Sur A.C.

David Douterlungne- Pronatura Sur A.C.

Manolo García Vetorrazzi- Centro de Estudios Conservacionistas (CECON)

SECCIONES

I. Análisis de la abundancia de *Setophaga chrysoparia* en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Ana José Cóbar-Carranza, David Douterlungne, Efraín Castillejos-Castellanos

Introducción

La Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica es hábitat invernal de aves migratorias neotropicales, que durante el invierno en Estados Unidos y Canadá, migran en busca de refugio y alimento. Entre las especies migratorias se encuentran las aves del género *Setophaga*.

Durante cuatro temporadas de migración se realizó el estudio “Ecología invernal, abundancia relativa y monitoreo de poblaciones de *Setophaga chrysoparia* (Golden-cheeked Warbler, GCWA por sus siglas en inglés) a lo largo del rango invernal conocido y potencial”. El estudio consistió en encontrar y seguir por cuatro horas a parvadas de aves mixtas de forrajeo, anotando las especies e individuos observados, para determinar si *S. chrysoparia* se encontraba como miembro de la parvada. Con los resultados de este estudio se analizaron varios aspectos de la ecología de GCWA, sin embargo no se realizaron análisis a nivel poblacional.

El objetivo de este análisis es conocer sobre la dinámica poblacional de *Setophaga chrysoparia* que permita conocer cambios en las poblaciones a lo largo de la Ecoregión y sitios de monitoreo.

Resultados

El monitoreo de GCWA se realizó durante cuatro temporadas de invierno (temporada 2006-2007 a temporada 2009-2010) en la Ecoregión de Bosques de Pino-encino de Centroamérica período durante el cual se estudiaron 601 parvadas, reportándose en 234 la presencia de GCWA y en las 369 parvadas restantes se reportó la ausencia. Utilizando el modelo logístico y de distribución binomial negativo (zero-inflated for count data with logistic link function and negative binomial error distribution) se analizó la probabilidad de que el observador no detectara a GCWA cuando el modelo estima la presencia de la especie (falsa ausencia). El análisis muestra que en México y Honduras los resultados reportados por los observadores se apegan más a lo que predice el modelo (Figura 1), mientras que los observadores en Nicaragua

se alejan más de la predicción por lo que la probabilidad de reportar falsas ausencias aumenta. Esto refleja la capacidad de detección de la especie de los observadores, sugiriendo que los observadores de Nicaragua presentaban menos experiencia en la observación de aves, lo cual influye en errores de identificación y subestimación de la especie en las parvadas mixtas de forrajeo.

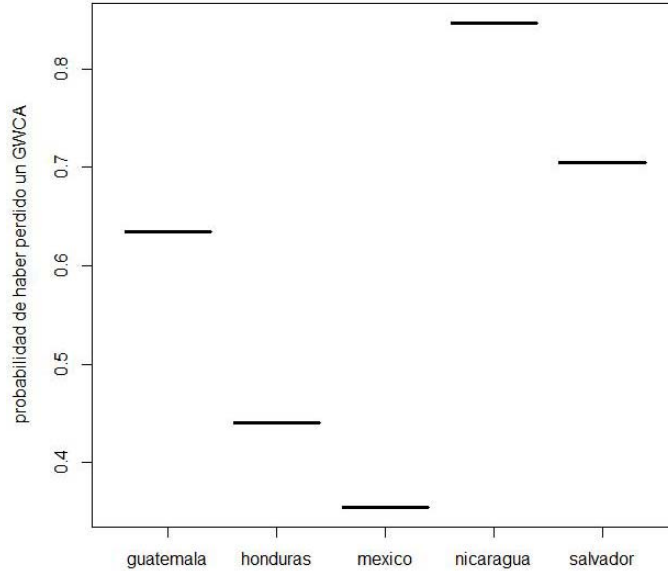


Figura 1. Probabilidad de reportar una falsa ausencia de un individuo de GCWA en los países del monitoreo ecoregional, en base al modelo Zero-inflated for count data with logistic link function and negative binomial error distribution

Adicionalmente, se realizó un análisis de abundancias absolutas para evaluar cambios en las poblaciones por temporada de monitoreo para toda la ecoregión. El análisis lineal generalizado (Tabla 1, Figura 2) no mostró diferencias entre las cuatro temporadas, lo cual indicaría que las poblaciones en los sitios muestreados no han mostrado cambios en el período de estudio.

Tabla 1. GLM (con varianzas Poisson) de las abundancias absolutas de GCWA agrupados por sitio de monitoreo y por temporada.

	Estimador	Error Estándar	Valor z	Pr(> z)
Intercepto	1.0335	0.0981	10.54	0.0000
Temporada 07-08	0.1880	0.1241	1.52	0.1297
Temporada 08-09	0.2160	0.1276	1.69	0.0906
Temporada 09-10	0.0175	0.1332	0.13	0.8954

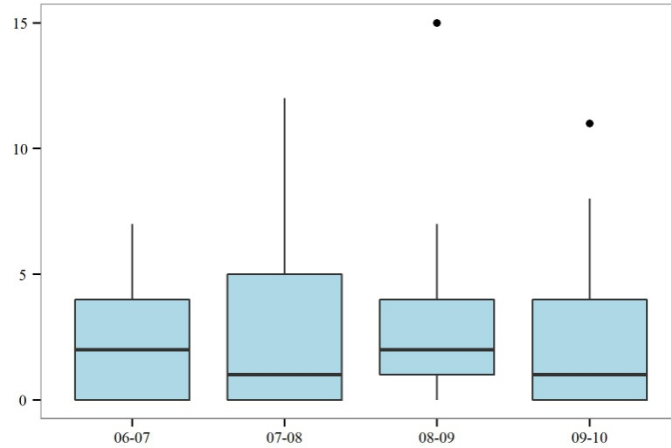


Figura 2. Cajas de Tuckey que muestran la abundancia absoluta del GCWA en las temporadas de monitoreo.

Al realizar el análisis por temporada entre cada país, se observa que en Guatemala, El Salvador y Nicaragua no hubo diferencias en la abundancia absoluta entre temporadas. En México la temporada 2007-2008 fue significativamente diferente a las otras, esto se debe a que en esa temporada se registró un mayor número de individuos de GCWA (temp. 2007-2008 No. GCWA= 41, $\chi=26.2 \pm 5$) y se muestreo mayor número de sitios. En Honduras la abundancia absoluta de GCWA en la temporada 2006-2007 fue diferente al resto de temporadas, debido a que el número de individuos reportados en la primer temporada fue el más bajo (temp. 2006-2007 No. GCWA= 19, $\chi=26.3 \pm 2.6$) (Tabla 2, Figura 3).

Tabla 2. GLM (con varianzas Poisson) de las abundancias absolutas de GCWA agrupados por país y temporada.

País	Estimador	Error Estándar	Valor z	Pr(> z)
GUATEMALA				
Intercepto	0.4055	0.3333	1.22	0.2238
Temporada 07-08	0.3677	0.4336	0.85	0.3964
Temporada 08-09	0.4055	0.3849	1.05	0.2921
Temporada 09-10	0.3567	0.4216	0.85	0.3976
HONDURAS				
Intercepto	1.1451	0.2132	5.37	0.0000
Temporada 07-08	0.6466	0.2575	2.51	0.0120
Temporada 08-09	1.3563	0.2487	5.45	0.0000
Temporada 09-10	0.7156	0.2601	2.75	0.0059
MÉXICO				
Intercepto	1.3499	0.1361	9.92	0.0000
Temporada 07-08	0.0249	0.1732	0.14	0.0376

Temporada 08-09	-0.4336	0.2086	-2.08	0.8855
Temporada 09-10	-0.1067	0.1943	-0.55	0.5828
NICARAGUA				
Intercepto	0.1823	0.4082	0.45	0.6552
Temporada 07-08	0.0800	0.4935	0.16	0.8712
Temporada 08-09	0.6650	0.4880	1.36	0.1729
Temporada 09-10	-0.1067	0.1943	-0.55	0.5828
EL SALVADOR				
Intercepto	0.9555	0.2773	3.45	0.0006
Temporada 07-08	-0.0800	0.4003	-0.20	0.8415
Temporada 08-09	-0.2624	0.4494	-0.58	0.5593
Temporada 09-10	-0.3677	0.4336	-0.85	0.3964

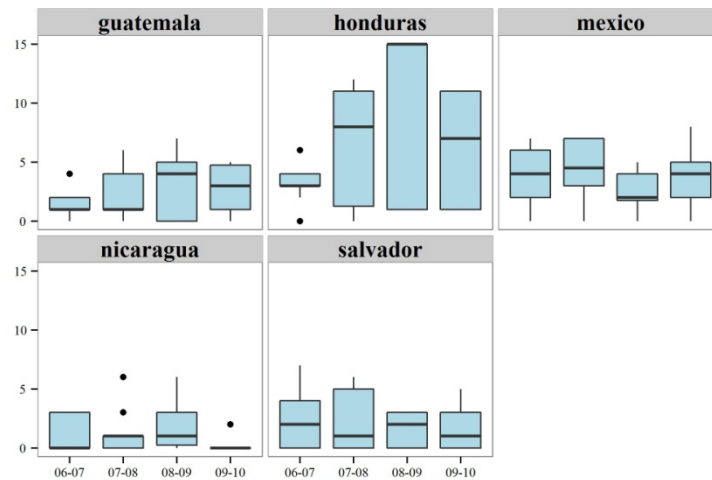


Figura 3. Cajas de Tuckey que muestra la abundancia absoluta del GCWA en las temporadas por país.

En las cuatro temporadas de monitoreo se estudiaron parvadas en 55 macrositios o áreas de estudio. Entendiéndose por macrositio como el conjunto de sitios muestreados correspondientes a una región, municipio o área, en los cuales se realizó el monitoreo en cada país (por ejemplo: San Jerónimo en Guatemala, La Montañona en El Salvador, Laguna Cochi en México, etc). De los 55 macrositios de estudio, se reporta la presencia de GCWA en 44 de ellos.

Para México los macrositios con mayor abundancia de GCWA (número de individuos/ parvada) en orden descendente son la Reforma, Sierra Morena, Laguna Cochi, Arcotete, Moxviquil, Tres Picos y Buenos Aires, áreas en donde GCWA es considerado Muy común. Los macrositios con mayor abundancia de GCWA para Guatemala son Cubulco (Muy común), San Jerónimo y San Lorenzo Mármol (Común); en El Salvador el Parque Nacional Montecristo es considera como Muy común y El Manzano como Común. En Honduras los macrositios con mayor abundancia son Uyuca, La Tigra y La Muralla (Muy común); y por último en Nicaragua se puede mencionar a

Miramar, La Garnacha, San Rafael del Norte-El Jaguar y Mirafior (Tabla 3 y Figura 4). De todos los países Nicaragua, el extremo este y sur de la distribución invernal del GCWA, presenta los macrositios con la menor abundancia, la mayoría son áreas donde la especie es considerada Poco común y únicamente un macrositio como Común.

Tabla 3. Sitios de muestreo, número de parvadas estudiadas y abundancia de *Setophaga chrysoparia* por parvada (2006-2010).

País	Macrositio	Número parvadas total	Número GCWA	GCWA/parvadas	Status
México	Reforma	1	3	3.00	Muy común
	Sierra Morena	2	3	1.50	
	Laguna Cochi	20	22	1.10	
	Arcotetes	2	2	1.00	
	Moxviquil	18	18	1.00	
	Tres Picos	4	4	1.00	
	Buenos Aires	5	5	1.00	
	La Granada	13	12	0.92	Común
	Montebello	10	9	0.90	
	Coapilla	17	12	0.71	
	Tierra y Libertad	6	4	0.67	
	Monte Sinaí	5	3	0.60	
	Huitepec	16	8	0.50	
	Corazón del Valle	1	0	0.00	Ausente o Muy raro
California	1	0	0.00		
Finca Arroyo Negro	2	0	0.00		
Guatemala	Cubulco	5	7	1.40	Muy común
	San Jerónimo	20	19	0.95	Común
	San Lorenzo Mármol	20	16	0.80	
	Las Granadillas	10	7	0.70	
	San Pedro Pinula	5	2	0.40	
	Morazán	5	2	0.40	Poco común
	Quezaltepeque	5	1	0.20	
	San Cristóbal Alta Verapaz	5	1	0.20	
	Cerro Alux	21	3	0.14	
	Chimusinique	15	2	0.13	
	Tecpán	10	0	0.00	Ausente o Muy raro
San Pedro Soloma	5	0	0.00		
Chichicastenango	5	0	0.00		
El Salvador	Parque Nacional Montecristo	20	21	1.05	Muy común
	El Manzano	20	15	0.75	Común

Análisis de *Setophaga chrysoparia* en la Ecoregión de Pino-Encino

	La Montañona	21	6	0.29	Poco común
	Perquín	20	0	0.00	Ausente o Muy raro
	Candelaria de la Frontera	4	0	0.00	
	Volcán Chinchontepec	10	0	0.00	
Honduras	Uyuca	14	34	2.43	Muy común
	La Tigra	23	37	1.61	
	La Muralla	4	4	1.00	
	La Esperanza	16	12	0.75	Común
	Cusuco	15	9	0.60	
	La Botija	20	7	0.35	Poco común
	San Francisco Soroguara	10	2	0.20	
		Miramar	18	9	0.50
Nicaragua	Miraflor	18	6	0.33	Poco común
	San Rafael del Norte- El Jaguar	6	2	0.33	
	La Garnacha	12	4	0.33	
	Loma Fría	25	6	0.24	
	Isla de Upá	13	3	0.23	
	San José de Cusmapa	5	1	0.20	
	Tisey	11	2	0.18	
	San Sebastián de Yalí	6	1	0.17	
	Orosí	6	1	0.17	
	Mozonte-San Fernando	13	1	0.08	Ausente o Muy raro
	Yúcul	11	0	0.00	
Tepesomoto-Pataste	8	0	0.00		

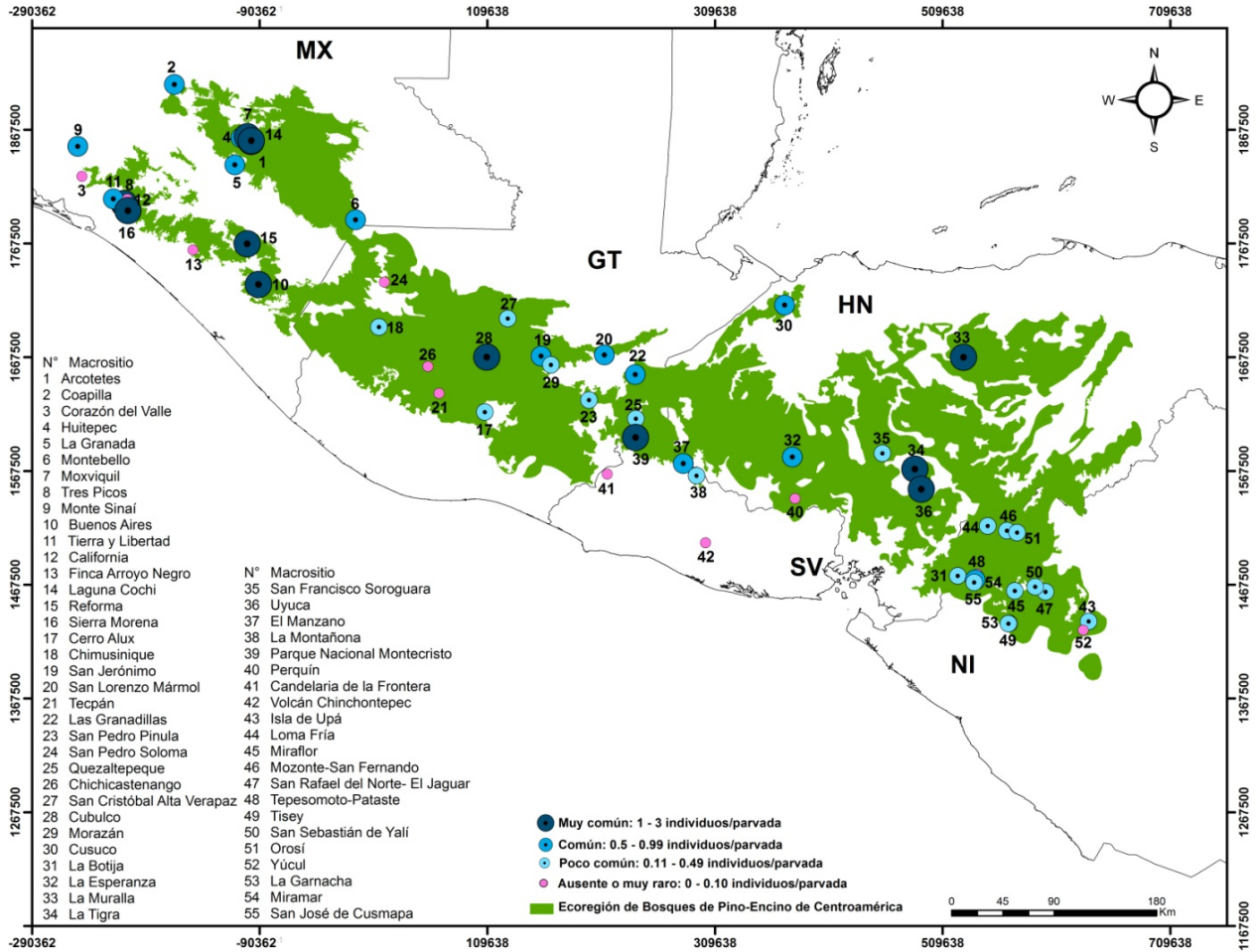


Figura 4. Mapa de abundancia de *Setophaga chrysoparia* por macrositio de estudio en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica durante el período 2006-2010.

A pesar que se tiene información valiosa por cuatro años a nivel ecoregional, y se cuenta con bastante información en diferentes macrositios de la ecoregión. Un problema encontrado con los datos es que el monitoreo por temporada no se realizó en los mismos macrositios por país en todas las temporadas de muestreo, lo cual significa que el nivel de repeticiones de muestreo entre los diferentes macrositios fue muy bajo. Por esta razón el análisis de cambios en la abundancia absoluta en los macrositios por temporada no fue posible realizarlo, por el bajo tamaño muestral por macrositio.

Por otra parte, no se cuenta con información del área de ocupación de las parvadas estudiadas por lo que aún no es posible calcular la densidad poblacional del GCWA en los macrositios y ecoregión, en base al hábitat disponible.

Conclusiones y Recomendaciones

1. A nivel de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica, los análisis indican que la abundancia absoluta de *S. chrysoparia* no muestra cambios por temporada de monitoreo, lo que sugiere que la abundancia en los sitios de monitoreo se encuentra estable.
2. Para realizar otros análisis que permitan evaluar cambios poblacionales a escalas más finas, es necesario realizar algunas modificaciones en la metodología del monitoreo del GCWA en la Ecoregión. Las modificaciones recomendadas para futuras temporadas de monitoreo son:
 - a. Asegurar que en las próximas temporadas de monitoreo, los muestreos se realicen en los mismos macrositios por país, preferiblemente seleccionando aquellos en los cuales ya se hayan realizado monitoreos previos, para poder contar con mayor repetición de datos.
 - b. Los análisis de cambios poblacionales requieren de varios años de datos, obtenidos mediante un método sistemático, en el cual se requiere que los muestreos en los macrositios se realicen preferiblemente en los mismos bosques cada año y en la misma temporalidad (mes) y con el mismo esfuerzo.
 - c. Se requiere que durante el estudio de parvadas se registren coordenadas del área de ocupación de la parvada, con el fin de poder calcular densidad (individuos/ha) del GCWA para cada macrositio.

II. Modelado de la distribución potencial de *Setophaga chrysoparia* en el rango de distribución invernacional

Manolo García Vettorazzi

Introducción

La ecoregión de bosques de pino-encino de Centroamérica es reconocida por los bienes y servicios ambientales que genera para la sociedad, sus características singulares, y su importante papel como hábitat para una gran variedad de especies de flora y fauna. Para atender a las necesidades de conservación de la ecoregión, 12 organizaciones de 6 países que comparten el interés de lograr la conservación y el manejo sustentable de los bosques de pino-encino conformaron en 2003 la Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica.

La Alianza Regional comparte objetivos de conservación de la biodiversidad y el manejo de los recursos naturales y en particular tiene interés en colaborar en programas, proyectos y acciones conjuntas de conservación y manejo de los bosques de pino-encino y sus especies asociadas (APEM, 2015). El chipe de mejillas doradas (*Setophaga chrysoparia*) ha sido identificado como una especie con alto grado de amenaza de extinción, está asociado a la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica durante su migración invernacional, por lo que es considerada como indicador de la integridad ecológica de estos ecosistemas en México y Centroamérica.

Para ampliar el conocimiento de *Setophaga chrysoparia*, se propone a) modelar la distribución potencial invernacional de la especie en Centroamérica, y b) genera aportes que contribuyan al Plan de Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica y el Ave Migratoria *Dendroica chrysoparia*, Plan que se encuentra en proceso de actualización.

Metodología

Obtención de datos para el modelado

Los datos utilizados para el modelado provienen de la implementación de los 4 años (2006-2010) del monitoreo regional de la especie, y corresponden a registros de presencia en México, Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua.

Modelado con MaxEnt

Utilizando el programa MaxEnt versión 3.3.3a (Computer Sciences Department, Princeton University, 2004; Phillips, 2006; Phillips y Dudík, 2008) con la configuración preestablecida, se

modeló la distribución potencial de *Setophaga chrysoparia*. Se incluyeron para el modelado un total de 275 registros de presencia de *S.chrysoparia* (Tabla 1), las 19 variables ambientales disponibles en el sitio Bioclim (Hijmans et al., 2005) y la altitud, las cuales fueron ingresadas al programa con la opción de tipo continuo. Se excluyó la utilización del Mapa de las Global Ecoregions (WWF, 2000) con el fin de evitar sesgos de áreas muestreadas fuera de los límites del ecosistema pino-encino por la escala del mismo.

Tabla 1. Cantidad de registros por país utilizados para el modelado del hábitat potencial de *Setophaga chrysoparia*

País	Número de registros
El Salvador	22
Guatemala	101
Honduras	56
México	73
Nicaragua	23
Total	275

Revisión y validación

El resultado obtenido fue transformado a formato raster, y reclasificado como hábitat y no hábitat, en los siguientes porcentajes de probabilidad de distribución de la especie: > 25%, > 30% y > 40% (Figura 1). Los mapas resultantes fueron enviados a 24 ornitólogos que participaron en el monitoreo regional, de cuales respondieron 8 personas, a quienes se les consultó sobre el mapa que de acuerdo a la experiencia en campo refleja de mejor manera la distribución de *S.chrysoparia*. Se les consultó también sobre el conocimiento de áreas con presencia de la especie que no hayan sido incluidas en el modelo o áreas incluidas donde se haya confirmado la ausencia de la especie.

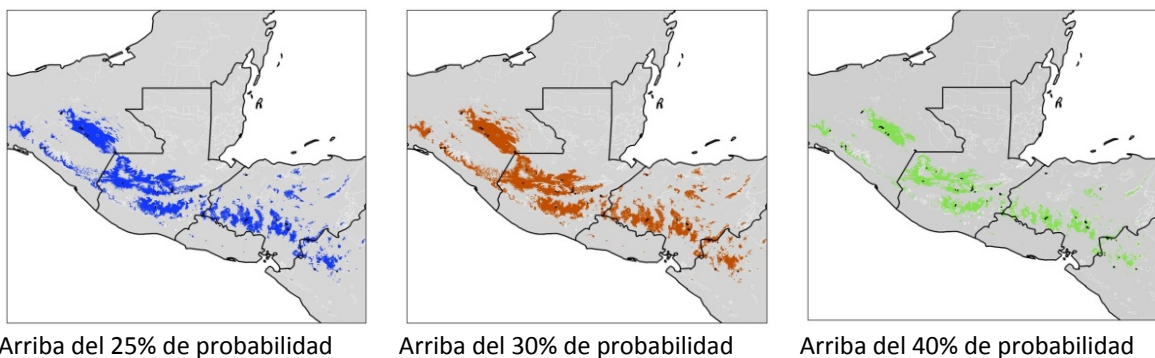


Figura 1. Mapas utilizados para la consulta y validación a especialistas

Análisis complementarios

Se desarrolló un mapa de densidad de hábitat potencial por km², para lo cual, el mapa seleccionado fue transformado de formato raster a archivo vectorial de puntos (shape), y se utilizó la herramienta PointDensity de Spatial analyst para ArcMap 10 (ESRI, 2011) para estimar el número de puntos por cada 10 km², considerando que cada punto equivale aproximadamente a 1 km².

Con el fin de identificar y clasificar vacíos de información dentro del hábitat potencial resultante del modelado se utilizó la herramienta Cost distance de Spatial analyst para ArcMap 10 (ESRI, 2011), incluyendo la probabilidad de distribución potencial de *S.chrysoparia* como capa de costo y los registros como fuentes u origen. El resultado permite clasificar las áreas con vacíos de información con respecto a dos criterios: a) la distancia desde cada celda (píxel) de hábitat potencial hacia los registros de presencia/ausencia de la especie, asignándole como valor la distancia al registro más cercano, y b) la probabilidad de distribución de la especie.

Resultados

Resultados del modelado con MaxEnt

El modelo resultante con el programa MaxEnt obtuvo un valor de área bajo la curva (AUC) de 0.974, lo que sugiere que es una especie con un rango estrecho de hábitat potencial (Figura 2). La variable con mayor contribución al modelo, es decir la que tiene mayor influencia en la distribución potencial de *S.chrysoparia*, fue la altitud con 81.7% de contribución (Tabla 2).

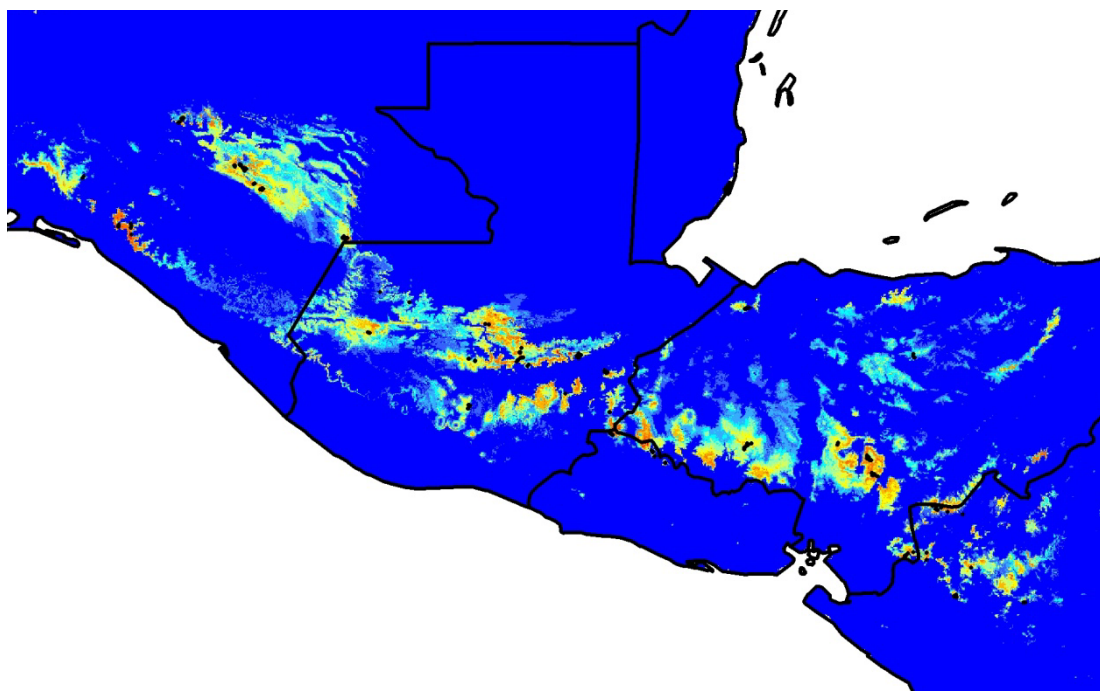


Figura 2. Resultado del modelado de distribución potencial de *S. chrysoparia* con MaxEnt

Tabla 2. Porcentaje de contribución e importancia de permutación de las variables ambientales incluidas en el modelado

Variable	% de contribución	Importancia permutación
Altitud	81.7	53.4
Bio5 - Temperatura máxima en el mes más cálido	5	3.6
Bio14 – Precipitación en el mes más seco	4.1	10.3
Bio3 – Isotérmicas	2.5	6.1
Bio4 – Temporalidad de la temperatura	1.9	18
Bio9 – Temperatura media del trimestre más seco	1.7	0
Bio15 – Temporalidad de la precipitación	1	4.2
Bio2 – Rango medio diario	1	0.2
Bio1 – Temperatura anual media	0.5	0
Bio18 – Precipitación en el trimestre más cálido	0.2	1.9
Bio13 – Precipitación en el mes más lluvioso	0.2	1.7
Bio6 – Temperatura mínima en el mes más frío	0.1	0
Bio12 – Precipitación anual	0	0.5
Bio7 – Rango anual de temperatura	0	0
Bio16 – Precipitación en el trimestre más lluvioso	0	0
Bio17 – Precipitación en el trimestre más seco	0	0
Bio11- Temperatura media en el trimestre más frío	0	0
Bio10 – Temperatura media en el trimestre más cálido	0	0
Bio19 – Precipitación en el trimestre más frío	0	0

Bio8 – Temperatura media en el trimestre más lluvioso

0

0

Revisión y validación

De las consultas enviadas a ornitólogos, se obtuvieron 8 respuestas (John van Dort, David Mejía, Mayron Mejía de Honduras; Selvin Pérez, Cristina Chaluleu y Vanessa Dávila de Guatemala; Carlos Funes y Roselvy Juárez de El Salvador), de las cuales el 37.5% seleccionaron al mapa 1, 12.5% al mapa 2 y 50% al mapa 3. Con el fin de contar con mayor información, se incluyeron 2 categorías en el mapa de distribución potencial, mayor probabilidad (arriba de 40% de probabilidad) y menor probabilidad (de 30 a 40% de probabilidad) (Figura 3).

Resultados del modelado del hábitat potencial para Setophaga chrysoparia.

Se estimó un total aproximado de 53,961 km² de hábitat potencial para *S.chrysoparia*, distribuido en Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y El Salvador (Tabla 3).

Tabla 3. Hábitat potencial de *Setophaga chrysoparia* por país

País	Hábitat potencial (km ²)	%
Guatemala	21,552.8	40
Honduras	15,553.12	29
México	12,768.91	24
Nicaragua	3,684.56	7
El Salvador	402.14	1
Total	53,961.53	

Con respecto al mapa de distribución potencial de la especie, el 62% del hábitat potencial corresponde a la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica con aproximadamente 33,442 km² (Figura 4).

Se calculó el porcentaje correspondiente al hábitat potencial de *S.chrysoparia* con respecto a la extensión total de cada Ecoregión. Se estimó que el hábitat potencial de *S.chrysoparia* corresponde a un 41% de la Ecoregión de Pino-Encino (Tabla 4). Los resultados sugieren que la especie tiene preferencia por los Bosques Montanos de Chiapas y Centroamérica y los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.

Tabla 4. Porcentaje correspondiente a hábitat potencial para *Setophaga chrysoparia* con respecto a la extensión total de las Ecoregiones Terrestres de Mesoamérica

Ecoregiones Terrestres de Mesoamérica	Extensión total (km ²)	Extensión con hábitat potencial de <i>S.chrysoparia</i> (km ²)	%
Bosque Húmedo de la Sierra Madre de Chiapas	2547.96	71.64	3
Bosque Húmedo del Atlántico de Centro América	4,220.73	64.47	2
Bosque Húmedo del Petén-Veracruz	884.46	104.55	12
Bosque Montano de Centro América	5,234.74	2,337.56	45
Bosque Seco de la Depresión de Chiapas	946.63	20.9	2
Bosques de Pino-Encino de Centro América	105,061.88	33,442.48	32
Bosques Húmedos ístmicos del Atlántico	0.07	0	0
Bosques Montanos de Chiapas	537.32	275.94	51
Bosques Secos de Centro América	13,595.09	53.12	0
Matorral Espinoso del Valle del Motagua	0.41	0	0
Fuera de Ecoregiones		17,590.87	
Total	133,029.29	53,961.53	41

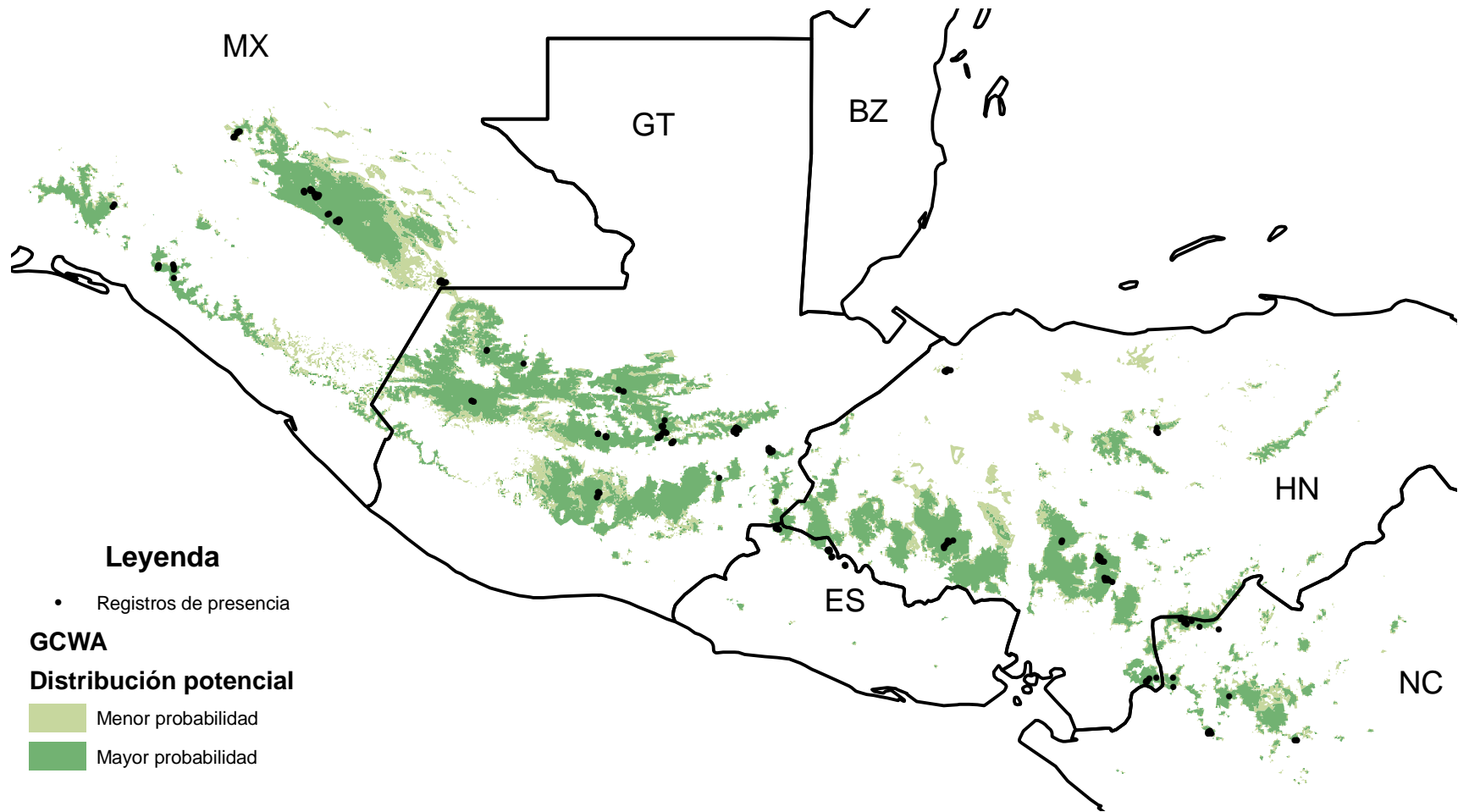


Figura 3. Mapa con la distribución potencial de *Setophaga chrysoparia* en su rango invernal

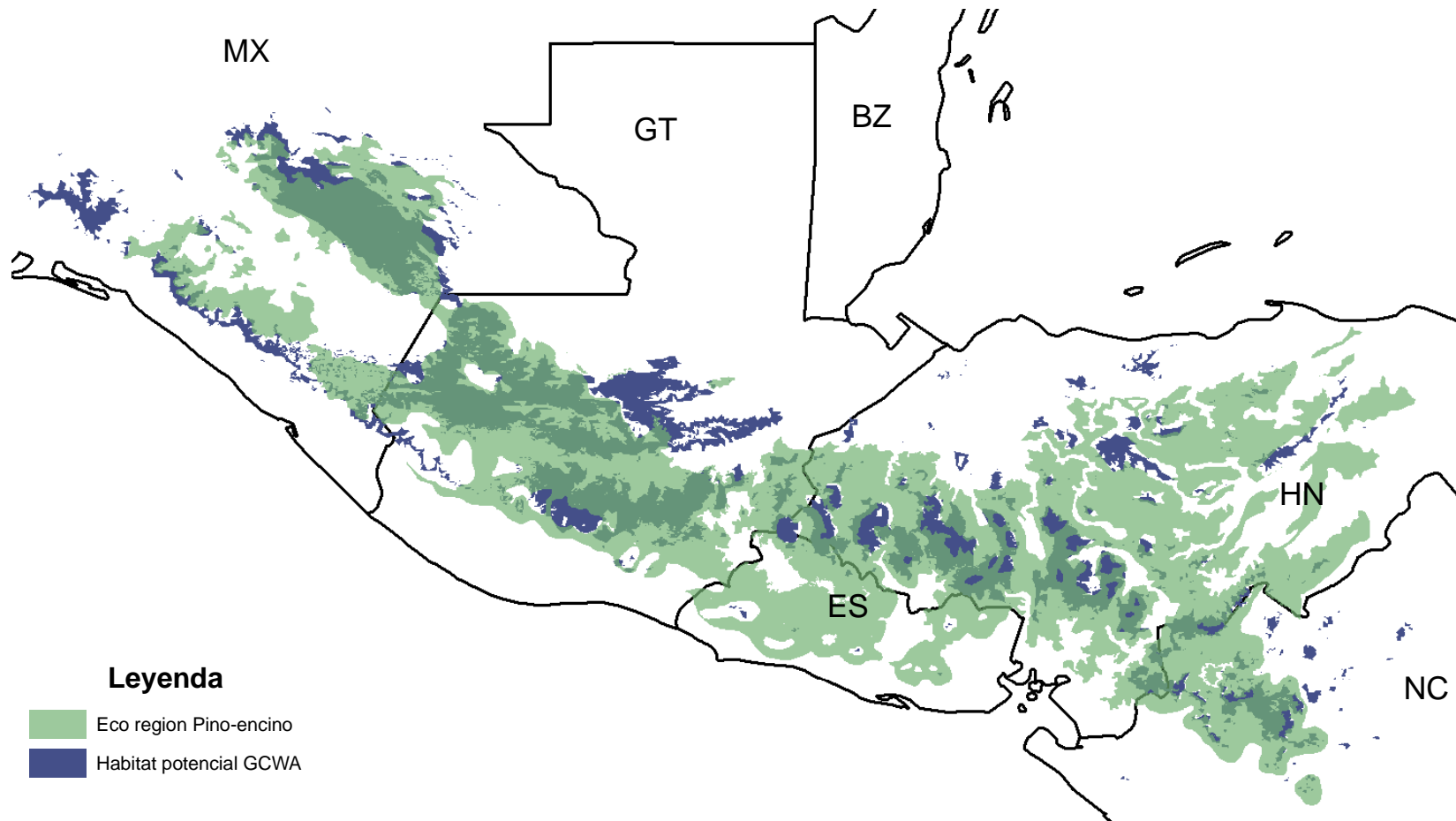


Figura 4. Mapa mostrando el hábitat potencial de *Setophaga chrysoparia* y la Eco región de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

En el Anexo 1 se presenta el hábitat potencial (km^2) para cada subregión o unidad ecológica terrestre de la Eco región y el porcentaje que ocupa con respecto al total de la extensión de cada unidad. Un porcentaje alto podría indicar preferencia. En este sentido, las subregiones o unidades ecológicas terrestres (UET) con un porcentaje mayor al 85% son: Altos de Chiapas ($3,677.36 \text{ km}^2$) 99%, Cuchumatanes ($2,217.31 \text{ km}^2$) 99%, Cuilco - Piedra Blanca (192.83 km^2) 86%, Franja Tacaná – Huehuetenango ($1,164.13 \text{ km}^2$) 79%, Cinturón Motagua-Sierra de las Minas (0.19 km^2) 76%.

Análisis complementarios

El resultado de la densidad de hábitat potencial por 10 km^2 fue clasificado como densidad (km^2 hábitat potencial/ 10 km^2): nula=0-1,626, baja=1,626-5,383, media=5,383-9,983 y alta=9,983-14,301. En el mapa puede observarse que la mayoría de registros se encuentran en áreas con densidad alta de hábitat potencial/unidad de área (Figura 5).

De manera similar, el resultado del análisis de vacíos de información en el hábitat potencial fue clasificado con base a las unidades de costo como: bajo=0-0.70, medio=0.70-1.29 y alto=1.29-2.46. El análisis sugiere que existen importantes vacíos de información, principalmente en México, Guatemala y Honduras, que son los países con las mayores superficies del hábitat potencial (Figura 6 y Tabla 5).

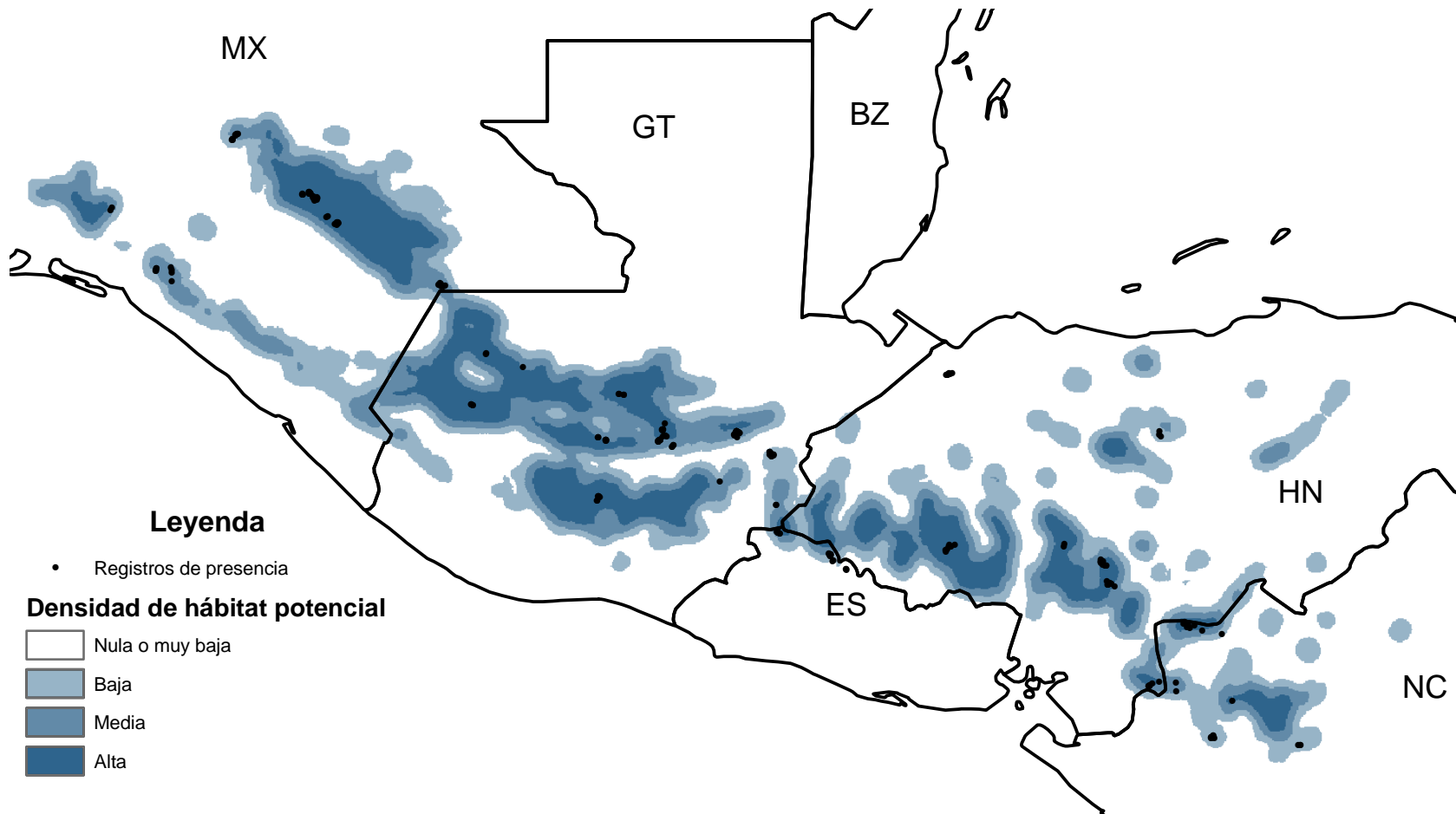


Figura 5. Mapa mostrando la densidad de hábitat potencial para *Setophaga chrysoparia* (km^2) por área (10km^2)

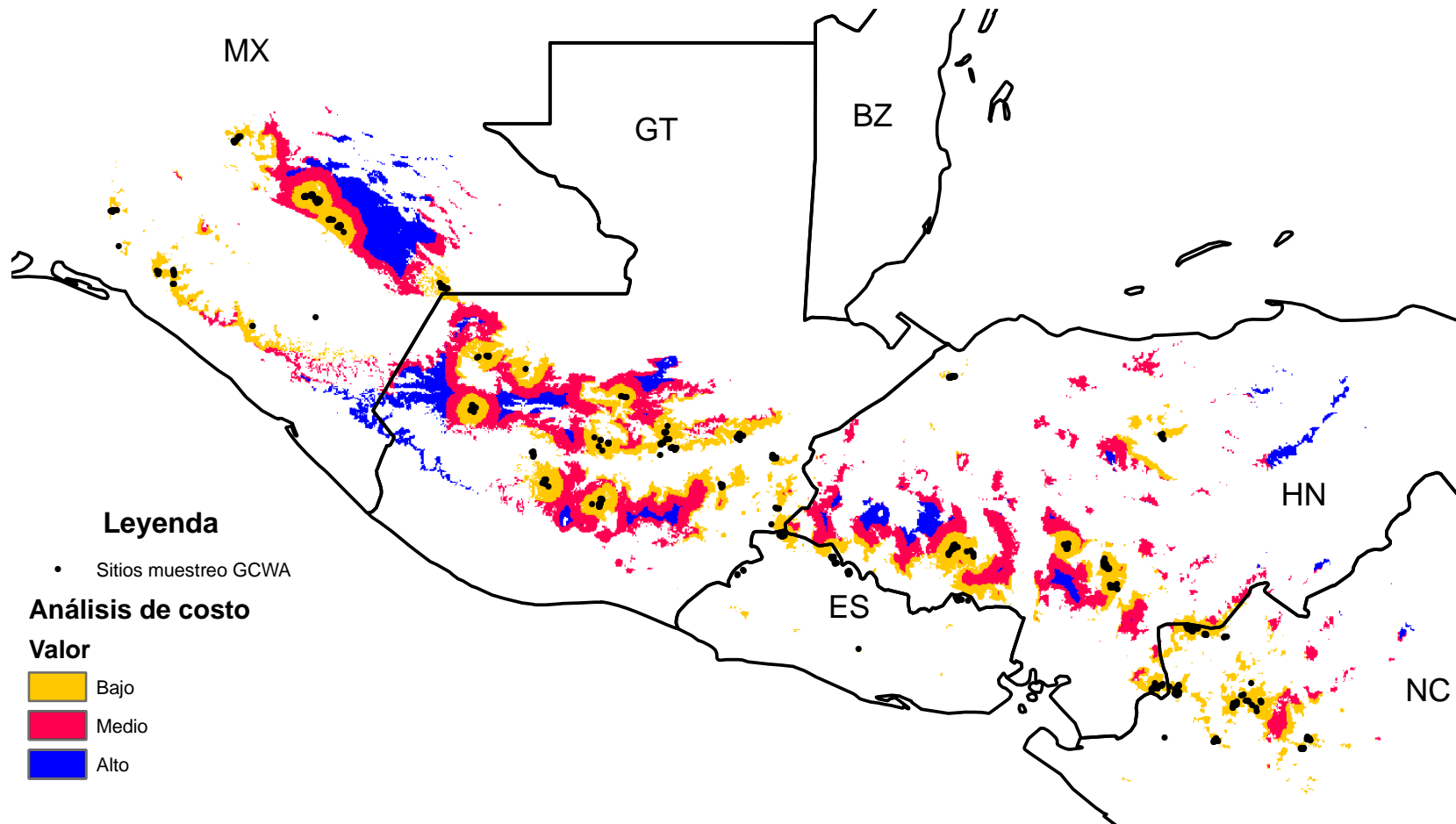


Figura 6. Mapa mostrando vacíos de información en la distribución potencial de *Setophaga chrysoparia*

Tabla 5. Subregiones o unidades ecológicas terrestres en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica con vacíos de información en la distribución potencial de *S.chrysoparia*

País	Valor (de costo) del vacío	
	Alto	Medio
Guatemala	Bosques montanos centroamericanos Chuacús Cuchumatanes Cuilco - Piedra Blanca Franja Tacaná - Huehuetenango Jalapa - Santa Rosa Nentón - Huehuetenango Piedemonte Pacífico guatemalteco Sipacapa - Chichicastenango - Comalapa Valle de Guatemala	Bosques montanos centroamericanos Chuacús Cobán Cobán - Petén Cuchumatanes Cuchumatanes norte Cuilco - Piedra Blanca Franja Tacaná - Huehuetenango Jalapa - Santa Rosa Montebello-Cañadas Motagua medio Nentón - Huehuetenango Piedemonte Pacífico guatemalteco Salama y Rabinal superior Salamá - Atitlán Salcaja - Momostenango - San Pedro Jocopilas San Pedro - Jutiapa - El Pinalito Sipacapa - Chichicastenango - Comalapa Valle de Guatemala
Honduras	Altiplano de La Esperanza Bosques montanos centroamericanos Botaderos Choluteca Colinas centro-orientales Comayagua Higuito - Jicatuyo Montaña Verde - Otoro Olancho Trojes – Catacamas	Bosques montanos centroamericanos Botaderos Choluteca Colinas centro-orientales Comayagua Higuito - Jicatuyo Montaña Verde - Otoro Montañas de la Flor Olancho Trojes - Catacamas
México	Altos de Chiapas Bosques montanos centroamericanos Jaltenango - Siltepec Margaritas - Independencia Montañas del Norte Montebello-Cañadas Nentón - Huehuetenango Ocosingo Soconusco Triunfo Triunfo - Pico del Loro Tzimol - San Lucas – Iztapa	Altos de Chiapas Jaltenango - Siltepec Jitotol Margaritas - Independencia Montañas del Norte Montebello-Cañadas Ocosingo Represa - Cuchumatanes Sumidero - Allende Tres Picos - Fraileskana Triunfo Tzimol - San Lucas - Iztapa Villa Flores - Jiquipilas
Nicaragua		Jinotega

Discusión

De acuerdo a los expertos consultados el modelo resultante refleja de manera general la distribución potencial de la especie en su rango invernal. La variable con mayor contribución en el modelo es la altitud (81.7%), la cual está asociada con un gradiente térmico en el cual se pierde 1°C al incrementarse 100 m.s.n.m., el cual podría ser un factor determinante de la distribución potencial de *S.chrysoparia*, definiendo un rango óptimo, con límites inferior y superior. En este sentido, se podría suponer que el incremento de la temperatura media derivado del calentamiento global tendrá un efecto en la distribución potencial de *S.chrysoparia*, incrementándose en altitud el rango óptimo para contrarrestar el incremento en temperatura.

El alto porcentaje de hábitat potencial de *S.chrysoparia* contenido en la subregión de Bosques de pino-encino de Centro América (62%) confirma su estrecha relación con dicha subregión durante la temporada invernal. Lo anterior, resalta la importancia de la conservación de la Ecoregión de Bosques de Pino-encino de Centroamérica para la sobrevivencia de esta especie.

El hecho de que el 33% del hábitat potencial se encuentre afuera del polígono de la Ecoregión de pino-encino, evidencia la importancia de contar con una mayor cantidad de datos de campo que confirmen la distribución precisa en mapas a escala fina. Siendo este punto de gran importancia, frente a la necesidad de un monitoreo en el posible escenario de cambios en la distribución de las subregiones derivados del cambio climático mencionado anteriormente.

El análisis complementario de densidad de hábitat potencial por unidad de área sugiere una posible tendencia en la preferencia de hábitat de *S.chrysoparia* por las áreas donde esta densidad es alta. Lo cual, sumaría a la necesidad de conservación en la Ecoregión áreas de alta densidad en la cobertura boscosa. Para lo cual, conservar los hábitats en buen estado y restaurar los hábitats degradados deben de ser componentes a considerar en los planes y estrategias de ordenamiento territorial a escalas regionales y de paisaje en las zonas donde se distribuye la ecoregión.

Con respecto al análisis de vacíos de información, es necesario interpretarlo desde la herramienta que fue utilizada. Las áreas con costo alto, son aquellas más alejadas de los sitios en que se han realizado muestreo en busca de *S.chrysoparia*, asignando un porcentaje del valor a cada celda (pixel) a la probabilidad de distribución potencial de la especie. Por lo que algunas áreas con alta probabilidad pero cercanas a los sitios de muestreo no fueron sido clasificadas con costo alto. Este ejercicio es una aproximación para evaluar los vacíos de información, los cuales al ir siendo llenados, los modelos podrán ser más robustos, y por lo tanto la identificación de vacíos de información mejorará a su vez.

De manera similar, el desarrollo de nuevos programas para la generación de modelos de distribución potencial de especies se encuentra en continuo desarrollo, por lo que la aplicación de otros algoritmos diferentes al utilizado por MaxEnt y métodos más sofisticados puede dar un mejor resultado. No obstante los insumos proporcionados por los resultados y análisis complementarios brindan soporte para la actualización y creación de planes y estrategias, que en el futuro permitirán contar con un mayor entendimiento de la distribución de *S.chrysoparia* en su rango invernal, las implicaciones que el cambio climático pueda tener en su distribución, así como el aporte de criterios relativos al patrón morfológico espacial del hábitat, es algo que se deberá investigar e incorporar en planes de ordenamiento territorial.

Conclusiones

- Con base a 275 registros de presencia de *S.chrysoparia*, 19 variables climáticas y la altitud, se modeló un hábitat potencial para el rango invernal de esta especie, el cual consta de aproximadamente 53,961.53 km² distribuidos en Guatemala (40%), Honduras (29%), México (24%), Nicaragua (7%) y El Salvador (1%). De este hábitat el 62% corresponde a la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centro América con aproximadamente 33,442 km².
- Se estimó que el hábitat potencial de *S.chrysoparia* corresponde a un 41% de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Guatemala, con una preferencia por las ecoregiones como Bosques Montanos de Chiapas y Centroamérica, y los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.
- Los resultados de los análisis complementarios sugieren la posible preferencia de la especie por áreas con una alta densidad de hábitat por unidad de área y la existencia de vacíos de información de importancia en México, Guatemala y Honduras, así como el resto de países.

Recomendaciones

- En el aspecto técnico del modelado, tal como se comentó en la discusión es importante actualizar constantemente el mapa de distribución potencial mediante la incorporación de nuevos datos de campos, así como de nuevas técnicas y metodologías para el desarrollo de modelos de hábitat potencial.
- La participación de personas con experiencia en campo con la especie y su hábitat es fundamental para la validación del modelo. Preferiblemente, que participen a través de todos el proceso, y se incluyan además autoridades locales y otros actores locales de importancia.

- A través de la incorporación de análisis de la cobertura forestal al modelado de la distribución potencial, y viceversa, se podrán obtener nuevos datos que contribuyan a determinar y caracterizar las relaciones entre el patrón morfológico espacial del hábitat potencial y su relación con la viabilidad de las poblaciones. Este conocimiento permitiría la aplicación de datos de campo en estrategias y planes de manejo y conservación de los bosques, especialmente dentro de un enfoque de ordenamiento territorial a distintas escalas.

Referencias

- APEM (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica). 2008. Plan de Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica y el Ave Migratoria *Dendroica chrysoparia*. Editores: E.S. Pérez, E. Secaira, C. Macías, S. Morales e I. Amezcua. Fundación Defensores de la Naturaleza y The Nature Conservancy. Guatemala.
- APEM (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica). 2015. Accesado en marzo 2015: <http://alianzapinoencino.com/>
- Computer Sciences Department, Princeton University. 2004. MaxEnt versión 3.3.3a
- ESRI. 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965-1978.
- Phillips S. J. 2006. A brief tutorial on MaxEnt. AT&T Labs-Research. Accesado en 2006. URL: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/tutorial/tutorial.doc>
- Phillips S. J., M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161-175.
- WWF. 2000. Mapas de las Global eco-regiones para descargar (1999-2000). Accesado en marzo 2015 URL. http://wwf.panda.org/es/nuestro_planeta/ecorregiones/mapas/

AnexosAnexo 1. Cuadro hábitat potencial para *Setophaga chrysoparia* por localidad y subregión de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino Centroamérica.

Subregión/ Unidades Ecológicas Terrestres (UET)	Hábitat potencial (km ²)	%	% Con respecto al total de la unidad
Bosque Húmedo de la Sierra Madre de Chiapas	71.64	0	3
Los Volcanes	8.61	0	2
Piedemonte pacífico guatemalteco	43.58	0	3
San Miguel	5.81	0	9
Soconusco	8.58	0	21
Triunfo - Pico del Loro	5.06	0	20
Bosque húmedo del Atlántico de Centro América	64.47	0	2
Botaderos	64.47	0	5
Bosque húmedo del Petén-Veracruz	104.55	0	12
Cobán - Petén	104.55	0	12
Bosque montano de Centro América	2,337.56	6	45
Bosques montanos centroamericanos	2,064.35	6	48
Tres Picos - Fraileskana	120.49	0	69
Triunfo	152.72	0	19
Bosque seco de la Depresión de Chiapas	20.9	0	2
Represa - Cuchumatanes	8.11	0	1
Sumidero - Allende	12.79	0	3
Bosques de pino-encino de Centro América	33442.48	92	32
Altiplano de La Esperanza	3,101.31	9	54
Altos de Chiapas	3,677.36	10	99
Camotán	0.28	0	0
Chiquimula	391.4	1	20
Cholulteca	3222.39	9	25
Chuacús	2,820.15	8	72
Cinturón Motagua-Sierra de las Minas	0.19	0	76
Cobán	59.77	0	20
Colinas centro-orientales	736.15	2	7
Comayagua	178.36	0	13
Cuchumatanes	2,217.31	6	99
Cuchumatanes norte	549.43	2	51
Cuilco - Piedra Blanca	192.83	1	86
Franja Tacaná - Huehuetenango	1,164.13	3	79
Higuito - Jicatuyo	884.37	2	15
Jalapa - Santa Rosa	1544.38	4	45
Jaltenango - Siltepec	178.82	0	15
Jinotega	3061.69	8	27

Subregión/ Unidades Ecológicas Terrestres (UET)	Hábitat potencial (km ²)	%	%
			Con respecto al total de la unidad
Jitotol	448.48	1	57
Margaritas - Independencia	1,404.82	4	68
Montaña Verde - Otoro	718.62	2	36
Motagua medio	50.61	0	3
Nentón - Huehuetenango	925.41	3	60
Ocosingo	445.38	1	16
Olancho	185.14	1	2
Salama y Rabinal superior	59.77	0	20
Salamá - Atitlán	587.12	2	58
San José La Arada	24.62	0	4
San Pedro - Jutiapa - El Pinalito	381.33	1	19
Sipacapa - Chichicastenango - Comalapa	1,682.87	5	54
Trojes - Catacamas	70.64	0	3
Tzimol - San Lucas - Iztapa	656.83	2	36
Valle de Guatemala	1,596.74	4	53
Villa Flores - Jiquipilas	223.78	1	6
Bosques montanos de Chiapas	275.94	1	51
Montañas del Norte	212.55	1	58
Montebello-Cañadas	63.39	0	37
Bosques secos de Centro América	53.12	0	0
Boaco - Juigalpa	30.97	0	2
Cuscatlán	16.16	0	0
Salcaja - Momostenango - San Pedro Jocopilas	5.99	0	1
Total	36,370.66		

III. Tendencias de cambio de cobertura forestal de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Maria Patrocinio Alba López, Ana José Cobar-Carranza, Efraín Castillejos-Castellanos

Introducción

La Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica presenta un área aproximada de 100.000 km², debido a su alta fragmentación y pérdida de hábitat, su estado de conservación es crítico con una prioridad regional moderada (WWF, 2015). Un análisis del 2007 para la Ecoregión, determinó que únicamente 26,728.35 km², equivalente al 26% del área total se encontraba con cobertura forestal (APEM, 2008), sin embargo no se cuenta con un análisis más actualizado.

La Ecoregión en la década de 1990 al 2000 perdió hábitat a una tasa del 1.2% anual siendo la tercera ecoregión con mayor tasa de pérdida forestal a nivel de Mesoamérica de un total de diecisiete (Corrales, 2011). Para el período entre el 2000-2005, la tasa de deforestación para la Ecoregión aumento a 1.6% (CEAB-APEM-TNC, 2010). La principal causa de la deforestación es el cambio de uso de la tierra, el cual implica la pérdida de bosque principalmente para el establecimiento de cultivos agrícolas o ganadería, construcción de vías de acceso, infraestructura y urbanizaciones. En cuanto a la degradación de bosque, la principal causa son los incendios forestales, siendo esta una amenaza recurrente, entre el año 2001 y 2005 se detectaron en la Ecoregión 9,753 incendios forestales (Corrales, 2006).

Método

Se realizó un análisis de cambio de cobertura forestal para dos series de tiempo 2001 y 2014. Las imágenes utilizadas fueron obtenidas del servidor del Departamento del Servicio Geológico de los Estados Unidos (www.earthexplorer.usgs.gov). Uno de los requisitos básicos de las imágenes utilizadas fue tener de preferencia una cantidad menor al 10% de nubes, o procurando no pasar del 20%. Las imágenes del año 2001 procedieron del sensor remoto Landsat 5 y 7 ETM+, entre los meses de febrero y abril. Las imágenes del 2014 fueron del sensor Landsat 8 OLI-TIRS en los mismos meses. Una de las ventajas de usar este tipo de insumos, es que al usar coberturas multitemporales nos permite estudiar el comportamiento dinámico de los recursos naturales, cuyos cambios pueden ser identificados a través del tiempo. Las imágenes TM y ETM poseen 7 bandas que interactúan, dando un mejor contraste, combinación, realce y un adecuado trabajo de procesamiento y análisis, al proveer información

georeferenciada a una escala de trabajo 1:100,000. Los sensores Landsat poseen una resolución espacial de 28 a 30 metros (tamaño del pixel).

Las imágenes analizadas correspondían a los Path del 16 al 22 y el Row entre el 49 y 52 para la región de América Central (Figura 1).

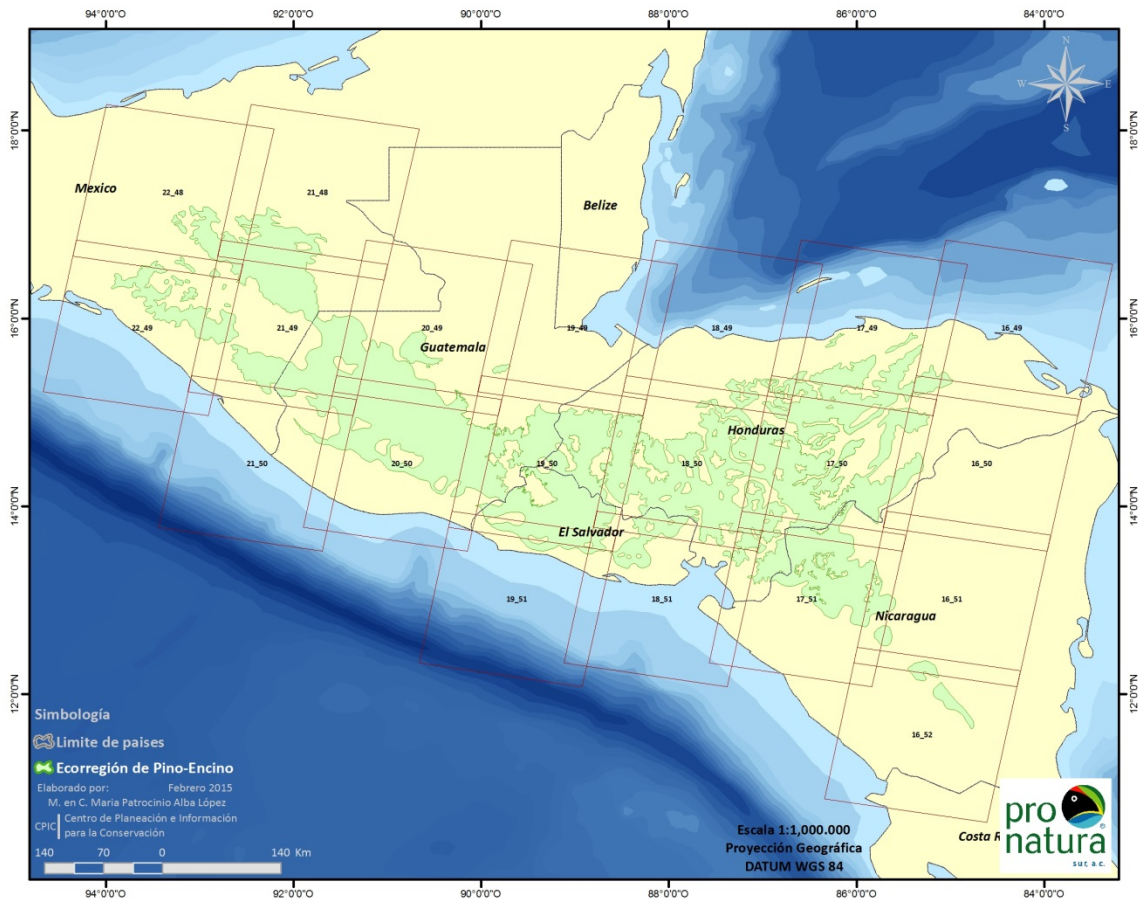


Figura 1. Mapa con el set de imágenes utilizadas para el análisis en CLASlite para la Ecoregión de Pino-encino de Centroamérica

El análisis de cambio de cobertura forestal se realizó con el Sistema de Análisis Carnegie Landsat-Lite (CLASlite) es un paquete de software desarrollado por el Instituto Carnegie para la Ciencia, que está diseñado para la identificación altamente automatizada de la deforestación y la degradación de los bosques a partir de imágenes de satélite de sensores remotos, a través de los pasos de calibración, corrección atmosférica y enmascaramiento, y el análisis de Monte Carlo de mezcla espectral. Entendiéndose como deforestación a la pérdida de cobertura forestal por el cambio de uso de la tierra para habilitación de agricultura, pastizales, ganadería y urbanización el cual se identifica por la baja reflectancia de la vegetación fotosintética. Mientras que la perturbación son áreas con pérdida difusa del dosel, bosques secundarios, matorrales o

áreas con vegetación poco densa. CLASlite determina la cobertura fraccional del dosel de vegetación fotosintética, la vegetación muerta y las superficies descubiertas.

Clasificación de las imágenes a través de CLASlite:

- Calibración de la reflectancia de las imágenes de satélite.

Para poder usar una imagen cuantitativamente, la información registrada en cada pixel debe calibrarse con unidades de números digitales o de conteo, a unidades de energía reflejada. Este proceso es conocido como *calibración radiométrica*. De modo que la imagen cruda se “corrige” removiendo el modelo estimado de la atmósfera, resultando en una imagen de reflectancia superficial.

La data radiométrica contiene información de la superficie terrestre y de su atmósfera, por lo que es necesario minimizar la contribución de la atmósfera a los valores de cada pixel en la imagen de satélite. Esto se logra a través de la corrección atmosférica, la cual minimiza el efecto del vapor de agua (humedad), aerosoles (del polvo, volcanes, etc.) y otros factores. Se debe tomar en cuenta que ningún sensor satelital puede coleccionar la información de radiancia en la superficie de la tierra en áreas con nubes, o en las sombras causadas por los terrenos de alta pendiente. De esta forma, las nubes y las sombras en el terreno por pendientes pronunciadas, así como los cuerpos de agua se excluyen del análisis de la imagen.

La calibración de CLASlite es una imagen de reflectancia, que provee bandas espectrales a partir de los datos crudos de reflectancia superficial aparente (Landsat 6 bandas de reflectancia, SPOT 4 bandas). Las bandas de reflectancia se pueden visualizar activando las bandas 5, 4, y 3 (Banda 1: azul, Banda 2: verde, Banda 3: rojo, Banda 4: cercano al Infrarrojo, Banda 5: onda corta-infrarrojo y Banda 6: térmica).

- Generación de mapa de cobertura fraccional.

Los diferentes tipos de cobertura de la tierra tienen diferentes propiedades de reflectancia, es decir, cada componente tiene una firma espectral, que se deriva de cada pixel en una imagen de reflectancia. Después de muchos años de investigación con CLASlite es posible determinar las características de la cobertura fraccional de la vegetación viva del dosel, vegetación muerta y superficie expuesta en un ecosistema de bosque. Estas coberturas fraccionales son los determinantes principales de la composición, estructura, biomasa, fisiología y procesos biogeoquímicos del bosque.

Mediante el AutoMCU o segregación Espectral Automatizada de Monte Carlo (Asner, 1998 y Heidebrecht 2002, Asner et al. 200), se ofrece un análisis cuantitativo de la cobertura fraccional

o porcentual (0-100%) de la vegetación viva y muerta, y el sustrato expuesto dentro de cada píxel satelital. Describiendo las siguientes clases: Vegetación fotosintética (PV) es la vegetación viva que mantiene propiedades espectrales únicas asociadas a pigmentos fotosintéticos de las hojas, contenido de agua y la cantidad de follaje en el dosel. Vegetación no fotosintética (NPV) vegetación muerta o senescente, que se expresa en el espectro como material de superficie brillante con características espectrales asociadas con compuestos secos de carbono en hojas muertas y madera expuesta. Sustrato expuesto (S) está dominado generalmente por suelos minerales expuestos, también pueden ser rocas o infraestructura antrópica. La imagen de salida del AutoMCU en CLASlite, cuenta con 7 bandas que contiene información sobre la cobertura fraccional de PV, NPV y S, estimaciones de incertidumbre para cada fracción de la cobertura, y el error total para cada píxel en la imagen.

- Mapa de cobertura de bosque

En CLASlite se puede mapear la cobertura del dosel del bosque a partir de una sola imagen de satélite, dado que los patrones y orientación de la cobertura boscosa y no boscosa en las imágenes suelen indicar áreas de tala y perturbación pasadas (ejemplo un parche delimitado del área no boscosa dentro de un parche de bosque), así como vegetación natural no boscosa como pastizales y áreas de matorrales. El resultado de este paso es una imagen con tres clases: Píxeles enmascarados (con valor 0), bosques (1) y no bosque (2).

En este paso se obtiene una clasificación de la cobertura boscosa a partir de cada imagen de satélite procesada, mediante un árbol de decisiones:

Bosque: $PV \geq 80$ y $S < S_{val}$

Área no boscosa: $PV < 80$ y $S > S_{val}$

Dónde,

PV es la fracción de cobertura fotosintética en el píxel,

S es la fracción de sustrato expuesto en el píxel

S_{val} es el umbral definido por el usuario, que le permite sintonizar el trabajo a las condiciones actuales del bosque y para los fines de este trabajo se respetó lo establecido por el sistema (S_{val} 20).

- Mapa de cambio de bosque

CLASlite incluye la capacidad totalmente automatizada para detectar el cambio del bosque entre una serie temporal de imágenes tomadas en la misma área geográfica en un período de tiempo. El análisis multi-imagen es el enfoque más preciso para la detección de la pérdida de bosque (deforestación), ganancia (crecimiento secundario) o degradación (áreas con perturbación boscosa persistente).

Los resultados del cambio del bosque pueden incluir artefactos no deseados (falsos positivos) causados por la influencia de nubes, bordes de nubes, sombras de nubes, sombras por topografía y límites de cuerpos de agua. La salida en este paso son dos imágenes una que representa las áreas donde ha habido deforestación y otra de perturbación (Figura 2) (Carnegie Institution for Science, 2013).

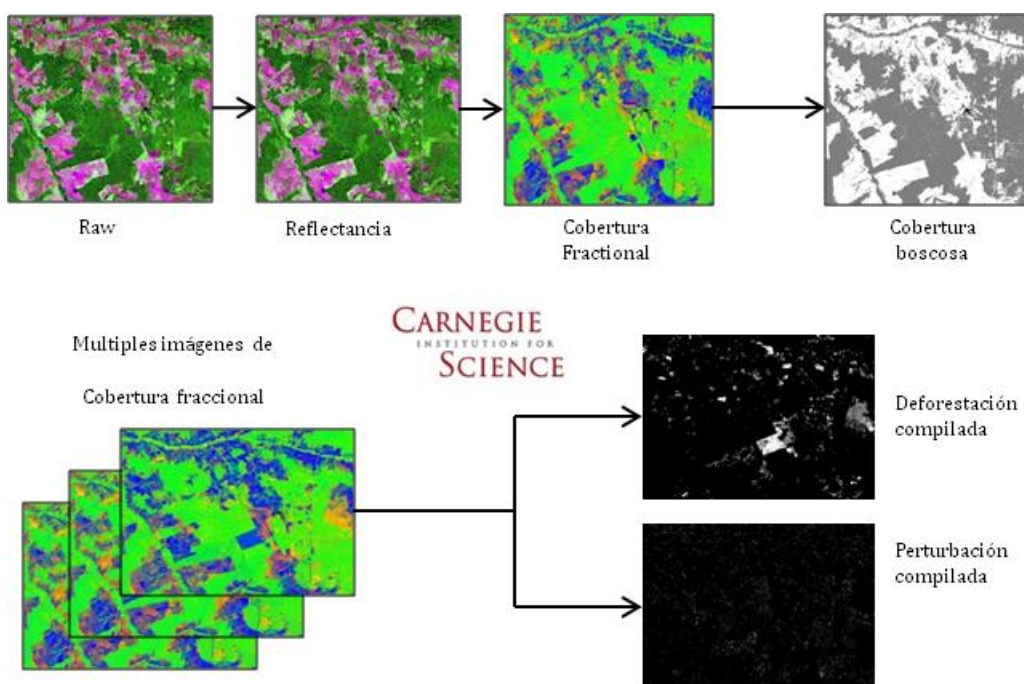


Figura 2. Pasos en CLASlite para determinar superficie deforestadas y perturbadas en un periodo de tiempo.

Posteriormente las imágenes resultantes de deforestación y perturbación en CLASlite se pasan a formato vectorial (capas shapefile) en ArcGIS 10, y se unen para tener una sola cobertura la que fue cortada con la capa del polígono de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica que utiliza la Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica (APEM, 2008). Por último, se depuro la información, eliminándose polígonos sobrepuestos por el traslape que existía en las imágenes, y las áreas en sitios donde existían nubes y sombra de nubes, y no se tiene la certeza de que allá un cambio en el uso del suelo (Figura 3 y 4).

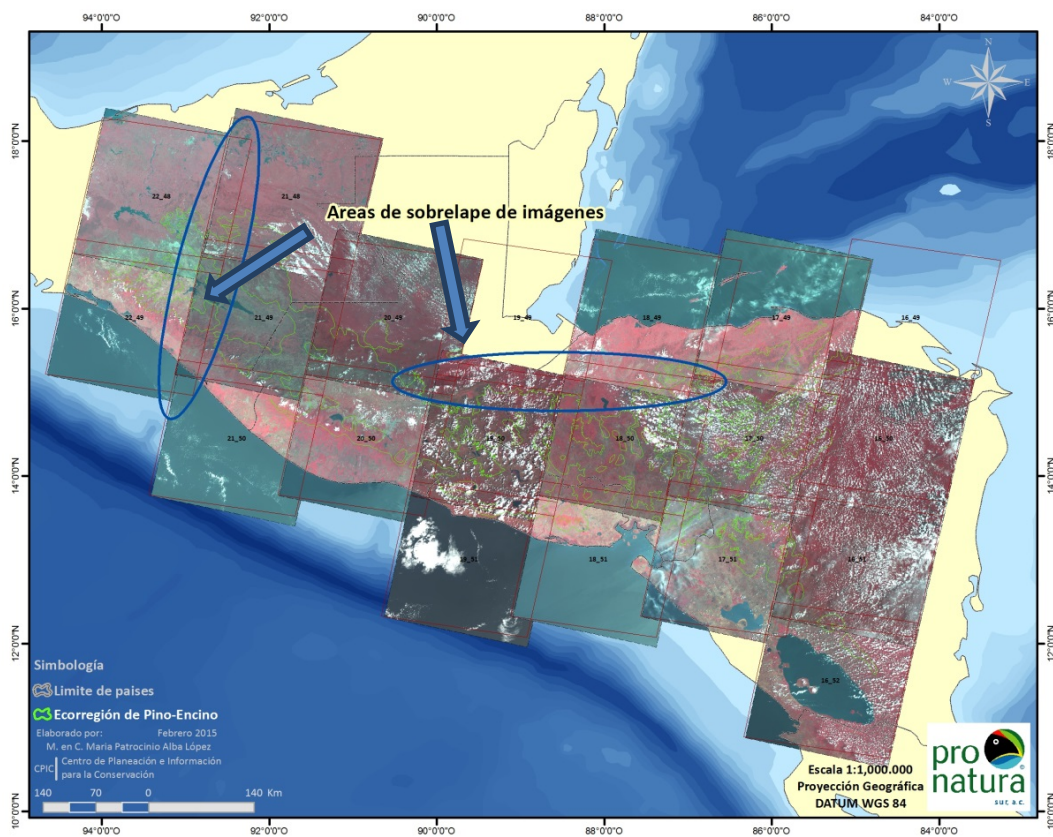


Figura 3. Mapa de áreas de solapamiento de imágenes de satélite en la Ecoregión de Pino-Encino de Centroamérica

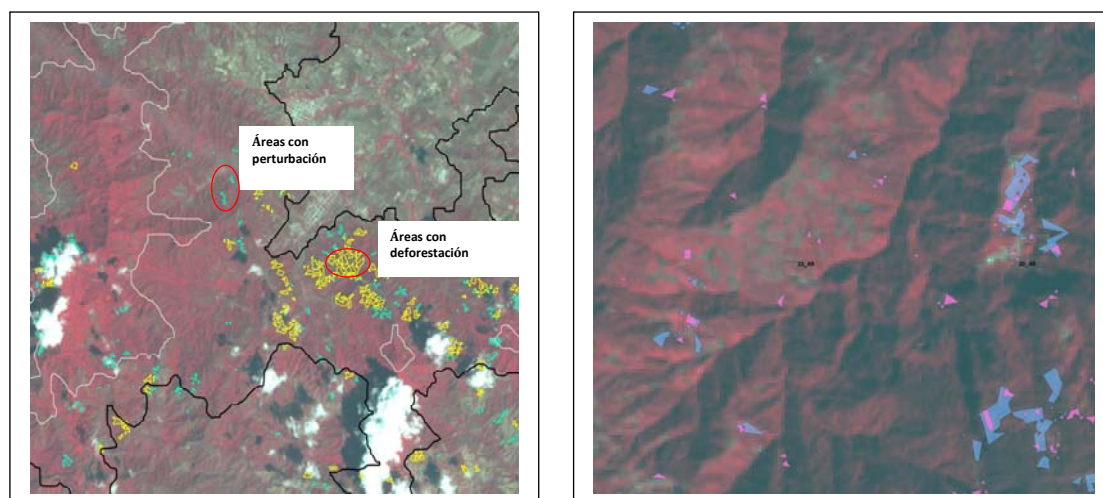


Figura 4. Imágenes con polígonos resultantes del análisis CLASlite de deforestación y perturbación en el área de estudio.

Resultados

Para cubrir toda la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica se requirió 18 pares de imágenes. En la primer serie de tiempo que corresponde al año 2001, se utilizaron 15 imágenes del satélite Landsat TM5 y 3 del Landsat ETM7 (17051, 20049 y 22049), esta separación se dio por la búsqueda de imágenes con menor porcentaje de nubes. La mayoría de las imágenes presentan menos del 10% de nubes, sin embargo las imágenes localizadas en el path 16 y 17 presentaron un porcentaje de nubes entre el 10 y 20%. Para el año 2014, tenemos que la mayoría de las imágenes presentaron un porcentaje de nubes menor al 10%, no así las imágenes del path 16 que tuvieron un porcentaje del 20 al 40 % de nubes, las del path 17 que se encontraron en el rango de 10 al 30 % y las del path 18 entre el 10 y 20% de nubes.

Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica por país

La ecoregión de bosques de Pino-Encino de Centroamérica se encuentra ubicado a lo largo de 5 países, que van desde el sur de México (centro y Sur de Chiapas), tierras altas de Guatemala, El Salvador, Honduras hasta el noreste de Nicaragua (APEM, 2008) (Tabla 1).

Tabla 1. Área de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica por país, en hectáreas (ha) ¹

País	Área en la ecoregión de BPE (ha)	Área de la ecoregión de PE (%)
El Salvador	141,941.34	1.28
Guatemala	3,318,384.11	29.93
Honduras	4,835,979.49	43.62
México (Chiapas)	1,700,343.98	15.34
Nicaragua	1,090,867.62	9.84
TOTAL	11,087,516.56	100

Subregiones o unidades ecológicas terrestres (UET) de la Ecoregión de Pino-Encino de Centroamérica

Este análisis se realizó utilizando una modificación de las subregiones o unidades ecológicas terrestres establecidas en el Análisis Ecoregional Terrestre de TNC (Corrales, 2011), las cuales se corrigieron utilizando la capa del polígono de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica que utiliza la Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica (APEM, 2008). Esta corrección se realizó para que el área analizada coincidiera con lo establecido por la Alianza.

En la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica se identificaron 45 unidades ecológicas terrestres o subregiones (UET) (APEM, 2008; Corrales, 2011), de estas 31 se

¹NOTA: Las superficies fueron calculadas en ArcGIS con el Datum North America Lambert Conformal Conic.

encuentran representadas solo en un país, 12 se encuentran en dos países, solo una de ellas se comparte en tres países “Chiquimula”, la cual esta ubicada en Guatemala, Honduras y El Salvador, y “Bosques Montanos Centroamericanos” ubicada en México, Guatemala, El Salvador y Honduras.

La subregión con mayor superficie son: “Choluteca” con 1,115,054 ha, que se ubica en Honduras y “Jinotega” y “Colinas centro-orientales” con 1,004,190 y 952,270 ha respectivamente, que se ubican entre Honduras y Nicaragua. Se identificaron otras áreas en la ecoregión, no categorizadas y por lo tanto no cuentan con ninguna subregión asignada, y abarcan una superficie de 1,632,573 ha (Tabla 2, Figura 5).

Tabla 2. Número de subregiones y área que abarcan dentro de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica en cada país.

País	Número subregiones	Área subregiones (ha)
El Salvador	3	130,431.36
Guatemala	23	2,628,048.38
Honduras	15	4,247,848.75
México (Chiapas)	16	1,461,660.31
Nicaragua	5	986,955.28
TOTAL		9,454,944.08

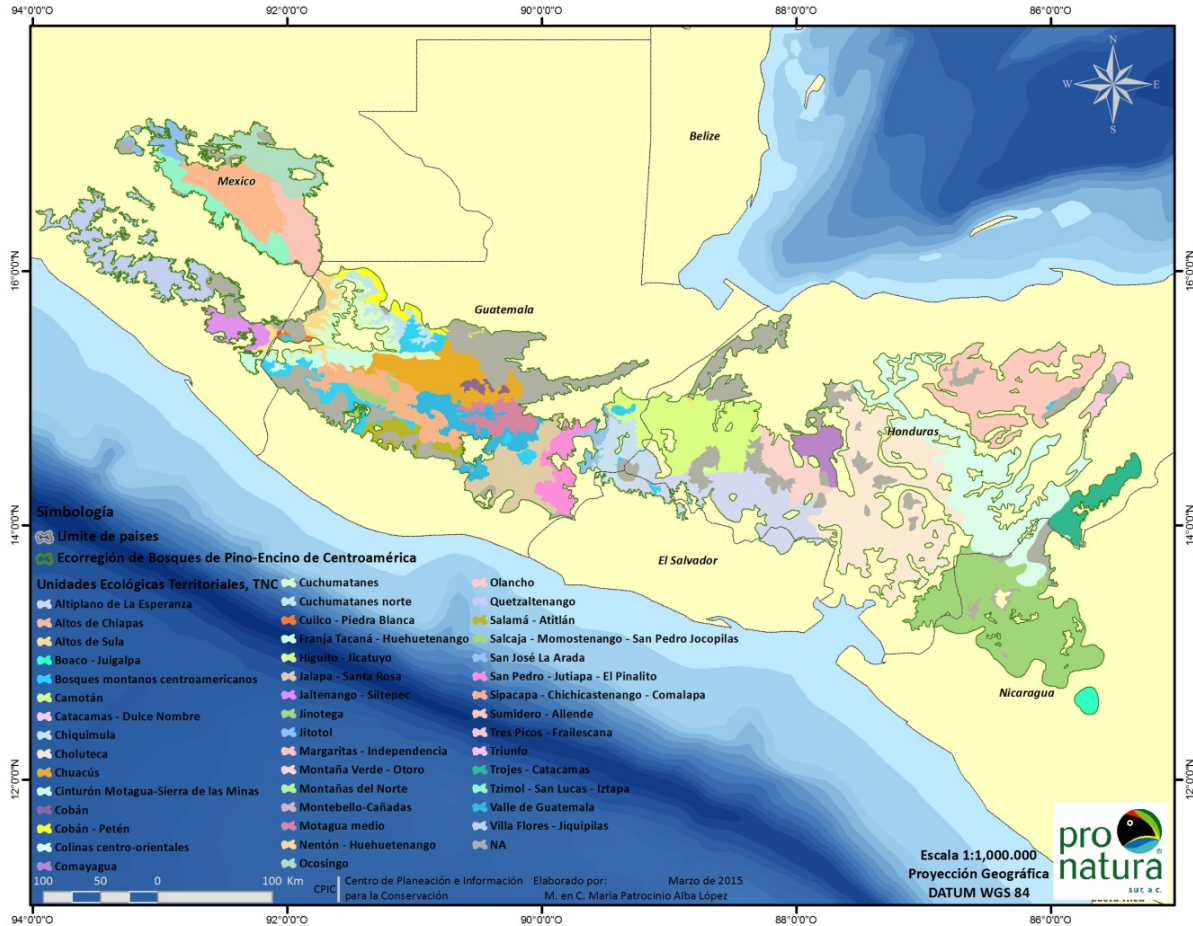


Figura 1. Mapa de Unidades Ecológicas Terrestres dentro de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Macro sitios dentro de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Los macrositios son áreas en las cuales se ha realizado monitoreo de *Setophaga chrysoparia* mediante el estudio de parvadas y se cuentan con registros. Las áreas para los macrositios se formaron a partir de un área buffer de 3 km generada en cada registro, y posteriormente se definieron polígonos que unieran los registros con el buffer, generándose un polígono por macrositio². Estos sitios abarcan una superficie dentro de la ecoregión de 272,764.94 ha (corresponde al 2.46% de la ecoregión). Estos macrositios se encuentran ubicados en 32 subregiones, de las cuales seis son compartidas por dos países y el resto corresponden a un solo país. Los macrositios con mayor superficie son La Esperanza (Honduras) con 20,150.75 ha, seguido de San Jerónimo y Cubulco (en Guatemala) con 16,107.72 y 15,178.12 ha respectivamente (Tabla 3, Figura 6).

² Algunos de ellos fueron corregidos y editados manualmente en ArcGIS 10.

Tabla 3. Área de los macrositios en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

País	Macrositio	Subregión	Área del macrositio (ha)	
EL SALVADOR	El Manzano	Altiplano La Esperanza Cucustlán	6,992.64	
	La Montaña	Altiplano La Esperanza Cucustlán	4,413.41	
	Parque Nacional Montecristo	Chiquimula NA	6,362.49	
GUATEMALA	Cerro Alux	Salamá-Atitlán Sipacapa-Chichicastenango- Comalapa Valle de Guatemala	8,648.33	
	Chimusinique	Chuacús Franja Tacaná-Huehuetenango Sipacapa-chichicastenango- Comalapa	8,077.33	
	Cubulco	Chuacús Coban Valle de Guatemala	14,917.66	
	Las Granadillas	Bosques montanos centroamericanos Camotán Higuito-Jicatuyo	5,686.67	
	Morazán	Chuacús Motagua medio NA	10,588.42	
	Quetzaltepeque	Bosques montanos centroamericanos Chiquimula	2,552.38	
	San Cristóbal Verapaz	NA	5,207.73	
	San Jerónimo	Bosques montanos centroamericanos Chuacús Motagua medio NA	16,107.72	
	San Lorenzo Mármol	NA	4,943.47	
	San Pedro Pinula	San Pedro-Jutiapa-El Pinalito NA	4,547.39	
	San Pedro Soloma	Cuchumatanes Cuchumatanes norte	5,273.37	
	HONDURAS	Cusuco	NA	5,813.03
		La Botija	Jinotega NA	10,595.43

Análisis de *Setophaga chrysoparia* en la Ecoregión de Pino-Encino

	La Esperanza	Altiplano de La Esperanza Montaña Verde-Otoro NA	20,150.75
	La Muralla	Olancho NA	5,906.56
	La Tigra	Choloteca NA	10,353.60
	San Francisco Soroguara	Choloteca NA	7,316.47
	Uyuca	Choloteca NA	9,376.95
MÉXICO	Coapilla	Jitotol Montañas del Norte Sumidero-Allende NA	2,442.88
	Finca Arroyo Negro	Villa Flores-Jiquipilas NA	1,068.53
	Huitepec	Altos de Chiapas	3,912.72
	La Granada	Altos de Chiapas	7,454.08
	Laguna Cochi	Altos de Chiapas	4,725.18
	Montebello	Margaritas-Independencia Montebello-Cañadas NA	4,213.15
	Moxviquil	Altos de Chiapas	4,449.23
	Reforma	NA	1,863.65
	Sierra Morena	Tres Picos-Frailescana Villa Flores-Jiquipilas NA	1,062.97
	Tierra y Libertad	Tres Picos-Frailescana Villa Flores-Jiquipilas NA	1,654.86
	Tres Picos	Tres Picos-Frailescana Villa Flores-Jiquipilas NA	2,392.54
NICARAGUA	Isla de Upa	Jinotega	5,730.97
	La Garnacha	Jinotega	6,079.81
	Loma Fría	Colinas centro-orientales Jinotega	8,147.32
	Miraflor	Jinotega	7,326.10
	Miramar	Jinotega	5,946.64
	Mozonte	Jinotega NA	6,772.56
	Orosí	Colinas centro-orientales Jinotega	3,190.13
	San José de Cusmapa	Jinotega NA	5,181.94

San Rafael del Norte-El Jinotega	10,449.54
Jaguar	
San Sebastián de Yalí	Jinotega
	6,522.50
Total	273,025.41

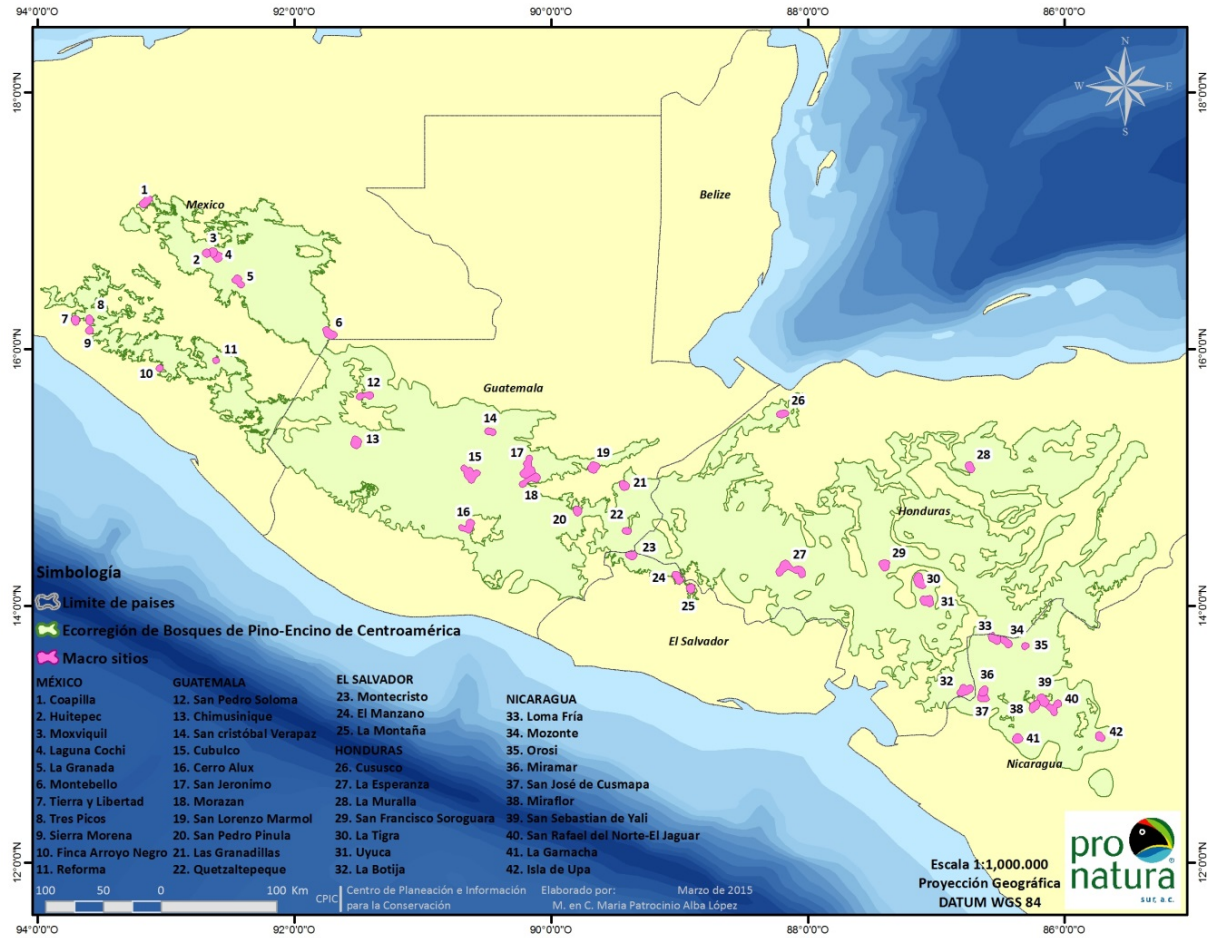


Figura 2. Mapa de ubicación de macro sitios en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Cobertura boscosa de las imágenes de satélite Landsat 2001 y 2014

A partir de los resultados obtenidos en el Paso 3 - Clasificación de cobertura boscosa en CLASlite, se determinó que para el año 2001 en la ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica, había una superficie de cobertura boscosa de 2,680,716.49 ha (24.17 % de la Ecoregión). Para el año 2014 esta superficie es de 3,148,400.49 ha, que representa el 28.40% de la Ecoregión (Figura 7).

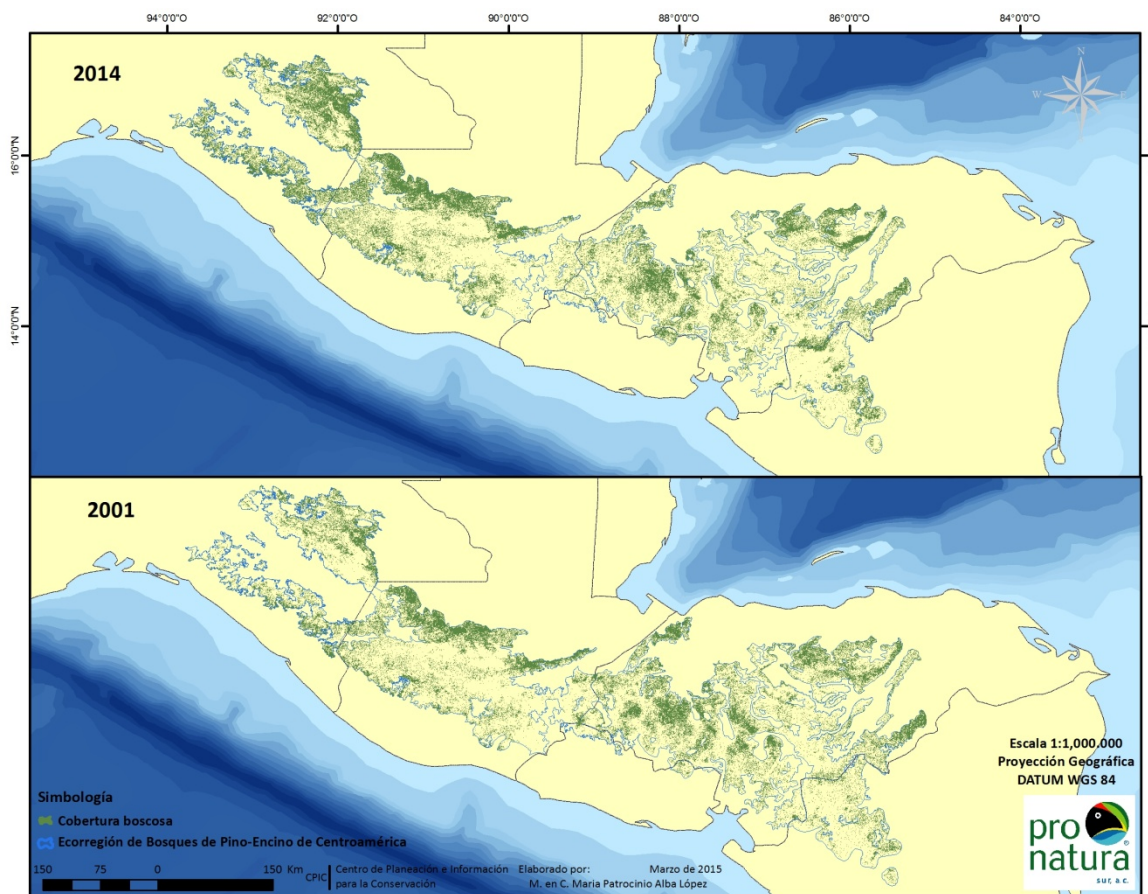


Figura 3. Mapa de cobertura boscosa del año 2001 y 2014, para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Con base en las coberturas boscosas de año 2001, tres de los países Guatemala, Honduras y México, presentaban más del 20% de las superficie de la Ecoregión (23.51, 27.65 y 23.72% respectivamente). El país con menos superficie boscosa es Nicaragua con 11.73% (139,366.60 has). En el año 2014, México (Chiapas) presenta un incremento en la superficie boscosa a 43.03% y Guatemala presenta 29%. De manera general todos los países presentan un incremento en su superficie boscosa, con excepción de Honduras (Tabla 4).

Tabla 4. Área boscosa de los años 2001 y 2014 y porcentaje proporcional de cobertura forestal de cada país en la Ecoregión de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica (BPE)

País	Área en la ecoregión de BPE (ha)	Área de boscosa año 2001 (ha)	Área proporcional (%)	Área de boscosa año 2014 (ha)	Área proporcional (%)
El Salvador	141,941.35	20,959.93	15	26,874.74	19
Guatemala	3,318,384.11	780,005.78	24	964,077.97	29
Honduras	4,835,979.49	1,337,063.07	28	1,252,454.62	26
México (Chiapas)	1,700,343.98	403,321.11	24	731,695.35	43
Nicaragua	1,090,867.62	139,366.60	12	173,297.79	16
TOTAL	11,087,516.56	2,680,716.49		3,148,400.49	

Las subregiones que más superficie boscosa presentaban en el año 2001 son Olancho (221,449.02 ha) que representa el 8.28% de la superficie boscosa de la ecoregión, le sigue Choluteca con 216,719.372 (8.08%), ambas subregiones se encuentran en Honduras, Higuato-Jicatuyo con 152,384.02 ha (5.68%) ubicada en Guatemala y Honduras, y Colinas centro-orientales con 148,733.89 ha (5.55%) ubicada entre Honduras y Nicaragua.

Para el año 2014 sigue siendo Olancho la subregión con mayor superficie boscosa dentro de la ecoregión con 6.85% (215,796.678 ha), Choluteca con el 6.13% (193,098.712 ha) y Colinas centro-orientales con 5.35% (168,44.758 ha). En este año sobresalen algunas subregiones que presentan un incremento en sus superficies boscosas como son Altos de Chiapas con el 4.98 % (156,669.364 ha) y Villa Flores-Jiquipilas con 4.57% (144,025.457 ha) cuando en el año 2001 representaban el 2.92 y 2.03 % de la superficie boscosa de la ecoregión (Tabla 5).

Tabla 5. Área y porcentaje de cobertura boscosa por subregión correspondiente a los años 2001 y 2014, en la Ecoregión de Bosques de Pino-encino de Centroamérica.

Subregiones	Área boscosa 2001 (ha)	Área boscosa 2001 (%)	Área boscosa 2014 (ha)	Área boscosa 2014 (%)
Altiplano de La Esperanza	106,131.09	3.96	126,544.76	4.02
Altos de Chiapas	78,183.35	2.92	156,669.36	4.98
Altos de Sula	57.80	0.00	443.44	0.01
Boaco-Juigalpa	6,086.63	0.23	6,704.60	0.21
Bosques montanos centroamericanos	88,829.85	3.31	96,801.93	3.07
Camotán	2,503.01	0.09	6,267.21	0.20
Catacamas-Dulce Nombre	14,109.63	0.53	12,410.17	0.39
Chiquimula	12,216.48	0.46	18,520.77	0.59
Choluteca	216,719.37	8.08	193,098.71	6.13
Chuacús	43,902.52	1.64	60,116.82	1.91
Cinturon Motagua-Sierra de Minas	13.82	0.00	11.98	0.00

Cobán	357.65	0.01	610.68	0.02
Cobán-Petén	56,524.09	2.11	59,963.34	1.90
Colinas centro-orientales	148,733.89	5.55	168,444.76	5.35
Comayagua	40,484.13	1.51	33,639.56	1.07
Cuchumatanes	63,183.53	2.36	87,855.60	2.79
Cuchumatanes norte	66,747.85	2.49	73,343.32	2.33
Cuilco-Piedra Blanca	3,002.57	0.11	4,356.35	0.14
Franja Tacaná-Huehuetenango	30,049.25	1.12	36,564.44	1.16
Higuito-Jicatuyo	152,384.02	5.68	144,683.30	4.60
Jalapa-Santa Rosa	38,953.36	1.45	68,766.95	2.18
Jaltenango-Siltepec	39,356.62	1.47	53,800.44	1.71
Jinotega	120,082.29	4.48	143,914.67	4.57
Jitotol	11,026.78	0.41	19,254.42	0.61
Margaritas-Independencia	48,302.44	1.80	80,634.45	2.56
Montaña Verde-Otoro	79,256.39	2.96	74,182.16	2.36
Montañas del Norte	1,310.32	0.05	1,954.85	0.06
Montebello-Cañadas	1,176.55	0.04	1,305.47	0.04
Motagua medio	4,122.09	0.15	6,382.46	0.20
Nentón-Huehuetenango	22,684.98	0.85	37,314.30	1.19
Ocosingo	89,478.69	3.34	133,972.95	4.26
Olancho	221,849.02	8.28	215,796.67	6.85
Salama-Atitlán	15,486.23	0.58	24,208.54	0.77
Salcaja-Momostenango-San Pedro Jocopilas	4,655.60	0.17	8,939.08	0.28
San José La Arada	983.22	0.04	3,165.61	0.10
San Pedro-Jutiapa-El Pinalito	2,037.64	0.08	4,726.24	0.15
Sipacapa-Chichicastenango- Comalapa	41,619.51	1.55	53,013.39	1.68
Sumidero-Allende	414.65	0.02	990.20	0.03
Tres Picos-Fraileskana	12.80	0.00	130.42	0.00
Triunfo	58.49	0.00	70.77	0.00
Trojes-Catacamas	91,469.93	3.41	74,599.28	2.37
Tzimol-San Lucas-Iztapa	9,369.02	0.35	26,325.12	0.84
Valle de Guatemala	21,342.12	0.80	31,023.57	0.99
Villa Flores-Jiquipilas	54,409.85	2.03	144,025.46	4.57
NA	631,037.32	23.54	654,806.71	20.80
TOTAL	2,680,716.49		3,148,400.48	

Para el caso de los macrositios, para el año 2001 solo el 30.90% (84,298.91 ha) presentaba cobertura boscosa, en tanto que para el año 2014 esta cifra cambio al 30.87% (84,217.63 ha), lo que resulta en un cambio mínimo de la cobertura boscosa en estos sitios.

Los macrositios con mayor superficie boscosa para el año 2001 son La Tigra (7,828.61 ha), La Esperanza (6,194.63 ha) y San Jerónimo (6,198.31 ha). Para el año 2014, estos tres macrositios presentan las mayores coberturas, sin embargo en La Esperanza hubo un aumento de 0.61%, mientras que en La Tigra y San Jerónimo una disminución del 1.68% y 0.55%, respectivamente (Tabla 6, Figura 8).

Tabla 6. Área y porcentaje de cobertura boscosa dentro de los sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios) dentro de la Ecoregión de Bosque de Pino-encino de Centroamérica

Macrositio	Área boscosa 2001 (ha)	Área boscosa 2001 (%)	Área boscosa 2014 (ha)	Área boscosa 2014 (%)
Cerro Alux	2,389.56	2.83	2,600.42	3.09
Chimusinique	294.41	0.35	1,192.42	1.42
Coapilla	590.57	0.70	955.77	1.13
Cubulco	2,862.84	3.40	3,119.70	3.70
Cusuco	4,718.32	5.60	1,607.89	1.91
El Manzano	1,355.13	1.61	729.53	0.87
Finca Arroyo Negro	949.65	1.13	1,013.84	1.20
Huitepec	1,010.34	1.20	1,241.77	1.47
Isla de Upa	3,024.58	3.59	3,387.29	4.02
La Botija	2,463.52	2.92	2,421.63	2.88
La Esperanza	6,194.63	7.35	6,704.79	7.96
La Garnacha	957.66	1.14	1,702.50	2.02
La Granada	752.79	0.89	2,370.05	2.81
La Montaña	983.70	1.17	253.23	0.30
La Muralla	2,457.64	2.92	3,944.73	4.68
La Tigra	7,828.61	9.29	6,412.00	7.61
Laguna Cochi	1,708.93	2.03	2,090.48	2.48
Las Granadillas	2,596.79	3.08	686.03	0.81
Loma Fría	3,074.93	3.65	4,118.31	4.89
Miraflor	541.37	0.64	561.89	0.67
Miramar	1,178.78	1.40	638.53	0.76
Montebello	2,261.46	2.68	2,644.42	3.14
Montecristo	3,234.18	3.84	265.51	0.32
Morazan	1,588.42	1.88	2,561.93	3.04
Moxviquil	892.80	1.06	1,214.46	1.44
Mozonte	1,165.55	1.38	2,165.24	2.57
Orosi	435.58	0.52	84.51	0.10
Quetzaltepeque	508.65	0.60	355.30	0.42
Reforma	230.83	0.27	723.82	0.86
San Cristóbal Verapaz	3,050.46	3.62	3,116.80	3.70

San Francisco Soroguara	3,370.93	4.00	1,918.99	2.28
San Jerónimo	6,198.31	7.35	5,726.42	6.80
San José de Cusmapa	1067.54	1.27	464.07	0.55
San Lorenzo Marmol	2,337.48	2.77	1,992.72	2.37
San Pedro Pinula	141.43	0.17	337.42	0.40
San Pedro Soloma	1,518.12	1.80	2,549.40	3.03
San Rafael del Norte-El Jaguar	1,545.66	1.83	2,208.86	2.62
San Sebastián de Yali	1,448.04	1.72	2,174.31	2.58
Sierra Morena	66.45	0.08	532.91	0.63
Tierra y Libertad	347.91	0.41	762.58	0.91
Tres Picos	735.00	0.87	1,430.66	1.70
Uyuca	4,219.34	5.01	3,234.52	3.84
TOTAL	84,298.91		84,217.63	

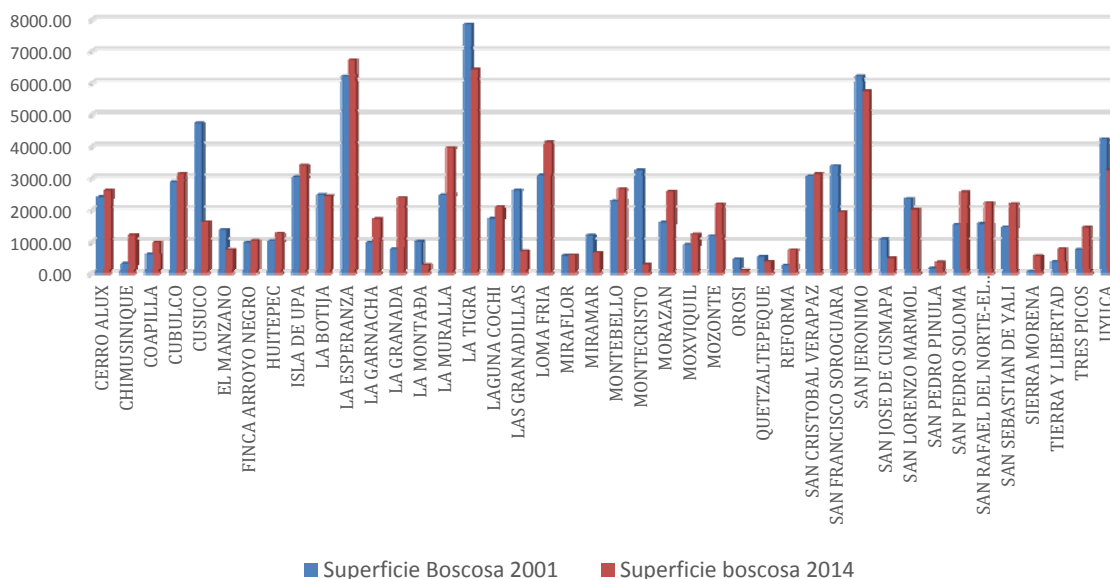


Figura 4. Diferencia de la superficie boscosa en los sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios) para los años 2001 y 2014.

Deforestación y perturbación en el período 2001-2014 a partir del análisis CLASlite.

Durante el período 2001 al 2014 en la Ecoregión de Bosque de Pino-Encino de Centroamérica y en base a la utilización de las definiciones operativas (árboles de decisiones AutoMCU) para la determinación de cobertura de bosque y cambios de bosque a no bosque, con un nivel de detalle igual a 0.09 hectáreas (equivalente a un pixel de imagen Landsat de 30x30 mts), se obtuvo que la superficie deforestada para las áreas boscosas en el ecoregión es de aproximadamente 119,017.48 ha y la perturbada es de 48,850.36 ha para este período de

tiempo, lo que equivale al 4.44 y 1.82% de la superficie boscosa de la ecoregión respectivamente, con un total de área afectada de 6.26%.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis CLASlite, el país con más superficie afectada por deforestación para el año 2001 es Honduras con una pérdida del 6% de cobertura boscosa (80,243.83 ha), seguido por Nicaragua con el 4.04% y Guatemala con el 3.34% (5,625.81 y 26,088.92 ha, respectivamente). Los países que más perturbación en su cobertura boscosa presentan son Nicaragua y Honduras con el 2.75 y 2.37%, respectivamente. (Tabla 7, Figura 9 y 10).

Tabla 7. Área y porcentaje de deforestación y perturbación durante el período 2001-2014 por país en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.

País	Área boscosa en el 2001 (ha)	Área deforestada (ha)	Área deforestada (%)	Área perturbada (ha)	Área perturbada (%)
El Salvador	20,959.928	150.97	0.72	237.7	1.13
Guatemala	780,005.781	26,078.02	3.34	9,019.37	1.16
Honduras	1,337,063.073	80,243.83	6.0	31,669.36	2.37
México	403,321.106	6,918.85	1.72	4,085.47	1.01
Nicaragua	139,366.603	5,625.81	4.04	3,838.47	2.75
TOTAL	2,680,716.49	119,017.48	4.44	48,850.36	1.82

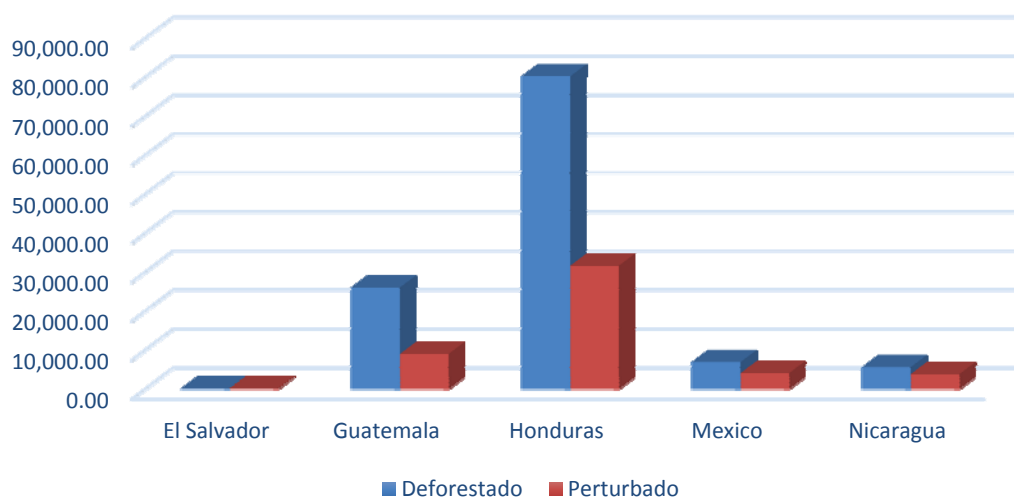


Figura 5. Cambios en la superficie boscosa por deforestación y perturbación entre el 2001 y 2014 en la ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.

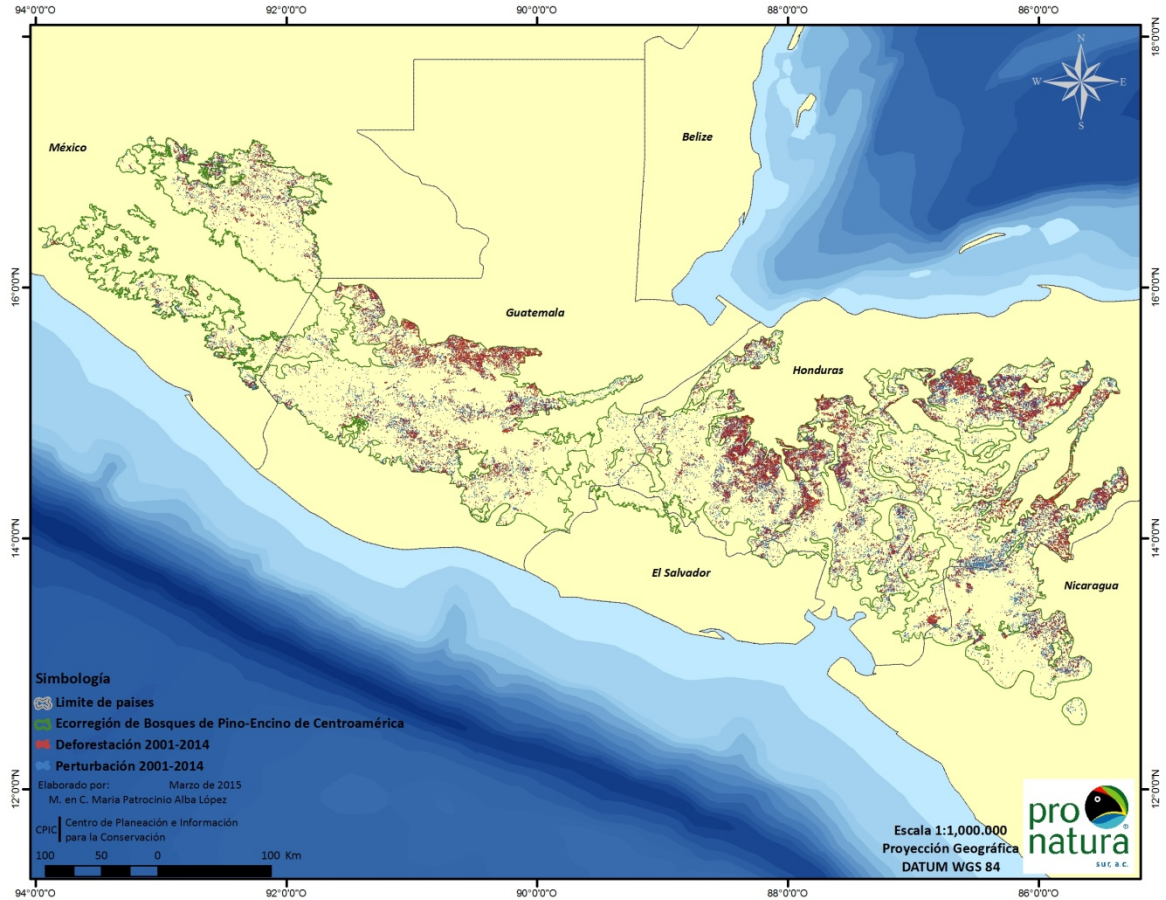


Figura 6. Mapa de deforestación y perturbación para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.

En cuanto a las subregiones o unidades ecológicas terrestres con mayor superficie afectada por deforestación y perturbación, en base la superficie boscosa para el año 2001, la subregión Motagua medio presenta la mayor área afectada con 22.6%, seguido de Cinturón Motagua–Sierra de Minas con 15.48%, estos dos se localizan en Guatemala, Comayagua con 14.47% y Montaña Verde–Otoro con el 11.35%, ambas se localizan en Honduras (Tabla 8).

Tabla 8. Área y porcentaje de deforestación y perturbación por subregión durante el período 2001-2014 en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Subregión	Área deforestada 2001-2014 (ha)	Área perturbada (ha)	Área total afectada (ha)	Área afectada (%)
Altiplano de La Esperanza	2,847.54	1,751.55	4,559.09	4.29
Altos de Chiapas	1,759.95	719.51	2,479.46	3.17
Altos de Sula	0	0.1	0.1	0.13
Boaco-Juigalpa	8.41	52.27	60.68	0.99
Bosques montanos centroamericanos	1,802.97	675.25	2,478.22	2.79
Camotán	24.47	34.28	58.75	2.34
Catacamas-Dulce Nombre	826.41	509.11	1,335.52	9.46
Chiquimula	162.65	119.88	282.53	2.31
Choluteca	9,626.52	5,190.56	14,817.08	6.83
Chuacús	1,980.19	1,087.32	3,067.51	6.98
Cinturon Motagua-Sierra de Minas	2.14	0	2.14	15.48
Cobán	10.9	16.84	27.74	7.75
Cobán-Petén	2,254.32	562.55	2,816.87	4.98
Colinas centro-orientales	9,663.53	5,275.06	14,938.59	10.04
Comayagua	4,423.43	1,435.74	5,859.17	14.47
Cuchumatanes	776.62	339.9	1,116.52	1.76
Cuchumatanes norte	2,032.48	398.93	2,431.41	3.64
Cuilco-Piedra Blanca	70.32	22.9	93.22	3.10
Franja Tacaná-Huehuetenango	259.08	276.2	535.28	1.78
Higuito-Jicatuyo	7,667.15	2,714.95	10,382.10	6.81
Jalapa-Santa Rosa	1,520.73	656.09	2,176.82	5.58
Jaltenango-Siltepec	418.77	327.97	746.74	1.89
Jinotega	6,214.27	3,387.61	9,601.88	7.99
Jitotol	469.38	225.46	694.84	6.30
Margaritas-Independencia	530.71	221.86	752.57	1.55
Montaña Verde-Otoro	6,984.07	2,010.57	8,994.64	11.34
Montañas del Norte	10.81	20.32	31.13	2.37
Montebello-Cañadas	65.38	24.73	90.11	7.65
Motagua medio	782.15	149.37	931.52	22.59
Nentón-Huehuetenango	115.82	135.42	251.24	1.108
Ocosingo	1,729.04	983.36	2,712.40	3.03
Olancho	19,731.92	6,732.44	26,464.36	11.92
Salama-Atitlán	522.36	260.45	782.81	5.05

Salcaja-Momostenango-San Pedro Jocopilas	152.44	126.55	278.99	5.99
San José La Arada	7.75	10.56	18.31	1.95
San Pedro-Jutiapa-El Pinalito	39.07	18.6	57.67	2.83
Sipacapa-Chichicastenango-Comalapa	1,653.89	998.75	2,652.64	6.37
Sumidero-Allende	1.03	1.45	2.48	0.59
Tres Picos-Fraileskana	0.01	0.27	0.28	2.18
Triunfo	0.64	0.92	1.56	2.66
Trojes-Catacamas	7,343.22	2,046.07	9,389.29	10.26
Tzimol-San Lucas-Iztapa	111.21	95.78	206.99	2.20
Valle de Guatemala	981.48	510.04	1,491.52	6.98
Villa Flores-Jiquipilas	807.64	584.5	1,391.14	2.55
NA	22,633.02	8,137.62	30,770.64	4.87
TOTAL	119,025.89	48,850.36	167,876.25	6.26

En los macrositios los que presentan mayor superficie afectada (deforestación-perturbación) en proporción a la cobertura boscosa para el año 2001 son Mirafior con 24.64% (133.39 ha), San Cristóbal Verapaz con el 15.75% (480.33 ha) y La Botija con 13.59 (334.88 ha). Mientras que los sitios menos afectados (deforestación-perturbación) se encuentra La Montaña y El Manzano con 0.04 y 0.05% de su superficie, respectivamente (Tabla 9).

Tabla 9. Área y porcentaje de cobertura deforestada y perturbada por macrositio durante el período 2001-2014 para la Eco región de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Macrositio	Área boscosa 2001 (ha)	Área deforestada (ha)	Área perturbada (ha)	Área total afectada (ha)	Área afectada (%)
Cerro Alux	2,389.56	35.34	67.13	102.47	4.29
Chimusinique	294.41	0.47	2.18	2.65	0.90
Coapilla	590.57	1.44	4.01	5.45	0.92
Cubulco	2,862.84	113.37	86.53	199.89	6.98
Cusuco	4,718.32	20.54	31.52	52.07	1.10
El Manzano	1,355.13	0	0.66	0.66	0.05
Finca Arroyo Negro	949.65	6.80	27.40	34.20	3.60
Huitepec	1,010.34	54.45	11.29	65.74	6.51
Isla de Upa	3,024.58	122.07	45.88	167.95	5.55
La Botija	2,463.52	295.63	39.24	334.88	13.59
La Esperanza	6,194.63	125.38	99.35	224.73	3.63
La Garnacha	957.66	13.20	8.86	22.07	2.30
La Granada	752.79	13.78	1.84	15.63	2.08
La Montaña	983.70	0	0.42	0.42	0.04

La Muralla	2,457.64	79.51	71.23	150.74	6.13
La Tigra	7,828.61	85.21	170.58	255.79	3.27
Laguna Cochi	1,708.93	51.98	20.80	72.78	4.26
Las Granadillas	2,596.79	4.94	10.78	15.72	0.61
Loma Fría	3,074.93	165.37	132.19	297.56	9.68
Miraflores	541.37	124.11	9.28	133.39	24.64
Miramar	1,178.78	47.49	23.02	70.51	5.98
Montebello	2,261.46	27.49	15.60	43.08	1.91
Montecristo	3,234.18	0	4.29	4.29	0.13
Morazan	1,588.42	139.81	57.19	197.00	12.40
Moxviquil	892.80	22.84	13.45	36.29	4.06
Mozonte	1,165.55	5.60	28.79	34.39	2.95
Orosí	435.58	0	5.83	5.83	1.34
Quetzaltepeque	508.65	1.72	1.94	3.66	0.72
San Cristóbal Verapaz	3,050.46	436.99	43.34	480.33	15.75
San Francisco Soroguara	3,370.93	214.83	107.00	321.83	9.55
San Jerónimo	6,198.31	571.35	194.10	765.44	12.35
San José de Cusmapa	1,067.54	11.35	26.33	37.68	3.53
San Lorenzo Mármol	2,337.48	1.17	3.47	4.64	0.20
San Pedro Pinula	141.43	0.26	1.75	2.01	1.42
san Pedro Soloma	1,518.12	8.16	9.58	17.73	1.17
San Rafael del Norte-El Jaguar	1,545.66	99.38	55.34	154.72	10.01
San Sebastián de Yalí	1,448.04	20.46	24.44	44.89	3.10
Sierra Morena	66.45	0	0.32	0.32	0.49
Tierra y Libertad	347.91	0.13	1.85	1.98	0.57
Tres Picos	735.00	0.89	2.21	3.11	0.42
Uyuca	4,219.34	71.72	76.87	148.59	3.52
TOTAL	84,068.06	2,995.23	1,537.89	4,533.12	5.39

Discusión

La cobertura forestal calculada para el año 2001 en la Ecoregión, concuerda con la superficie de bosque de pino-encino reportada por la Alianza (APEM, 2008). Lo cual indica que la estimación realizada por el programa ClassLite se encuentra dentro de parámetros aceptables. Sin embargo los resultados deben tomarse con reserva, principalmente el dato de cobertura para el año 2014, donde se estima un aumento del área boscosa para la ecoregión en la mayoría de países, con excepción de Honduras. Si bien, esto podría reflejar la efectividad de acciones

gubernamentales en el tema de manejo forestal a través de reforestaciones, recuperación de áreas boscosas o establecimiento de plantaciones, este análisis no permite conocer la calidad de los bosques o tipo de cobertura boscosa.

En cuanto a la cobertura deforestada y perturbada se reporta un porcentaje total de área afectada de 6.26% para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica, lo cual representa una muy baja extensión afectada para un período de 14 años. Para tener una idea de la confiabilidad de este resultado se calculó la tasa anual de deforestación a partir de la fórmula propuesta por Puyravaud (2003), resultando que para el período 2001-2014 la tasa es de 0.0124%. Esta tasa de deforestación es muy baja comparado con la deforestación reportada para los países de la ecoregión durante el período 2000-2005 que son de 0.32% en México (Chiapas), 1.4 % en Guatemala, 1.7% en El Salvador, 3.1% en Honduras y 1.3% en Nicaragua (CEAB-APEM-TNC, 2010).

En este sentido, el análisis presenta varias limitaciones que hay que considerar: 1) el uso de diferentes tipos de imágenes de satélite para cada set de años (2001 y 2014) con diferente resolución y calidad que puede estar influyendo el cálculo resultante de la cobertura y cambio de la misma. 2) El programa ClassLite fue diseñado inicialmente para análisis en bosques tropicales donde la topografía es poco accidentada y actualmente se está calibrando para otros ecosistemas con el fin de mejorar el software. Por lo que en áreas con mucha pendiente como en las áreas montañosas dentro la Ecoregión, la pendiente y la vegetación puede generar sombras que el programa no permite analizar y las excluye del análisis, lo que provoca subestimaciones en la cobertura. 3) En algunas imágenes no se logró conseguir un bajo porcentaje de nubes, principalmente en algunas regiones de Honduras y Nicaragua, lo cual provoca de igual forma subestimaciones, ya que las áreas con nubes el programa las excluye del análisis. 4) El programa ClassLite clasifica la cobertura forestal mediante reflectancia fotosintética, por lo que no es posible distinguir si la reflectancia dentro de la categoría bosque corresponde a otro tipo de vegetación que pueda estar dando los mismos valores (e.g. plantaciones forestales, cafetales, etc.), esto podría estar sobreestimando la cobertura forestal resultante dentro de la ecoregión.

Este análisis más allá de los datos resultantes sobre superficie con cobertura forestal, deforestación o perturbación, permite tener referencia de sitios o regiones que están sufriendo mayor presión por deforestación y perturbación, y orientar las acciones de manejo y protección de estas áreas. Sirve como indicador de las áreas que requieren atención donde posteriormente se pueden realizar más análisis para corroborar los cálculos y las causas de la degradación, ya sea por deforestación o perturbación.

Conclusiones

- Honduras, Guatemala y México (Chiapas) son los países con mayor cobertura boscosa en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.
- Para el año 2014, todos los países presentan un aumento de cobertura forestal, a excepción de Honduras (1.65% pérdida forestal), México (Chiapas) es el país con mayor ganancia en la Ecoregión (19.31% ganancia forestal).
- El porcentaje total de área afectada para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica es de 6.26%, y la tasa de deforestación anual calculada a partir de los resultados del análisis para el período 2001-2014 es de 0.0124%, valores que son sumamente bajos y requieren ser corroborados.
- En el año 2014, a nivel de subregión o unidades ecológicas terrestres Olancho es la que presenta mayor superficie boscosa dentro de la Ecoregión con 6.85% (215,797 ha), seguido por Choluteca con el 6.13% (193,099 ha) y Colinas centro-orientales con 5.35% (168,445 ha), todas ubicadas en Honduras. Mientras que las subregiones con mayor superficie afectada por deforestación y perturbación son Motagua medio con 22.6% (932 ha), seguido de Cinturon Motagua–Sierra de Minas (15.48%, 2.2 ha), ambas se localizan en Guatemala; y Comayagua (14.47%, 5,859 ha) y Montaña Verde–Otoro (11.35%, 8,995 ha) ambas de Honduras.
- A nivel de sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios), para el año 2014 los que presentaban mayor superficie forestal son La Tigra (6,412 ha), La Esperanza (6,705 ha) y San Jerónimo (5,726 ha); mientras que los más afectados por deforestación y perturbación son Mirafior con 24.64% (133 ha), San Cristóbal Verapaz con el 15.75% (480 ha) y La Botija con 13.59% (335 ha).

Recomendaciones

- Realizar el análisis ClassLite con series de tiempos más cortas, que permita identificar los sitios con mayor incidencia por deforestación y perturbación, de manera más precisa, sobre todo en aquellas áreas donde la cobertura de nubes es mayor al 20%.
- El análisis se realizó con los parámetros pre-establecidas en el software de CLASlite, por lo que se recomienda volver a realizar el análisis estableciendo otros ajustes en el paso 2 y paso 3, para verificar si las proyecciones mejoran.
- Evaluar otras metodologías de clasificación que permitan mejorar el conocimiento de los cambios de la cobertura del suelo en la Ecoregión.
- Realizar validaciones en campo, con el fin de evaluar la confiabilidad de los resultados del análisis, validaciones que se podrían dirigir a los sitios donde se cuenta con registros de *Setophaga chrysoparia*.

- Realizar correcciones del análisis ClassLite tomando como insumos los mapas de tipos de bosque de cada país, para clasificar la cobertura resultante de ClassLite con el fin de afinar y mejorar los resultados.

Referencias

- APEM (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica). 2008. Plan de Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica y el Ave Migratoria *Dendroica chrysoparia*. Editores: E. S. Pérez, E. Secaira, C. Macías, S. Morales e I. Amescua. Fundación Defensores de la Naturaleza – The Nature Conservancy. 101pp.
- Carnegie Institution for Science. 2013. CLASlite Tecnología para Monitoreo de Bosques. Guía de usuario Versión 3.1. <https://class.claslite.carnegiescience.edu>
- CEAB-APEM-TNC (Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, The Nature Conservancy). 2010. Diagnóstico Ecológico y Socioeconómico de la Ecorregión Bosques de Pino-Encino de Centroamérica. The Nature Conservancy/Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala, 335 pp.
- Corrales, L. 2006. Fuegos forestales y no forestales: Una amenaza recurrente a la biodiversidad, la salud y las economías de Centroamérica en el período 2001-2006. Programa Ambiental Regional para Centroamérica, Componente de Áreas Protegidas y Mercados Verdes (PROARCA/APM). Guatemala, Guatemala. 15 p.
- Corrales, L. 2011. La Última Frontera de la Biodiversidad Terrestre de Mesoamérica. Evaluación de las Ecorregiones Terrestres de Mesoamérica (Región de Chiapas-México/Darién-Panamá). Programa de Ciencias Regional, Región de Latinoamérica. The Nature Conservancy, San José, Costa Rica.
- Chavez-Michaelsen, A., Díaz-Salinas, J., Fernandez-Menis, R., Huamani-Briceño, L., Moreno-Santillán, R. 2013. Comparación de Áreas deforestadas a través de varias metodologías en la Provincia de Tahuamanu, Madre de Dios, Perú. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguzu, PR, Brasil 13 al 18 de abril. INPE.
- Puyravaud, J. P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 117:593-596.
- World Wide Fund for Nature (WWF) disponible en www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt0303_full.html. Consultado el 20 de enero de 2015.

IV. Identificación de prioridades para la conservación en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Ana José Cobar-Carranza, Efrain Castillejos-Castellanos

Introducción

La priorización de áreas es una herramienta valiosa que permite evaluar y conocer los sitios que presentan las mejores características para realizar acciones de conservación. Para que estos ejercicios sean objetivos y sistemáticos se debe considerar un diseño que incluya un conjunto de criterios que incluya una serie de indicadores medibles con valores asignados, de forma que esto permita poder identificar prioridades de forma sistemática sobre el objeto de conservación que se busca proteger.

Este ejercicio se realizó con el objetivo de identificar las áreas que presentan las mejores características biológicas y ecológicas dentro de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica, que permita orientar la planificación y la toma de decisiones sobre las acciones de conservación y manejo en la Ecoregión.

La priorización se realizó tomando como objeto de conservación a la especie indicadora *Setophaga chrysoparia*, de la cual se cuenta con información de 4 años monitoreo para la Ecoregión, para lo cual se generó una matriz multi-criterio con una serie de Criterios biológicos y ecológicos.

Método

La identificación y selección de sitios dentro de la Ecoregión se basó en una Evaluación Multicriterio (EMC). Las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) y Técnicas Evaluación Multiobjetivo (EMO) han sido definidas como el conjunto de procedimientos de evaluación para orientar la toma de decisiones, las cuales consisten en contar con una serie de alternativas frente a múltiples criterios y objetivos.

La EMC combina criterios con los cuales se obtiene un índice simple que sirva de base para la toma de decisiones en función del objetivo que se busque.

El criterio es la base para tomar una decisión y que pueda ser medida y evaluada. Una vez se establecieron los criterios se definió una regla de decisión. La regla de decisión es el procedimiento a través del cual se obtiene una evaluación en particular. La cual consiste en la

combinación de criterios con un índice de composición simple, de forma que los valores de cada alternativa puedan ser comparados. Posteriormente se procedió a realizar la evaluación, proceso en el cual se aplicó la regla de decisión sobre los criterios establecidos a fin de tener un modelo de decisión.

El método para la evaluación la Evaluación Multicriterio (EMC) se puede definir en 3 fases la cuales son:

- Establecimiento de criterios.
- Definición de puntajes o valor a cada uno de los criterios establecidos.
- Establecer pesos específicos.
- Definir el peso o ponderar la puntuación del conjunto de criterios.

Para el establecimiento de las prioridades se establecieron dos escalas de intervención para la planificación:

- A. *Subregiones o unidades ecológicas terrestres*. Para ello se utilizó una modificación de la clasificación de unidades ecológicas de la Evaluación Ecoregional de Ecosistemas Terrestre de Mesoamérica (Corrales, 2011). La modificación consistió en una adaptación de las subregiones de la Evaluación Ecoregional al polígono de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica de la Alianza.
- B. *Sitios de monitoreo de Setophaga chrysoparia (llamados Macrositios)*. El monitoreo de la especie se ha realizado en 55 sitios distribuidos en toda la Ecoregión, de los cuales únicamente 10 de ellos *S. chrysoparia* se encuentra en categoría de ausente o muy raro.

En la priorización se utilizaron dos tipos de criterios:

- *Criterio biológico de Setophaga chrysoparia*. El cual se basa en información generada para la especie, la que es indicadora de calidad de hábitat de la Ecoregión.
- *Criterio de integridad ecológica del bosque*. El cual se basa en análisis SIG del estado del bosque en la Ecoregión, a partir de resultados de la aplicación del Programa ClassLite.

Para cada criterio se identificaron los indicadores a evaluar, a los cuales se les asignó un valor. Los valores resultantes de cada indicador por Criterio se sumaron para cada área evaluada (Subregión o Macrositio) para obtener un puntaje total.

Los valores asignados para cada indicador varían numéricamente entre Criterios según las características. Estas diferencias de valores se establecieron por dos razones principales: 1) para que los puntajes totales obtenidos por área (Subregión o Macrositio), valores máximo y mínimo, tuvieran un amplio rango de diferencia que permita clasificar y diferenciar claramente las áreas con los mayores puntajes totales de los más bajos; 2) para asegurarnos que ciertos Criterios a

evaluar (ejemplo: Criterios 2 y 6), las cuales no contamos información para todas las subregiones, no tengan mucho peso en el puntaje total por área.

Criterio Biológico de Setophaga chrysoparia (GCWA por sus siglas en inglés)

1. Mayor probabilidad de encontrar a GCWA: esta característica se evaluó con base al modelo de distribución generado para la especie, en donde el modelo generado por el programa MAXENT, proyecta la distribución de hábitat potencial, diferenciando el hábitat en diferentes categorías según la probabilidad de encontrar la especie (Ver sección II de este documento). Los sitios con mayor probabilidad de encontrar a GCWA, representan áreas con hábitat con mejores características para la especie.

Categoría	Puntaje
0% probabilidad de encontrar a GCWA	0
1-29% de probabilidad de encontrar a GCWA	1
30-50% de probabilidad de encontrar a GCWA	3
51-70% de probabilidad de encontrar a GCWA	5
>71% de probabilidad de encontrar a GCWA	7

2. Abundancia relativa del GCWA: esta característica se evaluó tomando como base los datos del monitoreo que se realizó en la Ecoregión durante el período 2006-2010 (Ver sección I de este documento).

Categoría	Puntaje
Ausente o muy raro: 0-0.10 individuos/parvada	0
Poco común: 0.11-0.49 individuos/parvada	1
Común: 0.5-0.99 individuos/parvada	2
Muy común: >1 individuos/parvada	3

Criterio de Integridad Ecológica del Bosque

3. Presión antropogénica, basada en el porcentaje de perturbación en los sitios durante los períodos 2001-2014: esta característica se evaluó en base al análisis ClassLite de cambio de cobertura forestal mediante imágenes de satélite. En donde, perturbación o degradación son áreas de bosque secundario, matorrales o donde se observa vegetación poco densa (Ver sección III de este documento).

Categoría	Puntaje
< 2.5% perturbación	8
Entre 2.6-5% de perturbación	6
Entre 6-10% de perturbación	4
Entre 11-25% de perturbación	2

4. Presión antropogénica, basada en el porcentaje de deforestación en los sitios durante los períodos 2001-2014: esta característica se evaluó en base al análisis ClassLite de cambio de cobertura forestal mediante imágenes de satélite. En donde, deforestación se define como la pérdida de cobertura forestal por el cambio de uso de la tierra para habilitación de agricultura, pastizales, ganadería y urbanización (Ver sección III de este documento).

Categoría	Puntaje
< 2.5% deforestación	4
Entre 2.6-5% de deforestación	3
Entre 6-10% de deforestación	2
Entre 11-25% de deforestación	1

5. Área de bosque de pino-encino: esta característica se evaluó en base al análisis ClassLite de cambio de cobertura forestal mediante imágenes de satélite. Para esta característica se definieron diferentes categorías de tamaño de bosque dependiendo de la escala a evaluar (macrositio o subregión) (Ver sección III de este documento).

Macrositio (sitios de estudio de GCWA)

Categoría	Puntaje
1-250 ha de bosque de pino-encino	1
251-500 ha de bosque pino-encino	3
501-1000 ha de bosque pino-encino	5
1001-2500 ha de bosque pino-encino	7
2501-5000 ha de bosque pino-encino	9
>5000 ha de bosque pino-encino	11

Subregión (unidades ecológicas terrestres)

Categoría	Puntaje
< 500 ha de bosque de pino-encino	1
501-5000 ha de bosque de pino-encino	3
5001-10,000 ha de bosque de pino-encino	5
10,001-100,000 ha de bosque de pino-encino	7
100,001-500,000 ha de bosque de pino-encino	9

6. Características florísticas del bosque que favorecen la presencia de GCWA: esta característica se evaluó en base a los datos de la estructura florística de los sitios de monitoreo del GCWA en la Ecoregión durante el 2006-2010. Además, para el diseño de

las categorías se utilizaron las características clave para el hábitat del GCWA (Komar *et al.* 2011).

Categoría	Puntaje
Cobertura de encino del estrato medio <11%	1
Cobertura de encino del estrato medio entre 11-20%	2
Cobertura de encino del estrato medio >20%	3
Cobertura de encino del estrato medio >20% + cobertura del encino del dosel >20% o cobertura del estrato medio >50%	4
Cobertura de encino del estrato medio y dosel >20% y cobertura del estrato medio >50%	5

Una vez evaluados los macrositios y subregiones se obtuvo un puntaje total por área, sumando los puntajes de cada indicador evaluado. Se realizó estadística descriptiva para conocer la tendencia de los datos. Los rangos para clasificar las áreas evaluadas se determinó mediante los cuartiles (25, 50 y 75) de los datos. Se establecieron cuatro categorías (Bajo, Medio, Alto y Muy Alta prioridad). Las categorías se definieron de la siguiente forma:

- Baja Prioridad: valores inferiores al cuartil 25,
- Prioridad Media: valores entre los cuartiles 25 y 50,
- Alta Prioridad: valores entre los cuartiles 50 y 75,
- Muy Alta Prioridad: valores superiores al cuartil 75.

Resultados

Macrositio

Se evaluaron 41 sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios). En la categoría de Muy Alta prioridad, se identificaron tres sitios en México (Laguna Cochi, La Granada y Huitepec), dos en Guatemala (Cerro Alux y San Jerónimo), y cuatro sitios en Honduras (La Tigra, Uyuca, La Esperanza y La Muralla). En la categoría de Alta prioridad se encuentran cuatro sitios en México (Moxviquil, Tres Picos, Montebello y Tierra y Libertad), cinco sitios en Guatemala (Chimusinique, Cubulco, San Lorenzo Mármol, San Pedro Soloma y San Cristóbal Verapaz), y dos en Nicaragua (La Garnacha y Mozonte) (Tabla 1, Figura 1).

Tabla 1. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios) priorizados en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación de los bosques de pino-encino.

País	Macrositio	Puntaje	Priorización
Honduras	La Tigra	34	
Honduras	Uyuca	32	
Honduras	La Esperanza	31	
Guatemala	Cerro Alux	30	
México	Laguna Cochi	30	Muy Alto
Guatemala	San Jerónimo	30	
México	La Granada	30	
México	Huitepec	29	
Honduras	La Muralla	29	
México	Moxviquil	28	
México	Tres Picos	28	
México	Montebello	28	
Guatemala	Chimusinique	27	
Guatemala	Cubulco	27	
México	Tierra y Libertad	26	Alto
Nicaragua	La Garnacha	26	
Guatemala	San Lorenzo Mármol	26	
Guatemala	San Pedro Soloma	26	
Guatemala	San Cristóbal Verapaz	26	
Nicaragua	Mozonte	26	
El Salvador	Parque Nacional Montecristo	25	
México	Sierra Morena	25	
Nicaragua	San Sebastian Yalí	24	
México	Coapilla	24	
Honduras	La Botija	23	
El Salvador	El Manzano	23	Medio
Nicaragua	Isla de Upa	23	
Guatemala	Morazán	22	
México	Finca Arroyo Negro	22	
Nicaragua	Loma Fría	22	
Nicaragua	Miraflor	22	
Guatemala	Quezaltepeque	21	
Nicaragua	Miramar	21	
Nicaragua	San Rafael del Norte-El Jaguar	20	
Guatemala	Las Granadillas	20	Bajo
Guatemala	San Pedro Pinula	19	
Honduras	San Francisco Soroguara	19	
Honduras	Cusuco	18	

El Salvador	La Montañona	17
Nicaragua	San José de Cusmapa	16
Nicaragua	Orosí	11

Al realizar un análisis por país, los macrositios en México (Chiapas) están en las categorías de Medio a Muy Alto y no presentan áreas en la categoría de Baja prioridad (Tabla 2, Anexo 1). Guatemala presenta macrositios en las cuatro categorías, la mayoría en la categoría Alta prioridad (Tabla 3, Anexo 2). De los tres macrositios de El Salvador, dos tienen Media prioridad y uno muy Baja prioridad (Tabla 4, Anexo 3). En Honduras los macrositios están en tres categorías Muy Alta, Media y Baja prioridad, y la mayoría está en Muy Alta prioridad (Tabla 5, Anexo 4). Para Nicaragua los macrositios tienen desde Alta a Baja prioridad y la mayoría está en Media y Baja prioridad (Tabla 6, Anexo 5).

Tabla 2. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios) priorizados en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación de los bosques de pino-encino en México.

País	Macrositio	Puntaje	Priorización
México	Laguna Cochi	30	
México	La Granada	30	Muy Alto
México	Huitepec	29	
México	Moxviquil	28	
México	Tres Picos	28	
México	Montebello	28	Alto
México	Tierra y Libertad	26	
México	Sierra Morena	25	
México	Coapilla	24	Medio
México	Finca Arroyo Negro	22	

Tabla 3. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios) priorizados en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación de los bosques de pino-encino en Guatemala.

País	Macrositio	Puntaje	Priorización
Guatemala	Cerro Alux	30	
Guatemala	San Jerónimo	30	Muy Alto
Guatemala	Chimusinique	27	
Guatemala	Cubulco	27	
Guatemala	San Lorenzo Mármol	26	Alto
Guatemala	San Pedro Soloma	26	

Guatemala	San Cristóbal Verapaz	26	
Guatemala	Morazán	22	Medio
Guatemala	Quezaltepeque	21	
Guatemala	Las Granadillas	20	Bajo
Guatemala	San Pedro Pinula	19	

Tabla 4. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrofitos) priorizados en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación de los bosques de pino-encino en El Salvador.

País	Macrofito	Puntaje	Priorización
El Salvador	Parque Nacional Montecristo	25	Medio
El Salvador	El Manzano	23	
El Salvador	La Montañona	17	Baja

Tabla 5. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrofitos) priorizados en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación de los bosques de pino-encino en Honduras.

País	Macrofito	Puntaje	Priorización
Honduras	La Tigra	34	
Honduras	Uyuca	32	Muy Alto
Honduras	La Esperanza	31	
Honduras	La Muralla	29	
Honduras	La Botija	23	Medio
Honduras	San Francisco Soroguara	19	Bajo
Honduras	Cusuco	18	

Tabla 6. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrofitos) priorizados en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación de los bosques de pino-encino en Nicaragua.

País	Macrofito	Puntaje	Priorización
Nicaragua	La Garnacha	26	Alto
Nicaragua	Mozonte	26	
Nicaragua	San Sebastian Yalí	24	
Nicaragua	Isla de Upa	23	Medio
Nicaragua	Loma Fría	22	
Nicaragua	Miraflor	22	

Nicaragua	Miramar	21	
Nicaragua	San Rafael del Norte-El Jaguar	20	Bajo
Nicaragua	San José de Cusmapa	16	
Nicaragua	Orosí	11	

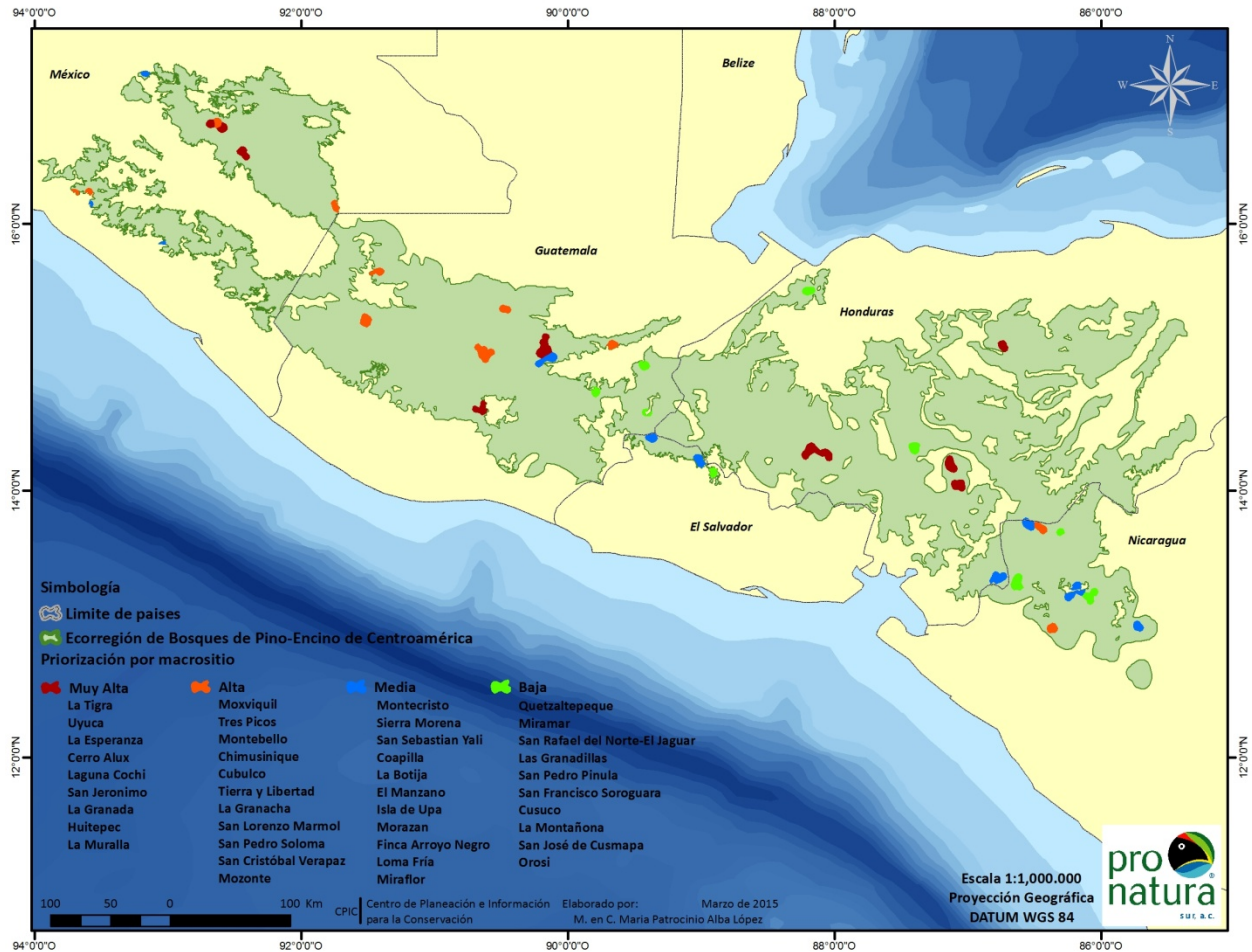


Figura 1. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* priorizados para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Subregiones o Unidades ecológicas terrestres

Se evaluaron 47 subregiones o unidades ecológicas terrestres. Algunas áreas evaluadas no presentan una subregión asignada (llamada en el análisis Sin categoría), ya que corresponden a áreas identificadas en el polígono de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica que utiliza la Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica (APEM, 2008), pero son áreas que no estaban contempladas en el Análisis Ecoregional Terrestre de TNC (Corrales, 2011). Estas áreas Sin categoría fueron analizadas por país.

Las subregiones identificadas como Muy Alta Prioridad son: Sin categoría-El Salvador y Altiplano de La Esperanza, ambas ubicadas en El Salvador, y la última también en Honduras; la subregión Sin categoría de Honduras; Chuacús y Salamá-Atitlán ambas en Guatemala; Franja Tacaná-Huehuetenango ubicada en Guatemala y México; y las subregiones Altos de Chiapas, Jaltenango-Siltepec, Villa Flores-Jiquipilas, Margaritas-Independencia y Jitolol ubicadas en México (Tabla 7-12, Figura 2, Anexos 6-10).

En la categoría de Alta prioridad se encuentran las subregiones Cuchumatanes, Sipacapa-Chichicastenango-Comalapa, Jalapa-Santa Rosa y Sin categoría de Guatemala; Bosques montanos Centroamericanos y Chiquimula, ambas subregiones ubicadas en Guatemala, El Salvador y Honduras; Olancho, Choluteca y Jinotega, ubicadas en Honduras y la última también en Nicaragua; y en México las subregiones Sin categoría, Ocosingo, Montañas del Norte y Nentón-Huehuetenango, esta última también en Guatemala (Tabla 7-12, Figura 2, Anexos 6-10).

En la categoría Media prioridad se encuentran las subregiones Valled de Guatemala, Cuchumatanes norte, San Pedro-Jutiapa-El Pinalito, Cobán-Petén, Salcajá-Momostenango-San Pedro Jocopilas, todas ubicadas en Guatemala; Huiguito-Jicatuyo y Camotán ubicadas Guatemala y Honduras; Montaña Verde-Otoro y Colinas centro-orientales, ambas de Honduras y la última también en Nicaragua; Boaco-Juigalpa y Sin categoría de Nicaragua; y Tzimol-San Lucas-Iztapa de México (Tabla 7-12, Figura 2, Anexos 6-10).

Por último, en la categoría de Baja prioridad están las subregiones Motagua medio, San José La Arada y Cobán de Guatemala; Trojes-Catacamas, Catacamas-Dulce Nombre, Comayagua y Altos de Sula de Honduras; Sumidero-Allende, Montebello-Cañadas, Tres Picos-Frailescana y Cuilco-Piedra Blanca, todas de México a excepción de la última subregión que se encuentra también en Guatemala (Tabla 7-12, Figura 2, Anexos 6-10).

Tabla 7. Subregiones de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica priorizadas en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación del ecosistema.

País	Subregión	Puntaje	Priorización
México	Altos de Chiapas	31	
Honduras	Sin categoría-Honduras	28	
El Salvador, Honduras	Altiplano de La Esperanza	28	
El Salvador	Sin categoría-El Salvador	27	Muy Alto
México	Jaltenango - Siltepec	27	
México	Villa Flores - Jiquipilas	26	
México	Margaritas - Independencia	26	

México	Jitotol	26	
México, Guatemala	Franja Tacaná - Huehuetenango	26	
Guatemala	Chuacús	26	
Guatemala	Salamá - Atitlán	26	
Guatemala, El Salvador, Honduras	Bosques montanos centroamericanos	25	
Guatemala	Sin categoría-Guatemala	25	
México	Sin categoría-México	24	
Honduras	Olancho	24	
Honduras	Choluteca	24	
Guatemala	Cuchumatanes	24	
Guatemala	Sipacapa - Chichicastenango - Comalapa	23	Alto
Guatemala, El Salvador, Honduras	Chiquimula	22	
México, Guatemala	Nentón - Huehuetenango	21	
Honduras, Nicaragua	Jinotega	21	
Guatemala	Jalapa - Santa Rosa	21	
México	Ocosingo	21	
México	Montañas del Norte	21	
Guatemala, Honduras	Higuito - Jicatuyo	20	
México	Tzimol - San Lucas - Iztapa	20	
Nicaragua	Sin categoría-Nicaragua	20	
Guatemala	Valle de Guatemala	20	
Guatemala	Cuchumatanes norte	20	
Honduras	Montaña Verde - Otoro	20	
Guatemala	San Pedro - Jutiapa - El Pinalito	19	Medio
Guatemala	Cobán-Petén	18	
Guatemala, Honduras	Camotán	18	
Honduras, Nicaragua	Colinas centro-orientales	17	
Nicaragua	Boaco - Juigalpa	17	
Guatemala	Salcaja - Momostenango - San Pedro	17	
Guatemala	Jocopilas	17	
Guatemala	Motagua medio	16	
México, Guatemala	Cuilco - Piedra Blanca	16	
Guatemala	San José La Arada	15	
Honduras	Trojés - Catacamas	15	
México	Sumidero - Allende	15	
Honduras	Catacamas - Dulce Nombre	15	Bajo
Honduras	Comayagua	14	
México	Montebello-Cañadas	14	
Guatemala	Cobán	13	
Honduras	Altos de Sula	13	
México	Tres Picos - Frailescana	13	

Tabla 8. Subregiones de México en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica priorizadas en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación del ecosistema.

País	Subregión	Puntaje	Priorización
México	Altos de Chiapas	31	
México	Jaltenango - Siltepec	27	
México	Villa Flores - Jiquipilas	26	Muy Alta
México	Margaritas - Independencia	26	
México	Jitotol	26	
México, Guatemala	Franja Tacaná - Huehuetenango	26	
México	Sin categoría-México	24	
México, Guatemala	Nentón - Huehuetenango	21	Alta
México	Ocosingo	21	
México	Montañas del Norte	21	
México	Tzitol - San Lucas - Iztapa	20	Media
México, Guatemala	Cuilco - Piedra Blanca	16	
México	Sumidero - Allende	15	Baja
México	Montebello-Cañadas	14	
México	Tres Picos - Frailescaña	13	

Tabla 9. Subregiones de Guatemala en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica priorizadas en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación del ecosistema.

País	Subregión	Puntaje	Priorización
México, Guatemala	Franja Tacaná - Huehuetenango	26	Muy Alta
Guatemala	Chuacús	26	
Guatemala	Salamá - Atitlán	26	
Guatemala, El Salvador,			
Honduras	Bosques montanos centroamericanos	25	
Guatemala	Sin categoría-Guatemala	25	
Guatemala	Cuchumatanes	24	
Guatemala	Sipacapa - Chichicastenango - Comalapa	23	Alta
Guatemala, El Salvador,			
Honduras	Chiquimula	22	
México, Guatemala	Nentón - Huehuetenango	21	
Guatemala	Jalapa - Santa Rosa	21	
Guatemala, Honduras	Higuito - Jicatuyo	20	
Guatemala	Valle de Guatemala	20	
Guatemala	Cuchumatanes norte	20	Media
Guatemala	San Pedro - Jutiapa - El Pinalito	19	
Guatemala	Cobán-Petén	18	
Guatemala, Honduras	Camotán	18	

	Salcaja - Momostenango - San Pedro		
Guatemala	Jocopilas	17	
Guatemala	Motagua medio	16	
México, Guatemala	Cuilco - Piedra Blanca	16	Baja
Guatemala	San José La Arada	15	
Guatemala	Cobán	13	

Tabla 10. Subregiones de El Salvador en la Eco región de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica priorizadas en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación del ecosistema.

País	Subregión	Puntaje	Priorización
El Salvador, Honduras	Altiplano de La Esperanza	28	Muy Alta
El Salvador	Sin categoría-El Salvador	27	
Guatemala, El Salvador, Honduras	Bosques montanos centroamericanos	25	Alta
Guatemala, El Salvador, Honduras	Chiquimula	22	

Tabla 11. Subregiones de Honduras en la Eco región de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica priorizadas en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación del ecosistema.

País	Subregión	Puntaje	Priorización
Honduras	Sin categoría-Honduras	28	Muy Alto
El Salvador, Honduras	Altiplano de La Esperanza	28	
Guatemala, El Salvador, Honduras	Bosques montanos centroamericanos	25	Alto
Honduras	Olancho	24	
Honduras	Choluteca	24	
Guatemala, El Salvador, Honduras	Chiquimula	22	
Honduras, Nicaragua	Jinotega	21	Medio
Guatemala, Honduras	Higuito - Jicatuyo	20	
Honduras	Montaña Verde - Otoro	20	
Guatemala, Honduras	Camotán	18	
Honduras, Nicaragua	Colinas centro-orientales	17	
Honduras	Trojés - Catacamas	15	
Honduras	Catacamas - Dulce Nombre	15	Bajo
Honduras	Comayagua	14	
Honduras	Altos de Sula	13	

Tabla 12. Subregiones de Nicaragua en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica priorizadas en base a variables biológicas y ecológicas para la conservación del ecosistema.

País	Subregión	Puntaje	Priorización
Honduras, Nicaragua	Jinotega	21	Alto
Nicaragua	Sin categoría-Nicaragua	20	Medio
Honduras, Nicaragua	Colinas centro-orientales	17	
Nicaragua	Boaco - Juigalpa	17	

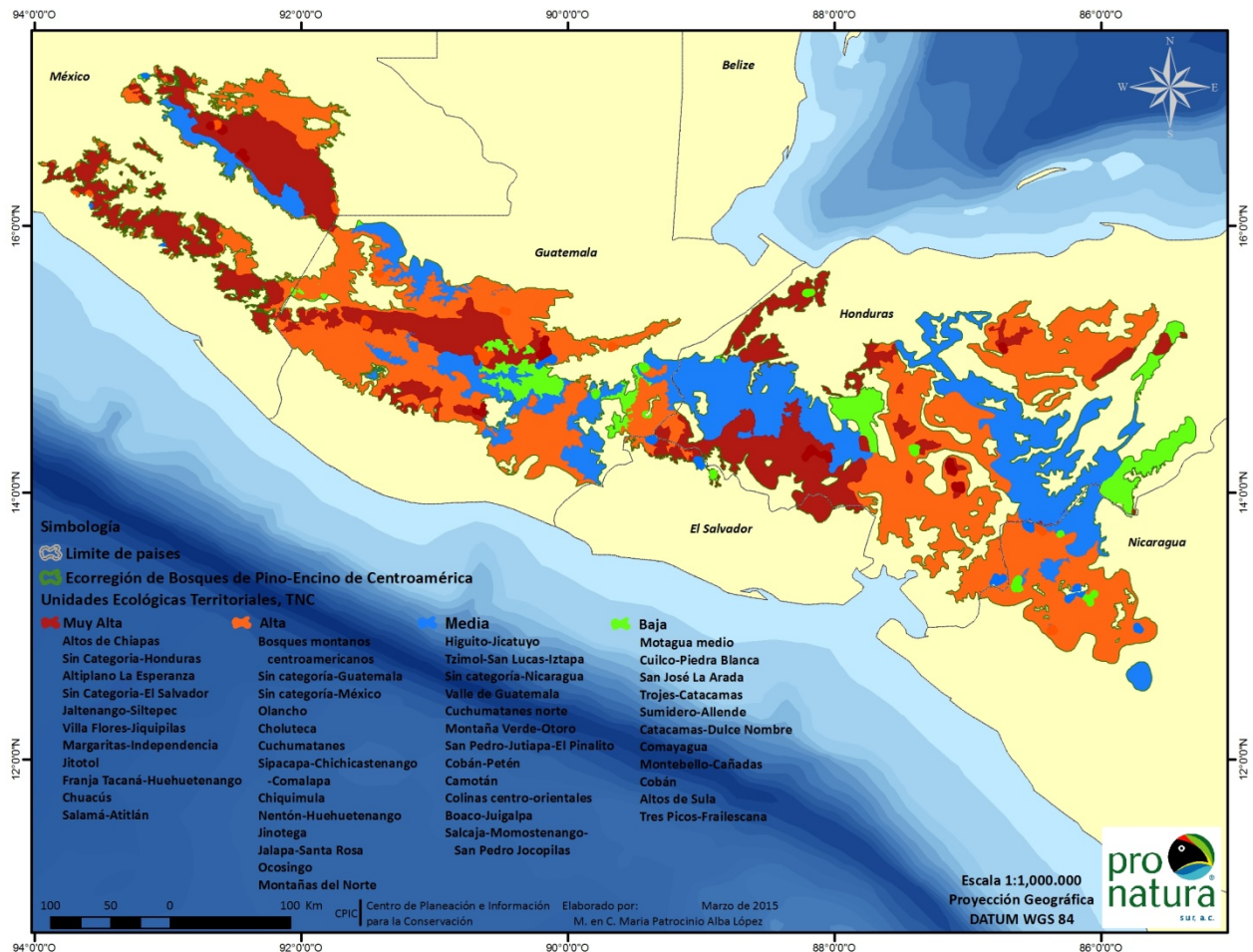


Figura 2. Subregiones o unidades ecológicas terrestres priorizados para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

Discusión

Los macrositios y subregiones identificados como Muy Alta y Alta prioridad presentaron una combinación de altos valores en cuanto al hábitat potencial y mayor probabilidad de encontrar a *S. chrysoparia*, alta abundancia de *S. chrysoparia* en base a monitoreo, bajo porcentaje de deforestación y perturbación, una alta superficie de bosque de pino-encino y características vegetacionales del bosque que favorecen la presencia de *S. chrysoparia*. En términos biológicos y ecológicos los sitios con Muy Alta y Alta prioridad son los más favorables para asegurar la presencia y abundancia de *S. chrysoparia*, especie indicadora y en peligro de extinción según UICN. Por tal razón, debieran considerarse para enfocar acciones de manejo y conservación dentro de la Ecoregión.

Este análisis de priorización puede ser complementado con otros criterios como: calidad de hábitat, gestión de recursos naturales y factibilidad social e institucional, etc. El complementar la priorización con otros criterios, puede facilitar la toma de decisiones de las áreas más vulnerables que requieren mayor atención o por el contrario áreas donde se han llevado a cabo acciones de conservación, e invertir en ellas, permitiría que las condiciones se mantengan.

Es importante mencionar que para la priorización se utilizó los resultados del análisis ClassLite (ver sección III de este documento) para la Ecoregión, mediante el cual se determinó la cobertura forestal y porcentajes de deforestación y perturbación en las unidades analizadas (subregiones y macrositio). El análisis ClassLite presenta limitaciones en el reconocimiento de la cobertura forestal y consecuentemente en el cambio (pérdida o ganancia) que la cobertura pueda sufrir durante un período establecido, por lo que se recomienda que una vez se tengan datos actualizados se haga una revisión de la priorización para una re-evaluación.

Conclusiones

- A nivel de sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios) quienes presentan características biológicas y ecológicas más favorables con la más alta prioridad son Laguna Cochi, La Granada, Huitepec en México; Cerro Alux y San Jerónimo en Guatemala; La Muralla, La Trigra, Uyuca y La Esperanza en Honduras.
- En las subregiones o unidades ecológicas terrestres quienes presentaron una combinación de altos valores en los indicadores evaluados, y por lo tanto se identificaron con la mayor prioridad están Altos de Chiapas, Jaltenango-Siltepec, Villa Flores-Jiquipilas, Margaritas-Independencia, Jitolol, y Franja Tacaná-Huehuetenango localizadas en México, a excepción de la última que se encuentra también en Guatemala. En Guatemala se identificó Chuacús y Salamá-Atitlán; en El Salvador a la subregión Sin

categoría y Altiplano de La Esperanza, esta última ubicada también en Honduras. Y por último en Honduras se identificó la subregión Sin categoría.

- Este ejercicio de priorización consideró dos escalas espaciales (Unidades Ecológicas Terrestres y Macrositios) dentro de un territorio muy amplio que es la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica, que fue el marco de referencia. Es conveniente que además de la definición de las prioridades a nivel Ecoregional para la Alianza, se tenga un contexto de prioridades por país.
- Este análisis de priorización deberá ser utilizado por tomadores de decisiones para orientar las acciones de conservación y manejo hacia las áreas con las mejores características biológicas y ecológicas que permitan asegurar con mayor éxito la conservación de la biodiversidad dentro de la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.

Recomendaciones

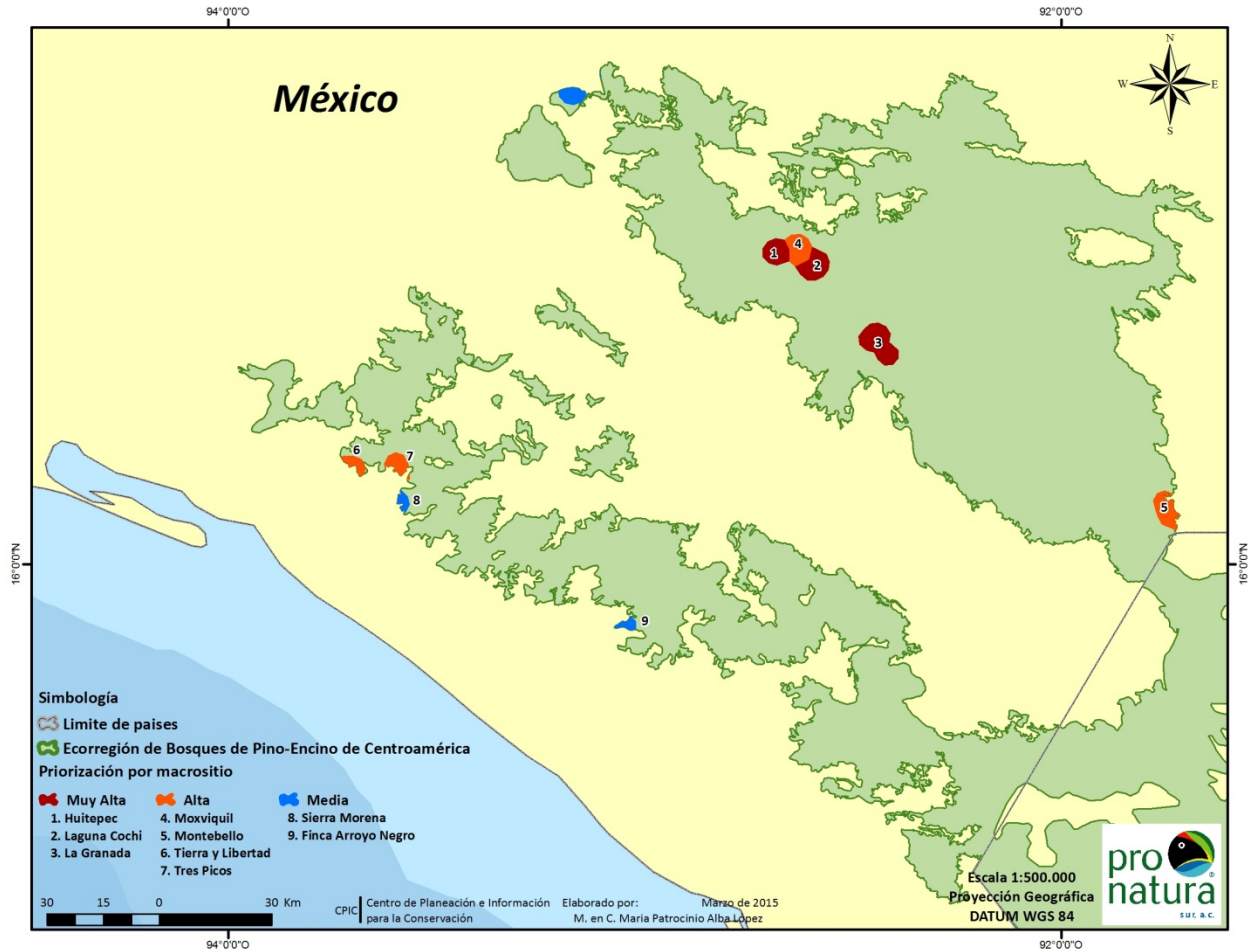
- Que el análisis de priorización se complemente con otros tipos de criterios o indicadores (sociales, de gestión, etc.) para facilitar la toma de decisiones y orientar de forma objetiva y bajo fundamentos las acciones de conservación y manejo en la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica.

Referencias

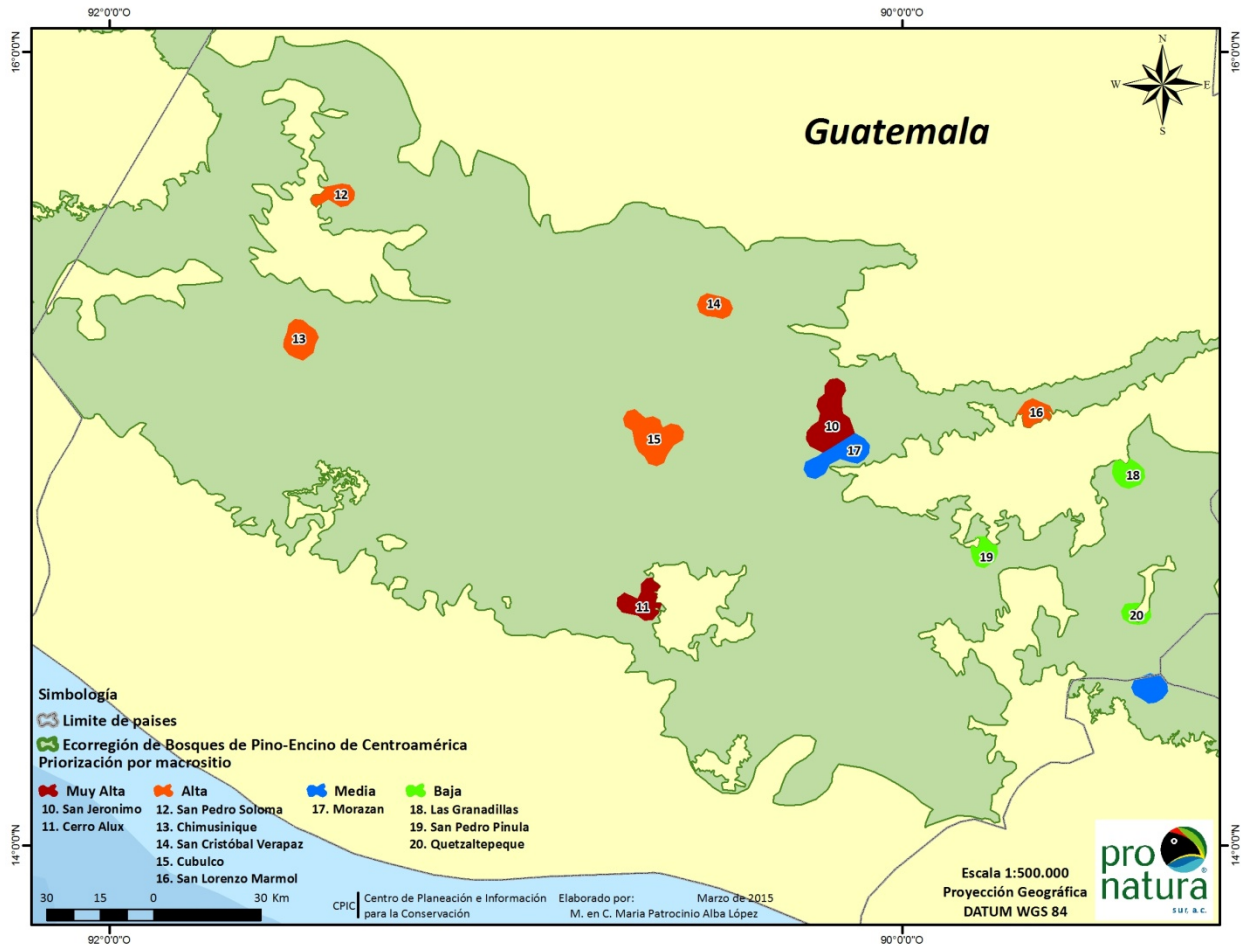
- APEM (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica). 2008. Plan de Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica y el Ave Migratoria *Dendroica chrysoparia*. Editores: E. S. Pérez, E. Secaira, C. Macías, S. Morales e I. Amezcua. Fundación Defensores de la Naturaleza y The Nature Conservancy. Guatemala.
- Corrales, L. 2011. La Última Frontera de la Biodiversidad Terrestre de Mesoamérica. Evaluación de las Ecorregiones Terrestres de Mesoamérica (Región de Chiapas-México/Darién-Panamá). Programa de Ciencias Regional, Región de Latinoamérica, The Nature Conservancy, San José, Costa Rica.
- Komar, O., McCrary, J.K., van Dort, J., Cobar-Carranza, A.J., Castillejos-Castellanos, E. 2011. Winter ecology, relative abundance and population monitoring of Golden-cheeked Warblers (*Dendroica chrysoparia*) throughout the known and potential winter range. SalvaNatura, Alianza para la conservación de los bosques de pino-encino de Mesoamérica, Texas Parks and Wildlife Department.

Anexos

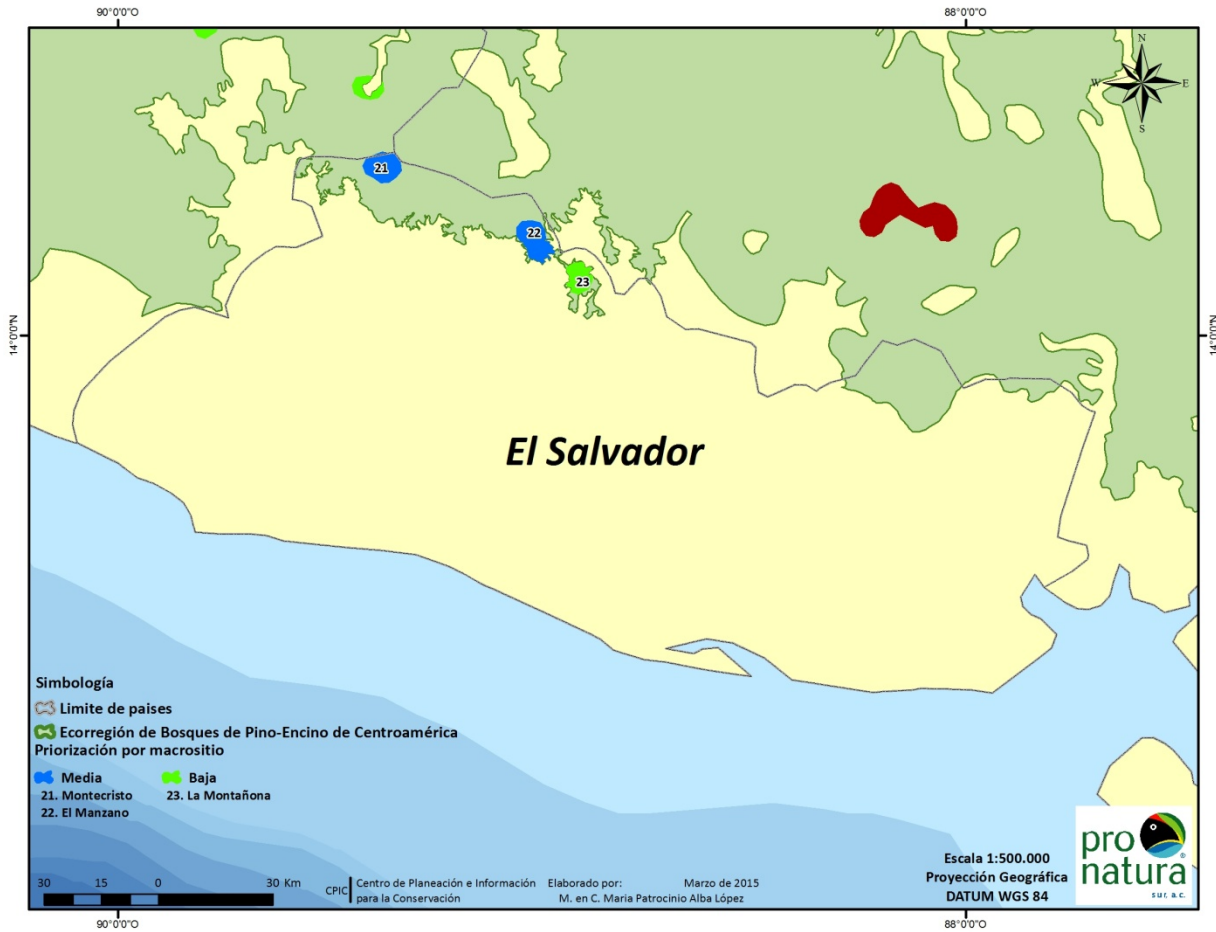
Anexo 1. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrofitos) priorizados en México para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



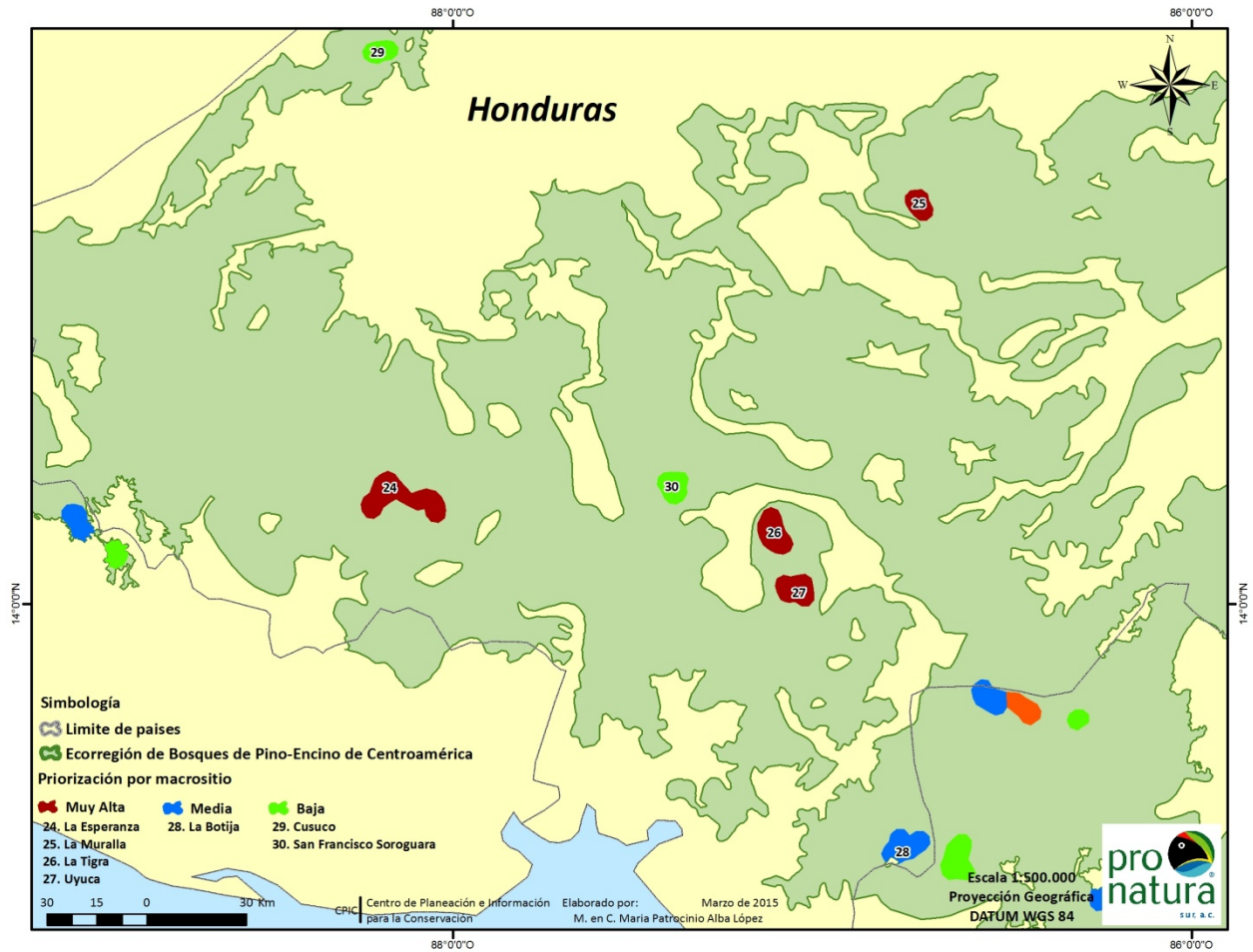
Anexo 2. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrofitos) priorizados en Guatemala para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



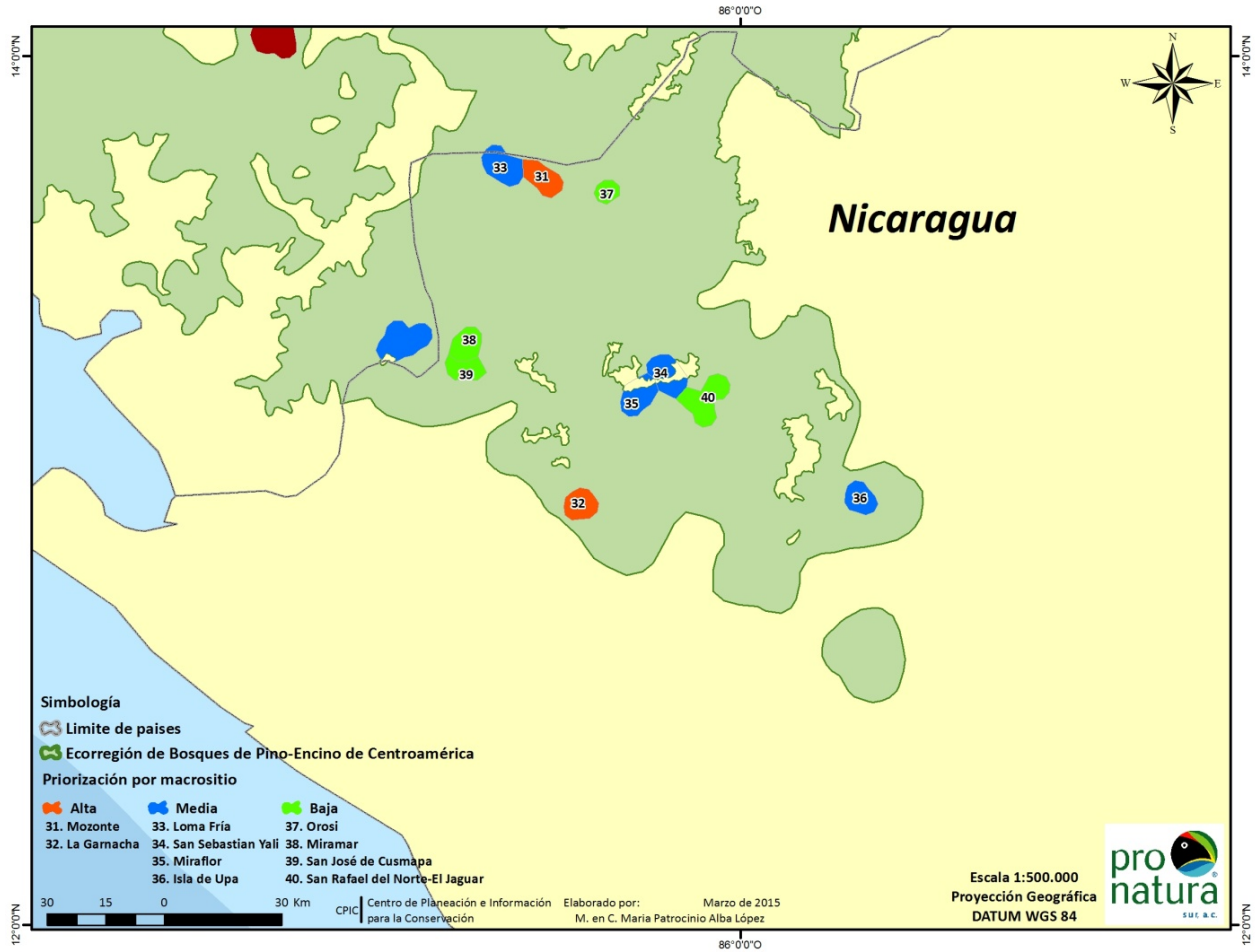
Anexo 3. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios) priorizados en El Salvador para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



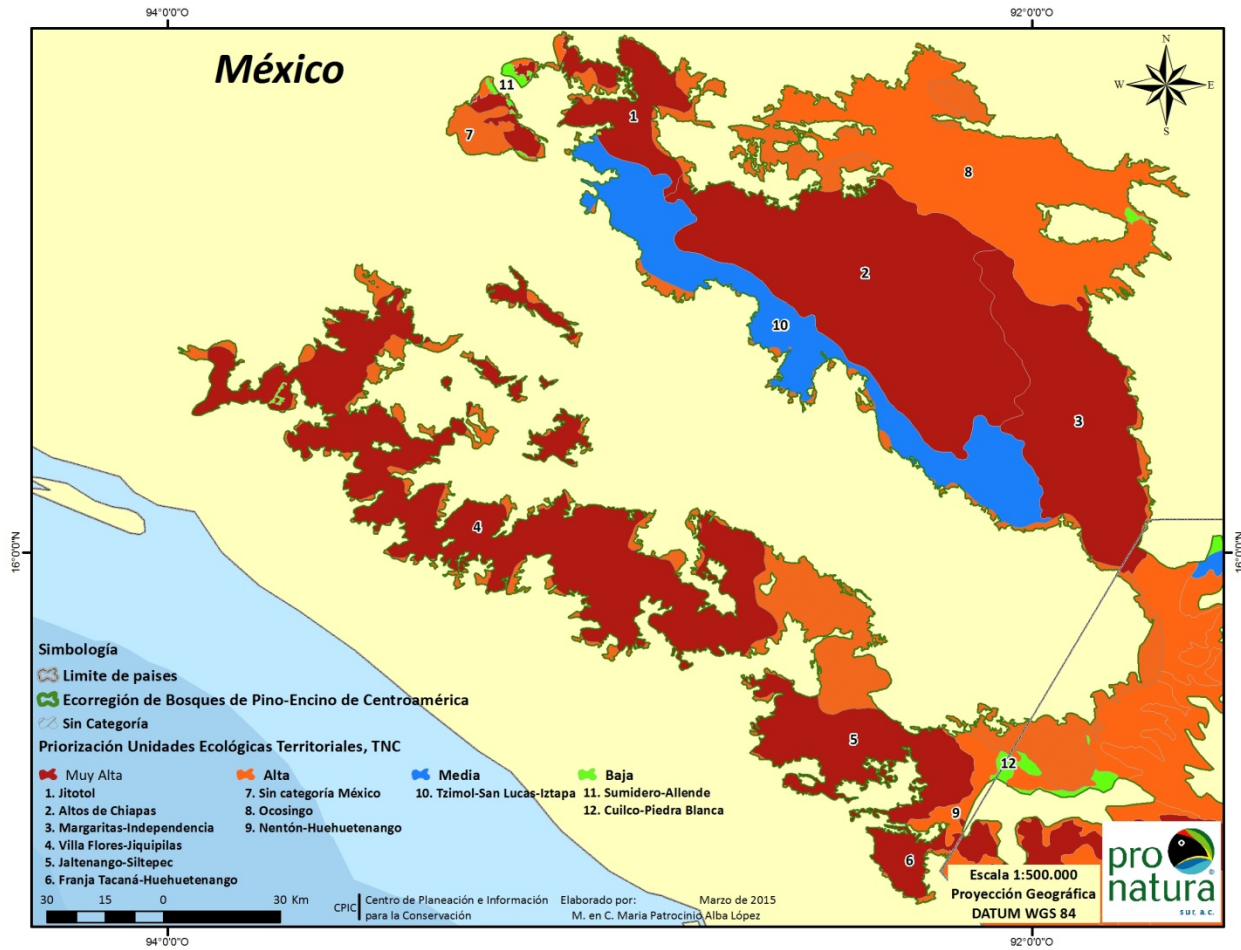
Anexo 4. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrofitos) priorizados en Honduras para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



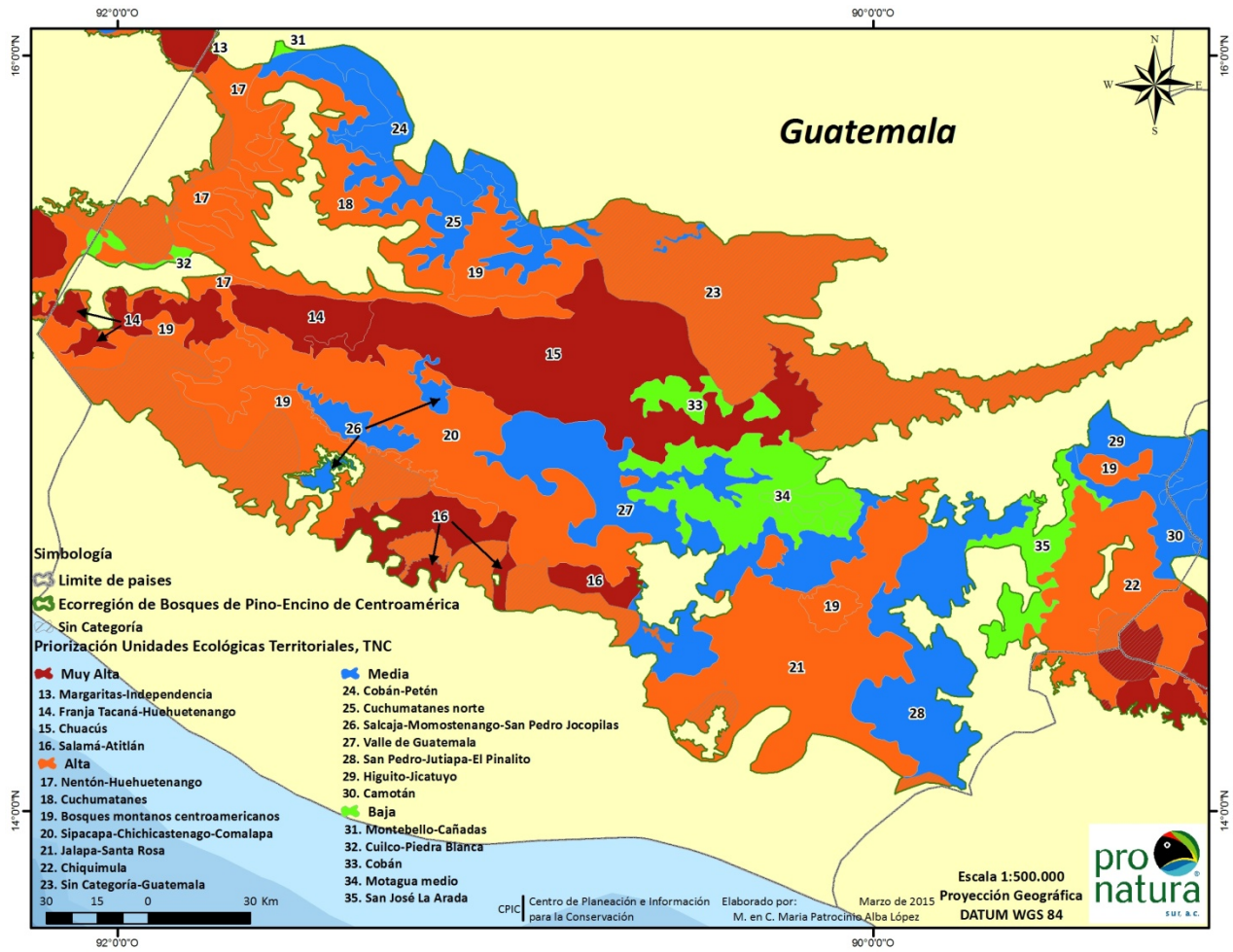
Anexo 5. Sitios de monitoreo de *Setophaga chrysoparia* (macrositios) priorizados en Nicaragua para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



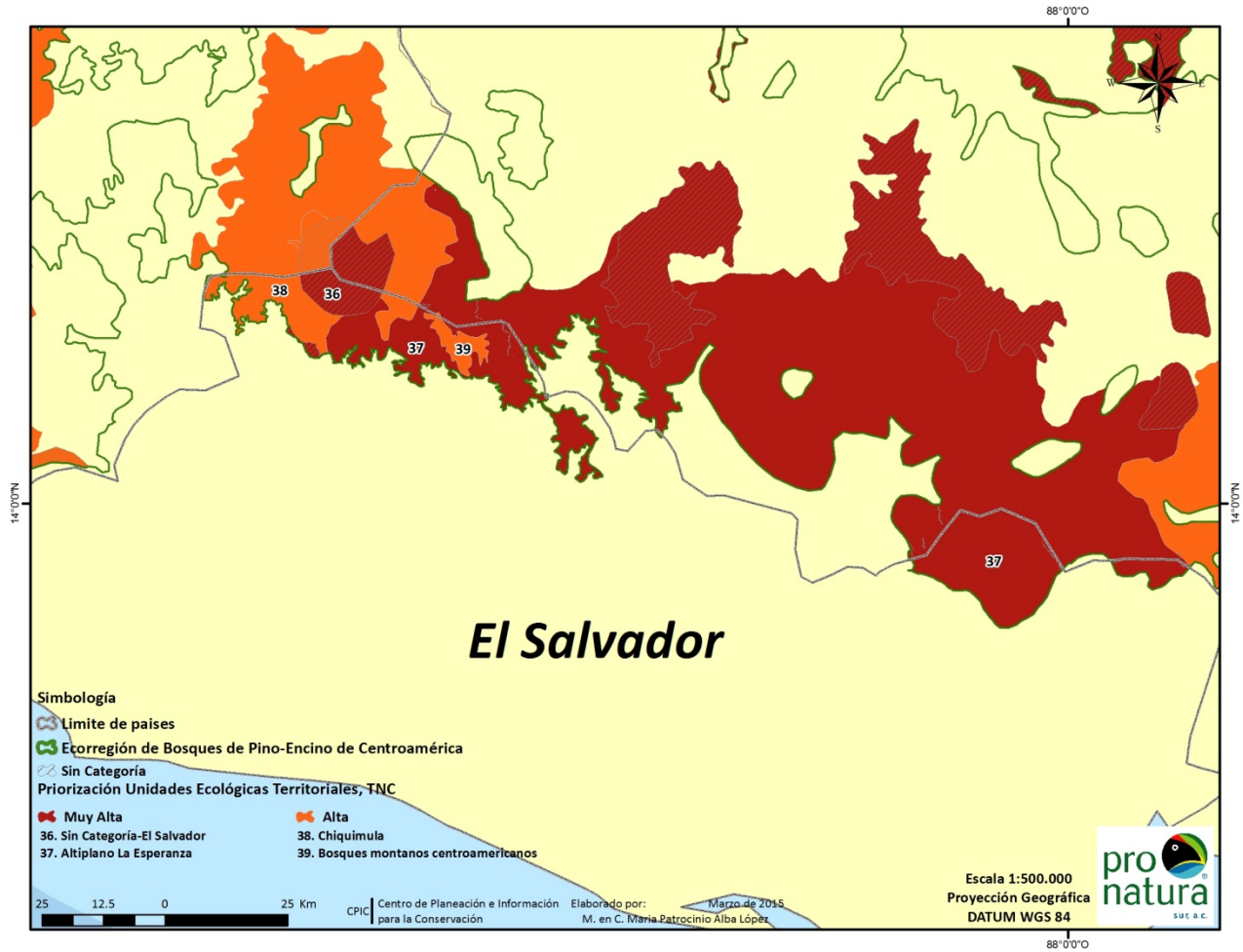
Anexo 6. Subregiones o unidades ecológicas terrestres priorizados en México para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



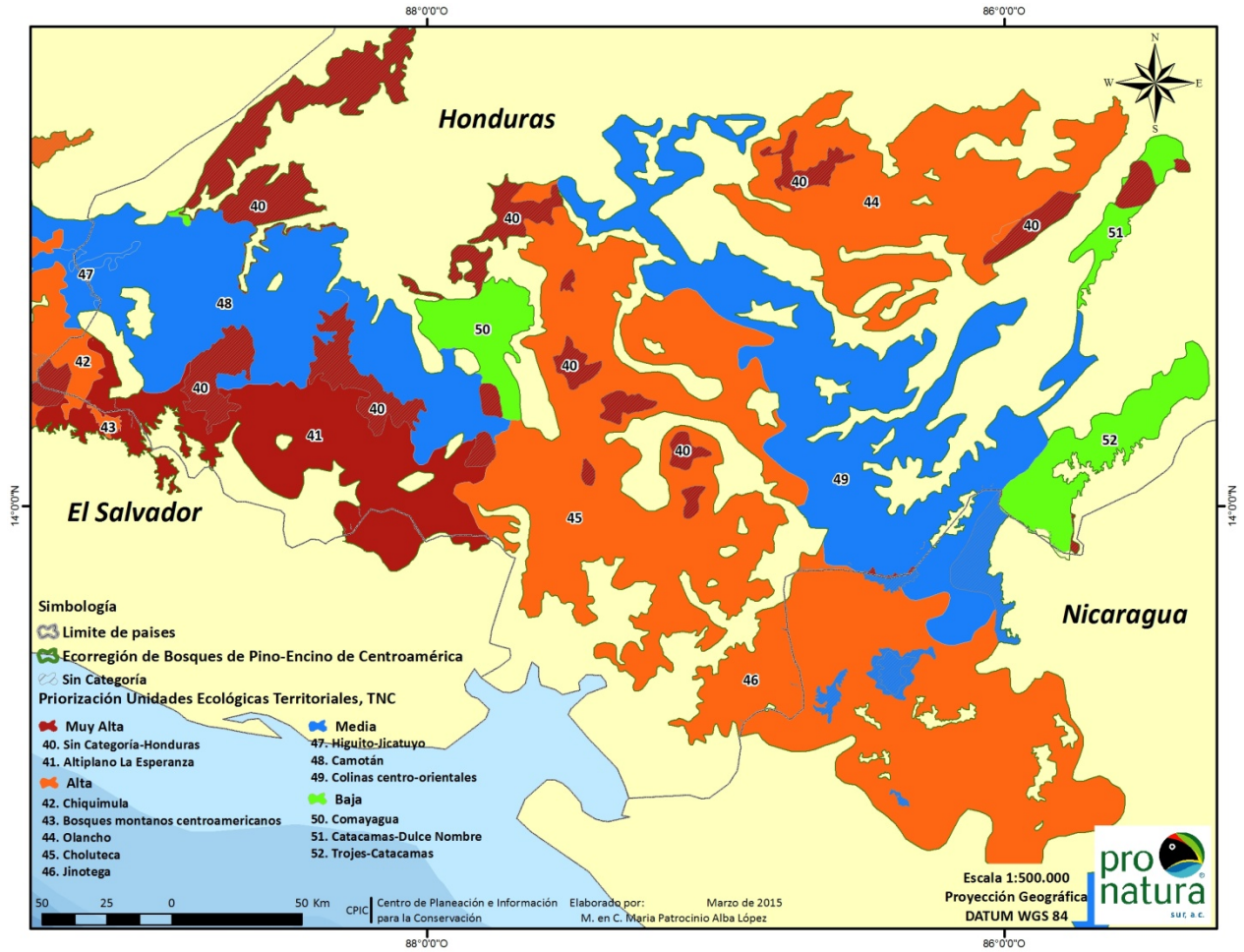
Anexo 7. Subregiones o unidades ecológicas terrestres priorizados en Guatemala para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



Anexo 8. Subregiones o unidades ecológicas terrestres priorizadas en El Salvador para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



Anexo 9. Subregiones o unidades ecológicas terrestres priorizados en Honduras para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica



Anexo 10. Subregiones o unidades ecológicas terrestres prioritizadas en Nicaragua para la Ecoregión de Bosques de Pino-Encino de Centroamérica

