



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

## **POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA**

**MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS**

**OPTIMIZACIÓN DE LA CONSERVACIÓN ESPACIAL DE LA DIVERSIDAD**

**ARBÓREA EN CHIAPAS**

# **TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**PRESENTA:**

**DANIEL CHÁVEZ RAMÍREZ**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:**

**Dr. Martin Ricker, Instituto de Biología, UNAM**

**COMITÉ TUTOR:**

**Dr. Héctor Hernández Macías, Instituto de Biología, UNAM**  
**Dr. Guillermo Ibarra Manríquez, Instituto de Investigaciones**  
**en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM**

**TUTOR INVITADO:**

**Dr. Miguel Ángel Castillo Santiago, ECOSUR, Unidad San Cristobal**

**MÉXICO, D.F. OCTUBRE 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Dr. Isidro Ávila Martínez  
Director General de Administración Escolar, UNAM

Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Biología Evolutiva y Sistemática del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 29 de junio de 2015, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del alumno **CHÁVEZ RAMÍREZ DANIEL** con número de cuenta **304286661** con la tesis titulada **"OPTIMIZACIÓN DE LA CONSERVACIÓN ESPACIAL DE LA DIVERSIDAD ARBÓREA EN CHIAPAS"**, realizada bajo la dirección del **DR. HANS MARTIN RICKER REYMANN**:

Presidente: DR. JORGE ARTURO MEAVE DEL CASTILLO  
Vocal: DRA. MARÍA HILDA FLORES OLVERA  
Secretario: DR. HÉCTOR MANUEL HERNÁNDEZ MACÍAS  
Suplente: DRA. HELGA OCHOTERENA BOOTH  
Suplente: DRA. PATRICIA ÁVILA GARCÍA

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

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, D.F., a 24 de septiembre de 2015.

**DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA**  
**COORDINADORA DEL PROGRAMA**



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

## **Agradecimientos**

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada con el número CVU/Becario 508420/288675

A los miembros de mi comité tutorial: Dr. Martin Ricker, Dr. Héctor Hernández Macías, Dr. Guillermo Ibarra Manríquez, Dr. Miguel Ángel Castillo Santiago



## Agradecimientos

A mis padres a quienes debo todo lo que soy en esta vida, quienes me enseñaron el valor del estudio, de la familia y de las correspondencias. A mi familia y amigos en general y en lo particular, a Lizeth mi más grande cómplice en esta vida, gracias por esas tardes en que te quedaste recitándome nombres científicos sin saber pronunciarlos, a Abril una de mis mayores alegrías que siempre me dedicaste una sonrisa y un poco de miedo cuando estudiaba en la mesa y nadie se me acercaba, a José Luis quien con tus ejemplos me has enseñado a vivir, con el tiempo pude comprender lo que me tratabas de enseñar, a Silvia quien por ti soy todo lo que he llegado a ser, por todas las noches que estuviste pendiente de si había dormido, por levantarme para ir a la escuela y por todas las atenciones durante este trabajo y el transcurso de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi *alma mater*, por todo en lo que respecta a mi formación profesional.

Al Dr. Martin Ricker por su gran apoyo en la realización de este trabajo, por su guía, sus palabras, sus comentarios su amistad y paciencia.

Al Dr. Guillermo Ibarra Manríquez (Memo), porque me enseñó el valor del tiempo de manera inesperada en ese lugar selvático que se evapora, por sus comentarios y aclaraciones dentro de mi trabajo de maestría.

Al Dr. Héctor Hernández por sus comentarios y sus observaciones que me hicieron cuestionarme el porqué de las cosas. Por su apoyo en la realización de mi trabajo y la atención dedicada.

Al Dr. Miguel Ángel Castillo Santiago, por todas las facilidades proporcionadas en aquello que para mí fue tan complicado como los Sistemas de Información Geográfica y el análisis espacial de mis bases de datos, por sus comentarios y sugerencias.

Al Biól. Rodrigo Hernández por su apoyo en mis primeros pasos en los sistemas de información geográfica.

Al Instituto Politécnico Nacional, en particular a la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura unidad Zacatenco, mi querida ESIA, porque me enseñó el valor de la humildad, por sus lecciones dentro y fuera de sus aulas, por enseñarme que no importa de dónde vengas sino a dónde te diriges y lo necesario para lograrlo.

A mi mamá, Liz, Abril, José Luis, Choby, Juan, Max, Mamá María, por su apoyo y compañía en la realización de este trabajo de tesis.

A mis amigos que estuvieron en los momentos más complicados: César, Zavandija, Ileana, Paola, Ester, Alondra, Melba, Emma, Beta, Adriana, Joaquín, Alejandro (He Man), Mike. Ya que aunque parezca que a veces no se encuentran presentes o que la vida nos ha complicado seguimos juntos.

Al Juan por todas esas noches de impresiones, software y demás apoyo logístico en esa papelería que tantas historias nos ha contado y permitido contar, por esas explosiones, comentarios, consejos y buenos tiempos. Gracias

A Alondra “mazapán” Sánchez, con esas altas y bajas, estuviste en los momentos más complicados, por todas tus palabras en el antes, en el durante y terminando este proyecto, gracias por todo, por tus tardes de solo escuchar, por tus preguntas acertadas de cuando terminaría, porque “siempre tienes la oportunidad de regresar, pero no siempre la tendrás de irte”.

Un agradecimiento especial a Esther y Emma por sus palabras cuando fueron tan necesarias, por hacerme salir de la casa cuando nada podía hacerlo, por mostrarme que la función debe continuar y que el tiempo es la cura para todo mal, que hay que saber esperar.

Un gran agradecimiento a la MVZ Esther Uribe Ortega porque gracias a ti aprendí el valor de una amistad incondicional, porque me enseñaste en este tiempo que no es necesario ser eso que uno ha venido siendo, sino que se trata de mejorar, de ascender, de vivir al pleno, por esas tardes de teatro donde todo parecía ser parte

de un libreto, mi actriz favorita, gracias por todo, por enseñarme el camino de vuelta y ser esa lucecita al final de un camino tortuoso.

A Césare por tu apoyo en esos temas que se me complicaron tanto, esas buenas traducciones con carácter de urgente, esos momentos de escuchar y decir lo justo no más ni menos sino lo apropiado en esos momentos de necesidad.

A Gabriel (Choby) por esas noches de números y bases de datos en que lo único que hacíamos era irlos recitando, por todo ese tiempo juntos gracias.

A Oliverio quien llegó en el momento justo, un día de semana santa, por su compañía y comprensión, me enseñaste el valor de algo enteramente incondicional.

A Nuria Venegas, muito obrigado pelo apoio dentro e fora das aulas quando fomos estudantes, pelo apoio nas boas, nas más e nas piores. Por todos os bons e maus conselhos, por toda sua disposição durante os anos de complicitade, tanto que hoje permanecem em minha memória boas lembranças. Rapariga brincalhona muito obrigado pelas "Nuras" dos contos, por tudo que fez quando estevemos juntos, pela amizade, pela companhia, muito obrigado gata, "inolvidablemente voce vai viver em mim".

A mis profesores que me compartieron su enseñanza, sus vivencias, y que me ayudaron a comprender que el todo es más que la suma de sus partes.

A los miembros de mi jurado: al Dr. Jorge A. Meave del Castillo por su guía al final de este trabajo, sus observaciones y conocimientos transmitidos, a la Dra. Hilda Flores por sus comentarios precisos y el apoyo brindado, a la Dra. Helga Ochoterena por permitirme replantear mi proyecto y por sus revisiones enriquecedoras, al Dr. Héctor Hernández por su interés en este trabajo y su apoyo oportuno a lo largo del mismo, a la Dra. Patricia Ávila por permitirse abordar estos temas y darme su punto de vista para hacer un mejor trabajo.

A todos los que están y los que se fueron, a los que creyeron en mí y que han marcado el rumbo de mi vida.

***A mis padres a quienes debo todo lo que soy...***



*-Adieu, dit-il...*

*- Adieu, dit le renard. Voici mon secret. Il est très simple: on ne voit bien qu'avec le cœur.  
L'essentiel est invisible pour les yeux.*

*- L'essentiel est invisible pour les yeux, répéta le petit prince, afin de se souvenir.  
(Antoine de Saint-Exupéry)*

*¿Será que la necesidad parió conmigo?*

*(Silvio Rodríguez)*

## Índice

<b>Lista de Figuras y Cuadros .....</b>	<b>10</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>13</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Antecedentes .....</b>	<b>17</b>
<b>Clasificación de la vegetación .....</b>	<b>17</b>
<b>Conservación de la biodiversidad.....</b>	<b>20</b>
<b>Diversidad arbórea y deforestación en Chiapas .....</b>	<b>21</b>
<b>Algoritmos para determinar redes de áreas naturales protegidas.....</b>	<b>23</b>
<b>3. Objetivo .....</b>	<b>27</b>
<b>Objetivos particulares .....</b>	<b>27</b>
<b>4. Área de estudio .....</b>	<b>27</b>
<b>5. Métodos.....</b>	<b>28</b>
<b>6. Resultados.....</b>	<b>32</b>
<b>Tipos de vegetación en Chiapas .....</b>	<b>32</b>
<b>Sitios de colectas en las dos bases de datos .....</b>	<b>44</b>
<b>Optimización de la combinación de polígonos.....</b>	<b>47</b>
<b>Descripción de los polígonos más representativos .....</b>	<b>61</b>
<b>7. Discusión .....</b>	<b>63</b>
<b>Literatura citada .....</b>	<b>70</b>
<b>Apéndice: Formulación de los problemas de optimización y las soluciones detalladas con el programa <i>LINGO</i>.....</b>	<b>79</b>
<b>Apéndice 2. Secuencias de inclusión de los polígonos de las soluciones a partir de las bases de datos.....</b>	<b>133</b>
<b>Apéndice 3. Explicación de los contenidos en el disco .....</b>	<b>147</b>

## Lista de Figuras y Cuadros

Cuadro 1. Comparativo de los tipos de vegetación arbórea reconocidos en diferentes sistemas de clasificación	19
Cuadro 2. Superficie de Áreas Naturales Protegidas en Chiapas	22
Cuadro 3. Tipos de vegetación forestal (según el INEGI) con superficie y porcentaje con respecto al total de la superficie forestal de la entidad	34
Cuadro 4. Tipos de vegetación predominante presentes en 2007 en Chiapas sin considerar el grado de perturbación	35
Cuadro 5. Intervalos de las características ambientales por tipo de vegetación de todos los polígonos	39
Cuadro 6. Intervalos de las características ambientales por tipo de vegetación de los polígonos de solución	41
Cuadro 7. Polígonos de las soluciones “a” a partir de la base de datos Mimosoidea y sus características	55
Cuadro 8. Polígonos de las soluciones “b” a partir de la base de datos BioTreenet y sus características	62
Cuadro 9. Polígonos de las soluciones “c” a partir de las bases de datos Mimosoidea y BioTreenet y sus características	71
Cuadro 10. Comparación de las soluciones óptimas por número de polígonos y superficie.	79

Figura 1. Regiones fisiográficas de Chiapas	28
Figura 2a. Parte NO del estado de Chiapas	42
Figura 2b. Parte NE del estado de Chiapas	43
Figura 2c. Región Sur del estado de Chiapas	44
Figura 3. Distribución de frecuencias de los tamaños de los polígonos del área forestal del estado de Chiapas. Nótese que el eje x está en escala logarítmica (base 10.	45
Figura 4. Puntos de colecta de árboles de la familia Leguminosae-Mimosoideae	47
Figura 5. Puntos de colecta de árboles de la base de datos BIOTREE-NET	48
Figura 6. Solución 1a) Minimización del número de polígonos a partir de la base de datos Mimosoideae	51
Figura 7. Solución 2a) Min Minimización del número de polígonos, incluyendo polígonos donde haya áreas naturales protegidas, a partir de la base de datos Mimosoideae.	52
Figura 8. Solución 3a) Minimización de la superficie total de los polígonos en la solución, a partir de la base de datos Mimosoideae.	53
Figura 9. Solución 4a) Minimización del número de los polígonos usando en lo posible los polígonos más grandes, a partir de la base de datos Mimosoideae	54
Figura 10. Solución 1b) Minimización del número de polígonos, a partir de la base de datos BioTreenet.	58
Figura 11. Solución 2b) Minimización del número de polígonos, incluyendo polígonos donde haya áreas naturales protegidas, a partir de la base de datos BioTreenet.	59
Figura 12. Solución 3b) Minimización de la superficie total de los polígonos en la solución, a partir de la base de datos BioTreenet	60
Figura 13. Solución 4b) Minimización del número de los polígonos usando en lo posible los polígonos más grandes, a partir de la base de datos BioTreenet.	61
Figura 14. Solución 1c) Minimización del número de polígonos, a partir de la conjugación de las bases Mimosoideae y BioTreenet.	67

- Figura 15. Solución 2c) Minimización del número de polígonos, incluyendo polígonos donde haya áreas naturales protegidas, a partir de la conjugación de las bases Mimosoideae y BioTreenet. 68
- Figura 16. Solución 3c) Minimización de la superficie total de los polígonos en la solución, a partir de la conjugación de las bases Mimosoideae y BioTreenet. 69
- Figura 17. Solución 4c) Minimización del número de los polígonos usando en lo posible los polígonos más grandes, a partir de la conjugación de las bases Mimosoideae y BioTreenet. 70

## Resumen

Se estima que Chiapas podría albergar alrededor de 1,500 especies arbóreas y que más del 50 % de su vegetación forestal original se ha perdido. En esta tesis se analizó la optimización de una red de conservación de las especies arbóreas en esta entidad a través de la programación lineal. Se usaron polígonos geográficos irregulares en forma y tamaño, con base en los tipos de vegetación de la serie IV de Uso de Suelo y Vegetación (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), con cuatro objetivos: (1) minimizar el número de polígonos requeridos para la conservación de las especies arbóreas; (2) minimizar el número de polígonos, incluyendo en lo posible polígonos con áreas protegidas existentes; (3) minimizar la superficie total de los polígonos en la solución; y (4) minimizar el número de los polígonos, pero usando en lo posible los polígonos más grandes. Se emplearon dos bases de datos para el estado: 84 especies arbóreas de Mimosoideae (Leguminosae) localizadas en 218 polígonos (734 colectas), y 626 especies arbóreas recopiladas por la Red Internacional de Inventarios Forestales en 102 polígonos (8960 colectas). Al conjuntar ambas bases se tuvo un total de 688 especies arbóreas, las cuales representan cerca del 50 % de los registros de especies arbóreas en Chiapas. Los cuatro diferentes objetivos de optimización no tienen soluciones muy distintas para una misma base. Más bien, la base de datos con los nombres y la distribución de las especies es fundamental. La superficie a proteger no aumenta proporcionalmente con el número de especies incluidas: las 626 especies de la segunda base requieren 1.3-1.4 % menos superficie que la primera base con 84 especies. Independientemente de los objetivos buscados, la superficie para ser conservada es relativamente pequeña (entre 4.4 y 10.8 % de Chiapas). Este resultado es favorable para la conservación. Sin embargo, el porcentaje de la superficie con área natural protegida ya existente en las soluciones es pequeño (1.2 % a 4.0 % según la estrategia de optimización).

## **Abstract**

It is estimated that there are about 1,500 tree species in Chiapas, but that more than 50 % of its original forest vegetation has been lost. Employing linear programming, the optimization of a conservation network of tree species in Chiapas is analyzed in this thesis. Geographic polygons from the vegetation series IV of Land Use and Vegetation Maps (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), irregular in shape and size, were used with four objectives: (1) minimizing the number of polygons required for tree species conservation; (2) minimizing the number of polygons, but giving preference to polygons where protected areas already exist; (3) minimizing the total area of the polygons in the solution; and (4) minimizing the number of the polygons, but using the largest possible polygons. Two databases were used for the state: 84 tree species of Mimosoideae (Leguminosae), distributed across 218 polygons (734 specimen collections), and 626 tree species, compiled by the International Forest Inventory Network, in 102 polygons (8960 collections). Combining both databases, a list of 688 tree species was compiled, which represents about 50 % of the known tree species of Chiapas. The solutions of the four different optimization objectives were not very different for a given data base. Rather, the database with the names and distribution of each species is critical. The surface to be protected does not increase proportionally with the number of included species: the 626 species from the second database require 1.3-1.4 % less surface than the first database with 84 species. Regardless of which of the four objectives was pursued, the surface to be preserved is relatively small (between 4.4 and 10.8 %). That outcome is favorable for conservation. The percentage of surface already under protection, however, is small (1.2 % to 4.0 % according to the optimization strategy).



## 1. Introducción

En México existen hábitats con una gran diversidad de flora y fauna que son únicos, debido a sus características geológicas y orográficas (González-Espinosa *et al.* 2005; Peterson *et al.* 1993). La mayoría de estos hábitats se encuentran en peligro y cuentan con áreas relativamente pequeñas destinadas a su conservación (Peterson *et al.* 1993). La degradación de los ecosistemas y la disminución de su cobertura han tenido como resultado la pérdida de la biodiversidad (Lomolino 1994; Blasco *et al.* 2000; Orsi *et al.* 2011). Las actividades humanas son, en gran medida, el factor principal para esta degradación (Angelsen y Kaimowitz 1999; Blasco *et al.* 2000). En el caso de los ecosistemas terrestres, la deforestación afecta negativamente su estructura y funcionamiento. La reducción de la cubierta vegetal puede ocasionar problemas, como la fragmentación de hábitats o el cambio climático a escala regional (Lomolino 1994; Blasco *et al.* 2000; Aguilar *et al.* 2000).

México ha sido ampliamente reconocido por su elevado número de especies y su alto índice de endemismos (Ceballos y Navarro 1991); este es uno de los países más ricos del mundo por su diversidad de especies, ya que alberga a más del 12% de la biota mundial, razón por la cual es considerado un país megadiverso (Rzedowski 1978, 1991a, 1991b; Mc Neely *et al.* 1990; Mittermeier y Goettsch 1992; Mas *et al.* 1996; Challenger y Soberón 2008; Espinosa *et al.* 2008). Su topografía, extensión latitudinal y longitudinal, así como su ubicación coincidente con el encuentro entre dos grandes regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical) han sido factores determinantes para el desarrollo de la diversidad en México (Dirzo y Haven 1990; Mittermeier y Goettsch 1992; Challenger y Soberón 2008).

La superficie de bosques y selvas en México ha sido reducida al 33 % del 52 % que hubo originalmente en el país (Ricker *et al.* 2007). En el territorio nacional se estima que existen más de 20,000 especies de angiospermas, de las cuales el 50 % están restringidas a este (Rzedowski 1991a, 1991b; Villaseñor 2003).

La diversidad biológica terrestre de México comprende una gran variedad de paisajes y comunidades vegetales que cubren el territorio del país (Miranda y

Hernández-X. 1963; Rzedowski 1978; Blasco *et al.* 2000; Challenger y Soberón 2008) de las cuales las comunidades vegetales terrestres de Chiapas integran una de sus mayores riquezas florísticas (Reyes-Hartmann 2013). Posiblemente Chiapas es el estado donde se encuentra la mayor diversidad de especies arbóreas (Breedlove 1981, Ricker *et al.* 2007, Castillo 2009). Su riqueza arbórea se ha estimado entre 1,400-1,500 especies, pertenecientes a 463 géneros y 105 familias (González-Espinosa *et al.* 2004, 2005, 2009; Reyes-Hartmann 2013). Asimismo, en el estado se reconoce la presencia de entre 12 (Miranda 1952) 17 formaciones vegetales (Breedlove 1981), correspondientes en su mayoría a bosques y selvas (González-Espinosa *et al.* 2009; Reyes-Hartmann 2013).

Debido a la importancia de las comunidades vegetales en México, es necesario establecer criterios de priorización para el establecimiento de reservas donde se pueda conservar la mayor cantidad de especies en un número mínimo de dichas zonas (Villaseñor 1991) y establecer estrategias para el mantenimiento y manejo de éstas áreas (Margules y Pressey 2000).

El objetivo primordial en la biología de la conservación es evitar la pérdida de la biodiversidad y su meta es la selección de reservas naturales (Saetersdal *et al.* 1993; Witting y Loeschke 1995; Cantú *et al.* 2003, 2004) con la finalidad de preservar sitios con un gran número de especies y minimizar el mismo tiempo los riesgos de extinción (Margules y Sarkar 2009). Para este fin se utilizan algoritmos para definir las áreas a conservar. Estos algoritmos pueden proveer soluciones en donde en un mínimo número de reservas se pueda conservar la mayor cantidad de especies presentes (Underhill 1994).

Desde la década de 1980, ha habido un desarrollo progresivo en los métodos sistemáticos que se basan en algoritmos para identificar áreas de conservación. Estos procedimientos buscan representar un intervalo amplio de las características ambientales para optimizar la conservación de la biodiversidad en una región (Church *et al.* 1996; Cowling *et al.* 2003; Bedward *et al.* 1992; Peterson *et al.* 1993).

De acuerdo con diferentes objetivos, en esta tesis se exploran diferentes posibilidades de programar la optimización, para poder encontrar sitios óptimos de conservación. En este contexto se emplea la optimización matemática para encontrar una combinación de polígonos para la conservación de 688 especies arbóreas nativas del estado de Chiapas, alrededor de la mitad del número de especies estimado para el estado. Los polígonos utilizados son los determinados en los mapas de vegetación y uso de suelo (Serie IV) del INEGI. La tesis es un seguimiento del trabajo de Ricker *et al.* (2007), con 846 especies en 234 cuadros geográficos de un grado de latitud por un grado de longitud. En esta tesis no se utiliza la cuadrícula tradicional para encontrar la combinación óptima, sino que se aprovecha información más detallada sobre vegetación relativamente homogénea en polígonos. De esta manera aumenta la probabilidad de que una especie colectada en un sitio dentro de un polígono pueda encontrarse en otras partes dentro de sus límites.

Se utilizaron la siguientes capas de información geográfica de las características ambientales: hipsometría, isoyetas e isotermas en temporadas de lluvia y secas con valores máximos y mínimos. Estas características ambientales pueden asociarse con el gradiente de diversidad arbórea y la homogeneidad de los polígonos.

## **2. Antecedentes**

### **Clasificación de la vegetación**

La vegetación terrestre de México, ya sea de todo el país o de regiones particulares, ha sido descrita y clasificada por varios autores, como Miranda (1952), Sarukhán (1964), Miranda y Hernández-X. (1963), Gómez-Pompa (1965), Pennington y Sarukhán (2005), Flores-Mata *et al.* (1971), Rzedowski (1978), Breedlove (1981), González-Medrano (2003), e INEGI (1997, 2000a, 2000b, 2003, 2005). Los estados de sucesión secundaria han sido abordados por Challenger y Soberón (2008) y González-Espinosa y Ramírez-Marcial (2013).

Los sistemas de clasificación más utilizados han sido el de Miranda y Hernández-X. (1963), que describe 32 comunidades vegetales, y el de Rzedowski (1978) con 10 tipos de vegetación principales, cada uno con varias comunidades vegetales. Por otra parte, el sistema de clasificación del INEGI (2005) proporciona facilidad de su uso digital por ser el más desagregado y ofrecer mayor detalle, con 59 tipos de vegetación (Challenger y Soberón 2008; FAO 2010). La clasificación del INEGI ha sido reestructurada recientemente (INEGI 2005) para hacerla comparable con la de Rzedowski (1978) (Challenger y Soberón 2008).

En el Cuadro 1 se hace una comparación entre distintos sistemas de clasificación que se han utilizado para la descripción de los tipos de vegetación de México, con el fin de buscar algunas equivalencias entre dichos sistemas.

Cuadro 1. Comparativo de los tipos de vegetación arbórea reconocidos en diferentes sistemas de clasificación.

<b>INEGI (2005)</b>	<b>Miranda (1952)</b>	<b>Miranda y Hernández-X. (1963)</b>	<b>Rzedowski (1978)</b>	<b>Pennington y Sarukhán (2005)</b>
<b>Bosque de <i>Abies</i></b>	Bosque de hojas Aciculares	Bosque de Abetos u Oyameles	Bosque de Coníferas	-
<b>Bosque de Cedro</b>	-	-	-	-
<b>Bosque de Pino</b>	Pinares	Pinares	Bosque de Coníferas	Pinar Tropical
<b>Bosque de Encino</b>	Encinares	Encinares	Bosque de Quercus	Encinar Tropical
<b>Bosque Mesófilo de Montaña</b>	Pinares y Encinares	Selva Mediana o Baja Perennifolia, Bosque Caducifolio (en parte)	Bosque Mesófilo de Montaña	-
<b>Bosque de Pino-Encino</b>	Pinares y Encinares	Pinares y Encinares	Bosque de Coníferas	Pinar Tropical
<b>Manglar</b>	Manglar	Manglar	Manglar	Manglar
<b>Selva Alta Perennifolia</b>	Selva Alta siempre verde	Selva Alta Perennifolia	Bosque Tropical Perennifolio	Selva Alta Perennifolia
<b>Selva Baja Caducifolia</b>	Selva Baja Decidua	Selva Baja Caducifolia	Bosque Tropical Caducifolio	Bosque Tropical Deciduo
<b>Selva Baja Espinosa</b>	-	Selva Baja Espinosa	Bosque Espinoso	Selva Baja Espinosa Caducifolia
<b>Selva Baja Subcaducifolia</b>	Selva Baja Subdecidua	Selva Baja Espinosa Caducifolia	Bosque Tropical Subcaducifolio	Selva Baja Subcaducifolia
<b>Selva Baja Subperennifolia</b>	Selva Baja Subdecidua	Selva Baja Espinosa Subperennifolia	Bosque Tropical Subcaducifolio	Selva Baja Subcaducifolia
<b>Selva de Galería</b>	Vegetación Ribereña	-	Vegetación Acuática y Subacuática	-
<b>Selva Mediana Subcaducifolia</b>	Selva Alta Subdecidua	Selva Alta o Mediana Subcaducifolia	Bosque Tropical Subcaducifolio	Selva Alta o Mediana Subcaducifolia
<b>Selva Mediana Subperennifolia</b>	Selva Alta Subdecidua	Selva Alta o Mediana Subperennifolia	Bosque Tropical Perennifolio	Selva Alta o Mediana Subperennifolia

## Conservación de la biodiversidad

La conservación de la biodiversidad es un reto para el mantenimiento de las poblaciones (Nicholls y Margules 1993) el objetivo principal de esta disciplina es minimizar la pérdida de las especies y mantener su diversidad en un área geográfica (Nicholls y Margules 1993; Saetersdal *et al.* 1993; Cantú *et al.* 2004; González-Espinosa *et al.* 2004). Sin embargo esta actividad enfrenta también dos grandes problemas: ¿cómo definir a la biodiversidad y cómo optimizar su conservación *in situ* para la selección de las reservas naturales? (Orsi *et al.* 2011; Witting y Loeschcke 1995). La elección de las estrategias para la conservación depende críticamente de la escala, así como de la selección eficiente de los recursos a conservar (Peterson *et al.* 1993; Lehtomäki *et al.* 2009). Para lograr una estrategia eficiente de conservación de las especies que se distribuyen heterogéneamente en un área hay que establecer los criterios adecuados que permitan encontrar la combinación óptima de conservación en áreas mínimas para conservar cada una de las especies (Ricker *et al.* 2007; Underhill 1994).

Los biólogos conservacionistas han utilizado diferentes aproximaciones para evaluar las alternativas para la acumulación de reservas, las cuales representan las zonas prioritarias para distribuir los recursos (Nicholls y Margules 1993; Margules y Sarkar 2009); el inventario y el mantenimiento del mayor número de especies en un paisaje es de gran importancia así como una base para el desarrollo (González-Espinosa *et al.* 2004; Cantú *et al.* 2004).

Muchos recursos han sido experimentados para mitigar la reducción de la biodiversidad, incluyendo el establecimiento de áreas protegidas para desvincularlas de los procesos que amenazan su permanencia (Margules y Sarkar 2009). La delimitación de estas áreas es un ejercicio de priorización en el ámbito de la conservación. Sin embargo, las diferentes áreas tienen diferentes valores de conservación y de carácter económico, y por lo tanto se deben tomar decisiones en cuanto a qué áreas son las más adecuadas para la conservación (Vanderkam *et al.* 2007).

México es uno de los países tropicales que ha experimentado una deforestación más severa en las últimas décadas. La tasa de deforestación anual fluctúa entre valores de 0.25% a 0.76%. Este hecho es importante ya que algunos tipos de la vegetación original han sido sustituidos en su mayoría por vegetación secundaria debido al pastoreo, el manejo del fuego, la construcción de embalses y la apertura de la tierra al cultivo y centros de población humana (Ricker *et al.* 2007; Rocha-Loredo *et al.* 2010). Únicamente en ciertas áreas protegidas como cañadas y zonas con alta pendiente se presentan reductos de vegetación con menor evidencia de la influencia humana (Rocha-Loredo *et al.* 2010).

### **Diversidad arbórea y deforestación en Chiapas**

Igual que en todo México, en Chiapas el conocimiento taxonómico de las especies arbóreas todavía es incompleto (Padilla-Velarde *et al.* 2006; Ricker *et al.* 2007, 2010), aunque partes de la flora del estado ya son relativamente bien conocidas, tal es el caso de la flora arbórea de las áreas con clima templado-frío del centro de Chiapas (González-Espinosa *et al.* 2004, 2009).

En México, las Áreas Naturales Protegidas constituyen el principal instrumento que el Gobierno Federal ha elegido para canalizar los esfuerzos para la conservación de la biodiversidad (Durán-García y Ramos-Pacheco 2010). Aunque se han incrementado las superficies que se encuentran formalmente bajo un estatuto de protección, éstas aún presentan una extensión, cobertura y representatividad insuficientes. Esta situación limita las posibilidades de garantizar la supervivencia de poblaciones de muchas especies fundamentales (Carabias y Quadri 1995).

De acuerdo con Espinosa-Jiménez *et al.* (2011), Ochoa-Gaona (1996) y Pérez-Farrera (2004), basado en la riqueza florística del estado de Chiapas, las áreas más importantes corresponden a las Áreas Naturales Protegidas: Reserva de la Biósfera El Ocote con un total de 705 especies, Reserva de la Biósfera El Triunfo con 3,000 especies, Parque Nacional Cañón del Sumidero con 1,298 especies y Reserva de la Biosfera la Sepultura 1,798 especies (Cuadro 2), las cuales coinciden



con algunos de los polígonos de solución arrojados por las funciones objetivo utilizadas en este estudio. Con respecto a la diversidad arbórea del estado, ésta se ha estimado en 1,400-1,500 especies, pertenecientes a 463 géneros y 105 familias (González-Espinosa *et al.* 2004, 2005, 2009; Reyes-Hartmann 2013). La amplitud latitudinal de Chiapas y su accidentada orografía, junto con su historia geológica, determinan una enorme variedad de condiciones ecológicas, lo que explica la gran diversidad de su flora (Mülleried 1957; Franco *et al.* 2011). La distribución de la diversidad arbórea de Chiapas es heterogénea, y los mayores valores de diversidad se reportan para la región conocida como Selva Lacandona. En contraparte, las regiones de Los Altos y las Montañas del Norte, localizadas en una altitud superior a 1,500 m s.n.m., muestran los valores más bajos de diversidad arbórea del estado (González-Espinosa *et al.* 2004). Esta situación hace importante la búsqueda de estrategias eficientes de conservación (González-Espinosa *et al.* 2005).

Cuadro 2. Superficies de áreas naturales protegidas en Chiapas

<b>NOMBRE</b>	<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% Superficie Chiapas</b>
<b>Zona de Protección Forestal</b>	1.591,10	2,17
<b>Bonampak</b>	43,69	0,06
<b>Cascadas de Agua Azul</b>	19,10	0,03
<b>Cañón del Sumidero</b>	111,81	0,15
<b>Cañón del Usumacinta</b>	0,22	0,0003
<b>Chankín</b>	121,42	0,17
<b>El Triunfo</b>	1.079,98	1,47
<b>La Encrucijada</b>	340,34	0,46
<b>La Sepultura</b>	1.385,51	1,89
<b>Lacantún</b>	603,88	0,82
<b>Lagunas de Montebello</b>	47,28	0,06
<b>Metzabok</b>	29,36	0,04
<b>Montes Azules</b>	3.076,46	4,20
<b>Palenque</b>	9,55	0,01
<b>Nahá</b>	36,69	0,05
<b>Playa de Puerto Arista</b>	0,12	0,0002
<b>Selva el Ocote</b>	825,96	1,13
<b>Volcán Tacaná</b>	48,32	0,07
<b>Yaxchilán</b>	24,33	0,03

<b>Totales</b>	9.395,12	12,82
----------------	----------	-------

Desafortunadamente para la conservación de su biodiversidad, Chiapas es uno de los estados de México donde la deforestación alcanza los valores más altos del país. Las tasas anuales sobrepasan estimaciones del 1.5 % desde 1994 a la fecha (González-Espinosa *et al.* 2009). Hacia finales del siglo pasado, la superficie total forestal en Chiapas disminuyó cerca del 50 %, para ser convertida en áreas agrícolas o potreros (González-Espinosa *et al.* 2009, Cayuela *et al.* 2005). Contrariamente al severo grado de deforestación documentado para los últimos 50 años, no se ha reportado la extinción de ninguna especie arbórea, aunque esto se puede deber a la falta de inventarios que lo pudieran detectar (Reyes-Hartmann 2013).

González-Espinosa *et al.* (2005) demostraron que existe una correlación significativa entre los datos de la diversidad de árboles con la duración de la temporada de lluvias. Algunas características físicas pueden explicar algunos aspectos ambientales y de heterogeneidad espacial, asimismo se demostró que existe una relación entre estas características ambientales y la diversidad arbórea.

### **Algoritmos para determinar redes de áreas naturales protegidas**

El objetivo central de la conservación biológica es evitar la pérdida de la biodiversidad. El problema consiste en cómo definir y medir la biodiversidad, y cómo optimizar su conservación *in situ* (Saetersdal *et al.* 1993; Witting y Loeschcke 1995). La creación de reservas naturales es una solución para el problema de la pérdida de la biodiversidad. Comúnmente la selección de reservas naturales se lleva a cabo mediante herramientas de software, con el uso de conjuntos digitales georeferenciados y algoritmos de selección de áreas (Margules y Sarkar 2009), pero su efectividad depende de una adecuada base de las características naturales y de los métodos para la ubicación de las reservas en relación con esas características y sus usos de suelo (Bedward *et al.* 1992; Fischer y Church 2003).

Algunos autores han desarrollado métodos basados en algoritmos para optimizar la selección de las reservas con la finalidad de maximizar el número de

especies contenidas en un sistema. En este sentido, las reservas pueden ser establecidas para contener el mayor número de especies posible en el menor número de sitios en una región, y así tener un máximo de conservación de la diversidad (Witting y Loeschcke 1995; Nicholls y Margules 1993).

Margules y colaboradores (1988) generaron por medio de aproximaciones iterativas un algoritmo simple y eficiente para determinar el número mínimo de sitios en una región con el máximo de la conservación de la diversidad. Estos algoritmos han sido llamados “procedimientos iterativos de selección” o “algoritmos heurísticos” (Saetersdal *et al.* 1993; Nicholls y Margules 1993). Autores como Margules *et al.* (1988), Vane-Wright *et al.* (1991), Bedward *et al.* (1992), Lomolino (1994), Nicholls y Margules (1993), Saetersdal *et al.* (1993), Underhill (1994), Church *et al.* (1996), Csuti *et al.* (1997), Cowling *et al.* (2003) Vanderkam *et al.* (2007) y Orsi *et al.* (2011) realizaron estudios donde usan este tipo de algoritmos para proponer sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica, comparando estrategias que permiten establecer el mantenimiento del mayor número de especies en áreas mínimas de conservación.

Se distinguen dos tipos de algoritmos usados en la selección sistemática de reservas: los algoritmos de optimización “garantizada” (*guaranteed*) y los algoritmos de aproximación al óptimo (Underhill 1994; Vandekam *et al.* 2007; Orsi *et al.* 2011). La programación lineal provee de soluciones óptimas para el problema de selección de reservas, encontrando el máximo número de especies en el número mínimo de sitios necesarios para representar a todas las especies (Church *et al.* 1996). El desarrollo del método de optimización lineal es uno de los avances científicos más importantes de la primera mitad del siglo xx. El método Simplex de optimización lineal (o programación lineal) fue inventado por el matemático y economista George B. Dantzig en 1947. Desde la década de 1980 ha sido adaptado para la selección de reservas, así como para proponer soluciones óptimas para el manejo y la conservación de los ecosistemas (Dykstra 1984; Hillier y Lieberman 1990; Ricker *et al.* 2007; Vanderkam *et al.* 2007).

El método Simplex es un procedimiento algebraico que permite abordar problemas con hasta miles de variables y restricciones en la forma de un sistema de ecuaciones o inecuaciones para poder llegar a una solución óptima y orientar decisiones hacia un fin determinado (Dykstra 1984; Hillier y Lieberman 1990; Ricker *et al.* 2007; Vanderbei 2001). Sin embargo, no siempre llega a soluciones con variables binarias de presencia-ausencia de especies (Vanderkam *et al.* 2007). La principal ventaja de este tipo de modelo de optimización cuando se compara con otros métodos como los heurísticos, es que estos algoritmos están disponibles para resolver muchos problemas y aplicaciones de tamaño razonable para garantizar la optimalidad. (Orsi *et al.* 2011). Los problemas con variables discontinuas y problemas no lineales generalmente requieren un número más reducido de variables para llegar a una solución.

El segundo tipo de algoritmos, conocidos como heurísticos (también llamados “greedy” o “voraces”), obtienen una solución aproximada a la óptima, pero no se sabe hasta qué grado lo hacen hasta que son comparados con un algoritmo de optimización “garantizada”. Varios autores como Underhill (1994), Church *et al.* (1996) y Csuti *et al.* (1997) afirman que estos procedimientos son subóptimos, porque no permiten que un sitio sea eliminado del conjunto de prioridad una vez que ha sido seleccionado en una iteración anterior. Según Underhill (1994), aunque los algoritmos “voraces” pueden ocasionalmente proporcionar la solución correcta, ésta no tiene la certeza de lo que será, y esto puede producir resultados gravemente subóptimos (Church *et al.* 1996). Para demostrar este hecho, Underhill (1994) propuso un contra-ejemplo para demostrar que el uso de estos algoritmos no es óptimo, y mostrar a la vez que el problema para minimizar el número de reservas para conservar cada especie se soluciona con una aplicación sencilla de una técnica estándar en investigación de operaciones, utilizando técnicas de programación de enteros.

Los algoritmos heurísticos comienzan con la contención de un sitio, en donde se encuentra la mayor parte de las especies que secuencialmente se incorporan. Estos algoritmos tienen la ventaja de que son rápidos y relativamente simples, como

el algoritmo de complementariedad (Csuti *et al.* 1997). Los algoritmos propuestos por Margules *et al.* (1988), Vane-Wright *et al.* (1991) y Lomolino (1994) son similares.

El uso de métodos heurísticos para la selección representativa de reservas comenzó en 1980, incorporando una metodología lógica iterativa para procesar conjuntos de datos. Los algoritmos heurísticos típicamente usan un procedimiento de árbol de decisión, a menudo con el objetivo de representar todas las especies en al menos una ubicación en una región, o para maximizar el número de características que se encuentran en un número predeterminado de sitios o áreas (Vanderkam *et al.* 2007). Un algoritmo heurístico ordena los sitios de acuerdo con uno o más valores de los atributos reales o derivados, por ejemplo la riqueza de especies o la presencia de especies raras. Entonces se selecciona el sitio con el mayor valor para este atributo (Underhill 1994; Vanderkam *et al.* 2007).

Lomolino (1994) realizó un estudio en el que evaluó dos estrategias genéricas para la acumulación de reservas. Reservas naturales de tamaño pequeño a grande (STL) y reservas naturales de tamaño grande a pequeño (LTS). La mejor combinación posible (BEST) fue determinada por medio de un programa de optimización que considera todas las posibles combinaciones de las reservas. Estas estrategias fueron comparadas con un modelo nulo de acumulación de reservas al azar (RANDOM) a partir de datos obtenidos de diversos grupos taxonómicos (mamíferos no voladores, murciélagos, aves, reptiles, anfibios, hormigas, isópodos y plantas árticas) en localidades geográficas de América del Norte, Europa, África, parques nacionales, islas, y archipiélagos de aguas continentales. En el estudio se consideraron todas las posibles combinaciones de reservas, en donde se usaron criterios de selección especificados como la inclusión del número máximo de especies objetivo en las áreas más pequeñas. Se demostró que en el modelo nulo (RANDOM) se requiere más área que en los procedimientos STL o LTS. Los resultados de las cuatro estrategias alternativas (LTS, STL BEST y RANDOM) demostraron que las estrategias LTS y STL fueron equivalentes; por otra parte, las estrategias STL y LTS requerían mucha más superficie que la mejor de todas las

combinaciones posibles (BEST). En comparación con esta última, las estrategias STL y LTS requerían de 54 a 226 % más área, para incluir todas las especies al menos una vez.

### **3. Objetivo**

Determinar aquellos polígonos con vegetación forestal en Chiapas, que representan la solución óptima para conservar las 688 especies arbóreas registradas en dos bases de datos.

#### **Objetivos particulares**

1. Analizar en un Sistema de Información Geográfica (SIG) los polígonos de vegetación que reconoce el INEGI en Chiapas, en conjunto con la información sobre altitud, precipitación, temperatura, y estatus como área natural protegida.
2. Determinar en cada polígono las especies arbóreas presentes registradas en dos bases de datos, una con 626 especies y otra de la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae, con 84 especies.
3. Aplicar programación lineal para cada base con el fin de optimizar la combinación de polígonos bajo diferentes funciones objetivo.

### **4. Área de estudio**

El estado de Chiapas se localiza entre los 14°32'-17°59' latitud norte y los 90°22'-94°15' longitud oeste. La superficie total de Chiapas es de 73,311 km<sup>2</sup>, incluyendo cuerpos de agua (INEGI 2015). El estado de Chiapas se encuentra dividido en siete regiones fisiográficas según Mülleried (1957), las cuales se muestran en la Figura 1. El intervalo altitudinal varía desde el nivel del mar hasta más de 4,000 m s.n.m. en la Sierra Madre. En Chiapas se han reconocido 84 taxa edáficos y más de 30 tipos climáticos de la clasificación de Köppen (González-Espinosa *et al.* 2005; Franco *et al.* 2011). Esta clasificación incluye los climas: cálido húmedo, cálido seco, templado húmedo y templado subhúmedo. INEGI maneja un total de 59 tipos de vegetación y 27 tipos de uso de suelo. (FAO 2010; INEGI 2005).

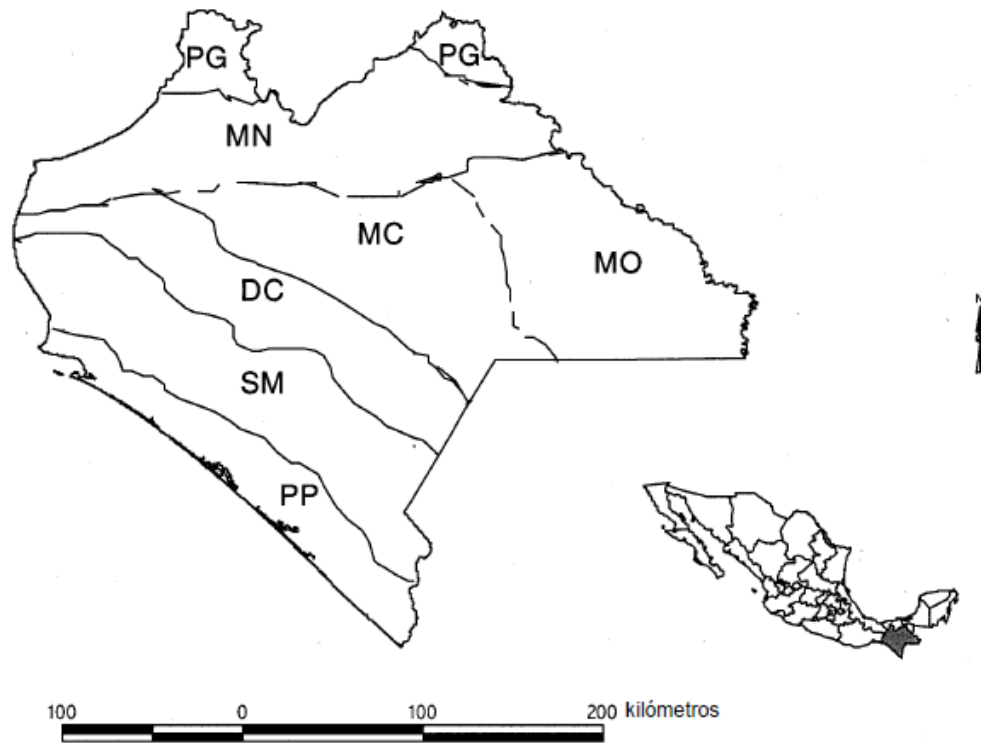


Figura 1. Regiones fisiográficas de Chiapas (Mülleried 1957) MN= Montañas del Norte, SM= Sierra Madre, MC= Meseta Central, DC= Depresión Central, MO= Montañas de Oriente, PG= Planicie costera del Golfo, PP= Planicie Costera del Pacífico.

## 5. Métodos

La cartografía de Uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000 aquí empleada, se ha producido por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) desde 1993. La cartografía de Uso del Suelo y Vegetación Serie IV de 2007 tiene incorporada las variables cualitativas y cuantitativas (aproximadamente 100) del muestreo de campo de los más de 25,000 conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos ubicados en todas las condiciones de vegetación existentes en el territorio nacional realizado por la Comisión Nacional Forestal durante el periodo 2004 – 2007 (FAO 2010).

Los mapas digitales se obtuvieron de la página del INEGI (<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/usuarios/>). Se utilizó el programa computacional *ArcGis* 10.0. La información de las zonas forestales fue obtenida a partir de la capa de información geográfica del mapa de Uso de Suelo y Vegetación



serie IV del INEGI. Los polígonos usados fueron los delimitados por el INEGI como parte de su trabajo de cartografía.

El INEGI reconoce tipos de vegetación primarios originales y los combina con categorías de perturbación. De esta manera resultan 27 tipos de uso de suelo y 59 tipos de vegetación en México, de los cuales se presentan 42 en Chiapas. En este trabajo fueron utilizados 16 tipos de vegetación forestal (Cuadro 4). La selección de los polígonos fue delimitada a partir de la calificación usada por INEGI en la Serie IV de Vegetación y Uso de Suelo, fueron eliminados aquellos polígonos con un área menor a 100 ha y no fueron considerados los centros urbanos, zonas agrícolas, zonas sin vegetación aparente, los cuerpos de agua y algunos tipos de vegetación (tular, popal, pastizales y áreas de cultivo).

Se utilizaron las siguientes capas de información geográfica, para caracterizar cada polígono en el estado: hipsometría, isoyetas e isotermas máximas y mínimas para cada uno de los periodos comprendidos entre mayo-octubre y noviembre-abril. Los datos fueron obtenidos por el INEGI en un periodo de tiempo de diez años, de 1990 al año 2000. La capa de vegetación se cruzó con su correspondiente de hipsometría, isoyetas e isotermas. Estas características explican algunos aspectos ambientales y de heterogeneidad espacial que se correlacionan directamente con la diversidad en un espacio ambiental continuo. A partir de estos cruces se generó una base de datos con las características ambientales de elevación, temperatura y precipitación. Se determinaron la elevación, la temperatura y la precipitación, (máxima y mínima en cada caso), para cada uno de los 2,268 polígonos y se categorizaron por tipo de vegetación estableciendo intervalos de las características ambientales (Cuadro 5) y en cada uno de los polígonos de solución (Cuadro 6)

La variación entre el tamaño de los polígonos es muy marcada (Figura 3); hay polígonos con una extensión muy grande (Marqués de Comillas y Selva Lacandona) y otros muy que representan únicamente el 0.0002% de la superficie forestal de Chiapas.

Las dos bases de datos con la información sobre las especies fueron las siguientes:

- 1) La base de datos de la distribución en México de 173 especies arbóreas de la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae, de las cuales 89 especies en 18 géneros se encuentran en el estado de Chiapas, distribuidas con 1,676 puntos de colecta geo-referenciados (Figura 4). La base fue generada en el Instituto de Biología, entre 2010 y 2012, como parte de un proyecto con Petróleos Mexicanos (PEMEX). Un listado actualizado de las especies del grupo fue publicado por Ricker *et al.* (2013). En el proyecto se capturó la información de las etiquetas de todos los ejemplares en el herbario MEXU para las 173 especies en todo México. La mayoría de las determinaciones de los ejemplares incluidas en la base fue verificada por especialistas, y se complementaron y verificaron las coordenadas geográficas. De esta base se hizo aquí una extracción de la información para Chiapas.
- 2) La segunda base forma parte de un proyecto de La Red Internacional de Inventarios Forestales ([www.biotreenet.com](http://www.biotreenet.com)) La base de datos contiene más de 50,000 registros de árboles de 5,000 especies distribuidas desde el suroeste de México hasta Panamá (Cayuela *et al* 2012). Para Chiapas esta base incluye 626 especies pertenecientes a 107 familias, con 8,960 puntos de colecta en el área forestal todavía presente en Chiapas (Figura 5), concentradas principalmente en las regiones fisiográficas de la Meseta Central, la Sierra Madre y las Montañas del Norte.

La optimización se llevó a cabo con el programa computacional LINGO 13 ([www.lindo.com](http://www.lindo.com)). Se determinó para cada uno de los polígonos resultantes en la cobertura forestal del estado de Chiapas la presencia-ausencia de puntos de colecta de la base de datos correspondiente. Con ello se construyó una matriz de presencia-ausencia, (1= especie presente, 0= especie ausente). Los detalles de la formulación de la función objetivo y las restricciones se presentan en los resultados para cada uno de los diferentes objetivos.

Para llevar a cabo la optimización, se prepararon archivos de entrada en *Excel* que fueron importados en *Mathematica*. Un archivo contiene la presencia o ausencia de las especies en los polígonos considerados. Por ejemplo, Las especies *Acacia centralis* y *A. collinsi* fueron colectadas en el polígono P111953:

<b>Especie</b>	<b>... P111938</b>	<b>P111953</b>	<b>P111956...</b>
<i>Abarema zolleriana</i>	0	0	0
<i>Acacia centralis</i>	0	1	0
<i>Acacia chiapensis</i>	0	0	0
<i>Acacia cochliacantha</i>	0	0	0
<i>Acacia collinsii</i>	0	1	0
...			

El objetivo de usar *Mathematica* es programar el archivo de entrada de *LINGO*. *Mathematica* también tiene capacidades de optimización, pero es menos especializado en este aspecto que *LINGO*. La formulación de los algoritmos de programación se adjuntan en un disco en el documento físico (Apéndice 3).

Este código de *Mathematica* se usa para preparar el archivo de minimización del número de polígonos (Apéndice 1), usando en caso de soluciones alternativas los polígonos con mayor superficie. El archivo preparado para *LINGO* está en formato de texto, y en este caso se ve como sigue:

```

MIN =
P108978 * 0.000000921477 [inverso de la superficie del polígono P108978] + P109405 *
0.00000000308321 + ...[otros 215 términos]
+ P122157 * 0.00000018109;

!Abaremazolleriana;
P113569 + P118093 + P119502 >= 1;

!Acaciacalifornica;
P119687 >= 1;

!Acaciacentralis;
P111953 + P114464 + P117478 + P121776 >= 1;

... [otras 81 especies]

END

```

Las variables P108878 etc. son variables binarias, es decir, solamente pueden tener los valores 0 (excluir) o 1 (incluir). No es necesario especificar eso en el código de *LINGO*, porque el problema está formulado de tal forma que automáticamente resulta así en la solución. Es preferible no incluir esta restricción cuando no es necesario, porque el algoritmo resulta ser más simple y eficiente. Usando el inverso de la superficie de los polígonos como coeficientes hace que el algoritmo determine los polígonos con coeficiente más pequeño en su optimización, lo que al final resulta en los polígonos con mayor superficie en el conjunto del número mínimo de polígonos, las variables deben estar restringidas de no ser negativas.

Afortunadamente en esta tesis los problemas están formulados de manera tal que siempre se ha podido usar el algoritmo original de Dantzig para variables continuas, llegando de todas formas a soluciones con variables binarias (es decir, una restricción no fue necesaria).

## 6. Resultados

### Tipos de vegetación en Chiapas

Se usaron 25 categorías para los tipos de vegetación forestales, de los cuales 14 categorías son primarias y 11 están combinadas con algún grado de perturbación (Cuadro 3). El total de 38,285.59 km<sup>2</sup> representa la superficie forestal presente todavía en 2007 (52 % de la superficie total de Chiapas)., en parte con algún grado de perturbación, y es el área de estudio. No incluye áreas completamente deforestadas en Chiapas y por ende no representa la cobertura forestal original del estado.

Cuadro 3. Tipos de vegetación forestal (según el INEGI 2005) con superficie y porcentaje con respecto al total de la superficie forestal de la entidad

Tipo de vegetación	Abreviatura	Superficie (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)	Número de polígonos
Bosque cultivado	BC	14.9	0.04	3
Bosque de <i>Abies</i>	BA	23.8	0.06	2
Bosque de cedro	BB	23	0.01	1
Bosque de pino	BP	1,295.3	3.38	76
Bosque de encino	BQ	417.3	1.09	55

<b>Bosque mesófilo de montaña</b>	BM	2,332.2	6.1	91
<b>Bosque de pino-encino</b>	BPQ	1,655.1	4.32	133
<b>Manglar</b>	VM	431.7	1.13	14
<b>Selva alta perennifolia</b>	SAP	6,538.4	17.08	80
<b>Selva baja caducifolia</b>	SBC	103.7	0.27	14
<b>Selva baja subcaducifolia</b>	SBS	61.0	0.16	3
<b>Selva baja subperennifolia</b>	SBQ	51.5	0.13	6
<b>Selva de galería</b>	SG	13.5	0.04	2
<b>Selva mediana subperennifolia</b>	SMQ	127.6	0.33	13
<b>Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino</b>	VSA/BQ	1,042	2.72	137
<b>Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino</b>	VSA/BP	1,842.4	4.81	176
<b>Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino-encino</b>	VSA/BPQ	4,950.9	12.93	305
<b>Vegetación secundaria arbórea de bosque mesófilo de montaña</b>	VSA/BM	3,779.3	9.87	176
<b>Vegetación secundaria arbórea de selva alta perennifolia</b>	VSA/SAP	8,740	22.83	497
<b>Vegetación secundaria arbórea de selva baja caducifolia</b>	VSA/SBC	2,966.7	7.75	347
<b>Vegetación secundaria de manglar</b>	VSA/VM	349.5	0.91	29
<b>Vegetación secundaria de selva baja espinosa</b>	VSA/SBK	3	0.01	1
<b>Vegetación secundaria de selva baja subperennifolia</b>	VSA/SBQ	5	0.01	1
<b>Vegetación secundaria de selva mediana subcaducifolia</b>	VSA/SMS	512.9	1.34	34
<b>Vegetación secundaria de selva mediana subperennifolia</b>	VSA/SMQ	1,025.5	2.68	72
		38,285.6	100	2,268

Combinando las superficies de cada categoría en estado original y con perturbación (pero sin considerar las áreas completamente deforestadas), se obtiene una lista de los tipos de vegetación presentes con diferentes grados de perturbación (Cuadro 4). El tipo de vegetación predominante en el estado resulta ser todavía la “Selva alta perennifolia”, con un total de 15,278.44 km<sup>2</sup> y correspondiente al 39 % de la cobertura total forestal del estado. Después sigue el “Bosque de pino-encino” con cerca de 17 %, el “bosque mesófilo de montaña” con 15 %, y el “Bosque de Pino” con casi 8 %.

Cuadro 4. Tipos de vegetación predominante presentes en 2007 en Chiapas, sin considerar el grado de perturbación

Tipo de vegetación	Abreviatura	Superficie (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)	Número de polígonos
Bosque cultivado	BC	14.86	0.04	3
Bosque de Abies	BA	23.81	0.06	2
Bosque de cedro	BB	2.30	0.01	1
Bosque de pino	BP	3,137.64	8.20	252
Bosque de encino	BQ	1,459.37	3.81	192
Bosque mesófilo de montaña	BM	6,111.50	15.96	267
Bosque de pino-encino	BPQ	6,606.05	17.25	438
Manglar	VM	781.20	2.04	43
Selva alta perennifolia	SAP	15,278.44	39.91	577
Selva baja caducifolia	SBC	3,070.38	8.02	361
Selva baja espinosa	SBK	3.05	0.01	1
Selva baja subcaducifolia	SBS	61.01	0.16	4
Selva baja subperennifolia	SBQ	56.49	0.15	6
Selva de galería	SG	13.49	0.04	2
Selva mediana subcaducifolia	SMS	512.89	1.34	34
Selva mediana subperennifolia	SMQ	1,153.10	3.01	85
<b>Totales</b>		<b>38,285.59</b>	<b>100.00</b>	<b>2268</b>

En los Cuadros 5 y 6 se muestran los intervalos de las características ambientales de los todos los polígonos y los polígonos de solución, con datos correspondientes a cada uno de ellos:

- a) NÚMERO DE POLÍGNOS: número total de polígonos presentes por tipo de vegetación.
- b) TIPO DE VEGETACIÓN: clasificación de la vegetación utilizada.
- c) TIPO VEG: abreviatura de tipo de vegetación (véase Cuadro 3).
- d) DESVEG: Grado de perturbación.
- e) SUPERFICIE EN HECTÁREAS: intervalo de superficie en hectáreas para cada tipo de vegetación (se presenta el polígono más pequeño al más grande).

- f) ALTITUD EN m S.N.M.: intervalo de elevación de los polígonos de acuerdo a su Tipo de Vegetación.
- g) PRECIP EN mm (SECAS): intervalo de precipitación en milímetros para la temporada de secas.
- h) PRECIP EN MM (LLUVIAS): intervalo de precipitación en milímetros en temporada de lluvias.
- i) TEMP MÁX Nov-Abr EN °C: temperaturas máximas comprendidas en el periodo Noviembre a Abril expresada en grados centígrados.
- j) TEMP MÍN Nov-Abr EN °C: temperaturas mínimas comprendidas en el periodo Noviembre a Abril expresadas en grados centígrados.
- k) TEMP MED MAX Nov-Abr EN °C: temperatura media Máxima de Noviembre a Abril expresada en grados centígrados.
- l) TEMP MÁX May-Oct EN °C: temperaturas máximas comprendidas en el periodo Mayo a Octubre expresadas en grados centígrados.
- m) TEMP MÍN May-Oct EN °C: temperaturas mínimas comprendidas en el periodo Mayo a Octubre expresadas en grados centígrados.
- n) TEMP MED MAX May-Oct EN °C: temperatura media máxima de Mayo a Octubre expresada en grados centígrados.

Con base en las características ambientales obtenidas se observan los intervalos para cada uno de los tipos de vegetación definidos para este estudio, encontrando una relación directa entre los intervalos las variables ambientales con el tipo de vegetación existente.

Los tipos de vegetación con un mayor número de polígonos corresponden a tipos de vegetación con algún grado de perturbación mientras que los polígonos de vegetación primaria representan apenas el 21.7 % del total de número de polígonos. Los intervalos de altitud para todo el territorio del estado son muy heterogéneos (0 a 4500 m s.n.m.); los más amplios se presentan en los tipos de vegetación Bosque Mesófilo de Montaña (300 a 4500 m s.n.m.) y Bosque de Pino (500 a 3000 m s.n.m.). Estas dos categorías también presentan los mayores valores de precipitación en temporada de lluvias, con valores superiores a 3000 mm. Los polígonos mejor

representados en cuanto a superficie también corresponden a aquellos con perturbación, exceptuando el tipo de vegetación Selva Alta Perennifolia, donde se presentan los intervalos más amplios del estado.

Los polígonos pertenecientes a los tipos de vegetación (Cuadro 6) presentes en la solución guardan la misma relación con respecto a todos los polígonos, representando en gran medida las características ambientales de todo el estado.



Cuadro 5. Caracterización cuantitativa ambiental por el tipo de vegetación en el estado de Chiapas.

TIPO DE VEGETACIÓN	NÚMERO DE POLÍGONOS	DESVEG	SUPERFICIE (Ha)	ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PRECIP EN SECAS (mm)	PRECIP EN LUVIAS (mm)	TEMP MAX Nov-Abr (°C)	TEMP MIN Nov-Abr (°C)	TEMP MED MAX Nov-Abr (°C)	TEMP MAX May-Oct (°C)	TEMP MIN May-Oct (°C)	TEMP MED MAX May-Oct (°C)
Bosque de <i>Abies</i>	2	Primario	1,129 - 1,252	1500 - 3000	250 - 350	2300 - 2600	18.1 - 24.0	9.0 - 12.0	19.6 - 22.6	18.1 - 24.0	9.0 - 15.0	19.5 - 22.5
Bosque de Cedro	1	Primario	230	1000 - 2000	500 - 600	1700 - 2300	18.1 - 24.0	9.0 - 12.0	19.6 - 22.6	21.1 - 27.0	12.0 - 18.0	25,5
Bosque Cultivado	3	Primario	128 - 840	0 - 300	700 - 1000	1400 - 2000	27.1 - 30.0	18.0 - 19.5	28.6 - 29.3	33.0 - > 34.6	> 22.5	35,3
Bosque Mesófilo de Montaña	91	Primario	123 - 30,496	300 - 4500	100 - 2000	1000 - > 3000	15.1 - 30.0	< 3.0 - 18.0	19.6 - 31.6	<15 - 33.0	<3.0 - 21.0	7.5 - 31.5
Bosque de Pino	76	Primario	108 - 13,753	500 - 3000	75 - 700	1000 - > 3000	15.1 - 33.0	3.0 - 18.0	19.6 - 28.6	18.1 - 34.5	9.0 - 21.0	19.5 - 31.5
Bosque de Pino-Encino	133	Primario	105 - 13,288	500 - 3000	50 - 600	900 - 2300	15.1 - 33.0	3.0 - 15.0	16.6 - 31.6	18.1 - 33.0	6.0 - 21.0	19.5 - 31.5
Bosque de Encino	55	Primario	130 - 7,315	300 - 3000	50 - 600	600 - 2300	15.1 - 33.0	6.0 - 18.0	19.6 - 31.6	18.1 - 33.0	9.0 - 21.0	19.5 - 33.8
Selva Alta Perennifolia	80	Primario	114 - 134,325	0 - 2000	350 - 2000	1400 - 3000	18.1 - 30.0	9.0 - 19.5	22.6 - 28.6	24.1 - 34.5	15.0 - 22.5	25.5 - 33.8
Selva Baja Caducifolia	14	Primario	150 - 2,779	0 - 2000	50 - 200	700 - 2300	24.1 - 33.0	12.0 - 18.0	22.6 - 28.6	24.1 - 34.5	12.0 - 22.5	25.5 - 33.8
Selva Baja Subperennifolia	6	Primario	314 - 2,548	0 - 300	500 - 1400	1700 - 2300	27.1 - 30.0	15.0 - 19.5	28,6	33.0 - 34.5	18.0 - 22.5	33,8
Selva Baja Subcaducifolia	3	Primario	216 - 2,932	0 - 300	600 - 1000	1400 - 2000	27.1 - 30.0	18.0 - 19.5	28.6 - 29.3	33.0 - >34.6	> 22.5	33.8 - 35.3
Selva de Galería	2	Primario	487 - 861	0 - 1000	50 - 125	800 - 2000	30.1 - > 33.1	12.0 - 19.5	31.6 - 34.6	30.1 - 34.5	18.0 - 22.5	31.5 - 33.8
Selva Mediana Subperennifolia	13	Primario	191 - 2,406	0 - 2000	125 - 600	1000 - 2300	24.1 - 30.0	12.0 - 19.5	28,6	27.1 - 34.5	18.0 - 22.5	31.5 - 33.8
Manglar	14	Primario	151 - 18,074	0 - 300	50 - 125	1200 - 2000	> 33.1	18.0 - 19.5	34,6	33.0 - 34.5	21.0 - 22.5	33,8

Cuadro 5. Continuación

TIPO DE VEGETACIÓN	NÚMERO DE POLÍGONOS	DESVEG	SUPERFICIE (Ha)	ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PRECIP EN SECAS (mm)	PRECIP EN LUVIAS (mm)	TEMP MAX Nov-Abr (°C)	TEMP MIN Nov-Abr (°C)	TEMP MED MAX Nov-Abr (°C)	TEMP MAX May-Oct (°C)	TEMP MIN May-Oct (°C)	TEMP MED MAX May-Oct (°C)
Vegetación secundaria de Bosque Mesófilo de Montaña	176	Secundario	109 - 17,860	500 - 3000	50 - 2000	1000 - > 3000	15.1 - 30.0	3.0 - 18.0	16.6 - 28.6	18.1 - 33.0	6.0 - 21.0	19.5 - 33.8
Vegetación secundaria de Bosque de Pino	176	Secundario	102 - 16,800	500 - 3000	50 - 1000	800 - > 3000	15.1 - 33.0	9.0 - 18.0	16.6 - 28.6	18.1 - 33.0	6.0 - 21.0	19.5 - 31.5
Vegetación Secundaria de Bosque de Pino-Encino	305	Secundario	101 - 38,740	500 - 3000	50 - 600	900 - 3000	15.1 - 33.0	3.0 - 18.0	16.6 - 28.6	18.1 - 33.0	6.0 - 21.0	19.5 - 31.5
Vegetación Secundaria de Selva Alta Perennifolia	497	Secundario	101 - 49,885	0 - 2500	100 - 2000	1000 - > 3000	21 - >33.1	9.0 - 19.5	22.6 - 31.6	21 - >34.6	15.0 - >22.5	22.5 - 35.3
Vegetación Secundaria de Bosque de Encino	137	Secundario	103 - 13,815	500 - 2500	50 - 500	800 - 2300	18.1 - 33.0	6.0 - 18.0	19.6 - 31.6	21.1 - 34.5	9.0 - 21.0	19.5 - 31.5
Vegetación secundaria de Selva Baja Caducifolia	347	Secundario	102 - 18,957	0 - 2000	25 - 500	700 - 2300	18 - >33.1	9.0 - 19.5	19.6 - 31.6	21 - 34.5	12.0 - 22.5	22.5 - 33.8
Vegetación Secundaria de Selva Baja Espinosa	1	Secundario	305	0 - 300	50 - 75	1200 - 1400	> 33.1	18.0 - 19.5	34,6	33.0 - 34.5	21.0 - 22.5	33,8
Vegetación Secundaria de Selva Baja Subperennifolia	1	Secundario	107	0 - 300	700 - 800	1400 - 1700	28.5 - 30.0	18.0 - 19.5	29,3	> 34.6	> 22.5	35,3
Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia	72	Secundario	107 - 27,483	0 - 2500	50 - 700	900 - 2300	18.1 - >33.1	9.0 - 19.5	19.6 - 34.6	21 - >34.6	12.0 - >22.5	22.5 - 35.3
Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subcaducifolia	34	Secundario	109 - 10,454	0 - 1500	50 - 125	1000 - 1700	24.1 - 33.0	12.0 - 19.5	25.6 - 31.6	24.1 - 34.5	15.0 - 22.5	25.5 - 33.8
Vegetación Secundaria de Manglar	29	Secundario	102 - 2,435	0 - 300	25 - 300	1000 - 2000	>33.1	18.0 - 19.5	34,6	33.0 - 34.5	21.0 - 22.5	33,8

Cuadro 6. Caracterización cuantitativa ambiental por el tipo de vegetación en los polígonos de solución.

TIPO DE VEGETACIÓN	NÚMERO DE POLÍGONOS	DESVEG	SUPERFICIE (Ha)	ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PRECIP EN SECAS (mm)	PRECIP EN LUVIAS (mm)	TEMP MAX Nov- Abr (°C)	TEMP MIN Nov- Abr (°C)	TEMP MED MAX Nov- Abr (°C)	TEMP MAX May- Oct (°C)	TEMP MIN May- Oct (°C)	TEMP MED MAX May- Oct (°C)
Bosque de Abies	1	Primario	1.129	1500 a 2500	250 a 300	2300 a 2600	18.1 a 21.0	9.0 a 12.0	19,6	18.1 a 24.0	9.0 a 15.0	19.5 a 22.5
Bosque Mesófilo de Montaña	7	Primario	772 a 30,496	300 a 2500	125 a 1200	1000 a >3000	15.1 a 33.0	< 3.0 a 18.0	16.6 a 31.6	< 15 a 33.0	< 3.0 a 21.0	7.5 a 28.5
Bosque de Pino	3	Primario	1,574 a 3,905	500 a 3000	75 a 350	1000 a 1700	15.1 a 30.0	3.0 a 15.0	16.6 a 28.6	18.1 a 33.0	6.0 a 21.0	19.5 a 31.5
Bosque de Pino Encino	9	Primario	255 a 5,170	500 a 3000	100 a 600	900 a 2300	15.1 a 30.0	3.0 a 15.0	16.6 a 28.6	18.1 a 30.0	6.0 a 18.0	19.5 a 28.5
Bosque de Encino	2	Primario	323 a 2,378	1000 a 3000	100 a 250	1000 a 1400	15.1 a 24.0	3.0 a 12.0	16.6 a 25.6	18.1 a 27.0	9.0 a 18.0	19.5 a 22.5
Selva Alta Perennifolia	6	Primario	440 a 133,721	0 a 1500	300 a 800	1200 a 3000	21.1 a 30.0	12.0 a 19.5	22.6 a 28.6	27.1 a 34.5	15.0 a 22.5	25.5 a 33.8
Selva Baja Caducifolia	1	Primario	397	500 a 1500	125 a 200	1400 a 2000	27.1 a 30.0	12.0 a 18.0	28,6	27.1 a 33.0	15.0 a 21.0	28.5 a 31.5
Selva Mediana Subperennifolia	1	Primario	1.192	500 a 1500	125 a 250	1000 a 1200	24.1 a 27.0	12.0 a 15.0	25,6	27.1 a 33.0	15.0 a 21.0	28.5 a 31.5
Vegetación Secundaria de Bosque Mesófilo de montaña	13	Secundario	529 a 17,860	500 a 3000	125 a 1200	1000 a 2600	15.1 a 30.0	3.0 a 15.0	16.6 a 28.6	18.1 a 30.0	6.0 a 21.0	19.5 a 31.5
Vegetación Secundaria de Bosque de Pino	9	Secundario	462 a 4,104	500 a 3000	125 a 600	1400 a 2300	15.1 a 30.0	3.0 a 15.0	16.6 a 28.6	21.1 a 30.0	6.0 a 21.0	19.5 a 28.5
Vegetación Secundaria de Bosque de Pino-Encino	12	Secundario	714 a 30,999	300 a 3000	75 a 800	900 a 2300	15.1 a 30.0	3.0 a 18.0	16.6 a 28.6	18.1 a 34.5	9.0 a 21.0	19.5 a 28.5
Vegetación Secundaria de Bosque de Encino	6	Secundario	345 a 13,815	300 a 2000	75 a 300	800 a 1400	18.1 a 33.0	6.0 a 15.0	19.6 a 28.6	21.1 a 33.0	12.0 a 21.0	22.5 a 31.5
Vegetación Secundaria de Selva Alta Perennifolia	10	Secundario	109 a 34.063	0 a 2500	125 a 1200	1000 a >3000	21.1 a 33.0	9.0 a 19.5	22.6 a 31.6	21.1 a >34.6	12.0 a > 22.5	22.5 a 35.3
Vegetación Secundaria de Selva Baja Caducifolia	15	Secundario	373 a 5,495	300 a 1500	25 a 200	700 a 1200	24.1 a 33.0	9.0 a 18.0	25.6 a 31.6	24.1 a 34.5	15.0 a 21.0	25.5 a 33.8
Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subperennifolia	3	Secundario	2,740 a 5,052	0 a 1500	50 a 150	900 a 2300	27.1 a > 33.1	12.0 a 19.5	28.6 a 34.6	27.1 a 34.5	15.0 a 22.5	28.5 a 33.8
Vegetación Secundaria de Selva Mediana Subcaducifolia	2	Secundario	2,708 a 3,224	0 a 2000	75 a 150	1400 a 2300	24.1 a 33.0	12.0 a 19.5	28.6 a 31.6	27.1 a 33.0	15.0 a 22.5	28.5 a 33.8
Vegetación Secundaria de Manglar	1	Secundario	552	0 a 300	75 a 100	1200 a 1700	> 33.1	18.0 a 19.5	34,6	33.0 a 34.5	21.0 a 22.5	33,8

En la Figura 2 se muestra un mapa de Chiapas donde están delimitados los polígonos de los diferentes tipos de vegetación forestal con la ubicación de las áreas naturales protegidas en el área forestal (otras coberturas de suelo se presentan en blanco): Selva el Ocote y Cañón del Sumidero (Figura 2a); Palenque, Bonampak, Cascadas de Agua Azul, Cañón del Usumacinta, Chan-kin, Lacantún, Lagunas de Montebello, Metzabok, Montes Azules, Palenque, Nahá, y Yaxchilán (Figura 2b), y El Triunfo, Volcán Tacaná, Playa de Puerto Arista, La Sepultura y La Encrucijada (Figura 2c).

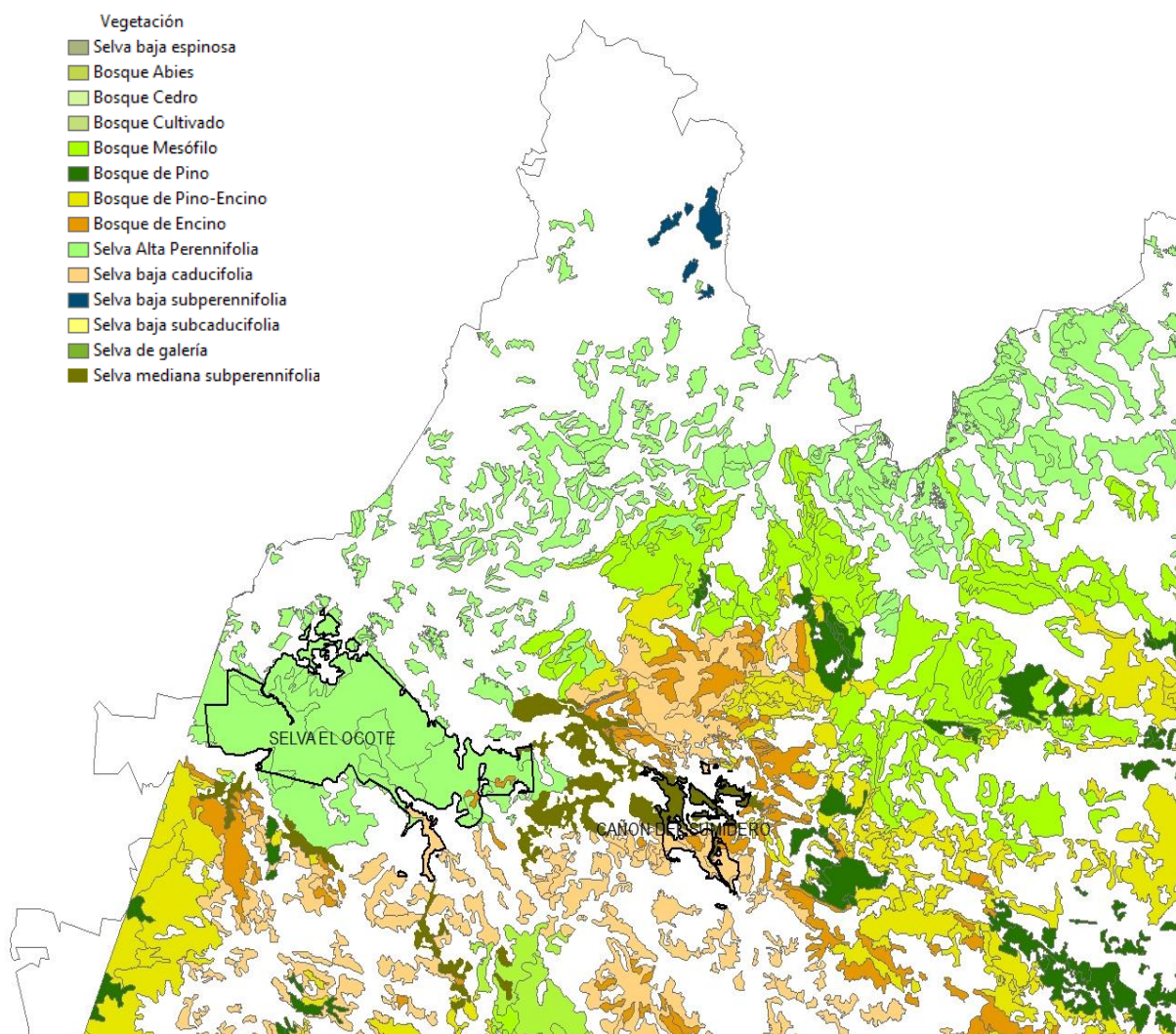


Figura 2a. Parte NO del estado de Chiapas, donde se muestran las áreas naturales protegidas Selva el Ocote y Cañón del Sumidero.

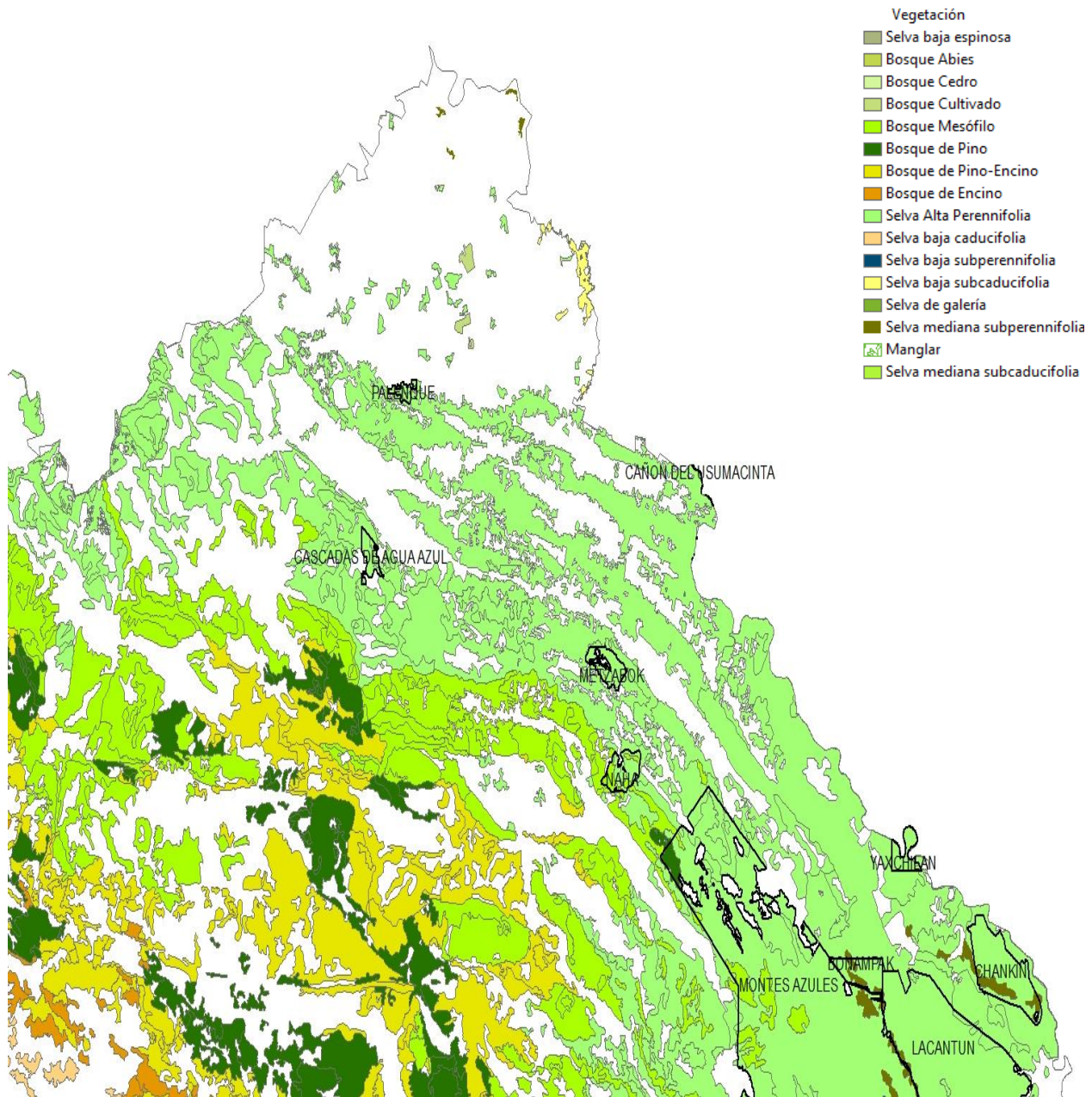


Figura 2b. Parte NE del estado de Chiapas con las áreas naturales protegidas Palenque, Bonampak, Cascadas de Agua Azul, Cañón del Usumacinta, Chan-kín, Lacantún, Lagunas de Montebello, Metzabok, Montes Azules, Palenque, Nahá, y Yaxchilán.



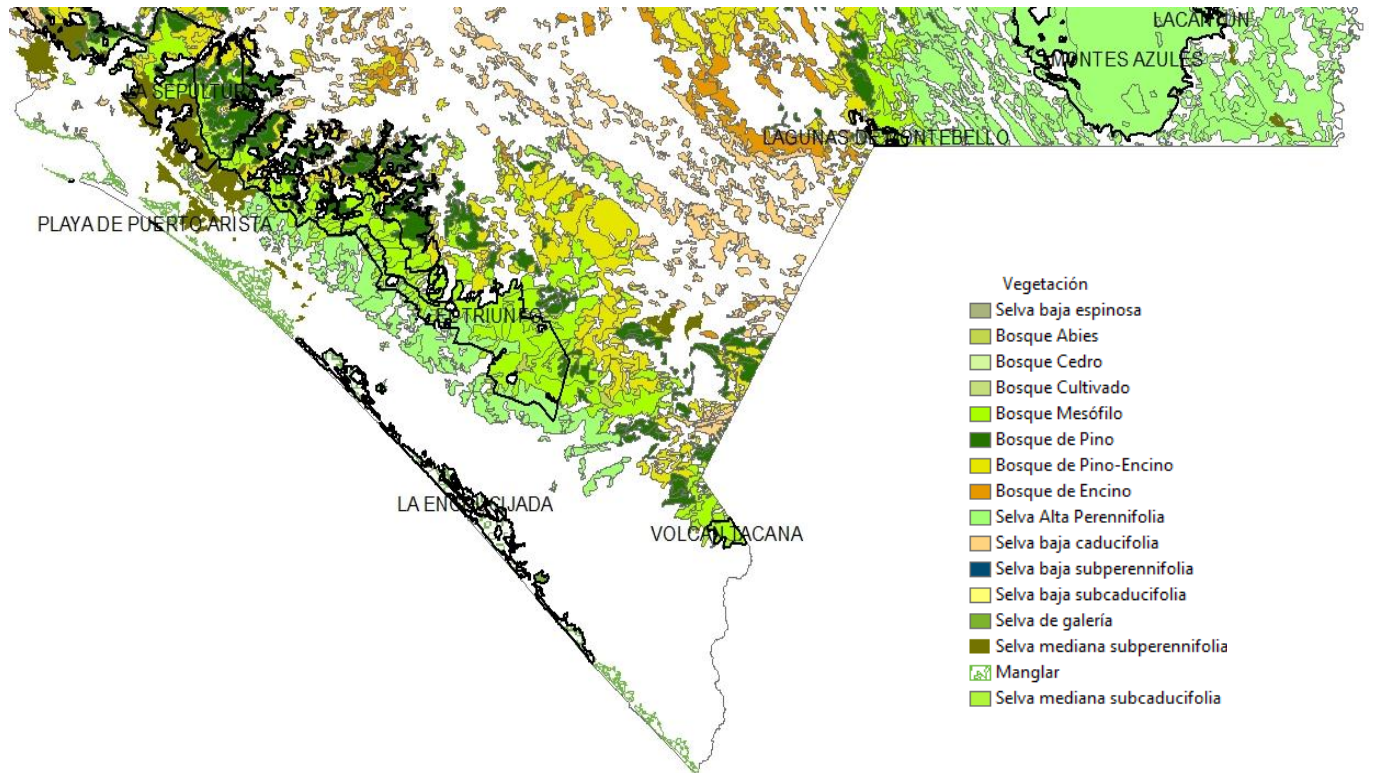


Figura 2c. Región Sur del estado de Chiapas con las áreas naturales protegidas El Triunfo, Volcán Tacaná, Playa de Puerto Arista, La Sepultura y La Encrucijada.

Analizando el tamaño de los polígonos, resulta que este sigue más una distribución logarítmica que una distribución normal, con muchos polígonos pequeños y algunos enormes. La Figura 3 muestra una distribución de frecuencias donde las superficies en ha fueron transformadas a logaritmo con base 10. El polígono más pequeño dentro del área forestal utilizada para este estudio tiene 100.45 hectáreas, correspondiente al 0.0002% de la superficie forestal de Chiapas. El polígono más grande tiene 134,325 hectáreas (la región de Marqués de Comillas y Selva Lacandona), correspondiente al 3.5% de la superficie forestal de Chiapas.

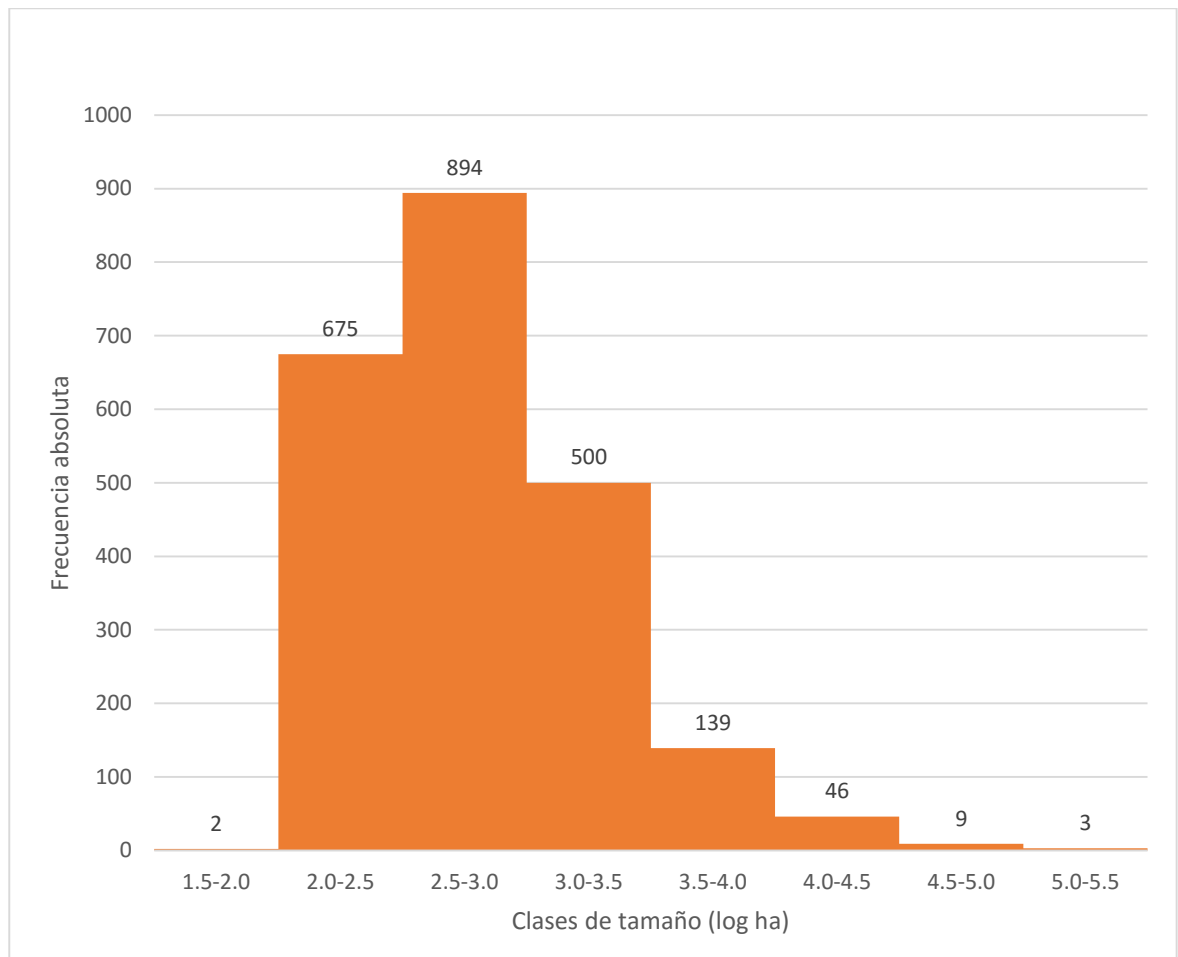


Figura 3. Distribución de frecuencias de los tamaños de los polígonos del área forestal del estado de Chiapas. Nótese que el eje x está en escala logarítmica (base 10)

## Sitios de colectas en las dos bases de datos

Se trabajó con dos bases de datos:

- 1) Base Mimosoideae: De los puntos de colecta obtenidos se determinó la presencia de 734 puntos de colecta (44 %) dentro del área forestal todavía presente. Se mantienen los 18 géneros conocidos para el estado, pero solamente 84 especies (94 %) debido a que algunas de ellas se localizaron dentro de las áreas forestales no consideradas en esta tesis. Las siguientes especies no forman parte de los puntos de colecta empleados en área forestal todavía presente: *Abarema idiopoda*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Inga eriocarpa*, *Inga pinetorum*, e *Inga thibaudiana*, (Figura 4)
- 2) Base BIOTREE-NET: Se obtuvo una segunda base de datos con un total de 8,960 puntos de colecta en el área forestal todavía presente en Chiapas. Esta base incluye un total de 626 especies pertenecientes a 107 familias, (Figura 5).

El número de especies contenidas en las dos bases de datos en conjunto es de 668 especies, las cuales representan alrededor del 50 % del número de especies forestales estimado para el estado de Chiapas por González-Espinosa *et al.* (2009) y Reyes-Hartmann (2013).



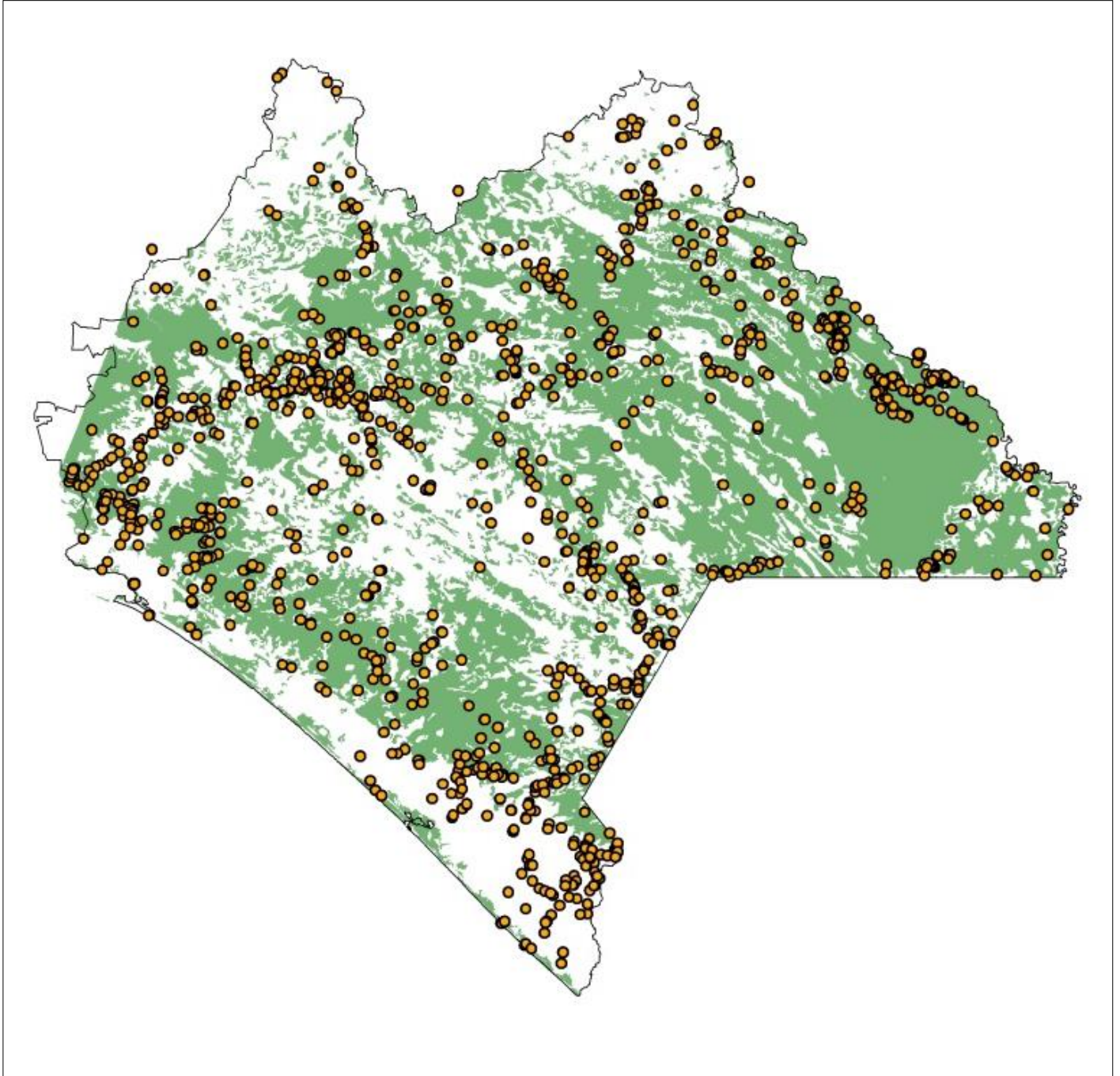


Figura 4. Puntos de colecta de árboles de la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae (89 especies), en el territorio de Chiapas. En esta tesis se usan solamente los puntos en áreas de vegetación forestal (fondo verde, 734 o 44% de los 1,676 puntos de colecta mostrados).

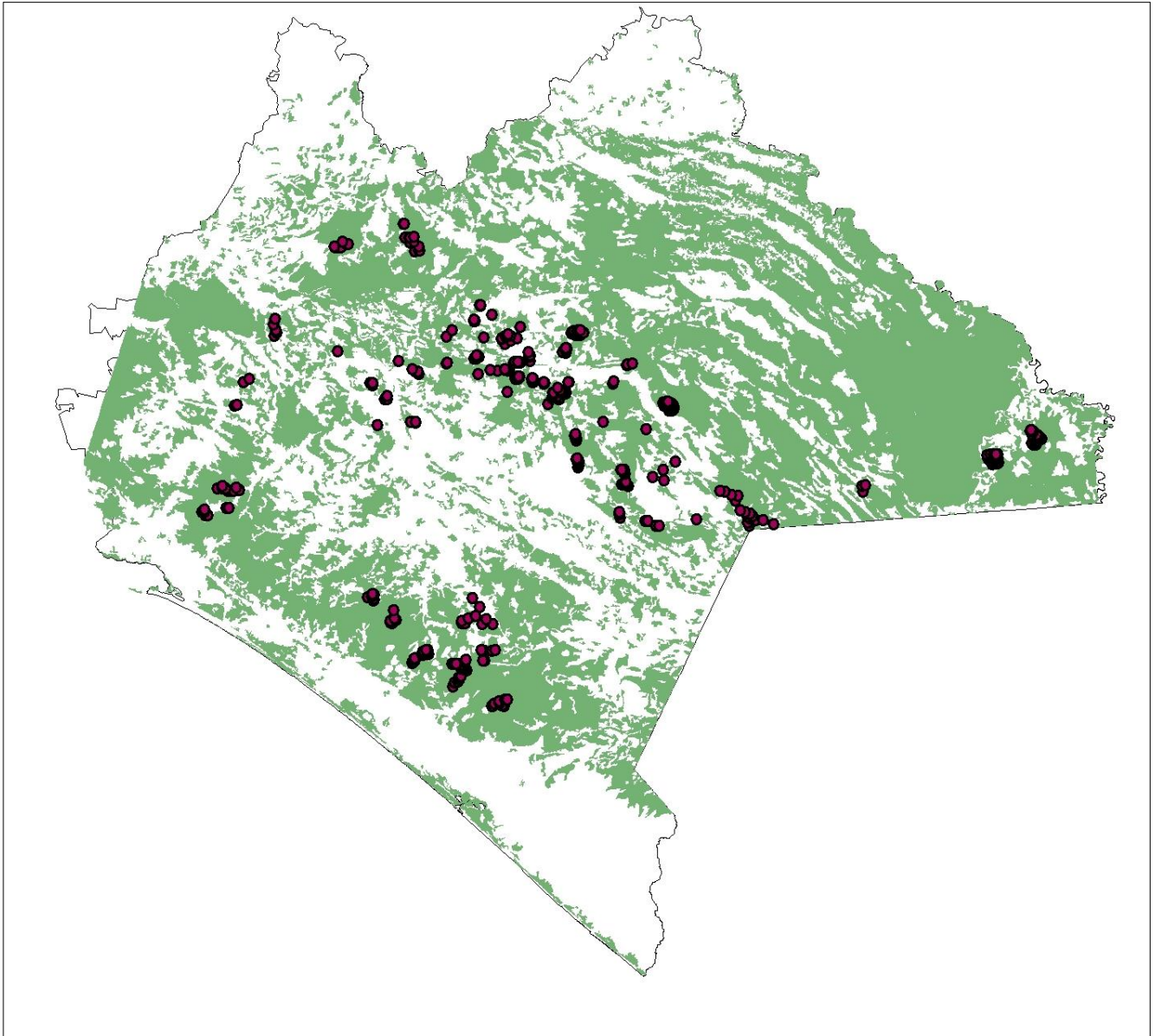


Figura 5. Puntos de colecta de árboles de la base de datos BIOTREE-NET. En cada punto se encuentra un sitio con numerosas colectas. En total son 8,960 colectas que representan 626 especies.

## Optimización de la combinación de polígonos

Para cada una de las bases de datos se obtuvieron cuatro soluciones óptimas, cuyos objetivos específicos fueron los siguientes:

- 1) Minimización del número de polígonos que conservan al mayor número de especies (Figuras 6, 10 y 14).
- 2) Minimización del número de polígonos que conservan el mayor número de especies, incluyendo en lo posible polígonos donde haya áreas naturales protegidas (Figuras 7, 11 y 15).
- 3) Minimización de la superficie total de los polígonos en la solución (Figuras 8, 12 y 16).
- 4) Minimización del número de los polígonos usando en lo posible los polígonos más grandes (Figuras 9, 13 y 17).

En las figuras (mapas) mencionadas se muestran los polígonos de solución después de haber aplicado los criterios para la selección de áreas para la conservación de la diversidad arbórea. Además, para cada solución se presenta un cuadro con algunos datos correspondientes a cada polígono:

- a) # POL: Un código de referencia para los polígonos de solución en el mapa (donde aparece el mismo número). Por ejemplo en el cuadro 4 en la primera fila el #1 hace referencia al polígono #108978 que pertenece al tipo de vegetación Selva Alta Perennifolia con perturbación presente de acuerdo a la clasificación de INEGI.
- b) POLÍGONO: Área Forestal
- c) TIPO VEG: Abreviatura de tipo de vegetación (véase Cuadro 3)
- d) SUPERFICIE (km<sup>2</sup>): La superficie del polígono en kilómetros cuadrados
- e) % SOLUCIÓN: El porcentaje que representa la superficie de ese polígono con respecto a la superficie total de todos los polígonos de la solución.
- f) % TOTAL: El porcentaje de la superficie del polígono con respecto a la superficie total del estado de Chiapas.

- g) ANP (ha): La superficie en hectáreas de con estatus de Área Natural Protegida (si fuera el caso).
- h) % ANP: El porcentaje que representa la superficie protegida de ese polígono con respecto a la superficie total de todos los polígonos con el mismo tipo de vegetación (con o sin perturbación) en la solución.
- i) % ANP TOTAL: El porcentaje de la superficie protegida del polígono con respecto a la superficie total del estado de Chiapas.
- j) NÚMERO COLECTAS: El número de puntos de colecta de la base correspondiente en el polígono.
- k) NÚMERO ESPECIES: El número de especies arbóreas de la base correspondiente en el polígono
- l) % SOLUCIÓN: El porcentaje que representa la superficie con respecto a la cobertura de la solución.

Por ejemplo, en la Figura 6 el número total de polígonos en la solución fue de 29, con un área total de 4,126.67 km<sup>2</sup>, la cual representa el 5.59 % de cobertura del área total del estado de Chiapas. Dentro de los polígonos de solución se encontró la presencia de algún área natural protegida en 14 de los 29 polígonos de solución, cifra que representa el 3.10% de la cobertura total del estado. El polígono #9 (115253) con “Bosque de Encino con vegetación secundaria arbórea”, siendo con 345 hectáreas el más pequeño en esta solución, se encuentra por completo inmerso en el área natural protegida Selva el Ocote. Por otro lado, el polígono #29 (111953S) con Selva Alta Perennifolia, incluye un área de 122,976 km<sup>2</sup> con presencia del área natural protegida Montes Azules. En este polígono, un total de 24 puntos de colecta representan 15 especies forestales.

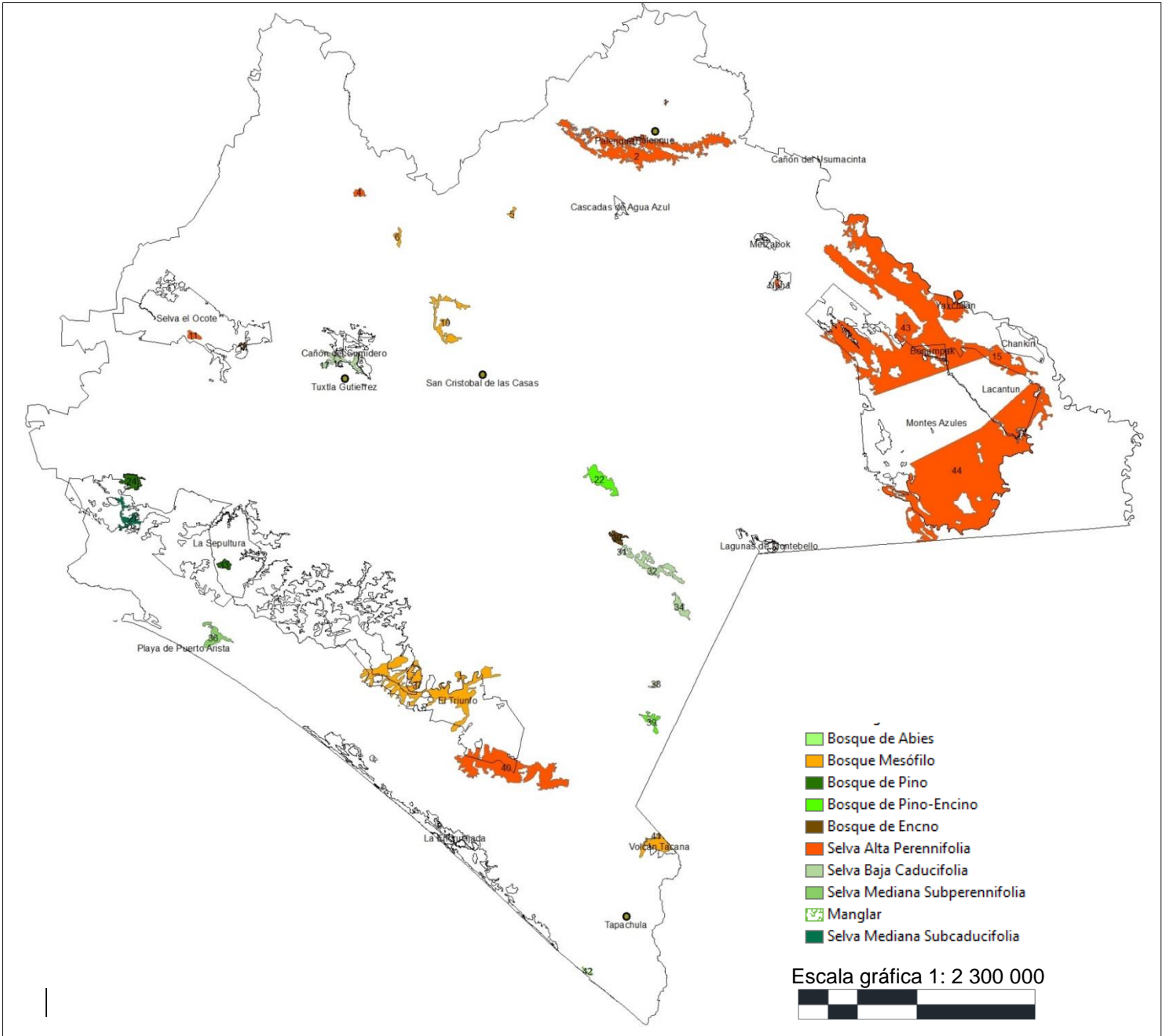


Figura 6. Solución 1a. Minimización del número de polígonos, a partir de la base de datos Mimosoideae.



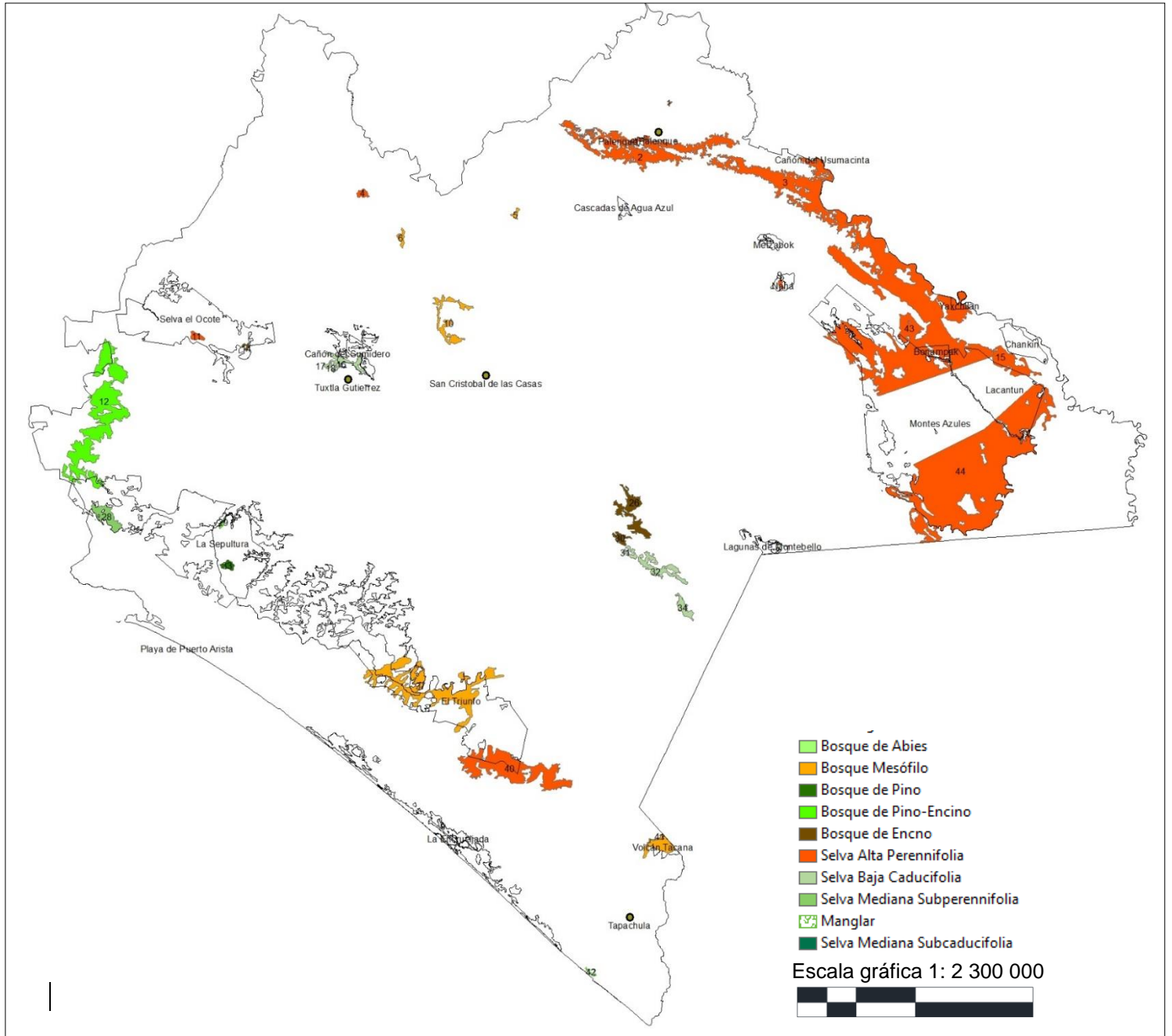


Figura 7. Solución 2a. Minimización del número de polígonos, incluyendo polígonos donde haya áreas naturales protegidas, a partir de la base de datos Mimosoideae.

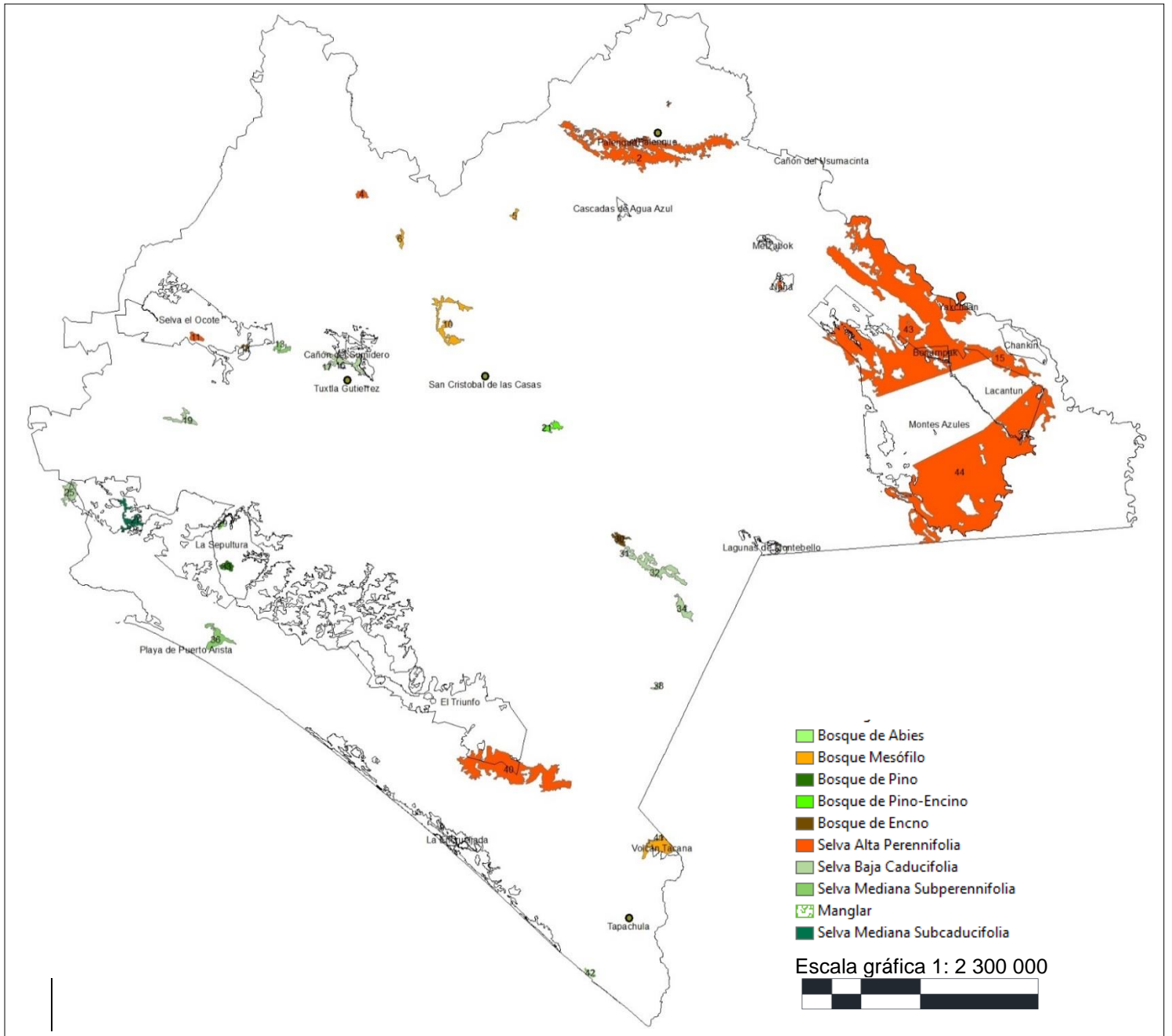


Figura 8. Solución 3a. Minimización de la superficie total de los polígonos en la solución, a partir de la base de datos Mimosoideae.

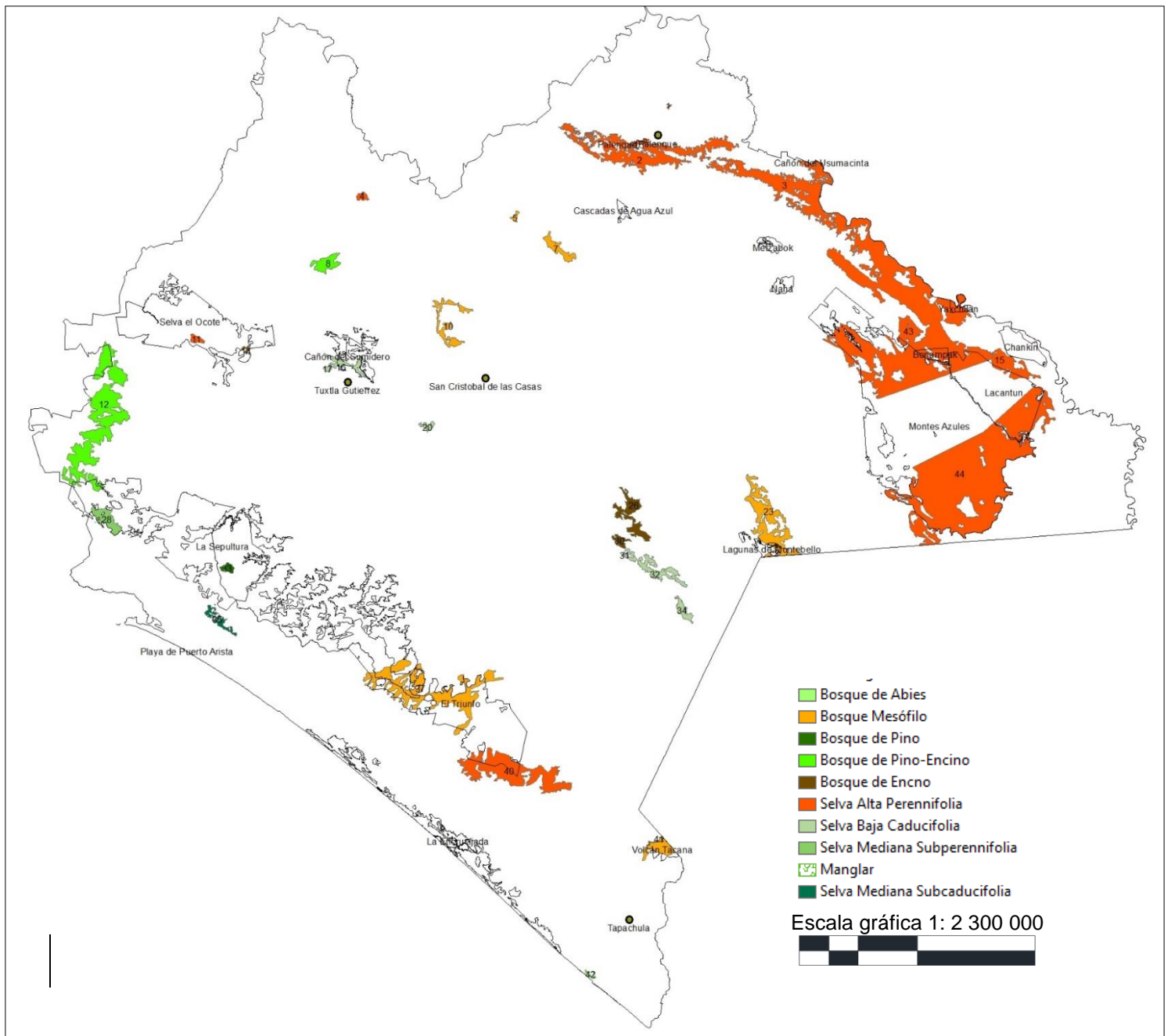


Figura 9. Solución 4a. Minimización del número de los polígonos usando en lo posible los polígonos más grandes, a partir de la base de datos Mimosoideae.



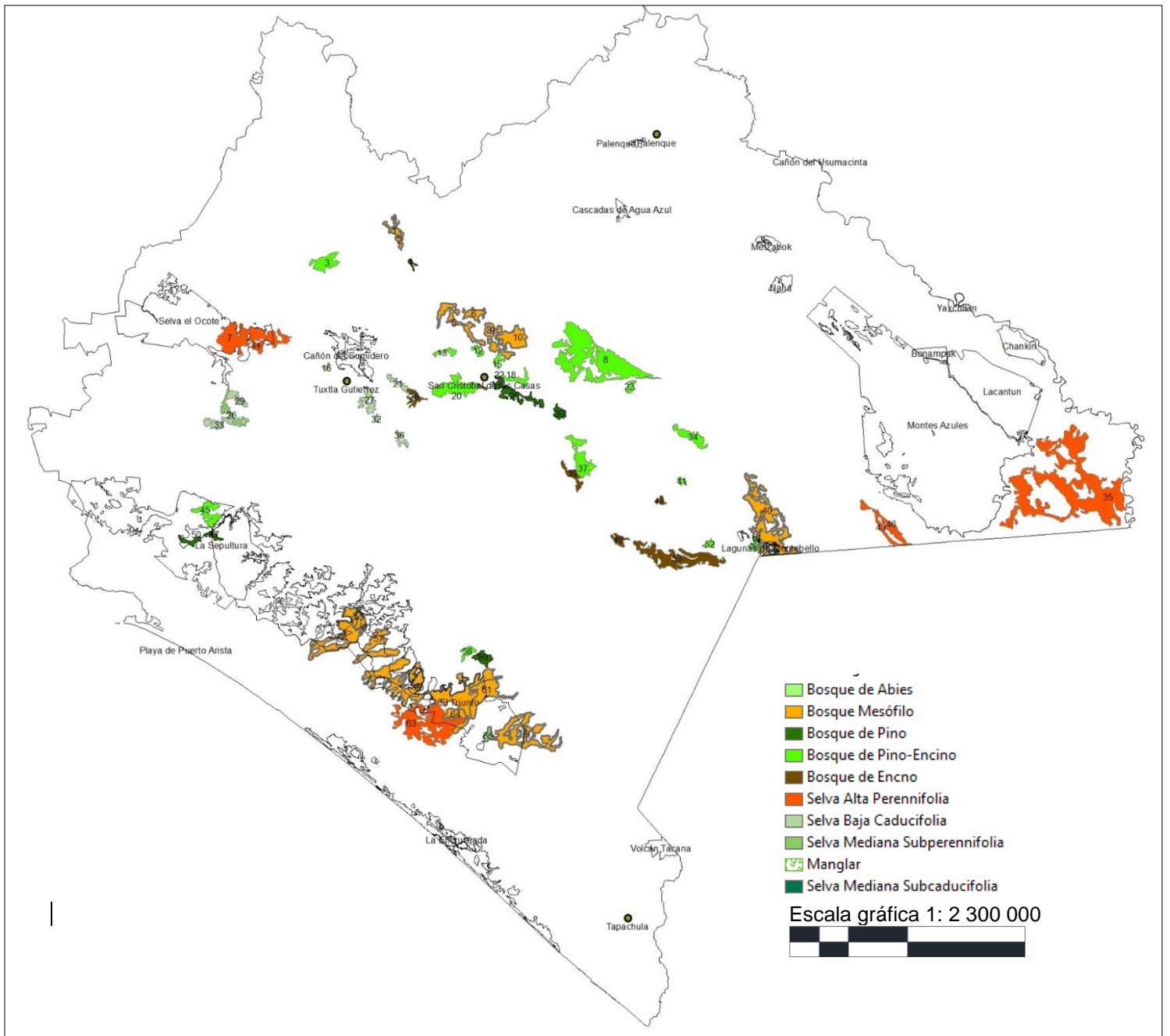


Figura 10. Solución 1b. Minimización del número de polígonos, a partir de la base de datos BioTreenet.

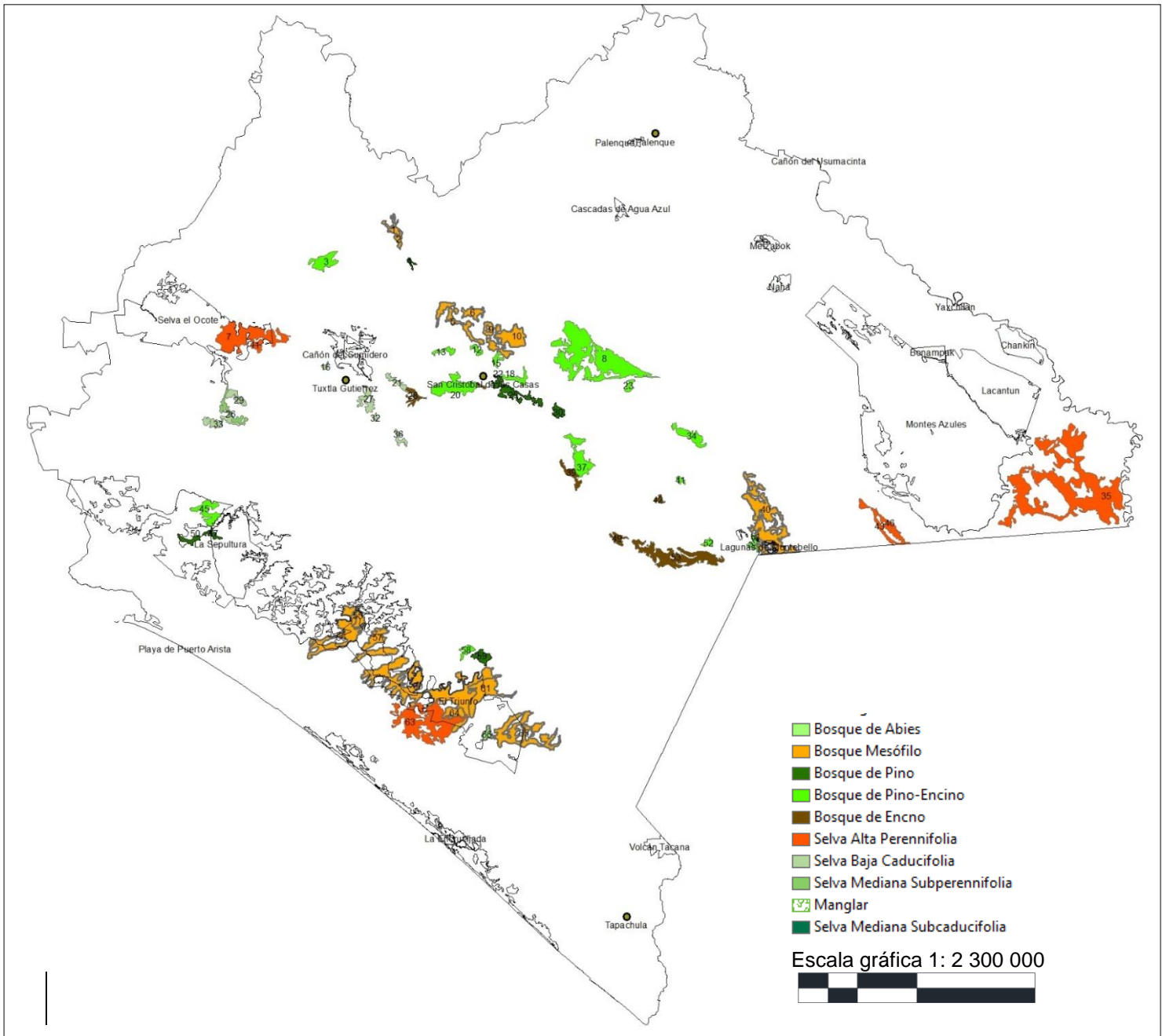


Figura 11. Solución 2b. Minimización del número de polígonos, incluyendo polígonos donde haya áreas naturales protegidas, a partir de la base de datos BioTreenet.

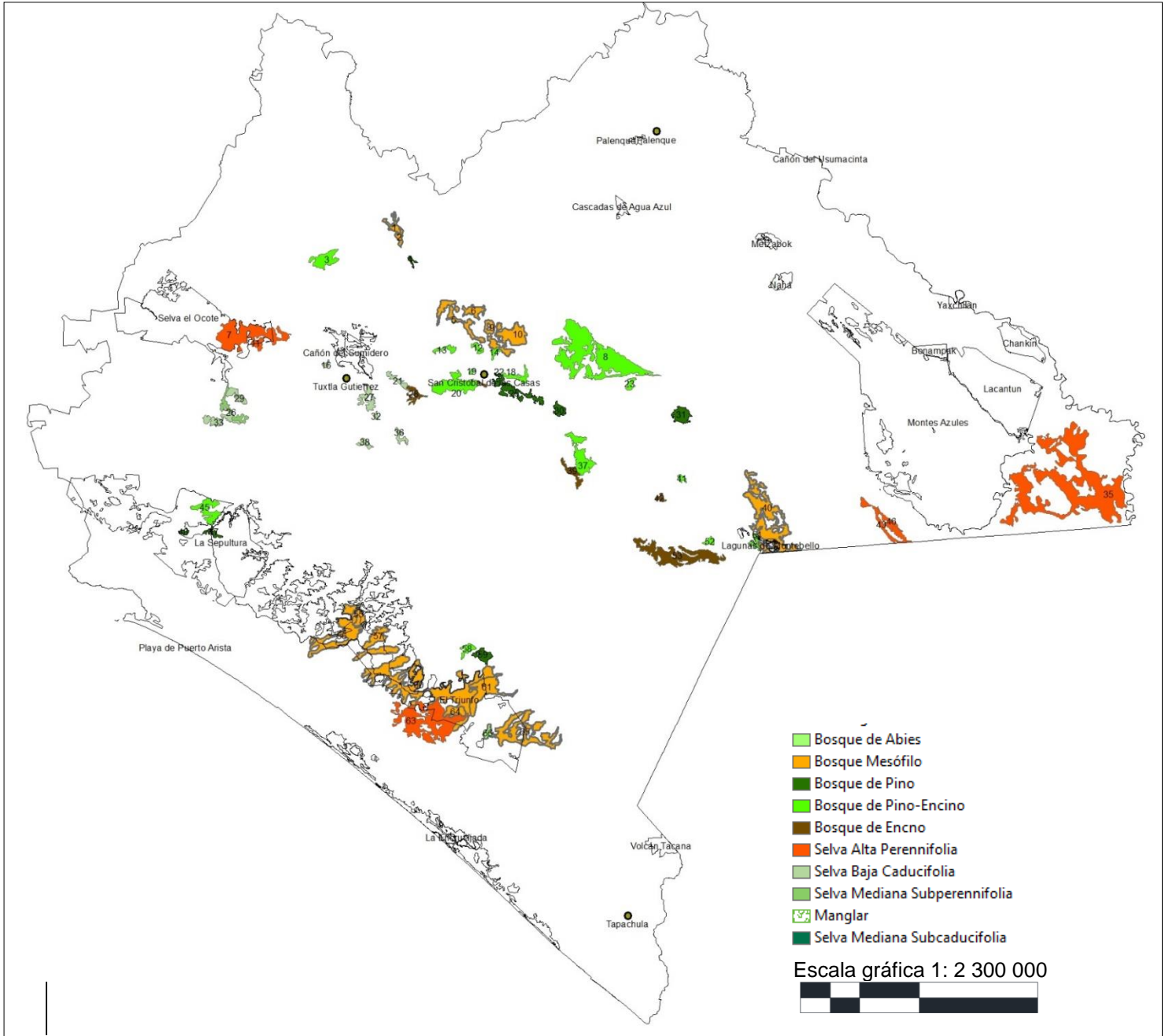


Figura 12. Solución 3b. Minimización de la superficie total de los polígonos en la solución, a partir de la base de datos BioTreenet.

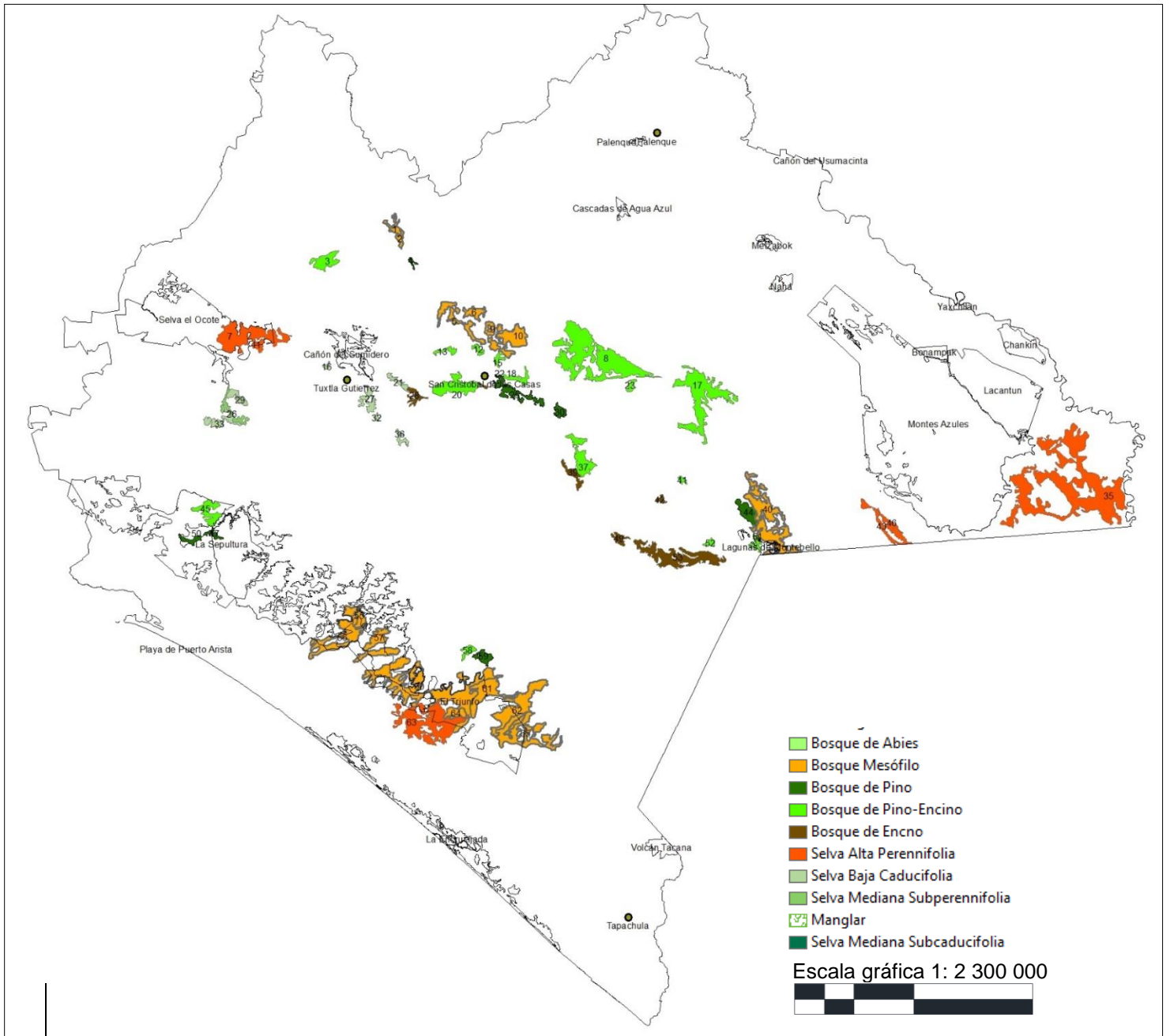


Figura 13. Solución 4b. Minimización del número de los polígonos usando en lo posible los polígonos más grandes, a partir de la base de datos BioTreenet.

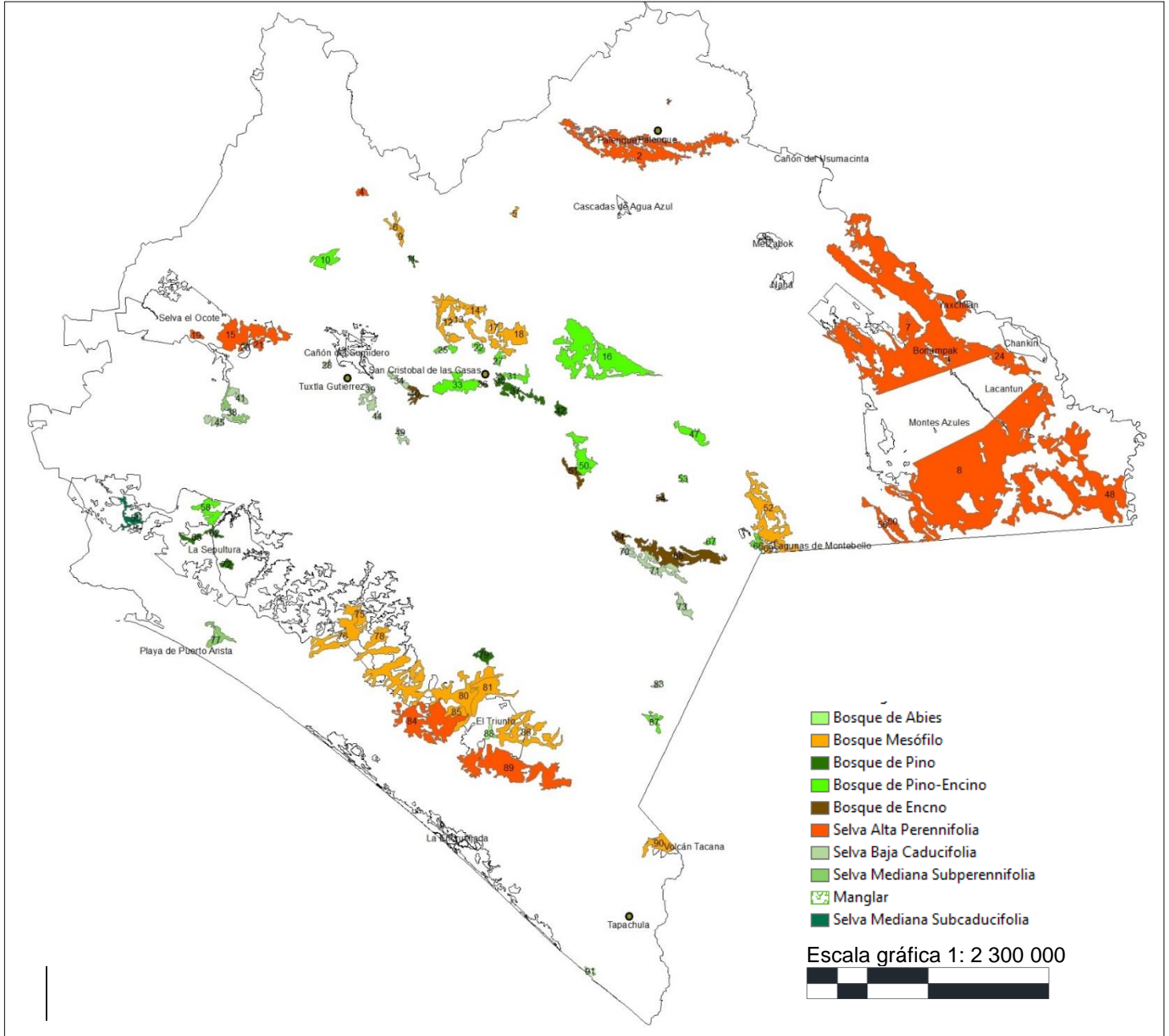


Figura 14. Solución 1c. Minimización del número de polígonos, a partir de la conjugación de las bases Mimosoideae y BioTreenet.



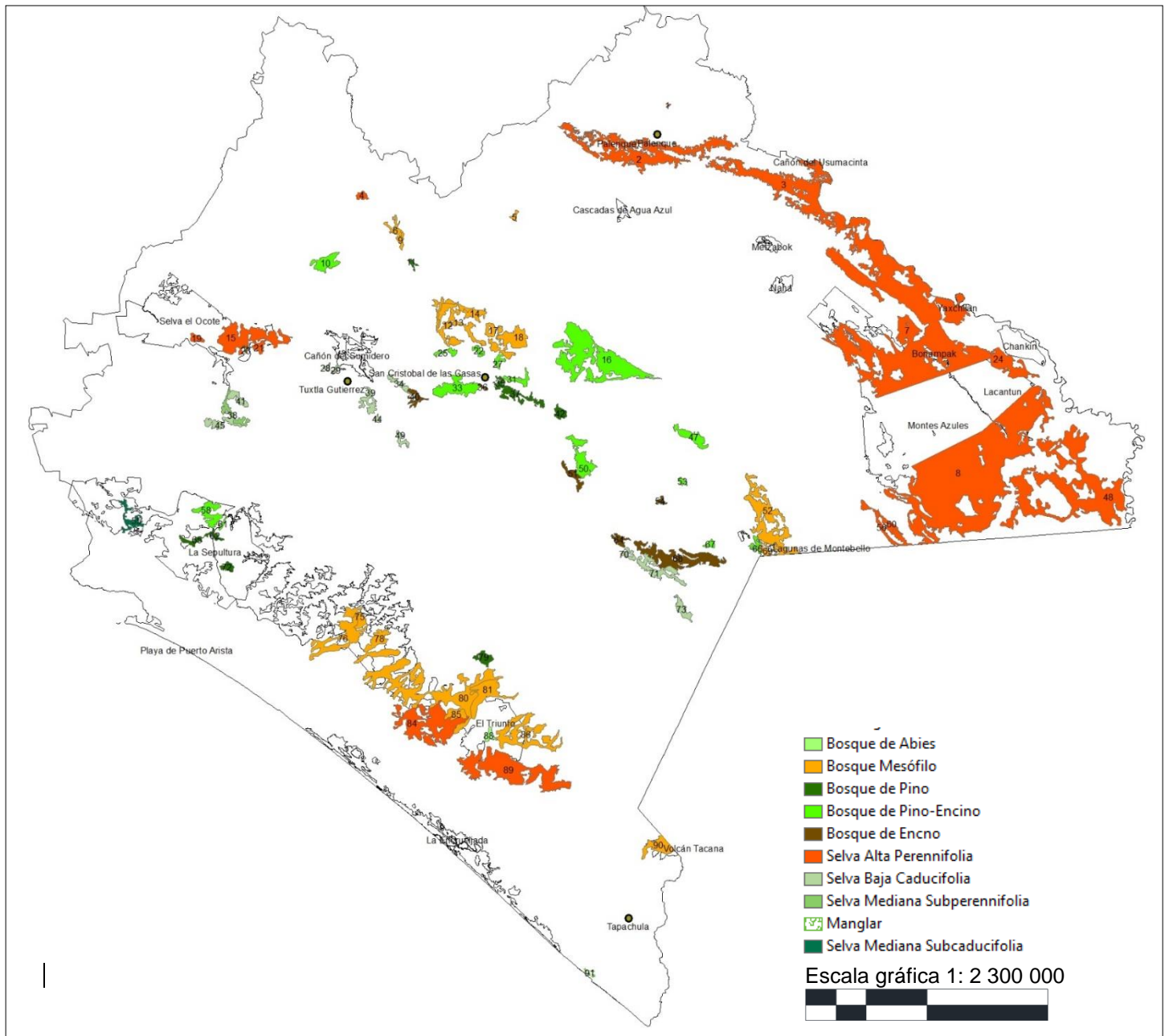


Figura 15. Solución 2c. Minimización del número de polígonos, incluyendo polígonos donde haya áreas naturales protegidas, a partir de la conjugación de las bases Mimosoideae y BioTreenet.

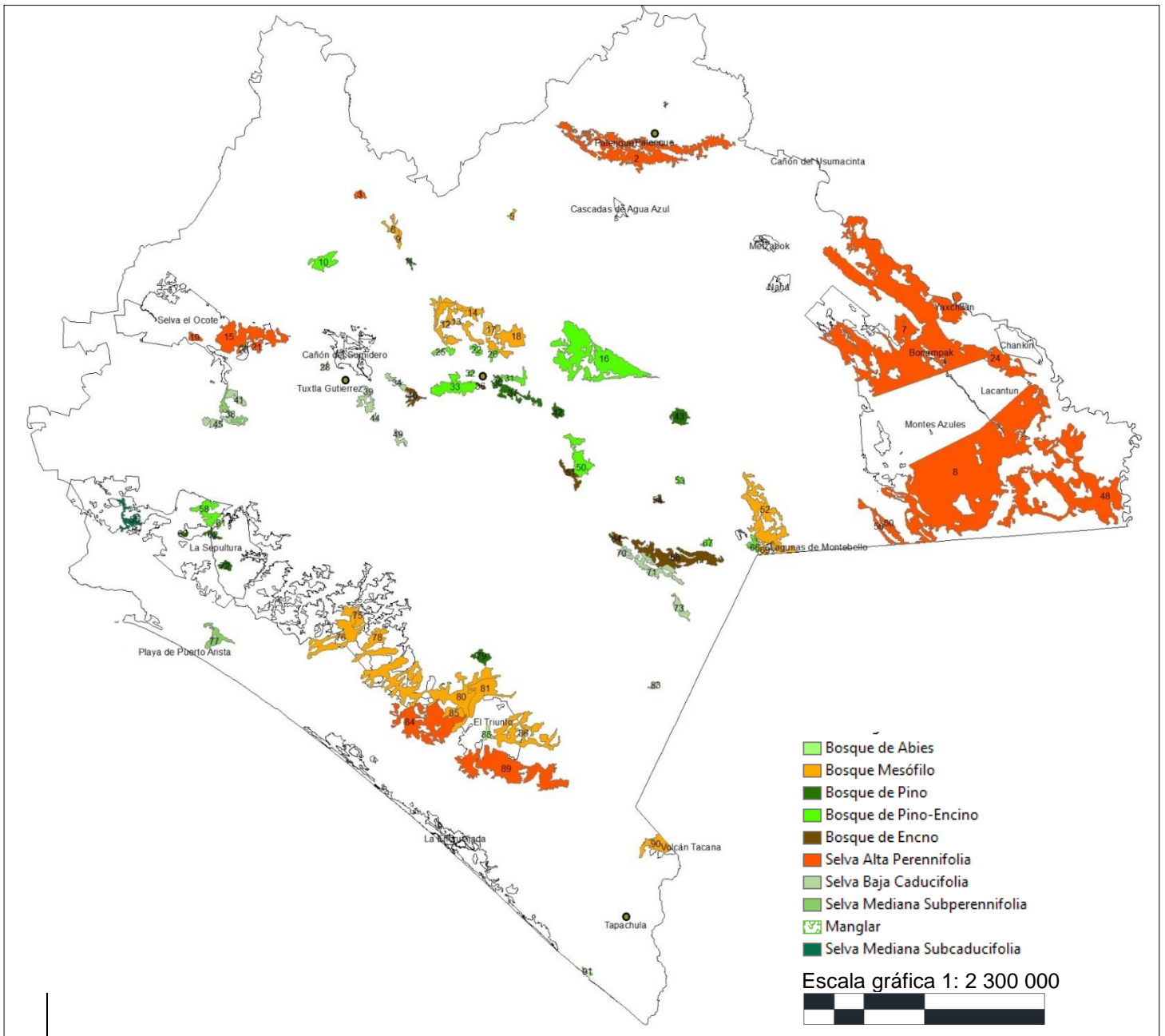


Figura 16. Solución 3c. Minimización de la superficie total de los polígonos en la solución, a partir de la conjugación de las bases Mimosoideae y BioTreenet.

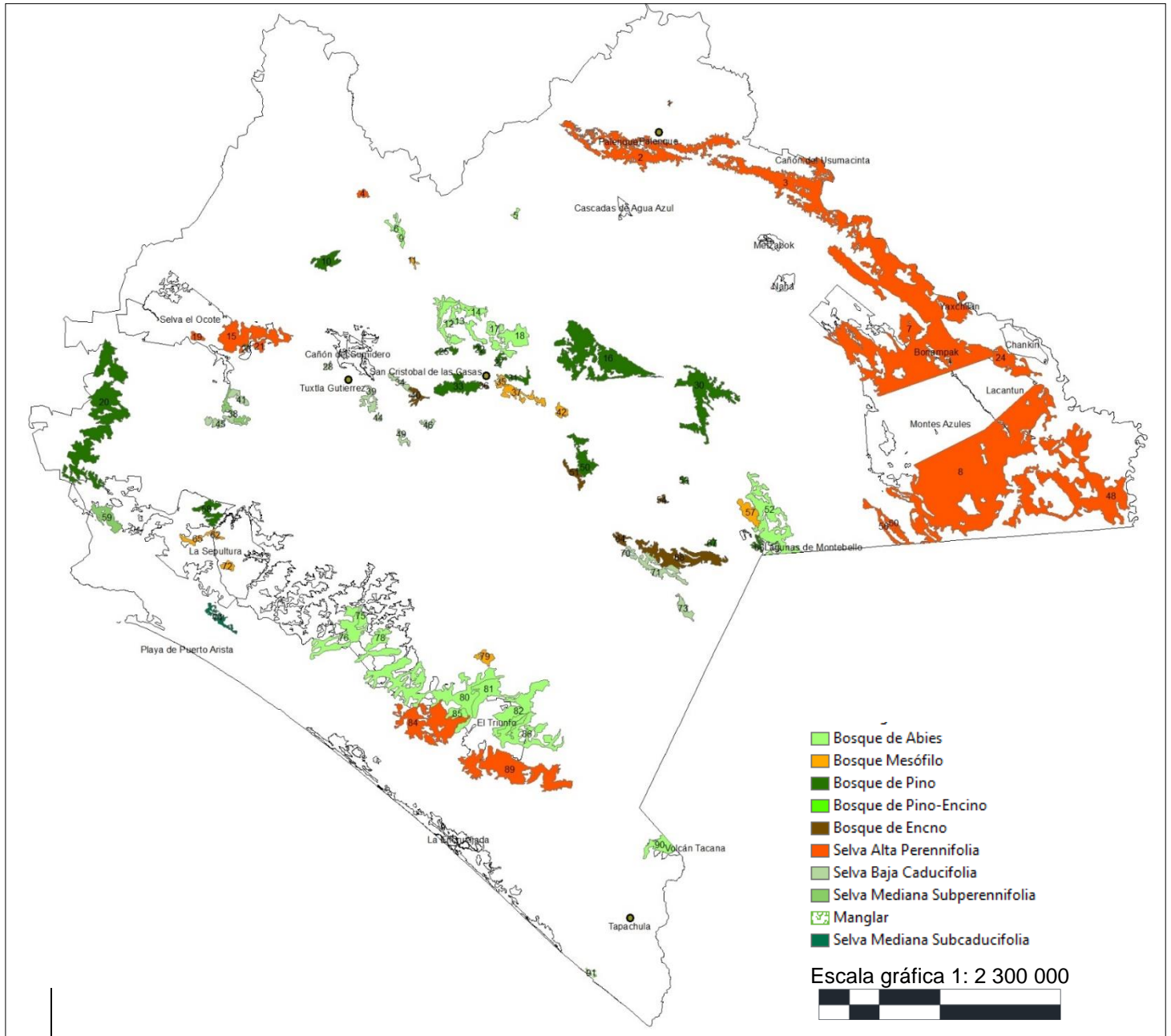


Figura 17. Solución 4c. Minimización del número de los polígonos usando en lo posible los polígonos más grandes, a partir de la conjugación de las bases Mimosoideae y BioTreenet.



## Descripción de los polígonos más representativos

**Polígonos 111953N y 111953S.**- Localizados en la región fisiográfica Montañas de Oriente, estos polígonos tienen presencia dentro de las áreas naturales protegidas Yaxchilán, Bonampak, Montes Azules y Lacantún, con un total de 1,791 km<sup>2</sup> de cobertura de ANP (20 % del total de áreas naturales protegidas para el estado). Por su extensión son los polígonos más representativos de la superficie forestal del estado (3.64 % de la superficie total del estado). Su tipo de vegetación es Selva Alta Perennifolia primaria, el intervalo de elevación de estos polígonos va de 0 a los 1500 metros sobre el nivel del mar. En la temporada de secas alcanzan una precipitación de 400 a 800 mm; en cambio en lluvias va de 1400 a 3000 mm de precipitación.

**Polígono 117078.**- Localizado en la región fisiográfica Montañas de Oriente, en este polígono no hay presencia de áreas naturales protegidas. Sin embargo, su extensión lo hace el tercero en importancia. Su tipo de vegetación corresponde a selva alta perennifolia primaria, corresponde al 0.78 % de la superficie total del estado, con una extensión de 571 km<sup>2</sup>; su amplitud altitudinal va de 0 a 300 metros sobre el nivel del mar con una precipitación en temporada seca de 350 a 600 mm y en lluvias de 1400 a 2300 mm. El número de colectas en este polígono es el más grande con un total de 904 puntos de colecta repartidos en 129 especies arbóreas para las bases de datos utilizadas.

**Polígono 115066.**-Está presente en tres regiones fisiográficas: Depresión Central, Sierra Madre y Planicie Costera del Pacífico, su tipo de vegetación corresponde a Bosque de Pino-Encino con cierto grado de perturbación. Tiene una superficie de 387.4 km<sup>2</sup> que equivale al 0.53 % de la cobertura total de Chiapas, tiene 14 km<sup>2</sup> con presencia en el área natural protegida La Sepultura. Su amplitud altitudinal va de 300 a 1500 metros sobre el nivel del mar, con un intervalo de precipitación de 75 a 350 mm en secas y de 1000 a 2000 mm en temporada de lluvias. En su superficie se encuentra un total de 13 puntos de colecta de la base de datos de la familia Leguminosae-subfamilia Mimosoideae que representan 11 especies de esta familia.

**Polígono 110029.-** localizado en la región fisiográfica Montañas del Norte, este polígono tiene una extensión de 340.63 km<sup>2</sup> (0.46% del área del estado), carece de áreas naturales protegidas y su tipo de vegetación es Selva Alta Perennifolia con cierto grado de perturbación. Su intervalo de elevación va desde 0 a 1000 metros sobre el nivel del mar, precipitación en secas de 600 a 1000 mm y de 1400 a 2300 mm en temporada de lluvias.

**Polígono 109405.-** Localizado en las Montañas del Norte, este polígono tiene una extensión de 324 km<sup>2</sup> (0.44 % del área del estado), 6.64 km<sup>2</sup> de su superficie corresponden al área natural protegida Palenque. Dentro de sus límites se tiene un total de 16 puntos de colecta que representan 10 especies de la familia Leguminosae, su intervalo de elevación va de 0 a 1000 metros sobre el nivel del mar; su tipo de vegetación corresponde a Selva Alta Perennifolia con cierto grado de perturbación y su precipitación en secas va de 800 a 1200 mm y en lluvias de 1700 a 2600 mm.

**Polígono 121056.-** Perteneciente a la región Sierra Madre, tiene una extensión de 304 km<sup>2</sup> (0.42 % de la superficie del estado). Este polígono tiene presencia en el área natural protegida El Triunfo con 265 km<sup>2</sup>. En este polígono hay un total de 987 puntos de colecta que representan 142 especies de ambas bases combinadas. Su amplitud altitudinal va de 500 a 3000 metros sobre el nivel del mar, suprecipitación en secas de varía de 150 a 300 mm y en lluvias de 2000 a 2600 mm.

## 7. Discusión

Se estima que el estado de Chiapas alberga una riqueza florística de más de 8,000 especies vegetales (Breedlove 1986; González-Espinosa *et al.* 2004), las cuales se presentan de manera diferencial en 14 tipos de vegetación no perturbados según la clasificación de INEGI (2005). En esta entidad quizás 1,500 especies son arbóreas (González-Espinosa *et al.* 2004, 2005, 2009; Reyes Hartmann 2013). Por otra parte, la pérdida del área forestal, por su transformación en áreas agrícolas o potreros, representa cerca del 50% del área forestal original del estado (González-Espinosa *et al.* 2009, Cayuela *et al.* 2005).

Una clave para la conservación de las especies ha sido el establecimiento de reservas con un número grande de especies (Witting y Loeschcke 1995, Fischer y Church 2003), incluyendo especies en peligro, comunidades vegetales amenazadas y hábitats únicos. En esta tesis se analizó la optimización de una red de conservación para las especies arbóreas a través de la programación lineal. El total de 688 especies arbóreas en dos bases de datos representa cerca del 50 % de los registros de especies arbóreas en Chiapas. Con la finalidad de proponer sitios de conservación, se plantearon diferentes objetivos para determinar las áreas mínimas donde se pueda conservar el mayor número de especies arbóreas y de esta manera representar el total de especies localizadas en ambas bases de datos para el estado de Chiapas. El cuadro 10 muestra la comparación de las soluciones de optimización para cada una de las bases de datos presentadas (Mimosoidea y BioTreenet), evaluadas por separado en cada una de sus funciones objetivo.

Cuadro 10. Comparación de las soluciones óptimas por número de polígonos y superficie. Funciones objetivo: 1) Minimización del número de polígonos para la conservación, 2) Minimización del número de polígonos, incluyendo áreas naturales protegidas, 3) Minimización de la superficie total de los polígonos en la solución, 4) Minimización del número de los polígonos usando en lo posible los polígonos más grandes

---

Objetivo de la optimización	Colectas <sup>1</sup> (%)	Número de polígonos <sup>2</sup> (%)	Superficie estatal <sup>3</sup> (%)	Superficie protegida <sup>4</sup> (%)
<b>Base de datos Mimosoideae (84 especies arbóreas):</b>				
1a)	290 (39.5)	29 (13.3)	4,127 km <sup>2</sup> (5.6)	3.1
2a)	298 (40.6)	29 (13.3)	4,820 km <sup>2</sup> (6.6)	3.1
3a)	266 (36.2)	30 (13.8)	3,799 km <sup>2</sup> (5.2)	2.7
4a)	297 (40.5)	30 (13.8)	5,089 km <sup>2</sup> (6.9)	3.1
<b>Base de datos BioTreenet (626 especies arbóreas):</b>				
1b)	7,171 (73.7)	58 (56.9)	3,258 km <sup>2</sup> (4.4)	1.2
2b)	7,171 (73.7)	58 (56.9)	3,258 km <sup>2</sup> (4.4)	1.2
3b)	6,995 (71.9)	59 (57.8)	3,225 km <sup>2</sup> (4.4)	1.2
4b)	6,895 (70.8)	58 (56.9)	3,546 km <sup>2</sup> (4.8)	1.2
<b>Ambas bases de datos en conjunto (688 especies arbóreas)</b>				
1c)	7,420 (70.9)	77 (26.5)	6,913 km <sup>2</sup> (9.4)	3.8
2c)	7,421 (70.9)	77 (26.5)	7,206 km <sup>2</sup> (9.8)	3.9
3c)	7,244 (69.2)	78 (26.8)	6,884 km <sup>2</sup> (9.4)	3.8

<b>4c)</b>	7,149 (68.3)	78 (26.8)	7,927 km <sup>2</sup> (10.8)	4.0
------------	-----------------	-----------	---------------------------------	-----

<sup>1</sup> El porcentaje se refiere al número total de colectas, por ejemplo en el primer grupo 100% = 734 colectas.

<sup>2</sup> El porcentaje se refiere al número total de polígonos, por ejemplo en el primer grupo 100% = 218 polígonos.

<sup>3</sup> La superficie total de Chiapas es 73,311km<sup>2</sup>, incluyendo cuerpos de agua (INEGI 2015).

<sup>4</sup> El porcentaje se refiere a la superficie en la solución de la columna anterior; por ejemplo, en 1a hay 128 km<sup>2</sup> de área natural protegida, representando 3.1% de 4,127 km<sup>2</sup> de todos los polígonos de la solución.

La inspección del Cuadro 10 lleva a las siguientes observaciones:

- 1) La superficie para ser conservada en la solución es relativamente pequeña: 5.2-6.9 % de la superficie de Chiapas en el primer grupo (84 especies de Mimosoideae), 4.4-4.8 % en el segundo, y 9.4-10.8 % en el tercer grupo. La superficie a proteger aumenta con cada especie que se encuentra en un solo polígono, especialmente cuando no está acompañada de otras especies. En algunos casos se puede reducir la superficie al no pretender conservar todas las especies, tomando a consideración que se pueden conservar algunas de estas especies en jardines botánicos, y/o buscarlas en otros polígonos donde quizás estén sin haber sido colectadas. Tener una superficie relativamente pequeña (<10-15 % de la superficie de Chiapas) hace más factible la implementación de una red de conservación. Esta situación es más común al usar un grupo taxonómico completo que un conjunto de especies colectadas en un estudio florístico, donde generalmente no todas las especies han sido identificadas.
- 2) La superficie a proteger no aumenta proporcionalmente con el número de especies incluidas. Las 84 especies de la familia Leguminosae-Mimosoideae (primer grupo) requieren aquí, según el objetivo de optimización, entre 5.2 y 6.9 % de la superficie de Chiapas, pero las 626 especies del segundo grupo solamente requieren 4.4-4.8 %. Es decir, 13.4 veces más especies requieren 1.3-1.4 % menos superficie. La razón de esta paradoja es la existencia de las especies raras, mencionada en el primer punto, así como los datos de las colectas ya que los inventarios provienen de parcelas de dimensiones fijas

que se encuentran concentradas en algunas regiones de Chiapas. El tercer grupo con 688 especies contiene quizás la mitad de las especies arbóreas de Chiapas, pero entonces contar en el futuro con la optimización para todas las especies de Chiapas no necesariamente llevaría a una superficie a proteger mucho más amplia. Se puede observar que existe cierta aditividad entre el primer y segundo grupo al combinarlos en el tercero, debido a la poca coincidencia de los sitios de colecta (271 puntos de colecta para la familia Leguminosae subfamilia Mimosoideae en la segunda base de datos).

- 3) El porcentaje de la superficie con área natural protegida en las soluciones también es pequeño: 2.7-3.1 % en el primer grupo, 1.2 % en el segundo, y 3.8-4.0 % en el tercero. El total de área natural protegida en Chiapas es 9,395 km<sup>2</sup> o 12.8 % del estado (Cuadro 2). Las áreas naturales protegidas existentes en la actualidad no fueron creadas para optimizar la conservación de las especies arbóreas (y aquí se analizó solamente la mitad de las especies arbóreas registradas para la entidad). Existen criterios de valor estético, valor comercial del área, factibilidad política, etc. Sin embargo, el ejercicio en esta tesis muestra la contribución importante que puede hacer la optimización en algunos grupos taxonómicos para destacar cuáles redes de áreas protegidas se recomiendan para conservar en lo posible la biodiversidad. Para varios polígonos en la solución existen áreas naturales protegidas cerca: se podría analizar cuáles especies se perderían al usar ese polígono o en cuánto se aumentaría la superficie de solución.
- 4) Los cuatro diferentes objetivos de optimización no tienen soluciones muy distintas. En el primer grupo resultan 29-30 polígonos, en el segundo 58-59, y en el tercer grupo 77-78. Si se comparan las superficies entre la disyuntiva de usar los polígonos más pequeños versus los más grandes (problemas 3 y 4 en cada grupo), en el primer grupo “más grande” implica una superficie adicional de 1,290 km<sup>2</sup> (5,089 – 3,799), 1.7 % adicional de la superficie de Chiapas, y una superficie protegida total 1.3 veces más grande. Para los otros dos grupos los porcentajes adicionales son 0.4 % y 1.4 % de la superficie de Chiapas, respectivamente. Las diferencias entonces no son

muy grandes. De manera similar, el número de colectas que respalda la solución (primera columna) y la superficie de la solución que ya está declarada área natural protegida no varía mucho dentro de cada grupo.

De esta manera se puede decir que las áreas propuestas a través de la programación lineal tienen compatibilidad en cierto grado con las áreas naturales protegidas declaradas para el estado, teniendo de esta manera coincidencias significativas con los polígonos propuestos,

Por otro lado, al tomar en cuenta las diferencias existentes entre la selección de las áreas de conservación cuando se utilizan los polígonos más grandes o los más pequeños, surge una interrogante; ¿Cuál es la mejor opción para la selección de las áreas? Tomando en cuenta que el objetivo de la aplicación del algoritmo para la optimización es conservar el mayor número de especies en un área mínima, entonces se puede decir que para la selección de las áreas mínimas de conservación es más adecuado utilizar los criterios de los polígonos más pequeños a fin de reducir el área cuando se utilizan los algoritmos para la determinación de estos sitios.

La identificación de áreas prioritarias para la conservación debe basarse en prácticas científicas adecuadas, algunas áreas serán costosas, sin embargo se debe por lo menos conocer su existencia (Margules y Sarkar 2009).

El análisis de las bases de datos en conjunto sugiere que es necesario tener información detallada de otras bases de datos más completas (otras familias de importancia), para poder realizar un estudio evitando los sesgos de las colectas. Esto propiciaría tener un mejor enfoque en los resultados de las áreas de importancia para la optimización de la conservación. Sin embargo, se sabe que la mayor parte de los registros de campo han sido colectados de manera oportunista y, por lo tanto no representan adecuadamente la biodiversidad regional (Margules y Sarkar 2009).

Los análisis de las dos bases de datos por separado muestran, que a pesar de que la base de la familia Leguminosae no contiene tantos puntos de colecta como la base obtenida de la Red Internacional de Inventarios Forestales, sí nos

proporciona soluciones para una mayor extensión del territorio chiapaneco. La explicación de esto es que en las colectas de la segunda base de datos, las colectas se encuentran dirigidas en parcelas específicas.

Una vez que se tengan resultados con una base de datos de todas las especies arbóreas de Chiapas, la recomendación sería considerar restricciones políticas y sociales para implementar alguna estrategia en particular. En este caso conviene usar la primera estrategia (más simple), la única donde hay soluciones alternas (diferentes combinaciones con el mismo número total de polígonos en la solución). Se tendría que analizar cada polígono de la solución para considerar si es factible implementar un área natural protegida.

Cabe señalar que para el planteamiento de un método adecuado para preservar gran parte la biodiversidad de un sitio determinado es necesario tener datos de grupos completos de especies representativas y de importancia así como también de los componentes bióticos del área. De esta manera se puede integrar el conocimiento de diferentes grupos taxonómicos presentes en la determinación de las áreas prioritarias para la conservación. Esta estrategia podría solventar los problemas relacionados con los sesgos en las bases de datos de las especies registradas, teniendo información complementaria en las bases de datos, lo cual proporcionaría información relevante sobre el estado de la biodiversidad a nivel regional de las comunidades integradas.

Hay que destacar la recomendación de usar polígonos de unidades naturales, sin importar su forma y tamaño, en lugar de cuadros por grados geográficos (como en Ricker *et al.*, 2007). En el cuadro 10 se puede ver que 29 polígonos de la solución 1a resultan en un área de 4,127 km<sup>2</sup> (142 km<sup>2</sup> /polígono), pero 58 polígonos de la solución 1b resultan en 3,258 km<sup>2</sup> (56 km<sup>2</sup> /polígono). El método de optimización no depende de las características del polígono, pero la interpretación y el posible seguimiento es mucho más fácil en polígonos con características homogéneas, cuando la información correspondiente (como aquí de INEGI) está disponible.



Finalmente, es necesario mencionar que en un sitio tan diverso como lo es el estado de Chiapas la integración de los conocimientos es necesaria para favorecer y garantizar el mantenimiento de los sistemas con sus componentes bióticos y abióticos. La obtención de inventarios completos no es una opción práctica a corto plazo, ya que el cambio de uso de suelo avanza de manera acelerada y es necesario tomar decisiones ahora (Margules y Sarkar 2009).

Los datos que se muestran en esta tesis sugieren estrategias para la conservación de las especies arbóreas, donde se proponen valores por debajo del 15 % para el mantenimiento de aproximadamente la mitad de los registros de la flora arbórea del estado, sin embargo estas cifras son un estimado que satisface el planteamiento para encontrar las áreas mínimas de conservación para las especies arbóreas registradas en dos bases de datos en Chiapas, pero únicamente representan una parte de lo que hay que tomar en cuenta si se le quiere dar un enfoque holístico al tema de la conservación.

## Literatura citada

- Aguilar, C., E. Martínez y L. Arriaga.** 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: ¿qué tan grave es el problema en México? *Biodiversitas* 5: 7-11.
- Angelsen, A., y D. Kaimowitz.** 1999. Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *World Bank Research Observer* 14: 79-98.
- Bedward M., R.L. Pressey y D.A. Keith.** 1992. A new approach for selecting fully representative reserve networks: addressing efficiency, reserve design and land suitability with an iterative analysis. *Biological Conservation* 62: 115-125.
- Blasco, F., T.C. Whitmore y C. Gers.** 2000. A framework for the worldwide comparison of tropical woody vegetation types. *Biological Conservation* 95: 175-189.
- Breedlove, D.E.** 1981. Flora of Chiapas 1: Introduction to the Flora of Chiapas. California Academy of Sciences, San Francisco.
- Breedlove, D.E.** 1986. Listados Florísticos de México VI Flora de Chiapas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Cantú, C., R. G. Wright, J.M. Scott y E. Strand.** 2003. Conservation assessment of current and proposed nature reserves of Tamaulipas, Mexico. *Natural Areas Journal* 23: 220-228.
- Cantú, C., R. G. Wright, J.M. Scott, y E. Strand.** 2004. Assessment of current and proposed nature reserves of Mexico based on their capacity to protect geophysical features and biodiversity. *Biological Conservation* 115: 411-417
- Carabias, J. y G. Quadri.** 1995. Áreas Naturales Protegidas: economía e Instituciones. Cuadernos de Trabajo, Instituto Nacional de Ecología, México.
- Castillo, M.Á.** 2009. Análisis con imágenes satelitales de los recursos forestales en el trópico húmedo de Chiapas: un estudio de caso en Marqués de Comillas,

Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

**Cayuela, L., M. González, J.M. Rey, N. Ramírez, y M. Martínez.** 2005. Imágenes de satélite revelan como desaparece el bosque en Chiapas. *Quercus* 232: 60-61

**Cayuela, L., L. Gálvez-Bravo, F.S. de Albuquerque, D.J. Golicher, M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial, J.M. Rey Benayas, R.A. Zahawi, J.A. Meave, B.M. Benito, C. Garibaldi, I. Chan, R. Pérez Pérez, R. R. Field, P. Balvanera, M.A. Castillo, B.L. Figueroa-Rangel, D.M. Griffith, G.A. Islebe, D.L. D.L. Kelly, M. M. Olvera-Vargas, S.A. Schnitzer, E. Velazquez, G. Williams-Linera, S.W. Brewer, A. Camacho-Cruz, I. Coronado, B. de Jong, R. R. del Castillo, I. Granzow-de la Cerda, J. Fernández, W. Fonseca, L. Galindo-Jaimes, T.W. Gillespie, B. González-Rivas, J.E. Gordon, J. Hurtado, J. Linares, S.G. Letcher, S.A. Mangan, V.E. Méndez, V. Meza, S. Ochoa-Gaona, C.J. Peterson, V. Ruiz-Gutierrez, K.A. Snarr, F. Tun Dzul, M. Valdez-Hernández, K.M. Viergever, D.A. White, J.N. Williams, F.J. Bonet, R. Zamora** 2012. La Red Internacional de Inventarios Forestales (BIOTREE-NET) en Mesoamérica: avances, retos y perspectivas futuras. *Ecosistemas* 21: 126-135

**Ceballos, G. y D. Navarro.** 1991. Diversity and conservation of Mexican mammals. Pp. 167-198 in: *Latin American mammalogy: history, biodiversity and conservation* (M.A. Mares y D.J. Schmidly, eds.). University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma.

**Challenger, A. y J. Soberón.** 2008. Los ecosistemas terrestres. En: *Capital Natural de México, vol. 1: Conocimiento Actual de la Biodiversidad*, pp. 87-108. Comisión Nacional para el Conocimiento actual de la Biodiversidad, México D.F.

**Church, R.L., D.M. Stoms y F.W. Davis.** 1996. Reserve selection as maximal covering location problem. *Biological Conservation* 76: 105-112

- Cowling, R.M., R.L. Pressey, R. Sims Castley, A. le Roux, E. Baard, C.J. Burgers y G. Palmer.** 2003. The expert or the algorithm? Comparison of priority conservation areas in the Cape Floristic Region identified by park managers and reserve selection software. *Biological Conservation* 112: 147-167.
- Csuti, B., S. Polasky, P. H. Williams, R.L. Pressey, J.D. Camm, M. Kershaw, A. R. Kiester, B. Downs, R. Hamilton, M. Huso y K. Sahr.** 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation* 80: 83-97.
- Dirzo, R. y Haven, P.** 2006. Un inventario biológico para México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 55: 29-34.
- Durán-García, R. y L. Ramos-Pacheco.** 2010. Papel de las Áreas Naturales Protegidas en la conservación de la biodiversidad. En: Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. R. Durán y M. Méndez (Eds), Centro de Investigación Científica Yucatán, Programa de Pequeñas Donaciones-Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente, Mérida. 420-423.
- Dykstra, O.P.** 1984. *Mathematical Programming of Natural Resource Management.* McGraw- Hill, Nueva York.
- Espinosa, D., S.O. Ocegueda, J. Llorente, C. Aguilar y O. Flores.** 2009. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: *Capital Natural de México Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*, pp. 33-65. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México D.F.
- Espinosa-Jiménez, J.A., M.A. Pérez-Farrera, y R. Martínez-Camilo.** 2011. Inventario Florístico del Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 89: 37-82
- ESRI.** 2010. Arcmap 10.0. Esri Inc., Nueva York.

- FAO.** 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales (2010): Informe Nacional México, Roma.
- Fischer, D.T. y R.L. Church.** 2003. Clustering and compactness in reserve site selection: an extension of the biodiversity management area selection model. *Forest Science* 49: 555–565
- Flores-Mata, G., J. Jiménez, X. Madrigal, F. Moncayo y F. Takaki.** 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México.
- Franco J.C., A. Callejas, S. Ramos, B. De Jong, F. Paz, A. Parra, L. Gudiño, E. Díaz, H. Morales, G. Jiménez, M.A. Castillo, J.C. Carrillo, F. Line, J. Pascacio.** 2011. Programa de Acción contra el Cambio Climático del estado de Chiapas. Modelo de deforestación para el estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez.
- Gómez-Pompa, A.** 1965. La vegetación de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 29: 76-120
- González-Espinosa, M., J.M. Rey-Benayas, N. Ramírez-Marcial, M.A. Huston y D. Golicher.** 2004. Tree diversity in the northern Neotropics: regional patterns in highly diverse Chiapas, Mexico. *Ecography* 27: 741-756.
- González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial, G. Mendez-Dewar, L. Galindo-Jaimes y D. Golicher.** 2005. Riqueza de especies de árboles en Chiapas: variación espacial y dimensiones ambientales asociadas a nivel regional. En: M. González-Espinosa, N. Ramírez-Marcial y L. Ruiz-Montoya (coordinadores). *Diversidad biológica en Chiapas*. Plaza y Valdés, México. pp. 81-125.
- González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial, L. Galindo-Jaimes, A. Camacho-Cruz, D. Golicher, L. Cayuela y J.M. Rey-Benayas.** 2009. Tendencias y proyecciones del uso del suelo y la diversidad florística en Los Altos de Chiapas. *Investigación Ambiental Ciencia y Política Pública* 1:40-53.

- González-Espinosa, M. y N. Ramírez-Marcial.** 2013. Comunidades vegetales terrestres. En: *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*, Volumen II, pp. 22-42. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- González Medrano, F.** 2003. Las comunidades vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Hillier, F.S. y G. Lieberman.** 1990. Introduction to Operations Research (5<sup>th</sup> edition), McGraw- Hill, Nueva York.
- INEGI.** 1997. Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación: escalas 1:250 000 y 1: 1 000 000 (alfanumérico). Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI.** 2000a. Guía para la interpretación de cartografía uso de suelo y vegetación, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes.
- INEGI.** 2000b Uso del suelo y vegetación 2000 conjunto de datos del ordenamiento territorial estatal. Escala 1:250 000 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI.** 2003. Conjunto De datos vektoriales de la carta de vegetación primaria 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.
- INEGI.** 2005. Conjunto de datos Vectoriales de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación: Escala 1:250,000. Serie III, Continuo Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes
- INEGI.** 2015. Página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/>
- Lehtomäki, J., Tomppo, E., Kuokkanen, P., Hanski, I. y Moilanen, A.** 2009 Applying spatial conservation prioritization software and high-resolution GIS data to a national-scale study in forest conservation. *Forest Ecology and Management* 258: 2439-2449.

- Lomolino M.V.** 1994. An evaluation of alternative strategies for building networks of nature reserves. *Biological Conservation* 69: 243-249
- Mas, J.F., V. Sonani y R. Álvarez.** 1996. Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. *Investigaciones Geográficas* 5:43-57.
- Margules, C.R., A.O. Nicholls y R.L. Pressey.** 1988. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. *Biological Conservation* 43: 63-76.
- Margules, C. R., y R. L. Pressey.** 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Margules, C., y S. Sarkar.** 2009. Planeación Sistemática de la Conservación. (Trad. V. Sánchez-Cordero y F. Figueroa). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- McNeely, J.A., K.R. Miller, W.V. Reid, R.A. Mittermeier, y T.B. Werner.** 1990. Conserving the world's biological diversity. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland.
- Miranda, F.** 1952. La vegetación de Chiapas, Volumen 1 Ediciones del Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérrez.
- Miranda, F., y E. Hernández X.** 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la Sociedad Botánica de México 28: 29-179
- Mittermeier, R.A., y M.C. Goettsch.** 1992. La Importancia de la diversidad Biológica de México. En: Sarukhán J. y Dirzo R. (compiladores). México ante los retos de la diversidad, pp. 63-67 Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.
- Mülleried, F.K.G.** 1957. Geología de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado, Tuxtla Gutiérrez.
- Nicholls, A.O. y C.S. Margules.** 1993. An upgraded reserve selection algorithm. *Biological Conservation* 64: 165-169.

- Ochoa-Gaona S.** 1996. La vegetación de La Reserva El Ocote a lo largo del cañón del río La Venta. En: Vásquez-Sánchez M.A. y March-Mifsut I. Eds. *Conservación y Desarrollo Sustentable en la Selva El Ocote, Chiapas*, pp. 45–86, El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Centro de Estudios para la Conservación de los Recursos Naturales, A.C., San Cristóbal de Las Casas.
- Orsi, F., R.L. Church y D. Geneletti.** 2011. Restoring forest land-scapes for biodiversity conservation and rural livelihoods: a spatial optimization model. *Environmental Modelling y Software* 26: 1622–1638.
- Padilla-Velarde, E., R. Cuevas-Guzmán, G. Ibarra-Manríquez y S. Moreno-Gómez.** 2006. Riqueza y biogeografía de la flora arbórea del estado de Colima, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 271-295.
- Pennington, T.D., y J. Sarukhán.** 2005. Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies, 3ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México D.F.
- Pérez-Farrera M.A.** 2004. Flora y vegetación de la Reserva de la Biosfera El Triunfo: Diversidad, riqueza y endemismo. En: Pérez–Farrera M.A., N. Martínez-Meléndez, A. Hernández-Yáñez y A.V. Arreola-Muñoz. Eds. *La Reserva de la Biosfera El Triunfo Tras Una Década de Conservación*, pp. 77-100, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutierrez.
- Peterson, A.T., O.A. Flores-Villela, L.S. León-Paniagua, J.E. Llorente-Bousquets, M.A. Luis-Martínez, A.G. Navarro-Sigüenza, M.G. Torres-Chávez y I. Vargas-Fernández.** 1993. Conservation priorities in Mexico: moving up in the world. *Biodiversity Letters* 1: 33-38.
- Reyes-Hartmann, C.** 2013. Resumen de ecosistemas terrestres. En: La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado, Volumen II, pp. 20-21. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Gobierno del Estado de Chiapas, México, D.F.



- Ricker, M., I. Ramírez-Krauss, G. Ibarra-Manríquez, E. Martínez, C.H. Ramos, G. González-Medellín, G. Gómez-Rodríguez, J.L. Palacio-Prieto y H.M. Hernández.** 2007. Optimizing conservation of forest diversity: a country-wide approach in México. *Biodiversity and Conservation* 16: 1927-1957.
- Ricker, M., y H.M. Hernández.** 2010. Tree and tree-like species of Mexico: gymnosperms, monocotyledons, and tree ferns. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 27-38.
- Ricker, M., H.M. Hernández, M. Sousa, y H. Ochoterena.** 2013. Tree and tree-like species of Mexico: Asteraceae, Leguminosae, and Rubiaceae. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 439-470.
- Rocha-Loredo A.G, N. Ramírez-Marcial, M. González-Espinosa.** 2010. Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en la Depresión Central de Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 87: 89-103.
- Rzedowski, J.** 1978. Vegetación de México. Limusa, México D.F.
- Rzedowski, J.** 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana* 14: 3-21.
- Rzedowski, J.** 1991b. El endemismo de la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botanica Mexicana* 15: 47-64.
- Saetersdal, M., J.M. Line y H.J.B. Birks.** 1993. How to maximize biological diversity in nature reserve selection: Vascular plants and breeding birds in deciduous woodlands, Western Norway. *Biological Conservation* 66: 131-138.
- Sarukhán, J.** 1964. Estudio sucesional de un área talada de las zonas cálido-húmedas de México. Inst. Nac. Inv. For. Méx. (publicación especial núm. 3), pp. 65-175.
- Underhill, L.G.** 1994. Optimal and suboptimal reserve selection algorithms. *Biological Conservation* 70: 85-87.
- Vanderbei, R.J.** 2001. *Linear Programming: Foundations and Extensions*. Springer, Nueva York.

- Vane-Wright, R.I., C.J. Humphries y Williams, P.H.** 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation* 55: 235-254.
- Vanderkam, R.P.D., Y.F. Wiersma y D.J. King.** 2007. Heuristic algorithms vs. linear programming for designing conservation reserve networks: evaluation of solution optimality and processing time. *Biological Conservation* 137: 349-358
- Villaseñor J.L.** 1991. Las Heliantheae endémicas de México: una guía hacia la conservación. *Acta Botanica Mexicana* 15: 29-46.
- Villaseñor J.L.** 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160-167.
- Witting, L. y V. Loeschcke.** 1995. The optimization of biodiversity conservation, *Biological Conservation* 71: 205-207.

## Apéndice 1: Formulación de los problemas de optimización y las soluciones detalladas con el programa *LINGO*

Se presentan en los puntos 1a-4c la formulación, seguida por la solución, para cada tipo de problema (1-4), así como para cada una de las dos bases y su conjunto (a-c). Se empleó el programa de optimización LINGO 13 de *Lindo Systems Inc.* ([www.lindo.com](http://www.lindo.com)). Todas las formulaciones aquí son de programación lineal con variables continuas, las cuales por la naturaleza de la formulación resultan en soluciones con parámetros binarios (0/1). Esta formulación es la optimización clásica, la cual es la más rápida, confiable, y también con la solución más informativa. Todas las soluciones representan óptimos globales. “MIN” significa minimizar, iniciando la función objetivo. Después siguen las restricciones, cada una terminando con un semicolon. Antes de cada restricción se menciona en un comentario los nombres del par de las especies, para el cual aplica la restricción. Un comentario inicia con un signo de exclamación y termina con un semicolon. El “costo de incluir una variable” se refiere al aumento de la función objetivo cuando uno obliga la variable de formar parte de la solución. Cuando el costo de una variable no incluida en la solución óptima queda en cero, entonces existen soluciones alternas. Esto significa que se pueden tener una o varias otras combinaciones de polígonos en la solución óptima sin tener un aumento de la función objetivo.

### 1a) Minimizar el número de polígonos requeridos para la conservación (84 especies arbóreas de Mimosoideae en 218 polígonos)

#### PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

```
MIN = P108978 + P109405 + P110029 + P110157 + P110478 + P110641 + P111229
+ P111414 + P111668 + P111757 + P111819 + P111953C + P111953N + P111953S
+ P111967 + P112043 + P112273 + P112309 + P112322 + P112785 + P112813 +
P112868 + P112869 + P112927 + P113073 + P113079 + P113119 + P113154 +
P113310 + P113316 + P113361 + P113378 + P113443 + P113529 + P113530 +
P113543 + P113569 + P113576 + P113672 + P113679 + P113733 + P113750 +
P113754 + P113826 + P113828 + P113840 + P113878 + P113882 + P113919 +
P113927 + P114015 + P114016 + P114200 + P114244 + P114258 + P114270 +
P114289 + P114396 + P114464 + P114505 + P114613 + P114635 + P114646 +
P114671 + P114774 + P114904 + P114933 + P114940 + P114968 + P115066 +
P115148 + P115163 + P115206 + P115252 + P115253 + P115277 + P115297 +
P115303 + P115378 + P115400 + P115422 + P115464 + P115498 + P115526 +
P115570 + P115601 + P115602 + P115644 + P115665 + P115668 + P115690 +
P115703 + P115718 + P115755 + P115798 + P115835 + P115845 + P115882 +
P115933 + P115934 + P115979 + P115992 + P116144 + P116183 + P116260 +
P116287 + P116316 + P116471 + P116553 + P116642 + P116749 + P116830 +
P116983 + P116993 + P117019 + P117078 + P117303 + P117449 + P117478 +
P117490 + P117743 + P117745 + P117822 + P117952 + P118093 + P118102 +
P118119 + P118163 + P118241 + P118308 + P118310 + P118380 + P118384 +
P118561 + P118564 + P118624 + P118648 + P118651 + P118665 + P118683 +
```

P118764 + P118778 + P118886 + P118994 + P119096 + P119099 + P119131 +  
P119161 + P119260 + P119294 + P119323 + P119335 + P119353 + P119371 +  
P119377 + P119449 + P119476 + P119502 + P119507 + P119519 + P119520 +  
P119544 + P119589 + P119687 + P119792 + P119809 + P119811 + P119849 +  
P119863 + P119942 + P119974 + P120025 + P120129 + P120272 + P120314 +  
P120365 + P120424 + P120497 + P120608 + P120631 + P120665 + P120676 +  
P120677 + P120734 + P120775 + P120900 + P120956 + P120980 + P121002 +  
P121056 + P121123 + P121237 + P121303 + P121319 + P121324 + P121342 +  
P121430 + P121474 + P121498 + P121504 + P121590 + P121591 + P121613 +  
P121645 + P121661 + P121669 + P121674 + P121697 + P121710 + P121753 +  
P121754 + P121776 + P121784 + P121808 + P121821 + P121842 + P121899 +  
P122157;

!Abarema zolleriana; P113569 + P118093 + P119502>=1; !Acacia californica;  
P119687>=1; !Acacia centralis; P111953N + P114464 + P117478 + P121776>=1;  
!Acacia chiapensis; P114968>=1; !Acacia cochliacantha; P113316 + P118648  
+ P119792 + P119809>=1; !Acacia collinsii; P111953N + P115570 + P115644 +  
P115703 + P115835 + P115933 + P115979 + P116183 + P118651 + P119323 +  
P119476 + P119809>=1; !Acacia cookii; P111757>=1; !Acacia farnesiana;  
P113316 + P114635 + P115066 + P115464 + P115602 + P115718 + P115798 +  
P115933 + P117822 + P118119 + P118778 + P119942 + P121674>=1; !Acacia  
gentlei; P110478 + P111953N + P113754 + P114200 + P114464 + P114505 +  
P115303 + P117078 + P120775>=1; !Acacia globulifera; P115253>=1; !Acacia  
hindsii; P111229 + P115066 + P117490 + P118683 + P119161 + P119371 +  
P121237 + P121324>=1; !Acacia janzenii; P111229>=1; !Acacia mayana;  
P109405 + P111953N + P111953S + P114904 + P117449>=1; !Acacia pennatula;  
P112309 + P113079 + P113529 + P114646 + P114933 + P115066 + P115570 +  
P115703 + P115718 + P118380 + P118651 + P118683 + P119099 + P119371 +  
P119687 + P119811 + P120272 + P121753>=1; !Acacia picachensis; P113919 +  
P115703 + P118119 + P118778 + P120956>=1; !Acacia polyphylla; P109405 +  
P110478 + P111953N + P111953S + P112785 + P113754 + P113828 + P114200 +  
P114464 + P114505 + P114904 + P114940 + P115303 + P115882>=1; !Acacia  
riparia; P111953N + P119942>=1; !Acacia usumacintensis; P111953N +  
P113079 + P113154 + P114464 + P115882 + P116830>=1; !Albizia  
adinocephala; P110029 + P111953N + P114464 + P114904 + P115163 + P118665  
+ P121645>=1; !Albizia guachapele; P118994 + P120424 + P121504>=1;  
!Albizia leucocalyx; P111953N + P112868 + P115882>=1; !Albizia niopoides;  
P119131 + P121645>=1; !Albizia tomentosa; P110478 + P111953N + P113079 +  
P115378 + P118651 + P119335 + P119371 + P120608 + P121674>=1; !Calliandra  
arborea; P109405>=1; !Calliandra caeciliae; P119589>=1; !Calliandra  
calothyrsus; P111953N + P111953S + P112785 + P113073 + P113316 + P113754  
+ P114016 + P114464 + P114613 + P115297 + P115464 + P115498 + P115798 +  
P115835 + P115933 + P115979 + P115992 + P116287 + P121645>=1; !Calliandra  
magdalenae; P121645>=1; !Chloroleucon mangense; P118651 + P119323 +  
P120025 + P120314>=1; !Cojoba arborea; P111953N + P111953S + P112927 +  
P113079 + P113750 + P113828 + P114016 + P114200 + P114464 + P114671 +  
P114904 + P114933 + P115422 + P115882 + P117743 + P118093 + P118561 +  
P118564 + P118764 + P121056 + P121591 + P121613 + P121842>=1; !Cojoba  
graciliflora; P109405 + P110478 + P111414 + P111819 + P111953S + P111967  
+ P113543 + P113882 + P114396 + P115277 + P116316 + P121056 + P121474 +  
P121808>=1; !Cojoba haematoloba; P115206 + P115602 + P120734 + P121056 +  
P121430 + P121808>=1; !Cojoba mariaelenae; P119809>=1; !Cojoba  
sophorocarpa; P115206 + P121056 + P121498>=1; !Enterolobium schomburgkii;  
P119323>=1; !Havardia albicans; P108978>=1; !Havardia pallens; P115570 +  
P119323>=1; !Inga acrocephala; P111953S>=1; !Inga belizensis; P110641 +  
P111953N + P113569>=1; !Inga calderonii; P113733 + P118564 + P119809 +  
P121056 + P121474 + P121645 + P121784>=1; !Inga dasycarpa; P120314>=1;

!Inga densiflora; P121899>=1; !Inga flexuosa; P112309 + P112869>=1; !Inga  
 jinicuili; P111953S + P121669 + P121697 + P121754>=1; !Inga lactifera;  
 P114015>=1; !Inga laurina; P115303 + P118241 + P118624 + P118648 +  
 P118778 + P119974>=1; !Inga mexicana; P109405 + P110478 + P111668 +  
 P111953N + P113079 + P113927>=1; !Inga micheliana; P112309 + P121590 +  
 P121645>=1; !Inga nobilis; P111953N>=1; !Inga oerstediana; P111819 +  
 P112043 + P112813 + P113079 + P113878 + P118093 + P118308 + P119449 +  
 P120365 + P121056>=1; !Inga paterno; P111953N + P114505>=1; !Inga  
 pavoniana; P109405 + P110641 + P111819 + P111953N + P111953S + P112813 +  
 P113569 + P113672 + P113754 + P114200 + P114464 + P114505 + P115755 +  
 P115882 + P117478 + P120980>=1; !Inga punctata; P109405 + P111757 +  
 P111953N + P111953S + P112813 + P113154 + P113310 + P113361 + P113378 +  
 P113576 + P113754 + P113840 + P114016 + P114200 + P114464 + P114774 +  
 P115066 + P115297 + P115303 + P115400 + P118308 + P118310 + P118648 +  
 P118651 + P119353 + P119449 + P120631 + P120734 + P120980 + P121056 +  
 P121123 + P121303 + P121342 + P121645>=1; !Inga tuerckheimii; P112043 +  
 P112273 + P112309 + P112813 + P113119 + P114016 + P114289 + P116144 +  
 P118093 + P118561>=1; !Inga vera; P109405 + P110478 + P111953C + P111953N  
 + P111953S + P113316 + P114016 + P114200 + P114505 + P114933 + P114968 +  
 P115066 + P115163 + P115703 + P116553 + P116642 + P117745 + P118651 +  
 P118683 + P118886 + P119161 + P119260 + P119294 + P119377 + P119449 +  
 P119811 + P119849 + P119974 + P120129 + P120424 + P120497 + P120665>=1;  
 !Leucaena collinsii; P113316 + P115602 + P115703 + P115979 + P118102 +  
 P119476 + P119687 + P119863 + P120608 + P121504 + P121674 + P121710>=1;  
 !Leucaena diversifolia; P112322 + P113530 + P113569>=1; !Leucaena  
 esculenta; P115464>=1; !Leucaena lanceolata; P115066 + P118308 + P118651  
 + P119544>=1; !Leucaena leucocephala; P110478 + P111953N + P113316 +  
 P113828 + P114200 + P114270 + P114505 + P115570 + P119507 + P121784 +  
 P122157>=1; !Leucaena shannonii; P115066 + P115297 + P115526 + P115703 +  
 P115835 + P115845 + P116287 + P116983 + P118308>=1; !Leucaena trichandra;  
 P113679 + P113826 + P114258 + P114671 + P114933 + P115297 + P115498 +  
 P115665 + P115933 + P115979 + P115992 + P116183 + P118384 + P118651 +  
 P119476 + P119520>=1; !Lysiloma acapulcense; P113316 + P114244 + P115464  
 + P115498 + P115703 + P115835 + P115845 + P115934 + P119096 + P119323 +  
 P119589>=1; !Lysiloma auritum; P113679 + P114671 + P114904 + P114968 +  
 P115464 + P115498 + P115690 + P115718 + P119323 + P119371 + P119476 +  
 P119519 + P119863 + P121498 + P121784>=1; !Lysiloma divaricatum; P113316  
 + P114933 + P115066 + P115464 + P115934 + P115979 + P118651 + P118778 +  
 P119323 + P119476 + P119687 + P120676 + P121237 + P121504>=1; !Lysiloma  
 latisiliquum; P115303>=1; !Mimosa aculeaticarpa; P113443 + P117019 +  
 P117303 + P117952 + P118384>=1; !Mimosa bahamensis; P111953N>=1; !Mimosa  
 goldmanii; P115703>=1; !Mimosa platycarpa; P115845 + P116471 +  
 P119323>=1; !Mimosa tenuiflora; P115066 + P116260 + P116749 + P118163>=1;  
 !Piptadenia flava; P118651 + P118778>=1; !Piptadenia viridiflora; P115755  
 + P116993 + P121319>=1; !Pithecellobium dulce; P113316 + P115066 +  
 P115668 + P115798 + P115933 + P118102 + P118163 + P118380 + P118651 +  
 P119353 + P120424 + P121645>=1; !Pithecellobium hymenaeifolium;  
 P111953S>=1; !Pithecellobium lanceolatum; P111953N + P111953S + P112785 +  
 P115148 + P115755 + P115835 + P115882 + P115992 + P121821>=1;  
 !Pithecellobium macrandrium; P111953N + P111953S + P113750 + P113828 +  
 P115303 + P115882>=1; !Prosopis juliflora; P122157>=1; !Samanea saman;  
 P110029 + P120677>=1; !Zapoteca portoricensis; P111819 + P111953N +  
 P111953S + P112785 + P113826 + P114200 + P114464 + P114671 + P115066 +  
 P115464 + P115979 + P118561 + P118564 + P120900 + P121002 + P121056 +  
 P121498 + P121590 + P121645 + P121674 + P121710>=1; !Zapoteca tetragona;  
 P113073 + P114671 + P119323 + P119449 + P121430 + P121661>=1; !Zygia  
 cognata; P109405 + P110157 + P114464 + P114904 + P115882>=1; !Zygia

latifolia; P109405 + P114464>=1; !Zygia peckii; P111953N + P111953S +  
P113754 + P114200 + P114464 + P114505 + P114904 + P115252 + P115601>=1;  
!Zygia recordii; P111953N + P114505 + P121821>=1;  
END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 29.00000.

Polígonos incluidos en la solución óptima (29 polígonos): P108978, P109405, P111229,  
P111757, P111953N, P111953S, P112309, P113569, P114015, P114968, P115253,  
P115303, P115464, P115703, P117952, P118163, P118651, P119323, P119589, P119687,  
P119809, P120314, P120677, P121056, P121319, P121504, P121645, P121899, P122157.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna (21 polígonos): P110029,  
P112322, P112869, P113443, P113530, P115066, P115206, P115602, P115755, P116260,  
P116749, P116993, P117019, P117303, P118384, P118778, P118994, P120424, P120734,  
P121430, P121808.

Los demás polígonos tienen un costo de 1 cada uno para incluirlos.

### **1b) Minimizar el número de polígonos requeridos para la conservación (626 especies arbóreas BioTreenet en 102 polígonos)**

#### PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

MIN = P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932  
+ P112962 + P113021 + P114166 + P114285 + P114663 + P114671 + P114697 +  
P114764 + P114972 + P115105 + P115244 + P115304 + P115383 + P115483 +  
P115703 + P115808 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 + P115955 +  
P115979 + P116033 + P116075 + P116146 + P116168 + P116219 + P116281 +  
P116287 + P116303 + P116338 + P116371 + P116513 + P116531 + P116533 +  
P116544 + P116589 + P116655 + P116657 + P116681 + P116765 + P116871 +  
P116929 + P116996 + P117058 + P117065 + P117078 + P117197 + P117303 +  
P117355 + P117425 + P117822 + P118093 + P118175 + P118285 + P118384 +  
P118491 + P118582 + P118665 + P118674 + P118680 + P118683 + P118715 +  
P118741 + P118819 + P118867 + P119260 + P119307 + P119311 + P119323 +  
P119371 + P119377 + P119450 + P119454 + P119476 + P119502 + P119520 +  
P120467 + P120541 + P120639 + P120734 + P120823 + P120930 + P120948 +  
P120978 + P120980 + P121010 + P121056 + P121287 + P121303 + P121430 +  
P121474 + P121498 + P121568 + P121613;

!Abies guatemalensis; P112869>=1; !Abuta panamensis; P116303>=1; !Acacia  
angustissima; P114671 + P114972 + P115304 + P115924 + P116681 + P116765 +

P117065 + P117303 + P117822 + P118674 + P118819 + P119377 + P119450>=1;  
!Acacia cochliacantha; P120930 + P120948>=1; !Acacia cornigera; P115979 +  
P116929 + P117197 + P118715 + P118867 + P119260 + P120639 + P120823 +  
P120930 + P120978>=1; !Acacia gentlei; P117078>=1; !Acacia glomerosa;  
P117197 + P121474>=1; !Acacia pennatula; P112007 + P112932 + P116303 +  
P116338 + P116929 + P118175 + P118384 + P118491 + P118582 + P118683 +  
P118715 + P118741 + P118819 + P119260 + P119307 + P119323 + P119377 +  
P119450 + P119476 + P119502 + P120467>=1; !Acacia polyphylla; P117078>=1;  
!Acalypha macrostachya; P120541 + P121287>=1; !Acosmium panamense;  
P114663 + P117078>=1; !Ageratina ligustrina; P114166 + P114671 + P114697  
+ P114764 + P115304 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P116168 +  
P116219 + P116281 + P116531 + P117355 + P118093 + P118674 + P119377 +  
P119454>=1; !Ageratina mairetiana; P118175>=1; !Agonandra racemosa;  
P118867>=1; !Aiouea inconspicua; P118093>=1; !Alchornea latifolia;  
P117078 + P118665 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Alfaroa mexicana;  
P112309>=1; !Alibertia edulis; P115979 + P120823 + P120930 + P120978>=1;  
!Allophylus camptostachys; P116871>=1; !Alnus acuminata; P114166 +  
P114671 + P114697 + P114764 + P115244 + P115811 + P115924 + P115942 +  
P116033 + P116219 + P116281 + P116655>=1; !Alseis yucatanensis; P118665 +  
P118680 + P118867>=1; !Alvaradoa amorphoides; P117425 + P119323>=1;  
!Amelanchier denticulata; P117822 + P118491>=1; !Ampelocera hottlei;  
P117078 + P118665>=1; !Amphitecna apiculata; P118093>=1; !Amphitecna  
montana; P118093 + P121056 + P121287 + P121474 + P121498 + P121568>=1;  
!Amyris elemifera; P119476>=1; !Andira galeottiana; P117078>=1; !Andira  
inermis; P116929 + P118867>=1; !Annona cherimola; P116929>=1; !Annona  
liebmanniana; P115979>=1; !Annona purpurea; P120467 + P120734 + P120823 +  
P120930>=1; !Annona rensoniana; P115105 + P115979 + P117078>=1; !Annona  
scleroderma; P118665>=1; !Apeiba tibourbou; P117078 + P121474>=1;  
!Aphananthe monoica; P117078 + P118665 + P118867 + P120734>=1;  
!Arachnothryx buddleioides; P118093 + P121056 + P121303 + P121498 +  
P121568 + P121613>=1; !Arachnothryx capitellata; P118093 + P119307>=1;  
!Arbutus xalapensis; P112007 + P112869 + P112962 + P114166 + P114671 +  
P114697 + P114764 + P114972 + P115304 + P115483 + P115811 + P115916 +  
P115924 + P115942 + P116033 + P116219 + P116281 + P116531 + P116533 +  
P116655 + P116996 + P117058 + P117303 + P117355 + P118285 + P118384 +  
P119476>=1; !Ardisia bartlettii; P121056 + P121498 + P121613>=1; !Ardisia  
compressa; P120734 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 + P121498 +  
P121568>=1; !Ardisia densiflora; P117822 + P120734 + P121056 + P121474 +  
P121498 + P121568>=1; !Ardisia guatemalensis; P121303 + P121568>=1;  
!Ardisia mexicana; P121056 + P121287 + P121498 + P121568>=1; !Ardisia  
revoluta; P114663>=1; !Ardisia venosa; P111889 + P112007 + P112043 +  
P112309 + P114285 + P115924 + P116168 + P116655 + P121056 + P121498 +  
P121568>=1; !Ardisia verapazensis; P112309>=1; !Aspidosperma  
desmanthum; P118867>=1; !Aspidosperma megalocarpon; P117078 + P118665 +  
P121430>=1; !Astronium graveolens; P114663 + P115979 + P116303 + P116929 +  
P117078>=1; !Attalea butyracea; P117078>=1; !Baccharis serraefolia;  
P116219>=1; !Baccharis vaccinioides; P114671 + P114764 + P114972 +  
P115304 + P115808 + P116033 + P116219 + P116655 + P116681 + P116765>=1;  
!Bactris mexicana; P118665>=1; !Balizia leucocalyx; P117078>=1; !Bauhinia  
divaricata; P116371>=1; !Bauhinia unguolata; P115703 + P116303 + P116929 +  
P117197 + P120823 + P120978>=1; !Beilschmiedia mexicana; P112007 +  
P112309>=1; !Bejaria aestuans; P121474>=1; !Bernardia dodecandra; P116287  
+ P116371 + P121056 + P121287 + P121498 + P121613>=1; !Billia  
hippocastanum; P111889 + P112007 + P112309>=1; !Blepharidium  
guatemalense; P117078>=1; !Blomia prisca; P121056>=1; !Bocconia arborea;  
P112309 + P112869 + P114285 + P120467>=1; !Boehmeria caudata; P120467 +  
P120734 + P121056 + P121287>=1; !Boehmeria ulmifolia; P120467 +

P121303>=1; !Bonellia macrocarpa; P115979 + P116303>=1; !Bourreria mollis; P117078>=1; !Bravaisia integerrima; P117078>=1; !Brosimum alicastrum; P116303 + P117078 + P118665 + P118867 + P121430>=1; !Brosimum guianense; P117078 + P118867>=1; !Brosimum lactescens; P118665 + P118867>=1; !Brunellia mexicana; P114285 + P119520 + P121056>=1; !Bucida acrostachya; P115979 + P116287>=1; !Buddleia cordata; P115304 + P115383 + P116219>=1; !Buddleia crotonoides; P116281 + P118384>=1; !Buddleia nitida; P114972 + P115383 + P116281>=1; !Buddleia skutchii; P115955>=1; !Buddleja cordata; P114166 + P114764 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 + P116033 + P116281 + P116531 + P116655>=1; !Buddleja nitida; P115483 + P115924 + P116655>=1; !Bunchosia lindeniana; P117822 + P118665 + P118867 + P121056 + P121287>=1; !Bunchosia swartziana; P121287 + P121474>=1; !Bursera ariensis; P116287>=1; !Bursera bipinnata; P115979 + P116338 + P118683 + P118715 + P119260 + P120639>=1; !Bursera excelsa; P115703 + P115979 + P116287 + P116338 + P116871 + P116929 + P117197 + P117425 + P118683 + P118715 + P119476>=1; !Bursera heteresthes; P115979 + P116287 + P116929>=1; !Bursera simaruba; P115105 + P115703 + P115979 + P116287 + P116303 + P116371 + P116871 + P116929 + P117078 + P117197 + P117425 + P117822 + P118665 + P118683 + P118715 + P119260 + P119371>=1; !Byrsonima crassifolia; P115105 + P117197 + P118683 + P120639 + P120823 + P120930 + P120948 + P120978 + P120980 + P121010>=1; !Caesalpinia eriostachys; P116371>=1; !Calliandra grandifolia; P121474>=1; !Calliandra houstoniana; P112309 + P117822 + P119377 + P120948 + P120978 + P120980 + P121010>=1; !Calophyllum brasiliense; P117078 + P118665 + P120930 + P120978 + P121430>=1; !Calycophyllum candidissimum; P115979 + P121474>=1; !Calyptranthes lindeniana; P118665>=1; !Calyptranthes pallens; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P114166 + P114764 + P115383 + P116655>=1; !Capparis baducca; P115979>=1; !Carpinus caroliniana; P112869 + P121056>=1; !Casabela ovata; P116287 + P116929 + P119260>=1; !Casearia aculeata; P120978>=1; !Casearia corymbosa; P115979 + P116303 + P116871 + P116929 + P120823 + P120930 + P120978 + P121056>=1; !Cassipourea guianensis; P117078>=1; !Castilla elastica; P117078>=1; !Ceanothus caeruleus; P114671 + P118674>=1; !Cecropia obtusifolia; P116303 + P116929 + P117078 + P118093 + P119520 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Cecropia peltata; P114663 + P115105 + P118867 + P120978 + P121430>=1; !Cedrela odorata; P117078 + P117822 + P120467 + P121287>=1; !Cedrela salvadorensis; P115703 + P115979 + P117197 + P119260 + P121056 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Ceiba acuminata; P115979 + P116287 + P116371 + P116871 + P117197 + P120823>=1; !Ceiba pentandra; P114663 + P115979 + P117078 + P120467>=1; !Cestrum aurantiacum; P114166 + P114671 + P116033 + P116655>=1; !Cestrum guatemalense; P114166 + P115244 + P115483 + P115916 + P116168>=1; !Cestrum nocturnum; P117078 + P121056>=1; !Chamaedorea tepejilote; P120467 + P120541 + P120734>=1; !Chiococca alba; P117822 + P118175 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118741 + P119307 + P119377 + P119450 + P119476 + P121056>=1; !Chiranthodendron pentadactylon; P116168 + P116655>=1; !Chrysophyllum cainito; P120467 + P120541 + P121474>=1; !Chrysophyllum mexicanum; P116303>=1; !Cinnamomum zapatae; P117822 + P121287>=1; !Citharexylum donnell-smithii; P120734>=1; !Citharexylum hexangulare; P115105>=1; !Citharexylum mocinnii; P112007 + P112309 + P112869 + P114285 + P118093 + P121056>=1; !Clethra mexicana; P112869>=1; !Clethra occidentalis; P111889 + P112007 + P112309 + P114166 + P114285 + P114671 + P114697 + P114764 + P115383 + P115811 + P115916 + P115924 + P117822 + P121056>=1; !Clethra oleoides; P114166 + P114764 + P115383 + P115483 + P115916 + P116146>=1; !Clethra purpusii; P115105>=1; !Clethra suaveolens; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932 + P113021 + P114671 + P115942 + P116531 + P118093 + P118674 +



P118819 + P119307 + P119377 + P119454 + P119502 + P119520 + P120541 +  
P120734 + P120823 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 + P121498 +  
P121568 + P121613>=1; !Cleyera theoides; P111889 + P112007 + P112043 +  
P112309 + P112869 + P112874 + P112932 + P114166 + P114285 + P114671 +  
P114764 + P115383 + P115483 + P115808 + P115811 + P115924 + P115942 +  
P116033 + P116146 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 + P116544 +  
P116589 + P116655 + P116681 + P116765 + P117065 + P117355 + P118384 +  
P119377 + P120734 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 + P121498 +  
P121568 + P121613>=1; !Clibadium arboreum; P114972 + P115955 + P115979 +  
P116303>=1; !Clusia guatemalensis; P117822 + P120467 + P121056 +  
P121498>=1; !Clusia mexicana; P112043 + P112869>=1; !Clusia rosea; P112309  
+ P114671 + P115979 + P119377>=1; !Cnidioscolus multilobus; P115703 +  
P116871 + P119260>=1; !Coccoloba acapulcensis; P116303>=1; !Coccoloba  
barbadensis; P118093>=1; !Coccoloba belizensis; P117078>=1; !Coccoloba  
escuintlensis; P121056 + P121287 + P121474>=1; !Coccoloba floribunda;  
P115105 + P115703 + P116303 + P116929>=1; !Cochlospermum vitifolium;  
P115703 + P115979 + P116287 + P116303 + P116338 + P116371 + P116871 +  
P116929 + P117197 + P117425 + P118683 + P118715 + P119260 + P120823>=1;  
!Cojoba arborea; P114166 + P114671 + P117078 + P118665 + P120734 +  
P121056>=1; !Cojoba recordii; P120467 + P120541 + P120734 + P121474>=1;  
!Colubrina arborescens; P114764 + P115383 + P116303>=1; !Colubrina  
triflora; P115979>=1; !Comarostaphylis discolor; P116033>=1; !Comocladia  
guatemalensis; P116287 + P117197>=1; !Conostegia volcanalis; P121056 +  
P121498 + P121568 + P121613>=1; !Conostegia xalapensis; P118093 + P120467  
+ P120541 + P120639 + P120930 + P120978>=1; !Cordia alliodora; P116929 +  
P117197 + P119260 + P121474>=1; !Cordia foliosa; P115979 + P116303 +  
P116929>=1; !Cordia stellifera; P116929 + P117078 + P117197 + P117425 +  
P118867>=1; !Cornus disciflora; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 +  
P112869 + P112874 + P112932 + P113021 + P114166 + P114285 + P114671 +  
P114764 + P115304 + P115383 + P115483 + P115808 + P115811 + P116033 +  
P116168 + P116281 + P116655 + P116681 + P116765 + P117065 + P118093 +  
P118674 + P118819 + P119307 + P119377 + P119502>=1; !Cornus excelsa;  
P114166 + P114285 + P114671 + P114764 + P115244 + P115304 + P115924 +  
P116281 + P116655 + P118384>=1; !Cornutia pyramidata; P114671>=1;  
!Crataegus pubescens; P114166 + P114671 + P115244 + P115304 + P115916 +  
P115924 + P115955 + P116281 + P116996>=1; !Critonia morifolia; P120467 +  
P120541 + P121056 + P121287>=1; !Critoniadelphus nubigenus; P111889 +  
P112043 + P112869 + P114285 + P114764 + P115383 + P115483 + P115811 +  
P115916 + P116168 + P116281 + P120467 + P120541 + P121056>=1;  
!Crossopetalum parviflorum; P117822 + P118867 + P121056 + P121287>=1;  
!Croton billbergianus; P117197>=1; !Croton carpostellatus; P115105>=1;  
!Croton draco; P119520 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287  
+ P121474>=1; !Croton fragilis; P117822>=1; !Croton glabellus; P114285 +  
P117078 + P118867>=1; !Croton guatemalensis; P117822 + P121474>=1; !Croton  
nitens; P117078>=1; !Cryosophila stauracantha; P114663 + P118665 +  
P118680 + P118867>=1; !Cupania belizensis; P118665 + P119307>=1; !Cupania  
dentata; P114663 + P117822 + P121430 + P121474>=1; !Cupressus lusitanica;  
P116655>=1; !Curatella americana; P120639 + P120823 + P120930 + P120948 +  
P120978 + P121010>=1; !Cyathea fulva; P111889 + P112007 + P112309 +  
P114285 + P114764 + P115383 + P118093 + P121056 + P121498 + P121568 +  
P121613>=1; !Cymbopetalum mayanum; P117078>=1; !Cymbopetalum  
penduliflorum; P117078 + P118665>=1; !Cyrtocymura scorpioides; P114166 +  
P114285 + P114671 + P118674 + P119377 + P120734 + P121056 + P121287>=1;  
!Dalbergia cubilquitzensis; P117078>=1; !Dalbergia glabra; P118683>=1;  
!Dalbergia glomerata; P114166 + P114671>=1; !Dalbergia stevensonii;  
P117078>=1; !Daphnopsis americana; P115105 + P119377>=1; !Daphnopsis  
selerorum; P114764 + P115811 + P115916 + P115924 + P121056>=1;

!Daphnopsis tuerckheimiana; P111889 + P112043 + P112869>=1; !Decazyx  
 macrophyllus; P114663>=1; !Dendropanax arboreus; P111889 + P112007 +  
 P112043 + P112309 + P114663 + P117822 + P120978 + P121056 + P121287 +  
 P121430 + P121474>=1; !Dendropanax populifolius; P114285 + P120467 +  
 P120541 + P120734 + P121056 + P121474 + P121498 + P121613>=1; !Deppea  
 grandiflora; P114764 + P115383 + P115483 + P115916>=1; !Dialium  
 guianense; P117078 + P118665 + P118867>=1; !Dioon merolae; P116929>=1;  
 !Diospyros ebenum; P121056>=1; !Diospyros nigra; P114663>=1; !Diospyros  
 salicifolia; P115979 + P116303 + P116371 + P117197>=1; !Diphysa  
 americana; P117197 + P117822 + P118683 + P119260 + P120930 + P120978>=1;  
 !Diphysa floribunda; P120541 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Dodonaea  
 viscosa; P117303 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118741 +  
 P119377 + P119450 + P120467>=1; !Dracaena americana; P118665>=1; !Drimys  
 granadensis; P114764 + P115383 + P115483 + P115916 + P121056 + P121498 +  
 P121613>=1; !Drypetes brownii; P118665 + P118867>=1; !Drypetes  
 lateriflora; P114663>=1; !Ehretia latifolia; P114166 + P114671>=1;  
 !Ehretia tinifolia; P114671>=1; !Enterolobium cyclocarpum; P119260>=1;  
 !Erblichia odorata; P117078 + P117822 + P118867>=1; !Erythrina americana;  
 P117078>=1; !Erythrina chiapasana; P114671 + P117303 + P117822 + P118384 +  
 P118491 + P118582 + P118683 + P119476 + P120823>=1; !Erythrina folkersii;  
 P115979 + P116287 + P116303 + P116929 + P117078 + P117197 + P119260 +  
 P119311 + P119371 + P119476>=1; !Erythrina guatemalensis; P120541 +  
 P120734>=1; !Erythroxyllum macrophyllum; P115105>=1; !Eugenia  
 acapulcensis; P114285 + P116303 + P116371 + P118384 + P119377 + P119476 +  
 P120734 + P121056 + P121287 + P121613>=1; !Eugenia capillipes; P120467 +  
 P120734>=1; !Eugenia capuli; P117078 + P117822 + P118665 + P118867>=1;  
 !Eugenia capuliodes; P116371 + P117078 + P117822 + P118093 + P118384 +  
 P119307 + P119476 + P119520 + P121287>=1; !Eugenia chiapensis; P120734 +  
 P121056 + P121287 + P121303 + P121474 + P121498>=1; !Eugenia koepperi;  
 P117078>=1; !Eugenia oerstediana; P120467 + P120541 + P120734 + P121056 +  
 P121287 + P121474>=1; !Eugenia venezuelensis; P115979 + P121287>=1;  
 !Euphorbia schlechtendalii; P115979 + P116287 + P116371 + P117197>=1;  
 !Euphorbia triphylla; P120467 + P120734 + P121287>=1; !Exostema  
 ellipticum; P116871>=1; !Exostema mexicanum; P115979 + P116303 + P116929  
 + P117078 + P120734 + P121056 + P121474>=1; !Exothea paniculata; P118093  
 + P118665 + P119377>=1; !Eysenhardtia adenostylis; P119311 + P119371 +  
 P120467 + P121056>=1; !Faramaea occidentalis; P117078 + P118665 +  
 P118867>=1; !Ficus aurea; P114663 + P115105 + P115703 + P115979 + P116338  
 + P116871 + P117197 + P118867 + P119476 + P120467 + P120734 +  
 P121056>=1; !Ficus costaricana; P120467>=1; !Ficus cotinifolia; P118093 +  
 P121474>=1; !Ficus eximia; P117078>=1; !Ficus insipida; P117078 + P120467  
 + P121056>=1; !Ficus obtusifolia; P114663 + P117078>=1; !Ficus  
 pertusa; P116303 + P119260>=1; !Ficus yoponensis; P115105 +  
 P116303>=1; !Forestiera racemosa; P121056>=1; !Forestiera reticulata;  
 P115383 + P115483>=1; !Frangula capreifolia; P112309 + P112869 + P113021  
 + P114285 + P121056 + P121498 + P121568>=1; !Frangula mucronata; P116281  
 + P116533>=1; !Fraxinus purpusii; P116287 + P116303 + P116871 + P117822 +  
 P119323 + P119476>=1; !Fraxinus uhdei; P113021 + P117822 + P118175 +  
 P118384 + P118582 + P118741>=1; !Freziera guatemalensis; P120734 +  
 P121498 + P121613>=1; !Fuchsia microphylla; P112309>=1; !Fuchsia  
 paniculata; P112309 + P114285 + P114671 + P115383 + P115483 + P115811 +  
 P116168 + P116655 + P121056 + P121498 + P121613>=1; !Fuchsia  
 thymifolia; P115244>=1; !Garcia nutans; P118093 + P118680 + P119520>=1;  
 !Garcinia intermedia; P117078 + P121430>=1; !Garcinia macrophylla;  
 P120467 + P121056>=1; !Garrya laurifolia; P114166 + P114285 + P114671 +  
 P114764 + P114972 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 +  
 P116033 + P116168 + P116281 + P116531 + P117303 + P117822 + P118093 +

P118175 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P119450 + P119476 +  
P120734>=1;!Genipa americana; P116929 + P120823 + P120978>=1; !Geonoma  
interrupta;P121056>=1; !Gliricidia sepium; P116287 + P116371 + P117425 +  
P120978>=1;!Glossostipula concinna; P111889 + P112007 + P112043 + P112309  
+ P112869 + P120734 + P121056 + P121287 + P121474 + P121498 + P121568 +  
P121613>=1;!Guarea glabra; P112043 + P112309 + P114663 + P117078 +  
P118665 + P118680 + P120734 + P121056>=1; !Guarea guidonia; P120734 +  
P121056>=1; !Guarea meghantha; P121430>=1; !Guazuma ulmifolia; P115979 +  
P116303 + P116871 + P116929 + P118715 + P119260 + P120823>=1; !Guettarda  
combsii;P114663 + P115105 + P116303 + P117078>=1; !Gyminda  
tonduzii;P117822 + P118384>=1; !Gyrocarpus mocinoi; P115703 + P115979 +  
P116929 + P119260>=1; !Haematoxylum campechianum; P116287 + P116871 +  
P117197>=1;!Hamelia patens; P120467>=1; !Hampea montebellensis; P118093 +  
P119307>=1; !Hampea stipitata; P114663>=1; !Handroanthus  
chrysanthus;P115979 + P116871 + P121056>=1; !Harpalyce formosa;  
P119450>=1;!Hauya elegans; P115979 + P116287 + P117197 + P117425 +  
P117822 + P119476 + P120467>=1; !Havardia pallens; P119377>=1; !Hedyosmum  
mexicanum;P111889 + P112043 + P112309 + P112869 + P114285 + P114764 +  
P118093 + P119520 + P121056 + P121498 + P121568 + P121613>=1;  
!Heliocarpus appendiculatus; P119377>=1; !Heliocarpus  
donnellsmithii;P117197 + P118674 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056  
+ P121287 + P121498>=1; !Heliocarpus terebinthinaceus; P114663 + P115979  
+ P116338 + P116929 + P117197 + P117425 + P118715+ P119260>=1; !Hirtella  
americana;P117078>=1; !Holodiscus argenteus; P114166 + P114671 + P114764  
+ P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P116281 + P116531 +  
P116655>=1;!Hura polyandra; P115979>=1; !Ilex costaricensis;  
P121056>=1;!Ilex macfadyenii; P114671 + P114764 + P118491 + P119377 +  
P121056 + P121474>=1; !Ilex quercetorum; P114697>=1;!Ilex  
vomitoria;P114671 + P115808 + P116681 + P117822 + P118285 + P118384 +  
P119307>=1;!Inga belizensis; P121474>=1; !Inga calderonii; P121474>=1;  
!Inga laurina; P117078 + P120467 + P120541 + P121287>=1;!Inga  
oerstediana; P112043 + P112869 + P117822 + P118093 + P119520 + P120467 +  
P120541 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Inga pavoniana;P112869 +  
P117078 + P118093 + P119520>=1; !Inga pinetorum; P112309 + P112932>=1;  
!Inga punctata; P120734 + P121056 + P121287>=1;!Inga sapindoides;  
P117078>=1; !Inga schiedeana; P112007 + P112309 + P112932>=1; !Inga vera;  
P112309 + P112932 + P117078>=1; !Iresine arbuscula; P117078>=1;  
!Jacaratia dolichaula; P117078 + P118867>=1;!Jatropha curcas; P116287 +  
P116929>=1; !Juglans mexicana; P112043 + P112869>=1; !Juniperus deppeana;  
P116533 + P116996 + P117058 + P117303 + P118285 + P118384 + P118741>=1;  
!Karwinskia calderonii; P114663>=1;!Koanophyllon pittieri; P117822 +  
P118680 + P118867 + P120541+ P120734 + P121056 + P121287 + P121498>=1;  
!Laetia thamnia; P118665>=1; !Lasianthaea fruticosa; P115383 + P115483 +  
P116655>=1; !Lecointea amazonica; P118665>=1; !Lepidaploa canescens;  
P112007 + P114166 + P115808 + P116681 + P117065 + P118674 + P118819 +  
P120467 + P120541 + P121056>=1;!Leucaena collinsii; P115703 + P115979 +  
P116287 + P116303 + P116338 + P116871 + P119476>=1; !Leucaena  
diversifolia; P116146 + P116996 + P117197 + P119260 + P119323 +  
P119476>=1; !Leucaena esculenta; P119323 + P119476>=1; !Leucaena  
leucocephala; P120930>=1; !Leucaena shannonii;P115703 + P115979 + P116287  
+ P116303 + P116871 + P116929 + P117425>=1;!Licania arborea; P116929 +  
P120930>=1; !Licania hypoleuca; P117078 + P118665 + P118680>=1; !Licania  
platypus; P117078>=1; !Licaria capitata;P121287 + P121430>=1; !Licaria  
caudata; P116303>=1; !Licaria excelsa; P121056>=1; !Licaria peckii;  
P117078 + P118665>=1; !Lippia chiapasensis;P118582>=1; !Lippia umbellata;  
P114166 + P114671 + P115942 + P117355 + P118674>=1; !Liquidambar  
styraciflua; P112007 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932 + P112962 +

P113021 + P114166 + P114285 + P114671 + P114697 + P118093 + P119377 +  
P119454 + P119502 + P119520 + P121056 + P121287 + P121474>=1; !Litsea  
glaucescens; P112309 + P112874 + P114166 + P114671 + P114764 + P115383 +  
P115811 + P115916 + P115924 + P116281 + P116655 + P118175 + P118384 +  
P118582 + P118674 + P119307 + P119450 + P119502 + P120734>=1; !Litsea  
neesiana; P115304>=1; !Lonchocarpus guatemalensis; P114663 + P117078 +  
P117197>=1; !Lonchocarpus hondurensis; P117197 + P118683>=1;  
!Lonchocarpus rugosus; P115979 + P116929 + P117822 + P119323 +  
P119476>=1; !Lonchocarpus sericeus; P117078>=1; !Lophosoria  
quadripinnata; P114697>=1; !Luehea candida; P116303 + P116871 +  
P116929>=1; !Luehea seemannii; P117078>=1; !Luehea speciosa;  
P119260>=1; !Lunania mexicana; P121056>=1; !Lycianthes lenta; P121056 +  
P121287>=1; !Lycianthes purpusii; P114764>=1; !Lysiloma acapulcense;  
P118665 + P118867 + P119476 + P121430>=1; !Lysiloma aurita; P116146>=1;  
!Lysiloma divaricatum; P117197 + P117822>=1; !Mabea occidentalis;  
P117078>=1; !Machaerium chiapense; P115703 + P116303 + P116871 +  
P118683>=1; !Machaerium cirrhiferum; P115979 + P116871 + P121474>=1;  
!Maclura tinctoria; P116929 + P120734>=1; !Magnolia mexicana; P118665 +  
118867>=1; !Magnolia sharpii; P111889 + P112007 + P112309 + P112869 +  
P114764 + P115811 + P116655>=1; !Malmea depressa; P117822>=1; !Malpighia  
glabra; P115979>=1; !Malvaviscus arboreus; P120467 + P121056>=1;  
!Manilkara zapota; P116303 + P117078 + P118665 + P121474>=1;  
!Margaritaria nobilis; P120823 + P120978>=1; !Matayba oppositifolia;  
P115105 + P115979 + P118093 + P119307>=1; !Matudaea trinervia; P112043 +  
P112869 + P121056 + P121303 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Maytenus  
schippii; P116303 + 116871>=1; !Meliosma dentata; P111889 + P114285 +  
P114764>=1; !Meliosma idiopoda; P112007 + P112309 + P112869 + P114764 +  
P115383 + P115483 + P115916 + P116655>=1; !Miconia argentea; P118093 +  
P121430 + P121474>=1; !Miconia chinantlana; P121056 + P121303>=1;  
!Miconia glaberrima; P112309 + P114764 + P115383 + P115483 + P115916 +  
P115924 + P121056>=1; !Miconia hondurensis; P117078>=1; !Miconia  
impetiolaris; P117078 + P118665 + P121430>=1; !Miconia mexicana;  
P112309>=1; !Miconia minutiflora; P114285 + P119520>=1; !Miconia  
oligotricha; P114764>=1; !Miconia schlechtendalii; P120823 +  
P120978>=1; !Miconia triplinervis; P117078>=1; !Microtropis contracta;  
P114764 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924>=1; !Mimosa  
tenuiflora; P116929>=1; !Mollinedia viridiflora; P112309 + P121056 +  
P121474>=1; !Monnina xalapensis; P116281>=1; !Montanoa leucantha; P112869  
+ P114285 + P115244 + P115383>=1; !Mortoniiodendron vestitum; P118665>=1;  
!Morus celtidifolia; P114166 + P114671 + P117822>=1; !Mosquitoxylum  
jamaicense; P115105 + P115808 + P116681 + P116765 + P117065 + P117078>=1;  
!Mouriri exilis; P117078>=1; !Mouriri myrtilloides; P117078>=1; !Myrcia  
splendens; P112309>=1; !Myrcianthes fragrans; P115105>=1; !Myrciaria  
floribunda; P117078>=1; !Myrica cerifera; P112007 + P112309 + P112869 +  
P114166 + P114285 + P114671 + P114697 + P114764 + P115811 + P115916 +  
P115924 + P115942 + P116531 + P116655 + P118093 + P118819 + P119377>=1;  
!Myriocarpa longipes; P114671 + P115979 + P120734 + P121056 + P121568>=1;  
!Myrsine coriacea; P111889 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932 +  
P113021 + P114166 + P114671 + P115244 + P115808 + P116146 + P116681 +  
P116765 + P117065 + P117355 + P118093 + P118674 + P118819 + P119377 +  
P119476 + P119520 + P120734 + P121056 + P121287 + P121474>=1; !Myrsine  
juergensenii; P111889 + P112309 + P112869 + P114671 + P114764 + P115304 +  
P115483 + P115808 + P115811 + P115916 + P115924 + P116033 + P116168 +  
P116219 + P116281 + P116531 + P116655 + P116681 + P116765 + P117065 +  
P117355 + P117822 + P118285 + P118384 + P118491 + P119307 + P119377 +  
P119450 + P121056 + P121303 + P121498 + P121613>=1; !Nectandra ambigens;  
P117078>=1; !Nectandra coriacea; P118093 + P118665 + P121056 + P121287 +

P121498 + P121568>=1; !Nectandra cuspidata; P120467 + P120541 + P120734 +  
P121056 + P121287>=1; !Nectandra hihua; P114663>=1;!Nectandra leucocome;  
P117078 + P118867>=1; !Nectandra lundellii; P117078>=1; !Nectandra  
reticulata; P114663 + P115105>=1; !Nectandra salicifolia; P114285 +  
P115105 + P115979 + P116303 + P120734 + P121056 + P121287 + P121474 +  
P121498 + P121568 + P121613>=1; !Nectandra salicina;P121474>=1;  
!Nectandra turbacensis; P120467 + P120541 + P120734 + P121056>=1;  
!Nopalea dejecta; P115979 + P117197>=1; !Nyssa sylvatica;P112007 +  
P112043 + P112869 + P112932 + P112962 + P113021 + P114166 + P114285 +  
P114671 + P114697>=1; !Ochroma pyramidale; P117078>=1;!Ocotea  
acuminatissima; P115811 + P116281 + P121498 + P121568>=1;!Ocotea  
botrantha; P121287>=1; !Ocotea bourgeauviana; P117822>=1;!Ocotea cernua;  
P117078 + P118680>=1; !Ocotea effusa; P114285>=1;!Ocotea erectifolia;  
P114285 + P121287>=1; !Ocotea helicterifolia;P111889 + P112007 + P112043  
+ P112309 + P112869 + P114166 + P118093 + P118665>=1; !Ocotea mollifolia;  
P115808 + P116681 + P116765 + P117065>=1;!Ocotea parvula; P112007 +  
P112309 + P112869>=1; !Ocotea sinuata;P111889 + P112007 + P112309 +  
P120467 + P120734 + P121056 + P121430>=1;!Ocotea veraguensis; P120734 +  
P121056 + P121287 + P121498 + P121613>=1;!Olmediella betschleriana;  
P111889 + P112309 + P112869 + P114166 + P114285 + P114764 + P115808 +  
P115811 + P116033 + P116168 + P116281 + P116589 + P116655 + P116681 +  
P116765 + P117065 + P117822 + P120467 + P120541 + P120734 + P121287>=1;  
!Oreopanax arcanus; P114764 + P115383 + P115483 + P115916 + P115924 +  
P116281 + P116655>=1; !Oreopanax capitatus; P112007 + P112309 + P117822 +  
P118384 + P119476 + P121474>=1; !Oreopanax echinops; P119307 + P119377 +  
P121287>=1; !Oreopanax geminatus; P114663 + P115105>=1; !Oreopanax  
liebmannii; P112007 + P112309 + P112869 + P117822 + P118093 + P119307>=1;  
!Oreopanax peltatus; P112309 + P114285 + P114671 + P120734 + P120978>=1;  
!Oreopanax sanderianus; P112007 + P118175 + P119307 + P120734>=1;  
!Oreopanax xalapensis; P111889 + P112309 + P112869 + P112932 + P114166 +  
P114285 + P114671 + P114764 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 +  
P115924 + P116168 + P116281 + P116531 + P116655 + P117355 + P117822 +  
P118093 + P119377 + P120734 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 +  
P121498 + P121568>=1; !Orthion subsessile; 117078>=1;!Osmanthus  
americanus; P121303 + P121498 + P121613>=1; !Ostrya irginiana;P112309 +  
P112869 + P114166 + P114671 + P115811 + P115916 + P115924 + P115955 +  
P116033 + P116168 + P116281 + P116531 + P116655 + P117822 + P118093 +  
P120541 + P120734 + P121056>=1; !Ouratea lucens; P117078 + P118665 +  
P118867>=1; !Pachira aquatica; P117078>=1; !Palicourea padifolia;  
P121056>=1; !Parathesis chiapensis; P117822 + P120734 + P121287 +  
P121498>=1; !Parathesis leptopa; P112309 + P114285 + P115383 +  
P115924>=1; !Parathesis sessilifolia; P113021 + P114671 + P115811 +  
P117355 + P117822 + P119377>=1; !Perrottetia ovata; P114285>=1; !Persea  
americana; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P114285 +  
P114671 + P114764 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 +  
P116168 + P116281 + P116655 + P116681 + P117065 + P117078 + P117822 +  
P118093 + P119307 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 +  
P121498>=1;!Persea donnell-smithii; P112869 + P114697>=1; !Persea  
liebmannii;P114764 + P121056 + P121474>=1; !Persea schiedeana; P111889 +  
P112007 + P112043 + P112309 + P118683>=1; !Perymenium grande; P118384 +  
P119476>=1;!Petrea volubilis; P115979>=1; !Photinia microcarpa; P112043 +  
P112869 + P114764 + P115383>=1; !Phyllanthus acuminatus; P115703>=1;  
!Phyllonoma laticuspis; P112869 + P114671 + P121498 + P121568>=1;  
!Picramnia ntidesma; P114166 + P118491 + P120734 + P121287>=1; !Pimenta  
dioica;P118665 + P118867>=1; !Pinus ayacahuite; P114764 + P115811 +  
P116168 + P116281 + P116531 + P116655 + P117058>=1; !Pinus devoniana;  
P114671 + P114972 + P115808 + P115811 + P116681 + P117065 + P117355 +

P118384 + P118741>=1; !Pinus maximinoi; P112007 + P112309 + P112869 +  
P112932 + P114285 + P114671 + P115808 + P116075 + P116146 + P116589 +  
P116681 + P116765 + P117065 + P118093 + P118683 + P118819 + P119307 +  
P119311 + P119371 + P119377 + P119450 + P119454 + P119520 + P120541 +  
P120734 + P121056 + P121287 + P121303>=1; !Pinus montezumae; P114764 +  
P115483 + P115811 + P116033 + P116168 + P116281 + P116531 + P116544 +  
P116655 + P116657 + P116996 + P117058 + P118285 + P118384>=1; !Pinus  
oocarpa;P112007 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932 + P112962 +  
P113021 + P114671 + P115808 + P115811 + P116075 + P116146 + P116281 +  
P116513 + P116589 + P116655 + P116681 + P117058 + P117065 + P118093 +  
P118384 + P118674 + P118683 + P118819 + P119260 + P119307 + P119311 +  
P119371 + P119377 + P119454 + P119502 + P120639 + P120734 + P120823 +  
P120930 + P120948 + P120978 + P120980 + P121010 + P121287 + P121498>=1;  
!Pinus pseudostrobus; P114671 + P114764 + P114972 + P115304 + P115483 +  
P115811 + P115924 + P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 +  
P116531 + P116533 + P116544 + P116655 + P116996 + P117303 + P117355 +  
P118285 + P118384>=1; !Pinus strobus; P112869 + P113021 + P114166>=1;  
!Pinus tecunumanii; P112007 + P112309 + P112869 + P112932 + P112962 +  
P113021 + P114166 + P114671 + P114697 + P114764 + P115244 + P115304 +  
P115483 + P115811 + P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 +  
P116531 + P116544 + P116655 + P117355 + P118819 + P119377 + P119502 +  
P119520>=1;!Pinus teocote; P114764 + P116219>=1; !Piper psilorhachis;  
P114285 + P117078>=1; !Piper sanctum; P120467 + P120541>=1; !Piper  
yucatanense;P120467 + P120734 + P121056>=1; !Pistacia mexicana; P117822 +  
P118175 + P118384 + P118491 + P118582 + P118741 + P119323>=1;  
!Platymiscium ucatanum; P117078>=1; !Pleradenophora longicuspis;  
P117078>=1;!Pleuranthodendron lindenii; P118665>=1; !Plumeria rubra;  
P115979 + P116287 + P116371>=1; !Podachaenium eminens; P121056>=1;  
!Podocarpus matudae; P111889 + P112007 + P112309 + P114764 + P118093 +  
P119377 + P121056 + P121303 + P121474>=1; !Poepigia procera; P115979 +  
P116929 + P117197>=1; !Posoqueria latifolia; P117078 + P118665>=1;  
!Pouteria belizensis; P117822>=1; !Pouteria campechiana; P120467 +  
P121056>=1;!Pouteria durlandii; P114663 + P117078 + P118665 + P118680 +  
P118867>=1;!Pouteria reticulata; P118665 + P118867>=1; !Pouteria sapota;  
P117078 + P118665 + P118867>=1; !Protium copal; P114663 + P117078 +  
P118665 + P118680>=1; !Protium glabrescens; P117078>=1; !Protium  
multiramiflorum; P117078>=1; !Prunus barbata; P112869>=1; !Prunus  
brachybotrya;P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P114285 +  
P114764 + P115244 + P115811 + P116168 + P116281 + P117822 + P118093 +  
P118683 + P119307 + P119520 + P120467 + P121056 + P121287 + P121303 +  
P121568>=1;!Prunus lundelliana; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 +  
P112869 + P115383 + P115483 + P115916 + P115924 + P116681 + P117065 +  
P119476 + P121056 + P121287 + P121474 + P121498 + P121613>=1; !Prunus  
rhamnoides;P112043 + P114764 + P115383 + P115916 + P120734 + P121056 +  
P121498 + P121613>=1; !Prunus serotina; P114671 + P114697 + P114764 +  
P115244 + P115811 + P115916 + P115924 + P116168 + P116281 + P116531 +  
P116533 + P116655 + P117355 + P117822 + P118384 + P119450 + P119476>=1;  
!Pseudobombax ellipticum; P115979 + P116287 + P116303 + P116338 + P116371  
+ P117197>=1; !Pseudolmedia glabrata; P114663 + P115105 + P117078 +  
P118665>=1; !Pseudolmedia spuria; P117078>=1; !Psidium guajava; P118674 +  
P119502>=1; !Psychotria arthagenensis; P120467 + P121056 + P121474>=1;  
!Psychotria chiapensis;P117078 + P118665 + P118867 + P121056>=1;  
!Psychotria costivenia;P112309 + P112869 + P114285 + P114671 + P118093 +  
P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Psychotria  
galeottiana; P112309 + P112869 + P118093 + P119307 + P119377 +  
P121056>=1; !Psychotria limonensis; P114663 + P115105 + P117078>=1;  
!Psychotria marginata;P117822>=1; !Psychotria minarum; P115383 + P120734

+ P121056 + P121287 + P121498>=1; !Psychotria panamensis; P113021>=1; !Pterocarpus rohrii; P117078 + P120541 + P121056>=1; !Quararibea funebris; P117078 + P118665>=1; !Quararibea yunckeri; P118867>=1; !Quercus acutifolia; P112007 + P112309 + P118683 + P119260 + P119311 + P119371 + P121056 + P121287 + P121303>=1; !Quercus aquifolioides; P115105>=1; !Quercus benthamii; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P114166 + P118093 + P119377 + P120734 + P121056 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Quercus candicans; P112007 + P112309 + P112874 + P112932 + P112962 + P113021 + P114166 + P114671 + P114697 + P115916 + P115924 + P119377 + P119502>=1; !Quercus castanea; P119311 + P119371>=1; !Quercus conspersa; P118683 + P118715 + P119260 + P119371>=1; !Quercus crassifolia; P114166 + P114671 + P114697 + P114764 + P115244 + P115304 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 + P116544 + P116655 + P116657 + P117058>=1; !Quercus crispipilis; P112007 + P112309 + P112874 + P112932 + P114166 + P114671 + P114697 + P114972 + P115304 + P115483 + P115808 + P115811 + P115924 + P115942 + P115955 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 + P116533 + P116655 + P116657 + P116681 + P116765 + P116996 + P117058 + P117065 + P117303 + P117355 + P117822 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118819 + P119450 + P119476>=1; !Quercus elliptica; P115105 + P119311 + P119371>=1; !Quercus insignis; P111889 + P112007 + P112309>=1; !Quercus lancifolia; P111889 + P112043 + P112869 + P114285 + P115244>=1; !Quercus laurina; P112869 + P114671 + P114697 + P114764 + P115244 + P115304 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 + P116544 + P116655>=1; !Quercus ocoteifolia; P114764 + P115383 + P115483 + P115916>=1; !Quercus peduncularis; P115811 + P115924 + P115979 + P116033 + P116281 + P116338 + P116531 + P118683 + P118715 + P119260 + P119311 + P119323 + P119371 + P120541 + P120639 + P120734 + P120823 + P120930 + P120948 + P120978 + P121010 + P121056 + P121287>=1; !Quercus polymorpha; P115979 + P117822 + P118175 + P118741 + P119323>=1; !Quercus rugosa; P114764 + P115304 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 + P116544 + P116655 + P117058 + P119377>=1; !Quercus salicifolia; P120541 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 + P121498 + P121568>=1; !Quercus sapotifolia; P112932 + P112962 + P113021 + P114285 + P114671 + P116075 + P116146 + P117355 + P118093 + P118674 + P118819 + P119307 + P119377 + P119454 + P119476 + P119502 + P120734 + P120948 + P120978 + P120980 + P121010 + P121056 + P121287 + P121303 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Quercus scytophylla; P118093 + P119377 + P120639 + P120734 + P120930 + P120948 + P120978 + P120980 + P121010 + P121056>=1; !Quercus sebifera; P118819 + P119450>=1; !Quercus segoviensis; P112007 + P112309 + P112932 + P112962 + P114671 + P114972 + P115808 + P115811 + P115955 + P116033 + P116075 + P116146 + P116533 + P116544 + P116589 + P116655 + P116681 + P116765 + P116996 + P117058 + P117065 + P117303 + P117355 + P117822 + P118175 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118674 + P118819 + P119323 + P119377 + P119450 + P119476>=1; !Quercus skinneri; P112869 + P120734 + P121056>=1; !Randia aculeata; P115955 + P117822 + P118285 + P118384 + P118491>=1; !Randia armata; P115979 + P117078 + P117425>=1; !Randia capitata; P116303>=1; !Rehdera penninervia; P117078>=1; !Rhamnus standleyi; P116033 + P116168>=1; !Rhamnus serrata; P115979>=1; !Rhamnus sharpii; P111889 + P114166 + P114671 + P114764 + P115244 + P115383 + P115811 + P115924 + P116168 + P116281 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Rhus schiedeana; P114972 + P115955 + P116533 + P116681 + P117065 + P118175 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118741 + P119323 + P119450 + P119476>=1; !Rinorea guatemalensis; P118665 + P118867>=1; !Rinorea hummelii; P117078>=1; !Rogiera amoena; P120734 + P121056 +

P121287 + P121474>=1; !Rogiera aprica; P121474>=1; !Rogiera cordata;  
P112309 + P114166 + P121056>=1; !Rogiera stenosphon; P114671 +  
P119377>=1; !Roldana acutangula; P114764>=1; !Rollinia mucosa; P120467 +  
P120734 + P121474>=1; !Roupala montana; P121474>=1; !Sabal  
mauritiiformis; P117078>=1; !Sambucus canadensis; P114764>=1; !Sapindus  
saponaria; P117078 + P120467 + P120734 + P120930 + P120948 + P120978 +  
P121056 + P121287>=1; !Sapium lateriflorum; P117078 + P120467>=1; !Sapium  
macrocarpum; P117078 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287 +  
P121430>=1; !Saurauia konzattii; P121056 + P121303 + P121498 + P121568 +  
P121613>=1; !Saurauia kegeliana; P121056 + P121287 + P121474>=1;  
!Saurauia madrensis; P120541 + P121056 + P121498>=1; !Saurauia  
oreophila; P111889 + P114285 + P114764 + P115244 + P115483 + P115916 +  
P115924 + P116281 + P116531 + P116655>=1; !Saurauia scabrida; P112007 +  
P112043 + P112309 + P112869 + P112874 + P114166 + P114671 + P115808 +  
P116681 + P116765 + P117065 + P117822 + P118093 + P118674 + P119307 +  
P119377 + P119520>=1; !Schizolobium parahyba; P117078 + P118665>=1;  
!Schoepfia schreberi; P119476>=1; !Sebastiania cruenta; P117822 + P118175  
+ P118384 + P119450 + P119476>=1; !Sebastiania tuerckheimiana; P118665 +  
P118680 + P118867>=1; !Semialarium mexicanum; P115979 + P116871>=1;  
!Senecio cobanensis; P114764 + P115383 + P115483 + P116146>=1; !Senecio  
uspantanensis; P118093>=1; !Senna atomaria; P115979 + P116871 +  
P117197>=1; !Serjania macrocarpa; P117078>=1; !Sideroxylon capiri;  
P116303>=1; !Sideroxylon salicifolium; P116303 + P121056>=1; !Sideroxylon  
tepicense; P118093 + P119450>=1; !Simarouba amara; P118665 +  
P118867>=1; !Simira lancifolia; P117078>=1; !Simira multiflora;  
P117078>=1; !Simira salvadorensis; P118665 + P118867>=1; !Sinclairia  
discolor; P118683 + P120541>=1; !Solanum aligerum; P121498>=1; !Solanum  
aphyodendron; P112309 + P114764 + P115244 + P115383 + P115483 + P115916 +  
P115924>=1; !Solanum asperolanatum; P114166>=1; !Solanum  
brevipedicellatum; P120541 + P120734>=1; !Solanum nigricans; P115383 +  
P115483 + P121056 + P121498>=1; !Spondias mombin; P114663 + P117078 +  
P120541>=1; !Spondias purpurea; P115703 + P115979 + P116303 + P116371 +  
P117197 + P117425 + P120467 + P121430>=1; !Stemmadenia donnell-smithii;  
P117078 + P118665>=1; !Stemmadenia pubescens; P115703 + P115979 + P116287  
+ P116303 + P116871 + P120823>=1; !Sterculia mexicana; P121056>=1;  
!Stillingia zelayensis; P117303>=1; !Styrax argenteus; P112043 + P112869  
+ P114764 + P115304 + P115383 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 +  
P116168 + P116281 + P116655 + P118384 + P120734>=1; !Styrax glabrescens;  
P111889 + P112309 + P112869 + P120734 + P121056 + P121474 + P121498 +  
P121568 + P121613>=1; !Styrax magnus; P120734 + P121056>=1; !Styrax  
warszewiczii; P121056>=1; !Swietenia humilis; P115979>=1; !Swietenia  
macrophylla; P117078>=1; !Symplococarpon purpusii; P114285 + P121056 +  
P121287 + P121613>=1; !Symplocos coccinea; P113021>=1; !Symplocos  
hartwegii; P121056>=1; !Symplocos johnsonii; P112309>=1; !Symplocos  
limoncillo; P114697 + P114764 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 +  
P115924 + P116281 + P120467 + P120734 + P121474>=1; !Symplocos longipes;  
P117822>=1;  
!Symplocos matudae; P119377 + P119502>=1; !Tabebuia rosea; P116929 +  
P117078 + P120978>=1; !Tabernaemontana alba; P118665>=1; !Tapirira  
mexicana; P112869 + P114663 + P114671 + P115105 + P118093 + P119377 +  
P121056 + P121287>=1; !Tecoma stans; P117197 + P117822 +  
P118582>=1; !Telanphora grandifolia; P117822 + P120541 + P121287>=1;  
!Terminalia amazonia; P117078 + P118665 + P121430>=1; !Terminalia  
oblonga; P115105 + P115979>=1; !Ternstroemia acuminata; P115811>=1;  
!Ternstroemia lineata; P111889 + P114764 + P115304 + P115811 + P115916 +  
P115924 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116655 + P120541 +  
P121056 + P121303 + P121474 + P121498 + P121613>=1; !Ternstroemia



tepezapote; P112309 + P115105 + P115808 + P116681 + P117065 + P117355 +  
P117822 + P118285 + P118384 + P118491 + P119323 + P119371 + P119377 +  
P119450 + P119476 + P120541 + P120734 + P120978 + P121056 + P121287 +  
P121474>=1; !Tetracera volubilis; P117078>=1; !Theobroma cacao;  
P117078>=1; !Thevetia ahouai; P117078>=1; !Thouinidium decandrum; P120467  
+ P120541 + P120734 + P121056>=1; !Tonduzia longifolia; P120467 +  
P120541>=1; !Tournefortia acutifolia; P115483 + P115924>=1; !Trema  
micrantha; P112869 + P116075 + P116146 + P116871 + P117425 + P118674 +  
P118715 + P120541 + P120734 + P121056>=1; !Trichilia havanensis; P112869  
+ P120467 + P120734>=1; !Trichilia hirta; P115703 + P115979 + P116303 +  
P116871 + P116929 + P117197 + P121056>=1; !Trichilia martiana; P114663 +  
P115105 + P115979>=1; !Trichilia moschata; P118680 + P120467>=1;  
!Trichilia pallida; P118665 + P118867>=1; !Trichilia pleeana; P120541>=1;  
!Trichospermum mexicanum; P114285 + P115105 + P117078 + P118665 +  
P120734>=1; !Trophis mexicana; P114285 + P114663 + P115105 + P117078 +  
P118093 + P118665 + P119307 + P119377 + P120467 + P120734 + P121056 +  
P121430 + P121498 + P121568>=1; !Trophis racemosa; P117078 + P118665 +  
P121056 + P121303 + P121498 + P121568>=1; !Turpinia occidentalis; P112007  
+ P112309 + P114285 + P120467 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Turpinia  
tricornuta; P111889 + P112309 + P112869 + P118819 + P119307 + P119377 +  
P119520>=1; !Ulmus mexicana; P112309 + P112869 + P120467 + P120541 +  
P120734 + P121056>=1; !Urera baccifera; P114663 + P115979 + P116303>=1;  
!Urera caracasana; P114166 + P117197>=1; !Vaccinium breedlovei; P112043 +  
P112869 + P114166>=1; !Vasconcellea cauliflora; P120467 + P120734>=1;  
!Vatairea lundellii; P117078 + P118665>=1; !Verbesina apleura; P118093 +  
P119307 + P119377 + P119520>=1; !Verbesina perymenioides; P112309 +  
P114764 + P115811 + P115916 + P115924 + P116033 + P116281>=1;  
!Vernonanthura patens; P120467 + P120541 + P120978>=1; !Vernonia  
arborescens; P112309>=1; !Vernonia leiocarpa; P114671 + P114972 + P115942  
+ P117303 + P117355 + P117822 + P118175 + P118384 + P118582 + P119450 +  
P119476 + P120823 + P120930 + P120978>=1; !Viburnum acutifolium; P115924  
+ P116281 + P116531>=1; !Viburnum discolor; P115383 + P115483>=1;  
!Viburnum elatum; P114764 + P115304 + P115924 + P116281>=1; !Viburnum  
hartwegii; P114671 + P115483 + P117355 + P117822 + P119377 + P120541>=1;  
!Viburnum jucundum; P112309 + P112869 + P113021 + P114166 + P114671 +  
P114697 + P114764 + P115244 + P115304 + P115383 + P115483 + P115811 +  
P115916 + P115924 + P116033 + P116168 + P116281 + P116531 + P116655 +  
P118093 + P118674 + P119307 + P119377 + P119502 + P119520>=1; !Viburnum  
lautum; P114764 + P115383 + P115483>=1; !Vitex gaumeri; P117078>=1;  
!Vochysia guatemalensis; P117078>=1; !Weinmannia pinnata; P112309 +  
P112869 + P114764 + P115383>=1; !Willardia schiedeana; P117197>=1;  
!Wimmeria bartlettii; P115105 + P115979>=1; !Wimmeria pubescens; P115979  
+ P116871>=1; !Ximena americana; P116146 + P116281 + P116996 + P117065 +  
P117355 + P117822 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P119450 +  
P120639>=1; !Xylopia frutescens; P117078>=1; !Xylosma flexuosa; P117822 +  
P118093 + P118285 + P118384 + P118582 + P118741 + P119476>=1; !Xylosma  
panamensis; P116338>=1; !Xylosma quichensis; P115811>=1; !Yucca gigantea;  
P115979>=1; !Zanthoxylum acuminatum; P120734 + P121056 + P121287>=1;  
!Zanthoxylum aribaeum; P116303 + P121056 + P121474>=1; !Zanthoxylum  
fagara; P115703 + P119476>=1; !Zanthoxylum foliolosum; P114764 + P115808  
+ P116168 + P116589 + P116681 + P116765 + P117065 + P119307 + P119450>=1;  
!Zanthoxylum kellermanii; P115105 + P120734>=1; !Zanthoxylum  
melanostictum; P114764 + P115383 + P115483 + P115916 +  
P121056>=1; !Zanthoxylum mollissimum; P111889>=1; !Zanthoxylum  
riedelianum; P117078>=1; !Zinowiewia rubra; P112309 + P113021 +  
P114285>=1; !Zuelania guidonia; P115105 + P116303 + P117078>=1;  
END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 58.00000.

Polígonos incluidos en la solución óptima (58 polígonos): P111889, P112309, P112869, P113021, P114166, P114285, P114663, P114671, P114697, P114764, P115105, P115244, P115304, P115483, P115703, P115811, P115955, P115979, P116033, P116146, P116219, P116281, P116287, P116303, P116338, P116371, P116655, P116871, P116929, P117065, P117078, P117197, P117303, P117822, P118093, P118175, P118582, P118665, P118683, P118867, P119260, P119323, P119371, P119377, P119450, P119476, P119502, P120467, P120541, P120734, P120930, P120978, P121056, P121287, P121430, P121474, P121498, P121568.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna (8 polígonos): P115383, P115808, P116681, P116765, P117425, P118674, P119311, P121303.

Los demás polígonos tienen un costo de 1 cada uno para incluirlos.

### **1c) Minimizar el número de polígonos requeridos para la conservación (688 especies arbóreas de las dos bases en 291 polígonos)**

#### PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

MIN = P108978 + P109405 + P110029 + P110157 + P110478 + P110641 + P111229 + P111414 + P111668 + P111757 + P111819 + P111889 + P111953C + P111953N + P111953S + P111967 + P112007 + P112043 + P112273 + P112309 + P112322 + P112785 + P112813 + P112868 + P112869 + P112874 + P112927 + P112932 + P112962 + P113021 + P113073 + P113079 + P113119 + P113154 + P113310 + P113316 + P113361 + P113378 + P113443 + P113529 + P113530 + P113543 + P113569 + P113576 + P113672 + P113679 + P113733 + P113750 + P113754 + P113826 + P113828 + P113840 + P113878 + P113882 + P113919 + P113927 + P114015 + P114016 + P114166 + P114200 + P114244 + P114258 + P114270 + P114285 + P114289 + P114396 + P114464 + P114505 + P114613 + P114635 + P114646 + P114663 + P114671 + P114697 + P114764 + P114774 + P114904 + P114933 + P114940 + P114968 + P114972 + P115066 + P115105 + P115148 + P115163 + P115206 + P115244 + P115252 + P115253 + P115277 + P115297 + P115303 + P115304 + P115378 + P115383 + P115400 + P115422 + P115464 + P115483 + P115498 + P115526 + P115570 + P115601 + P115602 + P115644 + P115665 + P115668 + P115690 + P115703 + P115718 + P115755 + P115798 +

P115808 + P115811 + P115835 + P115845 + P115882 + P115916 + P115924 +  
P115933 + P115934 + P115942 + P115955 + P115979 + P115992 + P116033 +  
P116075 + P116144 + P116146 + P116168 + P116183 + P116219 + P116260 +  
P116281 + P116287 + P116303 + P116316 + P116338 + P116371 + P116471 +  
P116513 + P116531 + P116533 + P116544 + P116553 + P116589 + P116642 +  
P116655 + P116657 + P116681 + P116749 + P116765 + P116830 + P116871 +  
P116929 + P116983 + P116993 + P116996 + P117019 + P117058 + P117065 +  
P117078 + P117197 + P117303 + P117355 + P117425 + P117449 + P117478 +  
P117490 + P117743 + P117745 + P117822 + P117952 + P118093 + P118102 +  
P118119 + P118163 + P118175 + P118241 + P118285 + P118308 + P118310 +  
P118380 + P118384 + P118491 + P118561 + P118564 + P118582 + P118624 +  
P118648 + P118651 + P118665 + P118674 + P118680 + P118683 + P118715 +  
P118741 + P118764 + P118778 + P118819 + P118867 + P118886 + P118994 +  
P119096 + P119099 + P119131 + P119161 + P119260 + P119294 + P119307 +  
P119311 + P119323 + P119335 + P119353 + P119371 + P119377 + P119449 +  
P119450 + P119454 + P119476 + P119502 + P119507 + P119519 + P119520 +  
P119544 + P119589 + P119687 + P119792 + P119809 + P119811 + P119849 +  
P119863 + P119942 + P119974 + P120025 + P120129 + P120272 + P120314 +  
P120365 + P120424 + P120467 + P120497 + P120541 + P120608 + P120631 +  
P120639 + P120665 + P120676 + P120677 + P120734 + P120775 + P120823 +  
P120900 + P120930 + P120948 + P120956 + P120978 + P120980 + P121002 +  
P121010 + P121056 + P121123 + P121237 + P121287 + P121303 + P121319 +  
P121324 + P121342 + P121430 + P121474 + P121498 + P121504 + P121568 +  
P121590 + P121591 + P121613 + P121645 + P121661 + P121669 + P121674 +  
P121697 + P121710 + P121753 + P121754 + P121776 + P121784 + P121808 +  
P121821 + P121842 + P121899 + P122157;

!Abarema zolleriana; P113569 + P118093 + P119502>=1; !Abies  
guatemalensis; P112869>=1; !Abuta panamensis; P116303>=1; !Acacia  
angustissima; P114671 + P114972 + P115304 + P115924 + P116681 + P116765 +  
P117065 + P117303 + P117822 + P118674 + P118819 + P119377 + P119450>=1;  
!Acacia californica; P119687>=1; !Acacia centralis; P111953N + P114464 +  
P117478 + P121776>=1; !Acacia chiapensis; P114968>=1; !Acacia  
cochliacantha; P113316 + P118648 + P119792 + P119809 + P120930 +  
P120948>=1; !Acacia collinsii; P111953N + P115570 + P115644 + P115703 +  
P115835 + P115933 + P115979 + P116183 + P118651 + P119323 + P119476 +  
P119809>=1; !Acacia cookii; P111757>=1; !Acacia cornigera; P115979 +  
P116929 + P117197 + P118715 + P118867 + P119260 + P120639 + P120823 +  
P120930 + P120978>=1; !Acacia farnesiana; P113316 + P114635 + P115066 +  
P115464 + P115602 + P115718 + P115798 + P115933 + P117822 + P118119 +  
P118778 + P119942 + P121674>=1; !Acacia gentlei; P110478 + P111953N +  
P113754 + P114200 + P114464 + P114505 + P115303 + P117078 + P120775>=1;  
!Acacia globulifera; P115253>=1; !Acacia glomerosa; P117197 + P121474>=1;  
!Acacia hindsii; P111229 + P115066 + P117490 + P118683 + P119161 +  
P119371 + P121237 + P121324>=1; !Acacia janzenii; P111229>=1; !Acacia  
mayana; P109405 + P111953N + P111953S + P114904 + P117449>=1; !Acacia  
pennatula; P112007 + P112309 + P112932 + P113079 + P113529 + P114646 +  
P114933 + P115066 + P115570 + P115703 + P115718 + P116303 + P116338 +  
P116929 + P118175 + P118380 + P118384 + P118491 + P118582 + P118651 +  
P118683 + P118715 + P118741 + P118819 + P119099 + P119260 + P119307 +  
P119323 + P119371 + P119377 + P119450 + P119476 + P119502 + P119687 +  
P119811 + P120272 + P120467 + P121753>=1; !Acacia picachensis; P113919 +  
P115703 + P118119 + P118778 + P120956>=1; !Acacia polyphylla; P109405 +  
P110478 + P111953N + P111953S + P112785 + P113754 + P113828 + P114200 +  
P114464 + P114505 + P114904 + P114940 + P115303 + P115882 + P117078>=1;  
!Acacia riparia; P111953N + P119942>=1; !Acacia usumacintensis; P111953N  
+ P113079 + P113154 + P114464 + P115882 + P116830>=1; !Acalypha

macrostachya; P120541 + P121287>=1; !Acosmium panamense; P114663 + P117078>=1; !Ageratina ligustrina; P114166 + P114671 + P114697 + P114764 + P115304 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 + P117355 + P118093 + P118674 + P119377 + P119454>=1; !Ageratina mairetiana; P118175>=1; !Agonandra racemosa; P118867>=1; !Aiouea inconspicua; P118093>=1; !Albizia adinocephala; P110029 + P111953N + P114464 + P114904 + P115163 + P118665 + P121645>=1; !Albizia guachapele; P118994 + P120424 + P121504>=1; !Albizia leucocalyx; P111953N + P112868 + P115882>=1; !Albizia niopoides; P119131 + P121645>=1; !Albizia tomentosa; P110478 + P111953N + P113079 + P115378 + P118651 + P119335 + P119371 + P120608 + P121674>=1; !Alchornea latifolia; P117078 + P118665 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Alfaroa mexicana; P112309>=1; !Alibertia edulis; P115979 + P120823 + P120930 + P120978>=1; !Allophylus campstostachys; P116871>=1; !Alnus acuminata; P114166 + P114671 + P114697 + P114764 + P115244 + P115811 + P115924 + P115942 + P116033 + P116219 + P116281 + P116655>=1; !Alseis yucatanensis; P118665 + P118680 + P118867>=1; !Alvaradoa amorphoides; P117425 + P119323>=1; !Amelanchier denticulata; P117822 + P118491>=1; !Ampelocera hottlei; P117078 + P118665>=1; !Amphitecna apiculata; P118093>=1; !Amphitecna montana; P118093 + P121056 + P121287 + P121474 + P121498 + P121568>=1; !Amyris elemifera; P119476>=1; !Andira galeottiana; P117078>=1; !Andira inermis; P116929 + P118867>=1; !Annona cherimola; P116929>=1; !Annona liebmanniana; P115979>=1; !Annona purpurea; P120467 + P120734 + P120823 + P120930>=1; !Annona rensoniana; P115105 + P115979 + P117078>=1; !Annona scleroderma; P118665>=1; !Apeiba tibourbou; P117078 + P121474>=1; !Aphananthe monoica; P117078 + P118665 + P118867 + P120734>=1; !Arachnothryx buddleioides; P118093 + P121056 + P121303 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Arachnothryx capitellata; P118093 + P119307>=1; !Arbutus xalapensis; P112007 + P112869 + P112962 + P114166 + P114671 + P114697 + P114764 + P114972 + P115304 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 + P116033 + P116219 + P116281 + P116531 + P116533 + P116655 + P116996 + P117058 + P117303 + P117355 + P118285 + P118384 + P119476>=1; !Ardisia bartlettii; P121056 + P121498 + P121613>=1; !Ardisia compressa; P120734 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 + P121498 + P121568>=1; !Ardisia densiflora; P117822 + P120734 + P121056 + P121474 + P121498 + P121568>=1; !Ardisia guatemalensis; P121303 + P121568>=1; !Ardisia mexicana; P121056 + P121287 + P121498 + P121568>=1; !Ardisia revoluta; P114663>=1; !Ardisia venosa; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P114285 + P115924 + P116168 + P116655 + P121056 + P121498 + P121568>=1; !Ardisia verapazensis; P112309>=1; !Aspidosperma desmanthum; P118867>=1; !Aspidosperma megalocarpon; P117078 + P118665 + P121430>=1; !Astronium graveolens; P114663 + P115979 + P116303 + P116929 + P117078>=1; !Attalea butyracea; P117078>=1; !Baccharis serraefolia; P116219>=1; !Baccharis vaccinioides; P114671 + P114764 + P114972 + P115304 + P115808 + P116033 + P116219 + P116655 + P116681 + P116765>=1; !Bactris mexicana; P118665>=1; !Balizia leucocalyx; P117078>=1; !Bauhinia divaricata; P116371>=1; !Bauhinia unguolata; P115703 + P116303 + P116929 + P117197 + P120823 + P120978>=1; !Beilschmiedia mexicana; P112007 + P112309>=1; !Bejaria aestuans; P121474>=1; !Bernardia dodecandra; P116287 + P116371 + P121056 + P121287 + P121498 + P121613>=1; !Billia hippocastanum; P111889 + P112007 + P112309>=1; !Blepharidium guatemalense; P117078>=1; !Blomia prisca; P121056>=1; !Bocconia arborea; P112309 + P112869 + P114285 + P120467>=1; !Boehmeria caudata; P120467 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Boehmeria ulmifolia; P120467 + P121303>=1; !Bonellia macrocarpa; P115979 + P116303>=1; !Bourreria mollis; P117078>=1; !Bravaisia integerrima; P117078>=1; !Brosimum alicastrum; P116303 + P117078 + P118665 + P118867 + P121430>=1; !Brosimum

guianense; P117078 + P118867>=1; !Brosimum lactescens; P118665 + P118867>=1; !Brunellia mexicana; P114285 + P119520 + P121056>=1; !Bucida macrostachya; P115979 + P116287>=1; !Buddleia cordata; P115304 + P115383 + P116219>=1; !Buddleia crotonoides; P116281 + P118384>=1; !Buddleia nitida; P114972 + P115383 + P116281>=1; !Buddleia skutchii; P115955>=1; !Buddleja cordata; P114166 + P114764 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 + P116033 + P116281 + P116531 + P116655>=1; !Buddleja nitida; P115483 + P115924 + P116655>=1; !Bunchosia lindeniana; P117822 + P118665 + P118867 + P121056 + P121287>=1; !Bunchosia swartziana; P121287 + P121474>=1; !Bursera ariensis; P116287>=1; !Bursera bipinnata; P115979 + P116338 + P118683 + P118715 + P119260 + P120639>=1; !Bursera excelsa; P115703 + P115979 + P116287 + P116338 + P116871 + P116929 + P117197 + P117425 + P118683 + P118715 + P119476>=1; !Bursera heteresthes; P115979 + P116287 + P116929>=1; !Bursera simaruba; P115105 + P115703 + P115979 + P116287 + P116303 + P116371 + P116871 + P116929 + P117078 + P117197 + P117425 + P117822 + P118665 + P118683 + P118715 + P119260 + P119371>=1; !Byrsonima crassifolia; P115105 + P117197 + P118683 + P120639 + P120823 + P120930 + P120948 + P120978 + P120980 + P121010>=1; !Caesalpinia eriostachys; P116371>=1; !Calliandra arborea; P109405>=1; !Calliandra caeciliae; P119589>=1; !Calliandra calothyrsus; P111953N + P111953S + P112785 + P113073 + P113316 + P113754 + P114016 + P114464 + P114613 + P115297 + P115464 + P115498 + P115798 + P115835 + P115933 + P115979 + P115992 + P116287 + P121645>=1; !Calliandra grandifolia; P121474>=1; !Calliandra houstoniana; P112309 + P117822 + P119377 + P120948 + P120978 + P120980 + P121010>=1; !Calliandra magdalenae; P121645>=1; !Calophyllum brasiliense; P117078 + P118665 + P120930 + P120978 + P121430>=1; !Calycophyllum candidissimum; P115979 + P121474>=1; !Calyptanthes lindeniana; P118665>=1; !Calyptanthes pallens; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P114166 + P114764 + P115383 + P116655>=1; !Capparis baducca; P115979>=1; !Carpinus caroliniana; P112869 + P121056>=1; !Cascabela ovata; P116287 + P116929 + P119260>=1; !Casearia aculeata; P120978>=1; !Casearia corymbosa; P115979 + P116303 + P116871 + P116929 + P120823 + P120930 + P120978 + P121056>=1; !Cassipourea guianensis; P117078>=1; !Castilla elastica; P117078>=1; !Ceanothus caeruleus; P114671 + P118674>=1; !Cecropia obtusifolia; P116303 + P116929 + P117078 + P118093 + P119520 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Cecropia peltata; P114663 + P115105 + P118867 + P120978 + P121430>=1; !Cedrela odorata; P117078 + P117822 + P120467 + P121287>=1; !Cedrela salvadorensis; P115703 + P115979 + P117197 + P119260 + P121056 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Ceiba acuminata; P115979 + P116287 + P116371 + P116871 + P117197 + P120823>=1; !Ceiba pentandra; P114663 + P115979 + P117078 + P120467>=1; !Cestrum aurantiacum; P114166 + P114671 + P116033 + P116655>=1; !Cestrum guatemalense; P114166 + P115244 + P115483 + P115916 + P116168>=1; !Cestrum nocturnum; P117078 + P121056>=1; !Chamaedorea tepejilote; P120467 + P120541 + P120734>=1; !Chiococca alba; P117822 + P118175 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118741 + P119307 + P119377 + P119450 + P119476 + P121056>=1; !Chiranthodendron pentadactylon; P116168 + P116655>=1; !Chloroleucon mangense; P118651 + P119323 + P120025 + P120314>=1; !Chrysophyllum cainito; P120467 + P120541 + P121474>=1; !Chrysophyllum mexicanum; P116303>=1; !Cinnamomum zapatae; P117822 + P121287>=1; !Citharexylum donnell-smithii; P120734>=1; !Citharexylum hexangulare; P115105>=1; !Citharexylum mocinnii; P112007 + P112309 + P112869 + P114285 + P118093 + P121056>=1; !Clethra mexicana; P112869>=1; !Clethra occidentalis; P111889 + P112007 + P112309 + P114166 + P114285 + P114671 + P114697 + P114764 + P115383 + P115811 + P115916 + P115924 + P117822 + P121056>=1; !Clethra oleoides; P114166 + P114764 + P115383 + P115483 + P115916 + P116146>=1; !Clethra purpusii; P115105>=1;

!Clethra suaveolens; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 +  
 P112874 + P112932 + P113021 + P114671 + P115942 + P116531 + P118093 +  
 P118674 + P118819 + P119307 + P119377 + P119454 + P119502 + P119520 +  
 P120541 + P120734 + P120823 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 +  
 P121498 + P121568 + P121613>=1; !Cleyera theoides; P111889 + P112007 +  
 P112043 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932 + P114166 + P114285 +  
 P114671 + P114764 + P115383 + P115483 + P115808 + P115811 + P115924 +  
 P115942 + P116033 + P116146 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 +  
 P116544 + P116589 + P116655 + P116681 + P116765 + P117065 + P117355 +  
 P118384 + P119377 + P120734 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 +  
 P121498 + P121568 + P121613>=1; !Clibadium arboreum; P114972 + P115955 +  
 P115979 + P116303>=1; !Clusia guatemalensis; P117822 + P120467 + P121056  
 + P121498>=1; !Clusia mexicana; P112043 + P112869>=1; !Clusia rosea;  
 P112309 + P114671 + P115979 + P119377>=1; !Cnidoscolus multilobus;  
 P115703 + P116871 + P119260>=1; !Coccoloba acapulcensis; P116303>=1;  
 !Coccoloba barbadensis; P118093>=1; !Coccoloba belizensis; P117078>=1;  
 !Coccoloba escuintlensis; P121056 + P121287 + P121474>=1; !Coccoloba  
 floribunda; P115105 + P115703 + P116303 + P116929>=1; !Cochlospermum  
 vitifolium; P115703 + P115979 + P116287 + P116303 + P116338 + P116371 +  
 P116871 + P116929 + P117197 + P117425 + P118683 + P118715 + P119260 +  
 P120823>=1; !Cojoba arborea; P111953N + P111953S + P112927 + P113079 +  
 P113750 + P113828 + P114016 + P114166 + P114200 + P114464 + P114671 +  
 P114904 + P114933 + P115422 + P115882 + P117078 + P117743 + P118093 +  
 P118561 + P118564 + P118665 + P118764 + P120734 + P121056 + P121591 +  
 P121613 + P121842>=1; !Cojoba graciliflora; P109405 + P110478 + P111414 +  
 P111819 + P111953S + P111967 + P113543 + P113882 + P114396 + P115277 +  
 P116316 + P121056 + P121474 + P121808>=1; !Cojoba haematoloba; P115206 +  
 P115602 + P120734 + P121056 + P121430 + P121808>=1; !Cojoba mariaelenaë;  
 P119809>=1; !Cojoba recordii; P120467 + P120541 + P120734 + P121474>=1;  
 !Cojoba sophorocarpa; P115206 + P121056 + P121498>=1; !Colubrina  
 arborescens; P114764 + P115383 + P116303>=1; !Colubrina triflora;  
 P115979>=1; !Comarostaphylis discolor; P116033>=1; !Comocladia  
 guatemalensis; P116287 + P117197>=1; !Conostegia volcanalis; P121056 +  
 P121498 + P121568 + P121613>=1; !Conostegia xalapensis; P118093 + P120467  
 + P120541 + P120639 + P120930 + P120978>=1; !Cordia alliodora; P116929 +  
 P117197 + P119260 + P121474>=1; !Cordia foliosa; P115979 + P116303 +  
 P116929>=1; !Cordia stellifera; P116929 + P117078 + P117197 + P117425 +  
 P118867>=1; !Cornus disciflora; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 +  
 P112869 + P112874 + P112932 + P113021 + P114166 + P114285 + P114671 +  
 P114764 + P115304 + P115383 + P115483 + P115808 + P115811 + P116033 +  
 P116168 + P116281 + P116655 + P116681 + P116765 + P117065 + P118093 +  
 P118674 + P118819 + P119307 + P119377 + P119502>=1; !Cornus excelsa;  
 P114166 + P114285 + P114671 + P114764 + P115244 + P115304 + P115924 +  
 P116281 + P116655 + P118384>=1; !Cornutia pyramidata; P114671>=1;  
 !Crataegus pubescens; P114166 + P114671 + P115244 + P115304 + P115916 +  
 P115924 + P115955 + P116281 + P116996>=1; !Critonia morifolia; P120467 +  
 P120541 + P121056 + P121287>=1; !Critoniadelphus nubigenus; P111889 +  
 P112043 + P112869 + P114285 + P114764 + P115383 + P115483 + P115811 +  
 P115916 + P116168 + P116281 + P120467 + P120541 + P121056>=1;  
 !Crossopetalum parviflorum; P117822 + P118867 + P121056 + P121287>=1;  
 !Croton billbergianus; P117197>=1; !Croton carpostellatus; P115105>=1;  
 !Croton draco; P119520 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287  
 + P121474>=1; !Croton fragilis; P117822>=1; !Croton glabellus; P114285 +  
 P117078 + P118867>=1; !Croton guatemalensis; P117822 + P121474>=1;  
 !Croton nitens; P117078>=1; !Cryosophila stauracantha; P114663 + P118665  
 + P118680 + P118867>=1; !Cupania belizensis; P118665 + P119307>=1;  
 !Cupania dentata; P114663 + P117822 + P121430 + P121474>=1; !Cupressus

lusitanica; P116655>=1; !Curatella americana; P120639 + P120823 + P120930  
 + P120948 + P120978 + P121010>=1; !Cyathea fulva; P111889 + P112007 +  
 P112309 + P114285 + P114764 + P115383 + P118093 + P121056 + P121498 +  
 P121568 + P121613>=1; !Cymbopetalum mayanum; P117078>=1; !Cymbopetalum  
 penduliflorum; P117078 + P118665>=1; !Cyrtocymura scorpioides; P114166 +  
 P114285 + P114671 + P118674 + P119377 + P120734 + P121056 + P121287>=1;  
 !Dalbergia cubilquitzensis; P117078>=1; !Dalbergia glabra; P118683>=1;  
 !Dalbergia glomerata; P114166 + P114671>=1; !Dalbergia stevensonii;  
 P117078>=1; !Daphnopsis americana; P115105 + P119377>=1; !Daphnopsis  
 selerorum; P114764 + P115811 + P115916 + P115924 + P121056>=1;  
 !Daphnopsis tuerckheimiana; P111889 + P112043 + P112869>=1; !Decazyx  
 macrophyllus; P114663>=1; !Dendropanax arboreus; P111889 + P112007 +  
 P112043 + P112309 + P114663 + P117822 + P120978 + P121056 + P121287 +  
 P121430 + P121474>=1; !Dendropanax populifolius; P114285 + P120467 +  
 P120541 + P120734 + P121056 + P121474 + P121498 + P121613>=1; !Deppea  
 grandiflora; P114764 + P115383 + P115483 + P115916>=1; !Dialium  
 guianense; P117078 + P118665 + P118867>=1; !Dioon merolae; P116929>=1;  
 !Diospyros ebenum; P121056>=1; !Diospyros nigra; P114663>=1; !Diospyros  
 salicifolia; P115979 + P116303 + P116371 + P117197>=1; !Diphysa  
 americana; P117197 + P117822 + P118683 + P119260 + P120930 + P120978>=1;  
 !Diphysa floribunda; P120541 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Dodonaea  
 viscosa; P117303 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118741 +  
 P119377 + P119450 + P120467>=1; !Dracaena americana; P118665>=1; !Drimys  
 granadensis; P114764 + P115383 + P115483 + P115916 + P121056 + P121498 +  
 P121613>=1; !Drypetes brownii; P118665 + P118867>=1; !Drypetes  
 lateriflora; P114663>=1; !Ehretia latifolia; P114166 + P114671>=1;  
 !Ehretia tinifolia; P114671>=1; !Enterolobium cyclocarpum; P119260>=1;  
 !Enterolobium schomburgkii; P119323>=1; !Erblichia odorata; P117078 +  
 P117822 + P118867>=1; !Erythrina americana; P117078>=1; !Erythrina  
 chiapasana; P114671 + P117303 + P117822 + P118384 + P118491 + P118582 +  
 P118683 + P119476 + P120823>=1; !Erythrina folkersii; P115979 + P116287 +  
 P116303 + P116929 + P117078 + P117197 + P119260 + P119311 + P119371 +  
 P119476>=1; !Erythrina guatemalensis; P120541 + P120734>=1; !Erythroxyllum  
 macrophyllum; P115105>=1; !Eugenia acapulcensis; P114285 + P116303 +  
 P116371 + P118384 + P119377 + P119476 + P120734 + P121056 + P121287 +  
 P121613>=1; !Eugenia capillipes; P120467 + P120734>=1; !Eugenia capuli;  
 P117078 + P117822 + P118665 + P118867>=1; !Eugenia capuliodes; P116371 +  
 P117078 + P117822 + P118093 + P118384 + P119307 + P119476 + P119520 +  
 P121287>=1; !Eugenia chiapensis; P120734 + P121056 + P121287 + P121303 +  
 P121474 + P121498>=1; !Eugenia koepperi; P117078>=1; !Eugenia  
 oerstediana; P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287 +  
 P121474>=1; !Eugenia venezuelensis; P115979 + P121287>=1; !Euphorbia  
 schlechtendalii; P115979 + P116287 + P116371 + P117197>=1; !Euphorbia  
 triphylla; P120467 + P120734 + P121287>=1; !Exostema ellipticum;  
 P116871>=1; !Exostema mexicanum; P115979 + P116303 + P116929 + P117078 +  
 P120734 + P121056 + P121474>=1; !Exothea paniculata; P118093 + P118665 +  
 P119377>=1; !Eysenhardtia adenostylis; P119311 + P119371 + P120467 +  
 P121056>=1; !Faramaea occidentalis; P117078 + P118665 + P118867>=1; !Ficus  
 aurea; P114663 + P115105 + P115703 + P115979 + P116338 + P116871 +  
 P117197 + P118867 + P119476 + P120467 + P120734 + P121056>=1; !Ficus  
 costaricana; P120467>=1; !Ficus cotinifolia; P118093 + P121474>=1; !Ficus  
 eximia; P117078>=1; !Ficus insipida; P117078 + P120467 + P121056>=1;  
 !Ficus obtusifolia; P114663 + P117078>=1; !Ficus pertusa; P116303 +  
 P119260>=1; !Ficus yoponensis; P115105 + P116303>=1; !Forestiera  
 racemosa; P121056>=1; !Forestiera reticulata; P115383 + P115483>=1;  
 !Frangula capreifolia; P112309 + P112869 + P113021 + P114285 + P121056 +  
 P121498 + P121568>=1; !Frangula mucronata; P116281 + P116533>=1;

!Fraxinus purpusii; P116287 + P116303 + P116871 + P117822 + P119323 + P119476>=1; !Fraxinus uhdei; P113021 + P117822 + P118175 + P118384 + P118582 + P118741>=1; !Freziera guatemalensis; P120734 + P121498 + P121613>=1; !Fuchsia microphylla; P112309>=1; !Fuchsia paniculata; P112309 + P114285 + P114671 + P115383 + P115483 + P115811 + P116168 + P116655 + P121056 + P121498 + P121613>=1; !Fuchsia thymifolia; P115244>=1; !Garcia nutans; P118093 + P118680 + P119520>=1; !Garcinia intermedia; P117078 + P121430>=1; !Garcinia macrophylla; P120467 + P121056>=1; !Garrya laurifolia; P114166 + P114285 + P114671 + P114764 + P114972 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P116033 + P116168 + P116281 + P116531 + P117303 + P117822 + P118093 + P118175 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P119450 + P119476 + P120734>=1; !Genipa americana; P116929 + P120823 + P120978>=1; !Geonoma interrupta; P121056>=1; !Gliricidia sepium; P116287 + P116371 + P117425 + P120978>=1; !Glossostipula concinna; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P120734 + P121056 + P121287 + P121474 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Guarea glabra; P112043 + P112309 + P114663 + P117078 + P118665 + P118680 + P120734 + P121056>=1; !Guarea guidonia; P120734 + P121056>=1; !Guarea megantha; P121430>=1; !Guazuma ulmifolia; P115979 + P116303 + P116871 + P116929 + P118715 + P119260 + P120823>=1; !Guettarda combsii; P114663 + P115105 + P116303 + P117078>=1; !Gyminda tonduzii; P117822 + P118384>=1; !Gyrocarpus mocinoi; P115703 + P115979 + P116929 + P119260>=1; !Haematoxylum campechianum; P116287 + P116871 + P117197>=1; !Hamelia patens; P120467>=1; !Hampea montebellensis; P118093 + P119307>=1; !Hampea stipitata; P114663>=1; !Handroanthus chrysanthus; P115979 + P116871 + P121056>=1; !Harpalyce formosa; P119450>=1; !Hauya elegans; P115979 + P116287 + P117197 + P117425 + P117822 + P119476 + P120467>=1; !Havardia albicans; P108978>=1; !Havardia pallens; P115570 + P119323 + P119377>=1; !Hedyosmum mexicanum; P111889 + P112043 + P112309 + P112869 + P114285 + P114764 + P118093 + P119520 + P121056 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Heliocarpus appendiculatus; P119377>=1; !Heliocarpus donnellsmithii; P117197 + P118674 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287 + P121498>=1; !Heliocarpus terebinthinaceus; P114663 + P115979 + P116338 + P116929 + P117197 + P117425 + P118715 + P119260>=1; !Hirtella americana; P117078>=1; !Holodiscus argenteus; P114166 + P114671 + P114764 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P116281 + P116531 + P116655>=1; !Hura polyandra; P115979>=1; !Ilex costaricensis; P121056>=1; !Ilex macfadyenii; P114671 + P114764 + P118491 + P119377 + P121056 + P121474>=1; !Ilex quercetorum; P114697>=1; !Ilex vomitoria; P114671 + P115808 + P116681 + P117822 + P118285 + P118384 + P119307>=1; !Inga acrocephala; P111953S>=1; !Inga belizensis; P110641 + P111953N + P113569 + P121474>=1; !Inga calderonii; P113733 + P118564 + P119809 + P121056 + P121474 + P121645 + P121784>=1; !Inga dasycarpa; P120314>=1; !Inga densiflora; P121899>=1; !Inga flexuosa; P112309 + P112869>=1; !Inga jinicuil; P111953S + P121669 + P121697 + P121754>=1; !Inga lactifera; P114015>=1; !Inga laurina; P115303 + P117078 + P118241 + P118624 + P118648 + P118778 + P119974 + P120467 + P120541 + P121287>=1; !Inga mexicana; P109405 + P110478 + P111668 + P111953N + P113079 + P113927>=1; !Inga micheliana; P112309 + P121590 + P121645>=1; !Inga nobilis; P111953N>=1; !Inga oerstediana; P111819 + P112043 + P112813 + P112869 + P113079 + P113878 + P117822 + P118093 + P118308 + P119449 + P119520 + P120365 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Inga paterno; P111953N + P114505>=1; !Inga pavoniana; P109405 + P110641 + P111819 + P111953N + P111953S + P112813 + P112869 + P113569 + P113672 + P113754 + P114200 + P114464 + P114505 + P115755 + P115882 + P117078 + P117478 + P118093 + P119520 + P120980>=1; !Inga pinetorum; P112309 +



P112932>=1; !Inga punctata; P109405 + P111757 + P111953N + P111953S +  
P112813 + P113154 + P113310 + P113361 + P113378 + P113576 + P113754 +  
P113840 + P114016 + P114200 + P114464 + P114774 + P115066 + P115297 +  
P115303 + P115400 + P118308 + P118310 + P118648 + P118651 + P119353 +  
P119449 + P120631 + P120734 + P120980 + P121056 + P121123 + P121287 +  
P121303 + P121342 + P121645>=1; !Inga sapindoides; P117078>=1; !Inga  
schiedeana; P112007 + P112309 + P112932>=1; !Inga tuerckheimii; P112043  
+ P112273 + P112309 + P112813 + P113119 + P114016 + P114289 + P116144 +  
P118093 + P118561>=1; !Inga vera; P109405 + P110478 + P111953C + P111953N  
+ P111953S + P112309 + P112932 + P113316 + P114016 + P114200 + P114505 +  
P114933 + P114968 + P115066 + P115163 + P115703 + P116553 + P116642 +  
P117078 + P117745 + P118651 + P118683 + P118886 + P119161 + P119260 +  
P119294 + P119377 + P119449 + P119811 + P119849 + P119974 + P120129 +  
P120424 + P120497 + P120665>=1; !Iresine arbuscula; P117078>=1;  
!Jacaratia dolichaula; P117078 + P118867>=1; !Jatropha curcas; P116287 +  
P116929>=1; !Juglans mexicana; P112043 + P112869>=1; !Juniperus deppeana;  
P116533 + P116996 + P117058 + P117303 + P118285 + P118384 + P118741>=1;  
!Karwinskia calderonii; P114663>=1; !Koanophyllon pittieri; P117822 +  
P118680 + P118867 + P120541 + P120734 + P121056 + P121287 + P121498>=1;  
!Laetia thamnia; P118665>=1; !Lasianthaea fruticosa; P115383 + P115483 +  
P116655>=1; !Lecointea amazonica; P118665>=1; !Lepidaploa canescens;  
P112007 + P114166 + P115808 + P116681 + P117065 + P118674 + P118819 +  
P120467 + P120541 + P121056>=1; !Leucaena collinsii; P113316 + P115602 +  
P115703 + P115979 + P116287 + P116303 + P116338 + P116871 + P118102 +  
P119476 + P119687 + P119863 + P120608 + P121504 + P121674 + P121710>=1;  
!Leucaena diversifolia; P112322 + P113530 + P113569 + P116146 + P116996 +  
P117197 + P119260 + P119323 + P119476>=1; !Leucaena esculenta; P115464 +  
P119323 + P119476>=1; !Leucaena lanceolata; P115066 + P118308 + P118651 +  
P119544>=1; !Leucaena leucocephala; P110478 + P111953N + P113316 +  
P113828 + P114200 + P114270 + P114505 + P115570 + P119507 + P120930 +  
P121784 + P122157>=1; !Leucaena shannonii; P115066 + P115297 + P115526 +  
P115703 + P115835 + P115845 + P115979 + P116287 + P116303 + P116871 +  
P116929 + P116983 + P117425 + P118308>=1; !Leucaena trichandra; P113679 +  
P113826 + P114258 + P114671 + P114933 + P115297 + P115498 + P115665 +  
P115933 + P115979 + P115992 + P116183 + P118384 + P118651 + P119476 +  
P119520>=1; !Licania arborea; P116929 + P120930>=1; !Licania hypoleuca;  
P117078 + P118665 + P118680>=1; !Licania platypus; P117078>=1; !Licaria  
capitata; P121287 + P121430>=1; !Licaria caudata; P116303>=1; !Licaria  
excelsa; P121056>=1; !Licaria peckii; P117078 + P118665>=1; !Lippia  
chiapasensis; P118582>=1; !Lippia umbellata; P114166 + P114671 + P115942  
+ P117355 + P118674>=1; !Liquidambar styraciflua; P112007 + P112309 +  
P112869 + P112874 + P112932 + P112962 + P113021 + P114166 + P114285 +  
P114671 + P114697 + P118093 + P119377 + P119454 + P119502 + P119520 +  
P121056 + P121287 + P121474>=1; !Litsea glaucescens; P112309 + P112874 +  
P114166 + P114671 + P114764 + P115383 + P115811 + P115916 + P115924 +  
P116281 + P116655 + P118175 + P118384 + P118582 + P118674 + P119307 +  
P119450 + P119502 + P120734>=1; !Litsea neesiana; P115304>=1;  
!Lonchocarpus guatemalensis; P114663 + P117078 + P117197>=1;  
!Lonchocarpus hondurensis; P117197 + P118683>=1; !Lonchocarpus rugosus;  
P115979 + P116929 + P117822 + P119323 + P119476>=1; !Lonchocarpus  
sericeus; P117078>=1; !Lophosoria quadripinnata; P114697>=1; !Luehea  
candida; P116303 + P116871 + P116929>=1; !Luehea seemannii; P117078>=1;  
!Luehea speciosa; P119260>=1; !Lunania mexicana; P121056>=1; !Lycianthes  
lenta; P121056 + P121287>=1; !Lycianthes purpusii; P114764>=1; !Lysiloma  
acapulcense; P113316 + P114244 + P115464 + P115498 + P115703 + P115835 +  
P115845 + P115934 + P118665 + P118867 + P119096 + P119323 + P119476 +  
P119589 + P121430>=1; !Lysiloma auritum; P113679 + P114671 + P114904 +

P114968 + P115464 + P115498 + P115690 + P115718 + P116146 + P119323 +  
P119371 + P119476 + P119519 + P119863 + P121498 + P121784>=1; !Lysiloma  
divaricatum; P113316 + P114933 + P115066 + P115464 + P115934 + P115979 +  
P117197 + P117822 + P118651 + P118778 + P119323 + P119476 + P119687 +  
P120676 + P121237 + P121504>=1; !Lysiloma latisiliquum; P115303>=1;  
!Mabea occidentalis; P117078>=1; !Machaerium chiapense; P115703 + P116303  
+ P116871 + P118683>=1; !Machaerium cirrhiferum; P115979 + P116871 +  
P121474>=1; !Maclura tinctoria; P116929 + P120734>=1; !Magnolia mexicana;  
P118665 + P118867>=1; !Magnolia sharpii; P111889 + P112007 + P112309 +  
P112869 + P114764 + P115811 + P116655>=1; !Malmea depressa; P117822>=1;  
!Malpighia glabra; P115979>=1; !Malvaviscus arboreus; P120467 +  
P121056>=1; !Manilkara zapota; P116303 + P117078 + P118665 + P121474>=1;  
!Margaritaria nobilis; P120823 + P120978>=1; !Matayba oppositifolia;  
P115105 + P115979 + P118093 + P119307>=1; !Matudaea trinervia; P112043 +  
P112869 + P121056 + P121303 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Maytenus  
schippii; P116303 + P116871>=1; !Meliosma dentata; P111889 + P114285 +  
P114764>=1; !Meliosma idiopoda; P112007 + P112309 + P112869 + P114764 +  
P115383 + P115483 + P115916 + P116655>=1; !Miconia argentea; P118093 +  
P121430 + P121474>=1; !Miconia chinantlana; P121056 + P121303>=1;  
!Miconia glaberrima; P112309 + P114764 + P115383 + P115483 + P115916 +  
P115924 + P121056>=1; !Miconia hondurensis; P117078>=1; !Miconia  
impetiolaris; P117078 + P118665 + P121430>=1; !Miconia mexicana;  
P112309>=1; !Miconia minutiflora; P114285 + P119520>=1; !Miconia  
oligotricha; P114764>=1; !Miconia schlechtendalii; P120823 + P120978>=1;  
!Miconia triplinervis; P117078>=1; !Microtropis contracta; P114764 +  
P115383 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924>=1; !Mimosa  
aculeaticarpa; P113443 + P117019 + P117303 + P117952 + P118384>=1;  
!Mimosa bahamensis; P111953N>=1; !Mimosa goldmanii; P115703>=1; !Mimosa  
platycarpa; P115845 + P116471 + P119323>=1; !Mimosa tenuiflora; P115066 +  
P116260 + P116749 + P116929 + P118163>=1; !Mollinedia viridiflora;  
P112309 + P121056 + P121474>=1; !Monnina xalapensis; P116281>=1;  
!Montanoa leucantha; P112869 + P114285 + P115244 + P115383>=1;  
!Mortoniiodendron vestitum; P118665>=1; !Morus celtidifolia; P114166 +  
P114671 + P117822>=1; !Mosquitoxylum jamaicense; P115105 + P115808 +  
P116681 + P116765 + P117065 + P117078>=1; !Mouriri exilis; P117078>=1;  
!Mouriri myrtilloides; P117078>=1; !Myrcia splendens; P112309>=1;  
!Myrcianthes fragrans; P115105>=1; !Myrciaria floribunda; P117078>=1;  
!Myrica cerifera; P112007 + P112309 + P112869 + P114166 + P114285 +  
P114671 + P114697 + P114764 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 +  
P116531 + P116655 + P118093 + P118819 + P119377>=1; !Myriocarpa longipes;  
P114671 + P115979 + P120734 + P121056 + P121568>=1; !Myrsine coriacea;  
P111889 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932 + P113021 + P114166 +  
P114671 + P115244 + P115808 + P116146 + P116681 + P116765 + P117065 +  
P117355 + P118093 + P118674 + P118819 + P119377 + P119476 + P119520 +  
P120734 + P121056 + P121287 + P121474>=1; !Myrsine juergensenii; P111889  
+ P112309 + P112869 + P114671 + P114764 + P115304 + P115483 + P115808 +  
P115811 + P115916 + P115924 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 +  
P116531 + P116655 + P116681 + P116765 + P117065 + P117355 + P117822 +  
P118285 + P118384 + P118491 + P119307 + P119377 + P119450 + P121056 +  
P121303 + P121498 + P121613>=1; !Nectandra ambigens; P117078>=1;  
!Nectandra coriacea; P118093 + P118665 + P121056 + P121287 + P121498 +  
P121568>=1; !Nectandra cuspidata; P120467 + P120541 + P120734 + P121056  
+ P121287>=1; !Nectandra hihua; P114663>=1; !Nectandra leucocome;  
P117078 + P118867>=1; !Nectandra lundellii; P117078>=1; !Nectandra  
reticulata; P114663 + P115105>=1; !Nectandra salicifolia; P114285 +  
P115105 + P115979 + P116303 + P120734 + P121056 + P121287 + P121474 +  
P121498 + P121568 + P121613>=1; !Nectandra salicina; P121474>=1;

!Nectandra turbacensis; P120467 + P120541 + P120734 + P121056>=1;  
 !Nopalea dejecta; P115979 + P117197>=1; !Nyssa sylvatica; P112007 +  
 P112043 + P112869 + P112932 + P112962 + P113021 + P114166 + P114285 +  
 P114671 + P114697>=1; !Ochroma pyramidale; P117078>=1; !Ocotea  
 acuminatissima; P115811 + P116281 + P121498 + P121568>=1; !Ocotea  
 botrantha; P121287>=1; !Ocotea bourgeauviana; P117822>=1; !Ocotea cernua;  
 P117078 + P118680>=1; !Ocotea effusa; P114285>=1; !Ocotea erectifolia;  
 P114285 + P121287>=1; !Ocotea helicterifolia; P111889 + P112007 + P112043  
 + P112309 + P112869 + P114166 + P118093 + P118665>=1; !Ocotea mollifolia;  
 P115808 + P116681 + P116765 + P117065>=1; !Ocotea parvula; P112007 +  
 P112309 + P112869>=1; !Ocotea sinuata; P111889 + P112007 + P112309 +  
 P120467 + P120734 + P121056 + P121430>=1; !Ocotea veraguensis; P120734 +  
 P121056 + P121287 + P121498 + P121613>=1; !Olmediella betschleriana;  
 P111889 + P112309 + P112869 + P114166 + P114285 + P114764 + P115808 +  
 P115811 + P116033 + P116168 + P116281 + P116589 + P116655 + P116681 +  
 P116765 + P117065 + P117822 + P120467 + P120541 + P120734 + P121287>=1;  
 !Oreopanax arcanus; P114764 + P115383 + P115483 + P115916 + P115924 +  
 P116281 + P116655>=1; !Oreopanax capitatus; P112007 + P112309 + P117822 +  
 P118384 + P119476 + P121474>=1; !Oreopanax echinops; P119307 + P119377 +  
 P121287>=1; !Oreopanax geminatus; P114663 + P115105>=1; !Oreopanax  
 liebmannii; P112007 + P112309 + P112869 + P117822 + P118093 + P119307>=1;  
 !Oreopanax peltatus; P112309 + P114285 + P114671 + P120734 + P120978>=1;  
 !Oreopanax sanderianus; P112007 + P118175 + P119307 + P120734>=1;  
 !Oreopanax xalapensis; P111889 + P112309 + P112869 + P112932 + P114166 +  
 P114285 + P114671 + P114764 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 +  
 P115924 + P116168 + P116281 + P116531 + P116655 + P117355 + P117822 +  
 P118093 + P119377 + P120734 + P121056 + P121287 + P121303 + P121474 +  
 P121498 + P121568>=1; !Orthion subsessile; P117078>=1; !Osmanthus  
 americanus; P121303 + P121498 + P121613>=1; !Ostrya virginiana; P112309 +  
 P112869 + P114166 + P114671 + P115811 + P115916 + P115924 + P115955 +  
 P116033 + P116168 + P116281 + P116531 + P116655 + P117822 + P118093 +  
 P120541 + P120734 + P121056>=1; !Ouratea lucens; P117078 + P118665 +  
 P118867>=1; !Pachira aquatica; P117078>=1; !Palicourea padifolia;  
 P121056>=1; !Parathesis chiapensis; P117822 + P120734 + P121287 +  
 P121498>=1; !Parathesis leptopa; P112309 + P114285 + P115383 +  
 P115924>=1; !Parathesis sessilifolia; P113021 + P114671 + P115811 +  
 P117355 + P117822 + P119377>=1; !Perrottetia ovata; P114285>=1; !Persea  
 americana; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P114285 +  
 P114671 + P114764 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 +  
 P116168 + P116281 + P116655 + P116681 + P117065 + P117078 + P117822 +  
 P118093 + P119307 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 + P121498>=1;  
 !Persea donnell-smithii; P112869 + P114697>=1; !Persea liebmannii;  
 P114764 + P121056 + P121474>=1; !Persea schiedeana; P111889 + P112007 +  
 P112043 + P112309 + P118683>=1; !Perymenium grande; P118384 + P119476>=1;  
 !Petrea volubilis; P115979>=1; !Photinia microcarpa; P112043 + P112869 +  
 P114764 + P115383>=1; !Phyllanthus acuminatus; P115703>=1; !Phyllonoma  
 laticuspis; P112869 + P114671 + P121498 + P121568>=1; !Picramnia  
 antidesma; P114166 + P118491 + P120734 + P121287>=1; !Pimenta dioica;  
 P118665 + P118867>=1; !Pinus ayacahuite; P114764 + P115811 + P116168 +  
 P116281 + P116531 + P116655 + P117058>=1; !Pinus devoniana; P114671 +  
 P114972 + P115808 + P115811 + P116681 + P117065 + P117355 + P118384 +  
 P118741>=1; !Pinus maximinoi; P112007 + P112309 + P112869 + P112932 +  
 P114285 + P114671 + P115808 + P116075 + P116146 + P116589 + P116681 +  
 P116765 + P117065 + P118093 + P118683 + P118819 + P119307 + P119311 +  
 P119371 + P119377 + P119450 + P119454 + P119520 + P120541 + P120734 +  
 P121056 + P121287 + P121303>=1; !Pinus montezumae; P114764 + P115483 +  
 P115811 + P116033 + P116168 + P116281 + P116531 + P116544 + P116655 +

P116657 + P116996 + P117058 + P118285 + P118384>=1; !Pinus oocarpa;  
P112007 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932 + P112962 + P113021 +  
P114671 + P115808 + P115811 + P116075 + P116146 + P116281 + P116513 +  
P116589 + P116655 + P116681 + P117058 + P117065 + P118093 + P118384 +  
P118674 + P118683 + P118819 + P119260 + P119307 + P119311 + P119371 +  
P119377 + P119454 + P119502 + P120639 + P120734 + P120823 + P120930 +  
P120948 + P120978 + P120980 + P121010 + P121287 + P121498>=1; !Pinus  
pseudostrobus; P114671 + P114764 + P114972 + P115304 + P115483 + P115811  
+ P115924 + P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 +  
P116533 + P116544 + P116655 + P116996 + P117303 + P117355 + P118285 +  
P118384>=1; !Pinus strobus; P112869 + P113021 + P114166>=1; !Pinus  
tecunumanii; P112007 + P112309 + P112869 + P112932 + P112962 + P113021 +  
P114166 + P114671 + P114697 + P114764 + P115244 + P115304 + P115483 +  
P115811 + P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 +  
P116544 + P116655 + P117355 + P118819 + P119377 + P119502 + P119520>=1;  
!Pinus teocote; P114764 + P116219>=1; !Piper psilorhachis; P114285 +  
P117078>=1; !Piper sanctum; P120467 + P120541>=1; !Piper yucatanense;  
P120467 + P120734 + P121056>=1; !Piptadenia flava; P118651 + P118778>=1;  
!Piptadenia viridiflora; P115755 + P116993 + P121319>=1; !Pistacia  
mexicana; P117822 + P118175 + P118384 + P118491 + P118582 + P118741 +  
P119323>=1; !Pithecellobium dulce; P113316 + P115066 + P115668 + P115798  
+ P115933 + P118102 + P118163 + P118380 + P118651 + P119353 + P120424 +  
P121645>=1; !Pithecellobium hymenaeifolium; P111953S>=1; !Pithecellobium  
lanceolatum; P111953N + P111953S + P112785 + P115148 + P115755 + P115835  
+ P115882 + P115992 + P121821>=1; !Pithecellobium macrandrium; P111953N +  
P111953S + P113750 + P113828 + P115303 + P115882>=1; !Platymiscium  
yucatanum; P117078>=1; !Pleradenophora longicuspis; P117078>=1;  
!Pleuranthodendron lindenii; P118665>=1; !Plumeria rubra; P115979 +  
P116287 + P116371>=1; !Podachaenium eminens; P121056>=1; !Podocarpus  
matudae; P111889 + P112007 + P112309 + P114764 + P118093 + P119377 +  
P121056 + P121303 + P121474>=1; !Poepigia procera; P115979 + P116929 +  
P117197>=1; !Posoqueria latifolia; P117078 + P118665>=1; !Pouteria  
belizensis; P117822>=1; !Pouteria campechiana; P120467 + P121056>=1;  
!Pouteria durlandii; P114663 + P117078 + P118665 + P118680 + P118867>=1;  
!Pouteria reticulata; P118665 + P118867>=1; !Pouteria sapota; P117078 +  
P118665 + P118867>=1; !Prosopis juliflora; P122157>=1; !Protium copal;  
P114663 + P117078 + P118665 + P118680>=1; !Protium glabrescens;  
P117078>=1; !Protium multiramiflorum; P117078>=1; !Prunus barbata;  
P112869>=1; !Prunus brachybotrya; P111889 + P112007 + P112043 + P112309 +  
P112869 + P114285 + P114764 + P115244 + P115811 + P116168 + P116281 +  
P117822 + P118093 + P118683 + P119307 + P119520 + P120467 + P121056 +  
P121287 + P121303 + P121568>=1; !Prunus lundelliana; P111889 + P112007 +  
P112043 + P112309 + P112869 + P115383 + P115483 + P115916 + P115924 +  
P116681 + P117065 + P119476 + P121056 + P121287 + P121474 + P121498 +  
P121613>=1; !Prunus rhamnoides; P112043 + P114764 + P115383 + P115916 +  
P120734 + P121056 + P121498 + P121613>=1; !Prunus serotina; P114671 +  
P114697 + P114764 + P115244 + P115811 + P115916 + P115924 + P116168 +  
P116281 + P116531 + P116533 + P116655 + P117355 + P117822 + P118384 +  
P119450 + P119476>=1; !Pseudobombax ellipticum; P115979 + P116287 +  
P116303 + P116338 + P116371 + P117197>=1; !Pseudolmedia glabrata; P114663  
+ P115105 + P117078 + P118665>=1; !Pseudolmedia spuria; P117078>=1;  
!Psidium guajava; P118674 + P119502>=1; !Psychotria carthagenensis;  
P120467 + P121056 + P121474>=1; !Psychotria chiapensis; P117078 + P118665  
+ P118867 + P121056>=1; !Psychotria costivenia; P112309 + P112869 +  
P114285 + P114671 + P118093 + P120467 + P120541 + P120734 + P121056 +  
P121287>=1; !Psychotria galeottiana; P112309 + P112869 + P118093 +  
P119307 + P119377 + P121056>=1; !Psychotria limonensis; P114663 + P115105

+ P117078>=1; !Psychotria marginata; P117822>=1; !Psychotria minarum;  
 P115383 + P120734 + P121056 + P121287 + P121498>=1; !Psychotria  
 panamensis; P113021>=1; !Pterocarpus rohrii; P117078 + P120541 +  
 P121056>=1; !Quararibea funebris; P117078 + P118665>=1; !Quararibea  
 yunckeri; P118867>=1; !Quercus acutifolia; P112007 + P112309 + P118683 +  
 P119260 + P119311 + P119371 + P121056 + P121287 + P121303>=1; !Quercus  
 aquifolioides; P115105>=1; !Quercus benthamii; P111889 + P112007 +  
 P112043 + P112309 + P112869 + P114166 + P118093 + P119377 + P120734 +  
 P121056 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Quercus candicans; P112007 +  
 P112309 + P112874 + P112932 + P112962 + P113021 + P114166 + P114671 +  
 P114697 + P115916 + P115924 + P119377 + P119502>=1; !Quercus castanea;  
 P119311 + P119371>=1; !Quercus conspersa; P118683 + P118715 + P119260 +  
 P119371>=1; !Quercus crassifolia; P114166 + P114671 + P114697 + P114764 +  
 P115244 + P115304 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 +  
 P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 + P116544 + P116655 +  
 P116657 + P117058>=1; !Quercus crispipilis; P112007 + P112309 + P112874 +  
 P112932 + P114166 + P114671 + P114697 + P114972 + P115304 + P115483 +  
 P115808 + P115811 + P115924 + P115942 + P115955 + P116033 + P116168 +  
 P116219 + P116281 + P116531 + P116533 + P116655 + P116657 + P116681 +  
 P116765 + P116996 + P117058 + P117065 + P117303 + P117355 + P117822 +  
 P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118819 + P119450 + P119476>=1;  
 !Quercus elliptica; P115105 + P119311 + P119371>=1; !Quercus insignis;  
 P111889 + P112007 + P112309>=1; !Quercus lancifolia; P111889 + P112043  
 + P112869 + P114285 + P115244>=1; !Quercus laurina; P112869 + P114671 +  
 P114697 + P114764 + P115244 + P115304 + P115383 + P115483 + P115811 +  
 P115916 + P115924 + P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 +  
 P116531 + P116544 + P116655>=1; !Quercus ocoteifolia; P114764 + P115383 +  
 P115483 + P115916>=1; !Quercus peduncularis; P115811 + P115924 + P115979  
 + P116033 + P116281 + P116338 + P116531 + P118683 + P118715 + P119260 +  
 P119311 + P119323 + P119371 + P120541 + P120639 + P120734 + P120823 +  
 P120930 + P120948 + P120978 + P121010 + P121056 + P121287>=1; !Quercus  
 polymorpha; P115979 + P117822 + P118175 + P118741 + P119323>=1; !Quercus  
 rugosa; P114764 + P115304 + P115483 + P115811 + P115916 + P115924 +  
 P115942 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116531 + P116544 +  
 P116655 + P117058 + P119377>=1; !Quercus salicifolia; P120541 + P121056 +  
 P121287 + P121303 + P121474 + P121498 + P121568>=1; !Quercus sapotifolia;  
 P112932 + P112962 + P113021 + P114285 + P114671 + P116075 + P116146 +  
 P117355 + P118093 + P118674 + P118819 + P119307 + P119377 + P119454 +  
 P119476 + P119502 + P120734 + P120948 + P120978 + P120980 + P121010 +  
 P121056 + P121287 + P121303 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Quercus  
 scytophylla; P118093 + P119377 + P120639 + P120734 + P120930 + P120948 +  
 P120978 + P120980 + P121010 + P121056>=1; !Quercus sebifera; P118819 +  
 P119450>=1; !Quercus segoviensis; P112007 + P112309 + P112932 + P112962 +  
 P114671 + P114972 + P115808 + P115811 + P115955 + P116033 + P116075 +  
 P116146 + P116533 + P116544 + P116589 + P116655 + P116681 + P116765 +  
 P116996 + P117058 + P117065 + P117303 + P117355 + P117822 + P118175 +  
 P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118674 + P118819 + P119323 +  
 P119377 + P119450 + P119476>=1; !Quercus skinneri; P112869 + P120734 +  
 P121056>=1; !Randia aculeata; P115955 + P117822 + P118285 + P118384 +  
 P118491>=1; !Randia armata; P115979 + P117078 + P117425>=1; !Randia  
 capitata; P116303>=1; !Rehdera penninervia; P117078>=1; !Rhamnus  
 standleyi; P116033 + P116168>=1; !Rhamnus serrata; P115979>=1; !Rhamnus  
 sharpii; P111889 + P114166 + P114671 + P114764 + P115244 + P115383 +  
 P115811 + P115924 + P116168 + P116281 + P120734 + P121056 + P121287>=1;  
 !Rhus schiedeana; P114972 + P115955 + P116533 + P116681 + P117065 +  
 P118175 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P118741 + P119323 +  
 P119450 + P119476>=1; !Rinorea guatemalensis; P118665 + P118867>=1;

!Rinorea hummelii; P117078>=1; !Rogiera amoena; P120734 + P121056 +  
 P121287 + P121474>=1; !Rogiera aprica; P121474>=1; !Rogiera cordata;  
 P112309 + P114166 + P121056>=1; !Rogiera stenosphon; P114671 +  
 P119377>=1; !Roldana acutangula; P114764>=1; !Rollinia mucosa; P120467 +  
 P120734 + P121474>=1; !Roupala montana; P121474>=1; !Sabal  
 mauritiiformis; P117078>=1; !Samanea saman; P110029 + P120677>=1;  
 !Sambucus canadensis; P114764>=1; !Sapindus saponaria; P117078 + P120467  
 + P120734 + P120930 + P120948 + P120978 + P121056 + P121287>=1; !Sapium  
 lateriflorum; P117078 + P120467>=1; !Sapium macrocarpum; P117078 +  
 P120541 + P120734 + P121056 + P121287 + P121430>=1; !Saurauia conzattii;  
 P121056 + P121303 + P121498 + P121568 + P121613>=1; !Saurauia kegeliana;  
 P121056 + P121287 + P121474>=1; !Saurauia madrensis; P120541 + P121056 +  
 P121498>=1; !Saurauia oreophila; P111889 + P114285 + P114764 + P115244 +  
 P115483 + P115916 + P115924 + P116281 + P116531 + P116655>=1; !Saurauia  
 scabrida; P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P112874 + P114166 +  
 P114671 + P115808 + P116681 + P116765 + P117065 + P117822 + P118093 +  
 P118674 + P119307 + P119377 + P119520>=1; !Schizolobium parahyba; P117078  
 + P118665>=1; !Schoepfia schreberi; P119476>=1; !Sebastiania cruenta;  
 P117822 + P118175 + P118384 + P119450 + P119476>=1; !Sebastiania  
 tuerckheimiana; P118665 + P118680 + P118867>=1; !Semialarium mexicanum;  
 P115979 + P116871>=1; !Senecio cobanensis; P114764 + P115383 + P115483 +  
 P116146>=1; !Senecio uspantanensis; P118093>=1; !Senna atomaria; P115979  
 + P116871 + P117197>=1; !Serjania macrocarpa; P117078>=1; !Sideroxylon  
 capiri; P116303>=1; !Sideroxylon salicifolium; P116303 + P121056>=1;  
 !Sideroxylon tepicense; P118093 + P119450>=1; !Simarouba amara; P118665  
 + P118867>=1; !Simira lancifolia; P117078>=1; !Simira multiflora;  
 P117078>=1; !Simira salvadorensis; P118665 + P118867>=1; !Sinclairia  
 discolor; P118683 + P120541>=1; !Solanum aligerum; P121498>=1; !Solanum  
 aphyodendron; P112309 + P114764 + P115244 + P115383 + P115483 + P115916  
 + P115924>=1; !Solanum asperolanatum; P114166>=1; !Solanum  
 brevipedicellatum; P120541 + P120734>=1; !Solanum nigricans; P115383 +  
 P115483 + P121056 + P121498>=1; !Spondias mombin; P114663 + P117078 +  
 P120541>=1; !Spondias purpurea; P115703 + P115979 + P116303 + P116371 +  
 P117197 + P117425 + P120467 + P121430>=1; !Stemmadenia donnell-smithii;  
 P117078 + P118665>=1; !Stemmadenia pubescens; P115703 + P115979 + P116287  
 + P116303 + P116871 + P120823>=1; !Sterculia mexicana; P121056>=1;  
 !Stillingia zelayensis; P117303>=1; !Styrax argenteus; P112043 + P112869  
 + P114764 + P115304 + P115383 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 +  
 P116168 + P116281 + P116655 + P118384 + P120734>=1; !Styrax glabrescens;  
 P111889 + P112309 + P112869 + P120734 + P121056 + P121474 + P121498 +  
 P121568 + P121613>=1; !Styrax magnus; P120734 + P121056>=1; !Styrax  
 warszewiczii; P121056>=1; !Swietenia humilis; P115979>=1; !Swietenia  
 macrophylla; P117078>=1; !Symplococarpon purpusii; P114285 + P121056 +  
 P121287 + P121613>=1; !Symplocos coccinea; P113021>=1; !Symplocos  
 hartwegii; P121056>=1; !Symplocos johnsonii; P112309>=1; !Symplocos  
 limoncillo; P114697 + P114764 + P115383 + P115483 + P115811 + P115916 +  
 P115924 + P116281 + P120467 + P120734 + P121474>=1; !Symplocos longipes;  
 P117822>=1; !Symplocos matudae; P119377 + P119502>=1; !Tabebuia rosea;  
 P116929 + P117078 + P120978>=1; !Tabernaemontana alba; P118665>=1;  
 !Tapirira mexicana; P112869 + P114663 + P114671 + P115105 + P118093 +  
 P119377 + P121056 + P121287>=1; !Tecoma stans; P117197 + P117822 +  
 P118582>=1; !Telanthophora grandifolia; P117822 + P120541 + P121287>=1;  
 !Terminalia amazonia; P117078 + P118665 + P121430>=1; !Terminalia  
 oblonga; P115105 + P115979>=1; !Ternstroemia acuminata; P115811>=1;  
 !Ternstroemia lineata; P111889 + P114764 + P115304 + P115811 + P115916 +  
 P115924 + P116033 + P116168 + P116219 + P116281 + P116655 + P120541 +  
 P121056 + P121303 + P121474 + P121498 + P121613>=1; !Ternstroemia

tepezapote; P112309 + P115105 + P115808 + P116681 + P117065 + P117355 +  
P117822 + P118285 + P118384 + P118491 + P119323 + P119371 + P119377 +  
P119450 + P119476 + P120541 + P120734 + P120978 + P121056 + P121287 +  
P121474>=1; !Tetracera volubilis; P117078>=1; !Theobroma cacao;  
P117078>=1; !Thevetia ahouai; P117078>=1; !Thouinidium decandrum; P120467  
+ P120541 + P120734 + P121056>=1; !Tonduzia longifolia; P120467 +  
P120541>=1; !Tournefortia acutifolia; P115483 + P115924>=1; !Trema  
micrantha; P112869 + P116075 + P116146 + P116871 + P117425 + P118674 +  
P118715 + P120541 + P120734 + P121056>=1; !Trichilia havanensis; P112869  
+ P120467 + P120734>=1; !Trichilia hirta; P115703 + P115979 + P116303 +  
P116871 + P116929 + P117197 + P121056>=1; !Trichilia martiana; P114663 +  
P115105 + P115979>=1; !Trichilia moschata; P118680 + P120467>=1;  
!Trichilia pallida; P118665 + P118867>=1; !Trichilia pleeana; P120541>=1;  
!Trichospermum mexicanum; P114285 + P115105 + P117078 + P118665 +  
P120734>=1; !Trophis mexicana; P114285 + P114663 + P115105 + P117078 +  
P118093 + P118665 + P119307 + P119377 + P120467 + P120734 + P121056 +  
P121430 + P121498 + P121568>=1; !Trophis racemosa; P117078 + P118665 +  
P121056 + P121303 + P121498 + P121568>=1; !Turpinia occidentalis; P112007  
+ P112309 + P114285 + P120467 + P120734 + P121056 + P121287>=1; !Turpinia  
tricornuta; P111889 + P112309 + P112869 + P118819 + P119307 + P119377 +  
P119520>=1; !Ulmus mexicana; P112309 + P112869 + P120467 + P120541 +  
P120734 + P121056>=1; !Urera baccifera; P114663 + P115979 + P116303>=1;  
!Urera caracasana; P114166 + P117197>=1; !Vaccinium breedlovei; P112043 +  
P112869 + P114166>=1; !Vasconcellea cauliflora; P120467 + P120734>=1;  
!Vatairea lundellii; P117078 + P118665>=1; !Verbesina apleura; P118093 +  
P119307 + P119377 + P119520>=1; !Verbesina perymenioides; P112309 +  
P114764 + P115811 + P115916 + P115924 + P116033 + P116281>=1;  
!Vernonanthura patens; P120467 + P120541 + P120978>=1; !Vernonia  
arborescens; P112309>=1; !Vernonia leiocarpa; P114671 + P114972 + P115942  
+ P117303 + P117355 + P117822 + P118175 + P118384 + P118582 + P119450 +  
P119476 + P120823 + P120930 + P120978>=1; !Viburnum acutifolium; P115924  
+ P116281 + P116531>=1; !Viburnum discolor; P115383 + P115483>=1;  
!Viburnum elatum; P114764 + P115304 + P115924 + P116281>=1; !Viburnum  
hartwegii; P114671 + P115483 + P117355 + P117822 + P119377 + P120541>=1;  
!Viburnum jucundum; P112309 + P112869 + P113021 + P114166 + P114671 +  
P114697 + P114764 + P115244 + P115304 + P115383 + P115483 + P115811 +  
P115916 + P115924 + P116033 + P116168 + P116281 + P116531 + P116655 +  
P118093 + P118674 + P119307 + P119377 + P119502 + P119520>=1; !Viburnum  
lautum; P114764 + P115383 + P115483>=1; !Vitex gaumeri; P117078>=1;  
!Vochysia guatemalensis; P117078>=1; !Weinmannia pinnata; P112309 +  
P112869 + P114764 + P115383>=1; !Willardia schiedeana; P117197>=1;  
!Wimmeria bartlettii; P115105 + P115979>=1; !Wimmeria pubescens; P115979  
+ P116871>=1; !Ximenia americana; P116146 + P116281 + P116996 + P117065 +  
P117355 + P117822 + P118285 + P118384 + P118491 + P118582 + P119450 +  
P120639>=1; !Xylopia frutescens; P117078>=1; !Xylosma flexuosa; P117822 +  
P118093 + P118285 + P118384 + P118582 + P118741 + P119476>=1; !Xylosma  
panamensis; P116338>=1; !Xylosma quichensis; P115811>=1; !Yucca gigantea;  
P115979>=1; !Zanthoxylum acuminatum; P120734 + P121056 + P121287>=1;  
!Zanthoxylum caribaeum; P116303 + P121056 + P121474>=1; !Zanthoxylum  
fagara; P115703 + P119476>=1; !Zanthoxylum foliolosum; P114764 + P115808  
+ P116168 + P116589 + P116681 + P116765 + P117065 + P119307 + P119450>=1;  
!Zanthoxylum kellermanii; P115105 + P120734>=1; !Zanthoxylum  
melanostictum; P114764 + P115383 + P115483 + P115916 + P121056>=1;  
!Zanthoxylum mollissimum; P111889>=1; !Zanthoxylum riedelianum;  
P117078>=1; !Zapoteca portoricensis; P111819 + P111953N + P111953S +  
P112785 + P113826 + P114200 + P114464 + P114671 + P115066 + P115464 +  
P115979 + P118561 + P118564 + P120900 + P121002 + P121056 + P121498 +

P121590 + P121645 + P121674 + P121710>=1; !Zapoteca tetragona; P113073 + P114671 + P119323 + P119449 + P121430 + P121661>=1; !Zinowiewia rubra; P112309 + P113021 + P114285>=1; !Zuelania guidonia; P115105 + P116303 + P117078>=1; !Zygia cognata; P109405 + P110157 + P114464 + P114904 + P115882>=1; !Zygia latifolia; P109405 + P114464>=1; !Zygia peckii; P111953N + P111953S + P113754 + P114200 + P114464 + P114505 + P114904 + P115252 + P115601>=1; !Zygia recordii; P111953N + P114505 + P121821>=1; END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 77.00000.

Polígonos incluidos en la solución óptima (77 polígonos): P108978, P109405, P111229, P111757, P111889, P111953N, P111953S, P112309, P112869, P113021, P114015, P114166, P114285, P114663, P114671, P114697, P114764, P114968, P115105, P115244, P115253, P115303, P115304, P115483, P115703, P115811, P115955, P115979, P116033, P116219, P116281, P116287, P116303, P116338, P116371, P116655, P116871, P116929, P117065, P117078, P117197, P117303, P117822, P118093, P118175, P118582, P118651, P118665, P118683, P118867, P119260, P119323, P119371, P119377, P119450, P119476, P119502, P119589, P119687, P119809, P120314, P120467, P120541, P120677, P120734, P120978, P121056, P121287, P121319, P121430, P121474, P121498, P121504, P121568, P121645, P121899, P122157.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna (polígonos): P110029, P115755, P115808, P115924, P116681, P116765, P116993, P118674, P118778, P118994, P119311, P120424, P121303.

Los demás polígonos tienen un costo de 1 cada uno para incluirlos.

### **2a) Minimizar el número de polígonos, incluyendo en lo posible polígonos con áreas protegidas existentes (84 especies arbóreas de Mimosoideae en 218 polígonos)**

#### PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

Los polígonos que coinciden con área natural protegida, tienen el coeficiente 0.1.

Las restricciones son las mismas que en el punto (1a).



MIN = P108978 + P109405\*0.1 + P110029\*0.1 + P110157 + P110478 +  
 P110641\*0.1 + P111229 + P111414\*0.1 + P111668 + P111757 + P111819\*0.1 +  
 P111953C + P111953N + P111953S + P111967\*0.1 + P112043 + P112273 +  
 P112309 + P112322 + P112785 + P112813 + P112868 + P112869 + P112927 +  
 P113073 + P113079\*0.1 + P113119 + P113154 + P113310 + P113316 + P113361 +  
 P113378\*0.1 + P113443 + P113529 + P113530 + P113543\*0.1 + P113569\*0.1 +  
 P113576\*0.1 + P113672 + P113679 + P113733\*0.1 + P113750 + P113754 +  
 P113826 + P113828\*0.1 + P113840\*0.1 + P113878 + P113882 + P113919 +  
 P113927 + P114015 + P114016 + P114200\*0.1 + P114244 + P114258 + P114270 +  
 P114289 + P114396 + P114464 + P114505 + P114613 + P114635 + P114646 +  
 P114671 + P114774 + P114904 + P114933\*0.1 + P114940 + P114968\*0.1 +  
 P115066\*0.1 + P115148 + P115163 + P115206 + P115252\*0.1 + P115253\*0.1 +  
 P115277 + P115297\*0.1 + P115303\*0.1 + P115378 + P115400 + P115422 +  
 P115464\*0.1 + P115498\*0.1 + P115526 + P115570 + P115601\*0.1 + P115602 +  
 P115644 + P115665 + P115668 + P115690 + P115703 + P115718 + P115755\*0.1 +  
 P115798\*0.1 + P115835 + P115845 + P115882\*0.1 + P115933 + P115934\*0.1 +  
 P115979 + P115992 + P116144 + P116183 + P116260 + P116287 + P116316 +  
 P116471 + P116553 + P116642 + P116749 + P116830 + P116983 + P116993 +  
 P117019 + P117078 + P117303 + P117449 + P117478 + P117490 + P117743 +  
 P117745 + P117822 + P117952 + P118093\*0.1 + P118102 + P118119 +  
 P118163\*0.1 + P118241\*0.1 + P118308\*0.1 + P118310\*0.1 + P118380\*0.1 +  
 P118384 + P118561 + P118564\*0.1 + P118624\*0.1 + P118648\*0.1 + P118651\*0.1  
 + P118665 + P118683\*0.1 + P118764\*0.1 + P118778\*0.1 + P118886\*0.1 +  
 P118994\*0.1 + P119096 + P119099 + P119131\*0.1 + P119161\*0.1 + P119260\*0.1  
 + P119294\*0.1 + P119323 + P119335\*0.1 + P119353\*0.1 + P119371\*0.1 +  
 P119377\*0.1 + P119449\*0.1 + P119476 + P119502\*0.1 + P119507\*0.1 + P119519  
 + P119520\*0.1 + P119544 + P119589 + P119687 + P119792\*0.1 + P119809\*0.1 +  
 P119811\*0.1 + P119849\*0.1 + P119863 + P119942 + P119974\*0.1 + P120025 +  
 P120129\*0.1 + P120272\*0.1 + P120314 + P120365\*0.1 + P120424 + P120497\*0.1  
 + P120608 + P120631 + P120665\*0.1 + P120676\*0.1 + P120677 + P120734\*0.1 +  
 P120775\*0.1 + P120900\*0.1 + P120956 + P120980 + P121002\*0.1 + P121056\*0.1  
 + P121123\*0.1 + P121237 + P121303\*0.1 + P121319 + P121324 + P121342 +  
 P121430\*0.1 + P121474\*0.1 + P121498\*0.1 + P121504 + P121590 + P121591 +  
 P121613\*0.1 + P121645\*0.1 + P121661 + P121669 + P121674 + P121697 +  
 P121710 + P121753 + P121754 + P121776 + P121784 + P121808 + P121821\*0.1 +  
 P121842\*0.1 + P121899\*0.1 + P122157;

!Abarema zolleriana; P113569 + P118093 + P119502>=1; !Acacia californica;  
 P119687>=1; ... !Zygia peckii; P111953N + P111953S + P113754 + P114200 +  
 P114464 + P114505 + P114904 + P115252 + P115601>=1; !Zygia recordii;  
 P111953N + P114505 + P121821>=1;  
 END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 15.50000.

Polígonos incluidos en la solución óptima (29 polígonos): P108978, P109405, P110029,  
 P111229, P111757, P111953N, P111953S, P112309, P113569, P114015, P114968,  
 P115066, P115253, P115303, P115464, P115703, P115755, P118384, P118778, P118994,  
 P119323, P119589, P119687, P119809, P120314, P121056, P121645, P121899, P122157.

Polígonos con un costo de 0.1 para incluirlos (63 polígonos): P110641, P111414, P111819, P111967, P113079, P113378, P113543, P113576, P113733, P113828, P113840, P114200, P114933, P115252, P115297, P115498, P115601, P115798, P115882, P115934, P118093, P118241, P118308, P118310, P118380, P118564, P118624, P118648, P118683, P118764, P118886, P119131, P119161, P119260, P119294, P119335, P119353, P119371, P119377, P119449, P119502, P119507, P119520, P119792, P119811, P119849, P119974, P120129, P120272, P120365, P120497, P120665, P120676, P120775, P120900, P121002, P121123, P121303, P121474, P121498, P121613, P121821, P121842.

Polígonos con un costo de 0.9 para incluirlos (12 polígonos): P112322, P113530, P115206, P115602, P116260, P116749, P116993, P120424, P120677, P121319, P121504, P121808.

Los demás polígonos tienen un costo de 1 cada uno para incluirlos.

Los polígonos con costo de 0.1 son polígonos con área natural protegida. Los polígonos con costo de 0.9 son polígonos cuya inclusion va en conjunto con la inclusion de un polígono con área natural protegida.

## **2b) Minimizar el número de polígonos, incluyendo en lo posible polígonos con áreas protegidas existentes (626 especies arbóreas del ECOSUR en 102 polígonos)**

### PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

Los polígonos que coinciden con área natural protegida, tienen el coeficiente 0.1.

Las restricciones son las mismas que en el punto (1b).

$$\begin{aligned} \text{MIN} = & P111889 + P112007 + P112043 + P112309 + P112869 + P112874 + P112932 \\ & + P112962 + P113021 + P114166 + P114285 + P114663*0.1 + P114671 + P114697 \\ & + P114764 + P114972 + P115105*0.1 + P115244 + P115304 + P115383 + P115483 \\ & + P115703 + P115808 + P115811 + P115916 + P115924 + P115942 + P115955 + \\ & P115979 + P116033 + P116075 + P116146 + P116168 + P116219 + P116281 + \\ & P116287 + P116303*0.1 + P116338 + P116371 + P116513 + P116531 + P116533 + \\ & P116544 + P116589 + P116655 + P116657 + P116681 + P116765 + P116871 + \\ & P116929 + P116996 + P117058 + P117065 + P117078 + P117197 + P117303 + \\ & P117355 + P117425 + P117822 + P118093*0.1 + P118175 + P118285 + P118384 + \\ & P118491 + P118582 + P118665 + P118674 + P118680 + P118683*0.1 + \\ & P118715*0.1 + P118741 + P118819*0.1 + P118867 + P119260*0.1 + P119307*0.1 \\ & + P119311*0.1 + P119323 + P119371*0.1 + P119377*0.1 + P119450 + \\ & P119454*0.1 + P119476 + P119502*0.1 + P119520*0.1 + P120467*0.1 + \end{aligned}$$

P120541\*0.1 + P120639 + P120734\*0.1 + P120823 + P120930 + P120948 +  
P120978 + P120980 + P121010 + P121056\*0.1 + P121287\*0.1 + P121303\*0.1 +  
P121430\*0.1 + P121474\*0.1 + P121498\*0.1 + P121568\*0.1 + P121613\*0.1;

!Abies guatemalensis; P112869>=1; !Abuta panamensis; P116303>=1; ...  
!Zinowiewia rubra; P112309 + P113021 + P114285>=1; !Zuelania guidonia;  
P115105 + P116303 + P117078>=1;  
END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 41.80000.

Polígonos incluidos en la solución óptima (58 polígonos): P111889, P112309, P112869,  
P113021, P114166, P114285, P114663, P114671, P114697, P114764, P115105, P115244,  
P115304, P115483, P115703, P115811, P115955, P115979, P116033, P116146, P116219,  
P116281, P116287, P116303, P116338, P116371, P116655, P116871, P116929, P117065,  
P117078, P117197, P117303, P117822, P118093, P118175, P118582, P118665, P118683,  
P118867, P119260, P119323, P119371, P119377, P119450, P119476, P119502, P120467,  
P120541, P120734, P120930, P120978, P121056, P121287, P121430, P121474, P121498,  
P121568.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna (7 polígonos): P115383,  
P115808, P116681, P116765, P117425, P119311, P121303.

Polígonos con un costo de 0.1 para incluirlos (6 polígonos): P118715, P118819, P119307,  
P119454, P119520, P121613.

Polígonos con un costo de 0.9 para incluirlos (1 polígono): P118674.

Los demás polígonos tienen un costo de 1 cada uno para incluirlos.

Los polígonos con costo de 0.1 son polígonos con área natural protegida. Los polígonos  
con costo de 0.9 son polígonos cuya inclusión va en conjunto con la inclusión de un  
polígono con área natural protegida.

**2c) Minimizar el número de polígonos, incluyendo en lo posible polígonos  
con áreas protegidas existentes (688 especies arbóreas de las dos bases en  
291 polígonos)**

## PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

Los polígonos que coinciden con área natural protegida, tienen el coeficiente 0.1.

Las restricciones son las mismas que en el punto (1c).

MIN = P108978 + P109405\*0.1 + P110029\*0.1 + P110157 + P110478 +  
P110641\*0.1 + P111229 + P111414\*0.1 + P111668 + P111757 + P111819\*0.1 +  
P111889 + P111953C + P111953N + P111953S + P111967\*0.1 + P112007 +  
P112043 + P112273 + P112309 + P112322 + P112785 + P112813 + P112868 +  
P112869 + P112874 + P112927 + P112932 + P112962 + P113021 + P113073 +  
P113079\*0.1 + P113119 + P113154 + P113310 + P113316 + P113361 +  
P113378\*0.1 + P113443 + P113529 + P113530 + P113543\*0.1 + P113569\*0.1 +  
P113576\*0.1 + P113672 + P113679 + P113733\*0.1 + P113750 + P113754 +  
P113826 + P113828\*0.1 + P113840\*0.1 + P113878 + P113882 + P113919 +  
P113927 + P114015 + P114016 + P114166 + P114200\*0.1 + P114244 + P114258 +  
P114270 + P114285 + P114289 + P114396 + P114464 + P114505 + P114613 +  
P114635 + P114646 + P114663\*0.1 + P114671 + P114697 + P114764 + P114774 +  
P114904 + P114933\*0.1 + P114940 + P114968\*0.1 + P114972 + P115066\*0.1 +  
P115105\*0.1 + P115148 + P115163 + P115206 + P115244 + P115252\*0.1 +  
P115253\*0.1 + P115277 + P115297\*0.1 + P115303\*0.1 + P115304 + P115378 +  
P115383 + P115400 + P115422 + P115464\*0.1 + P115483 + P115498\*0.1 +  
P115526 + P115570 + P115601\*0.1 + P115602 + P115644 + P115665 + P115668 +  
P115690 + P115703 + P115718 + P115755\*0.1 + P115798\*0.1 + P115808 +  
P115811 + P115835 + P115845 + P115882\*0.1 + P115916 + P115924 + P115933 +  
P115934\*0.1 + P115942 + P115955 + P115979 + P115992 + P116033 + P116075 +  
P116144 + P116146 + P116168 + P116183 + P116219 + P116260 + P116281 +  
P116287 + P116303\*0.1 + P116316 + P116338 + P116371 + P116471 + P116513 +  
P116531 + P116533 + P116544 + P116553 + P116589 + P116642 + P116655 +  
P116657 + P116681 + P116749 + P116765 + P116830 + P116871 + P116929 +  
P116983 + P116993 + P116996 + P117019 + P117058 + P117065 + P117078 +  
P117197 + P117303 + P117355 + P117425 + P117449 + P117478 + P117490 +  
P117743 + P117745 + P117822 + P117952 + P118093\*0.1 + P118102 + P118119 +  
P118163\*0.1 + P118175 + P118241\*0.1 + P118285 + P118308\*0.1 + P118310\*0.1  
+ P118380\*0.1 + P118384 + P118491 + P118561 + P118564\*0.1 + P118582 +  
P118624\*0.1 + P118648\*0.1 + P118651\*0.1 + P118665 + P118674 + P118680 +  
P118683\*0.1 + P118715\*0.1 + P118741 + P118764\*0.1 + P118778\*0.1 +  
P118819\*0.1 + P118867 + P118886\*0.1 + P118994\*0.1 + P119096 + P119099 +  
P119131\*0.1 + P119161\*0.1 + P119260\*0.1 + P119294\*0.1 + P119307\*0.1 +  
P119311\*0.1 + P119323 + P119335\*0.1 + P119353\*0.1 + P119371\*0.1 +  
P119377\*0.1 + P119449\*0.1 + P119450 + P119454\*0.1 + P119476 + P119502\*0.1  
+ P119507\*0.1 + P119519 + P119520\*0.1 + P119544 + P119589 + P119687 +  
P119792\*0.1 + P119809\*0.1 + P119811\*0.1 + P119849\*0.1 + P119863 + P119942  
+ P119974\*0.1 + P120025 + P120129\*0.1 + P120272\*0.1 + P120314 +  
P120365\*0.1 + P120424 + P120467\*0.1 + P120497\*0.1 + P120541\*0.1 + P120608  
+ P120631 + P120639 + P120665\*0.1 + P120676\*0.1 + P120677 + P120734\*0.1 +  
P120775\*0.1 + P120823 + P120900\*0.1 + P120930 + P120948 + P120956 +  
P120978 + P120980 + P121002\*0.1 + P121010 + P121056\*0.1 + P121123\*0.1 +  
P121237 + P121287\*0.1 + P121303\*0.1 + P121319 + P121324 + P121342 +  
P121430\*0.1 + P121474\*0.1 + P121498\*0.1 + P121504 + P121568\*0.1 + P121590  
+ P121591 + P121613\*0.1 + P121645\*0.1 + P121661 + P121669 + P121674 +  
P121697 + P121710 + P121753 + P121754 + P121776 + P121784 + P121808 +  
P121821\*0.1 + P121842\*0.1 + P121899\*0.1 + P122157;

!Abarema zollneriana; P113569 + P118093 + P119502>=1; !Abies  
guatemalensis; P112869>=1; ... !Zygia peckii; P111953N + P111953S + P113754

+ P114200 + P114464 + P114505 + P114904 + P115252 + P115601>=1; !Zygia  
recordii; P111953N + P114505 + P121821>=1;  
END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 50.90000.

Polígonos incluidos en la solución óptima (77 polígonos): P108978, P109405, P110029, P111229, P111757, P111889, P111953N, P111953S, P112309, P112869, P113021, P114015, P114166, P114285, P114663, P114671, P114697, P114764, P114968, P115105, P115244, P115253, P115303, P115304, P115483, P115703, P115755, P115811, P115955, P115979, P116033, P116219, P116281, P116287, P116303, P116338, P116371, P116655, P116871, P116929, P117065, P117078, P117197, P117303, P117822, P118093, P118175, P118582, P118651, P118665, P118683, P118867, P118994, P119260, P119323, P119371, P119377, P119450, P119476, P119502, P119589, P119687, P119809, P120314, P120467, P120541, P120734, P120978, P121056, P121287, P121430, P121474, P121498, P121568, P121645, P121899, P122157.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna (7 polígonos): P115808, P115924, P116681, P116765, P118778, P119311, P121303.

Polígonos con un costo de 0.1 para incluirlos (62 polígonos): P110641, P111414, P111819, P111967, P113079, P113378, P113543, P113569, P113576, P113733, P113828, P113840, P114200, P114933, P115066, P115252, P115297, P115464, P115498, P115601, P115798, P115882, P115934, P118163, P118241, P118308, P118310, P118380, P118564, P118624, P118648, P118715, P118764, P118819, P118886, P119131, P119161, P119294, P119307, P119335, P119353, P119449, P119454, P119507, P119520, P119792, P119811, P119849, P119974, P120129, P120272, P120365, P120497, P120665, P120676, P120775, P120900, P121002, P121123, P121613, P121821, P121842.

Polígonos con un costo de 0.9 para incluirlos (6 polígonos): P116993, P118674, P120424, P120677, P121319, P121504.

Los demás polígonos tienen un costo de 1 cada uno para incluirlos.

Los polígonos con costo de 0.1 son polígonos con área natural protegida. Los polígonos con costo de 0.9 son polígonos cuya inclusion va en conjunto con la inclusion de un polígono con área natural protegida.

### 3a) Minimizar la superficie total de los polígonos en la solución (84 especies arbóreas de Mimosoideae en 218 polígonos)

#### PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

El coeficiente en la función objetivo consiste en el número de hectáreas del polígono. Las restricciones son las mismas que en el punto (1a).

MIN = P108978\*108.5 + P109405\*32433.7 + P110029\*34062.7 + P110157\*3624.1 + P110478\*49884.8 + P110641\*31560.3 + P111229\*957.8 + P111414\*790.8 + P111668\*904.5 + P111757\*529.1 + P111819\*43526.3 + P111953C\*134325.3 + P111953N\*133721.3 + P111953S\*133699.6 + P111967\*4063.0 + P112043\*11791.2 + P112273\*3286.6 + P112309\*957.4 + P112322\*3596.0 + P112785\*1970.7 + P112813\*10298.6 + P112868\*825.5 + P112869\*4090.2 + P112927\*5781.8 + P113073\*334.0 + P113079\*42750.0 + P113119\*4402.9 + P113154\*9436.3 + P113310\*2201.5 + P113316\*18956.8 + P113361\*597.0 + P113378\*474.5 + P113443\*4515.4 + P113529\*2346.2 + P113530\*3499.3 + P113543\*1021.3 + P113569\*440.2 + P113576\*307.4 + P113672\*271.1 + P113679\*1485.6 + P113733\*25303.3 + P113750\*1868.7 + P113754\*3377.1 + P113826\*2729.8 + P113828\*15708.5 + P113840\*2711.9 + P113878\*5454.6 + P113882\*15546.8 + P113919\*350.6 + P113927\*140.5 + P114015\*5498.9 + P114016\*811.5 + P114200\*8992.5 + P114244\*1463.1 + P114258\*10198.6 + P114270\*13530.5 + P114289\*319.2 + P114396\*605.2 + P114464\*1346.7 + P114505\*870.4 + P114613\*4417.2 + P114635\*409.4 + P114646\*598.1 + P114671\*30999.4 + P114774\*2061.1 + P114904\*822.9 + P114933\*3117.6 + P114940\*2484.1 + P114968\*1100.3 + P115066\*38740.3 + P115148\*4275.1 + P115163\*1248.7 + P115206\*1192.0 + P115252\*346.4 + P115253\*345.0 + P115277\*1286.1 + P115297\*982.4 + P115303\*8269.4 + P115378\*1482.5 + P115400\*7182.3 + P115422\*565.2 + P115464\*2870.8 + P115498\*494.3 + P115526\*7315.3 + P115570\*1484.4 + P115601\*344.8 + P115602\*1645.1 + P115644\*188.2 + P115665\*959.5 + P115668\*1008.5 + P115690\*4936.7 + P115703\*378.1 + P115718\*327.9 + P115755\*411.8 + P115798\*127.9 + P115835\*1580.8 + P115845\*3593.3 + P115882\*41009.2 + P115933\*795.9 + P115934\*1140.8 + P115979\*1485.4 + P115992\*1024.0 + P116144\*2872.2 + P116183\*2014.3 + P116260\*1923.9 + P116287\*2740.5 + P116316\*2699.8 + P116471\*106.5 + P116553\*5278.6 + P116642\*457.4 + P116749\*1914.3 + P116830\*13599.6 + P116983\*5092.1 + P116993\*943.1 + P117019\*1435.5 + P117078\*57192.6 + P117303\*6188.4 + P117449\*940.0 + P117478\*15996.8 + P117490\*347.4 + P117743\*2178.0 + P117745\*510.3 + P117822\*2377.9 + P117952\*5169.7 + P118093\*17860.0 + P118102\*668.8 + P118119\*328.8 + P118163\*3109.4 + P118241\*2762.4 + P118308\*2742.4 + P118310\*690.2 + P118380\*2779.0 + P118384\*7670.4 + P118561\*16118.3 + P118564\*24431.9 + P118624\*798.7 + P118648\*1909.6 + P118651\*3223.7 + P118665\*4315.6 + P118683\*4563.5 + P118764\*2406.3 + P118778\*5052.0 + P118886\*2098.1 + P118994\*415.6 +

P119096\*1148.2 + P119099\*2301.5 + P119131\*1105.5 + P119161\*492.8 +  
P119260\*960.1 + P119294\*752.2 + P119323\*1569.5 + P119335\*2647.1 +  
P119353\*502.2 + P119371\*1361.9 + P119377\*1311.4 + P119449\*27483.3 +  
P119476\*13815.0 + P119502\*772.2 + P119507\*1113.4 + P119519\*270.0 +  
P119520\*380.8 + P119544\*1084.7 + P119589\*1091.5 + P119687\*5495.1 +  
P119792\*214.9 + P119809\*1204.0 + P119811\*4936.4 + P119849\*381.2 +  
P119863\*2336.9 + P119942\*1373.7 + P119974\*1186.5 + P120025\*1413.5 +  
P120129\*1475.5 + P120272\*3495.5 + P120314\*2324.5 + P120365\*13753.1 +  
P120424\*2707.7 + P120497\*1196.1 + P120608\*1514.4 + P120631\*468.3 +  
P120665\*769.1 + P120676\*1057.7 + P120677\*3443.0 + P120734\*6747.8 +  
P120775\*3085.0 + P120900\*2203.0 + P120956\*601.8 + P120980\*1099.8 +  
P121002\*4187.7 + P121056\*30496.4 + P121123\*1890.6 + P121237\*696.9 +  
P121303\*12414.0 + P121319\*397.4 + P121324\*301.9 + P121342\*2136.3 +  
P121430\*21069.2 + P121474\*2373.2 + P121498\*12812.6 + P121504\*1717.9 +  
P121590\*3283.6 + P121591\*1184.5 + P121613\*11140.6 + P121645\*27102.7 +  
P121661\*4402.6 + P121669\*1420.6 + P121674\*860.6 + P121697\*1491.0 +  
P121710\*2146.9 + P121753\*1119.5 + P121754\*495.6 + P121776\*605.3 +  
P121784\*1041.8 + P121808\*3893.4 + P121821\*18074.0 + P121842\*5248.4 +  
P121899\*4204.1 + P122157\*552.2;

!Abarema zolleriana; P113569 + P118093 + P119502>=1; !Acacia californica;  
P119687>=1; ... !Zygia peckii; P111953N + P111953S + P113754 + P114200 +  
P114464 + P114505 + P114904 + P115252 + P115601>=1; !Zygia recordii;  
P111953N + P114505 + P121821>=1;  
END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 379,617.8.

Polígonos incluidos en la solución óptima (30 polígonos): P108978, P109405, P111229,  
P111757, P111953N, P111953S, P112309, P113569, P114015, P114968, P115206,  
P115253, P115303, P115464, P115703, P116749, P117019, P118308, P118651, P118994,  
P119323, P119589, P119687, P119809, P120314, P120677, P121319, P121645, P121899,  
P122157.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna (1 polígono): P119520.

Costo de cada polígono adicional para incluirlo (187 polígonos): P116260 (9.6), P115755  
(14.4), P116471 (106.5), P115498 (113.5), P115798 (127.9), P113927 (140.5), P115644  
(188.2), P119792 (214.9), P119519 (270.0), P113672 (271.1), P121324 (301.9), P113576  
(307.4), P114289 (319.2), P115718 (327.9), P118119 (328.8), P113073 (334.0), P115601  
(344.8), P115252 (346.4), P117490 (347.4), P113919 (350.6), P119849 (381.2), P114635  
(409.5), P115933 (415.2), P115602 (453.1), P116642 (457.4), P120631 (468.3), P113378  
(474.5), P119161 (492.8), P121754 (495.6), P119353 (502.2), P117745 (510.3), P116993

(545.7), P115422 (565.2), P115665 (578.7), P113361 (597.0), P114646 (598.1), P115297 (601.7), P120956 (601.8), P114396 (605.2), P121776 (605.3), P115992 (643.2), P118102 (668.8), P118310 (690.2), P121237 (696.9), P119294 (752.2), P120665 (769.1), P119502 (772.2), P111414 (790.8), P118624 (798.7), P114016 (811.5), P114904 (822.9), P112868 (825.5), P121674 (860.6), P114505 (870.4), P111668 (904.5), P117449 (940.0), P119260 (960.1), P115668 (1,008.5), P113543 (1,021.3), P121784 (1,041.8), P120676 (1,057.7), P119544 (1,084.7), P120980 (1,099.8), P115979 (1,104.7), P113679 (1,104.8), P119131 (1,105.5), P119507 (1,113.4), P121753 (1,119.5), P115934 (1,140.8), P119096 (1,148.2), P121591 (1,184.5), P119974 (1,186.5), P118163 (1,195.2), P120497 (1,196.1), P115163 (1,248.7), P115277 (1,286.1), P121504 (1,302.3), P119377 (1,311.4), P114464 (1,346.7), P119371 (1,361.9), P119942 (1,373.7), P120025 (1,413.5), P121669 (1,420.6), P114244 (1,463.1), P120129 (1,475.5), P115378 (1,482.5), P115570 (1,484.4), P121697 (1,491.0), P120608 (1,514.4), P115835 (1,580.8), P116183 (1,633.6), P113750 (1,868.7), P121123 (1,890.6), P118648 (1,909.6), P112785 (1,970.8), P114774 (2,061.1), P118886 (2,098.1), P121342 (2,136.3), P121710 (2,146.9), P117743 (2,178.0), P113310 (2,201.5), P120900 (2,203.0), P118778 (2,209.1), P120424 (2,292.1), P119099 (2,301.5), P119863 (2,336.9), P113529 (2,346.2), P113826 (2,349.0), P121474 (2,373.2), P117822 (2,377.9), P118764 (2,406.3), P114940 (2,484.1), P119335 (2,647.1), P116316 (2,699.8), P121808 (2,701.4), P113840 (2,711.9), P113878 (2,712.2), P114933 (2,736.8), P116287 (2,740.5), P118241 (2,762.4), P118380 (2,779.0), P116144 (2,872.2), P113530 (3,059.1), P113443 (3,080.0), P120775 (3,085.0), P112869 (3,132.7), P112322 (3,155.8), P121590 (3,283.6), P112273 (3,286.6), P113754 (3,377.1), P120272 (3,495.5), P115845 (3,593.3), P110157 (3,624.1), P117952 (3,734.2), P111967 (4,063.0), P121002 (4,187.7), P115148 (4,275.1), P118665 (4,315.6), P121661 (4,402.6), P113119 (4,402.9), P114613 (4,417.2), P118683 (4,563.5), P117303 (4,752.9), P119811 (4,936.4), P115690 (4,936.8), P116983 (5,092.1), P121842 (5,248.4), P116553 (5,278.6), P120734 (5,555.7), P112927 (5,781.8), P118384 (5,854.2), P115400 (7,182.3), P115526 (7,315.3), P112813 (7,556.2), P114200 (8,992.5), P112043 (9,048.8), P113154 (9,436.3), P114258 (9,817.8), P120365 (11,010.7), P121613 (11,140.6), P121303 (12,414.0), P121498 (12,812.6), P119476 (13,434.2), P114270 (13,530.5), P116830 (13,599.6), P118093 (15,117.6), P113882 (15,546.8), P113828 (15,708.5), P117478 (15,996.8), P118561 (16,118.3), P121821 (18,074.0), P113316 (18,956.8), P121430



(19,877.2), P118564 24,431.9), P119449 (24,740.9), P113733 (25,303.3), P121056 (26,562.0), P114671 (30,618.6), P110029 (30,619.7), P110641 (31,560.3), P115066 (36,826.1), P113079 (40,007.6), P111819 40,783.9), P115882 (41,009.2), P110478 (49,884.8), P117078 (57,192.6), P111953C 134,325.0).

### **3b) Minimizar la superficie total de los polígonos de solución (626 especies arbóreas del BioTreenet en 102 polígonos)**

#### PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

El coeficiente en la función objetivo consiste en el número de hectáreas del polígono. Las restricciones son las mismas que en el punto (1b).

```
MIN = P111889*1649.4 + P112007*11232.3 + P112043*11791.2 + P112309*957.4
+ P112869*4090.2 + P112874*311.9 + P112932*418.3 + P112962*351.8 +
P113021*484.1 + P114166*5362.0 + P114285*2254.2 + P114663*14754.6 +
P114671*30999.4 + P114697*1422.6 + P114764*8458.3 + P114972*1456.7 +
P115105*1400.7 + P115244*915.6 + P115304*1110.3 + P115383*674.8 +
P115483*971.2 + P115703*378.1 + P115808*17765.3 + P115811*1863.1 +
P115916*690.5 + P115924*254.9 + P115942*1532.6 + P115955*7217.2 +
P115979*1485.4 + P116033*1237.6 + P116075*2519.8 + P116146*897.0 +
P116168*3227.8 + P116219*322.8 + P116281*3904.9 + P116287*2740.5 +
P116303*2729.9 + P116338*1936.4 + P116371*1901.3 + P116513*1055.9 +
P116531*6220.1 + P116533*16799.7 + P116544*141.6 + P116589*1973.9 +
P116655*1574.1 + P116657*3157.4 + P116681*4382.5 + P116765*3024.0 +
P116871*372.7 + P116929*2729.7 + P116996*232.7 + P117058*3713.1 +
P117065*3651.2 + P117078*57192.6 + P117197*1120.4 + P117303*6188.4 +
P117355*3411.4 + P117425*1015.5 + P117822*2377.9 + P118093*17860.0 +
P118175*530.3 + P118285*1900.4 + P118384*7670.4 + P118491*809.6 +
P118582*615.2 + P118665*4315.6 + P118674*4104.3 + P118680*4735.4 +
P118683*4563.5 + P118715*1433.6 + P118741*2013.8 + P118819*5231.6 +
P118867*1812.3 + P119260*960.1 + P119307*385.7 + P119311*461.7 +
P119323*1569.5 + P119371*1361.9 + P119377*1311.4 + P119450*714.3 +
P119454*348.3 + P119476*13815.0 + P119502*772.2 + P119520*380.8 +
P120467*3127.9 + P120541*10002.8 + P120639*813.0 + P120734*6747.8 +
P120823*345.4 + P120930*1352.3 + P120948*1590.8 + P120978*2211.4 +
P120980*1099.8 + P121010*495.7 + P121056*30496.4 + P121287*7648.9 +
P121303*12414.0 + P121430*21069.2 + P121474*2373.2 + P121498*12812.6 +
P121568*1129.1 + P121613*11140.6;
```

```
!Abies guatemalensis; P112869>=1; !Abuta panamensis; P116303>=1; ...
!Zinowiewia rubra; P112309 + P113021 + P114285>=1; !Zuelania guidonia;
P115105 + P116303 + P117078>=1;
END
```

#### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 323,701.2.

Polígonos incluidos en la solución óptima (59 polígonos): P111889, P112309, P112869, P113021, P114166, P114285, P114663, P114671, P114697, P114764, P115105, P115244, P115304, P115383, P115703, P115811, P115924, P115955, P115979, P116033, P116146, P116219, P116281, P116287, P116303, P116338, P116371, P116655, P116765, P116871, P116929, P117078, P117197, P117303, P117425, P117822, P118093, P118175, P118582, P118665, P118683, P118867, P119260, P119311, P119377, P119450, P119476, P119502, P120467, P120541, P120734, P120930, P120978, P121056, P121287, P121430, P121474, P121498, P121568.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna: Ninguno.

Costo de cada polígono adicional para incluirlo (43 polígonos): P115483 (41.5), P116544 (141.6), P116996 (232.7), P112874 (311.9), P120823 (345.4), P119454 (348.3), P112962 (351.8), P119520 (380.8), P119307 (385.7), P112932 (418.3), P121010 (495.7), P119323 (554.0), P117065 (627.2), P115916 (690.5), P118491 (809.6), P120639 (813.0), P119371 (900.2), P116513 (1,055.9), P120980 (1,099.8), P116681 (1,358.5), P118715 (1,433.6), P114972 (1,456.7), P115942 (1,532.6), P120948 (1,590.8), P118285 (1,900.4), P116589 (1,973.9), P118741 (2,013.8), P116075 (2,519.8), P116657 (3,157.4), P116168 (3,227.8), P118674 (3,332.1), P117355 (3,411.4), P117058 (3,713.1), P118680 (4,735.4), P118819 (5,231.6), P116531 (6,220.1), P118384 (7,670.4), P121613 (11,140.6), P112007 (11,232.3), P121303 (11,284.9), P112043 (11,791.2), P115808 (14,741.3), P116533 (16,799.7).

### **3c) Minimizar la superficie total de los polígonos en la solución (688 especies arbóreas de las dos bases en 291 polígonos)**

#### PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

El coeficiente en la función objetivo consiste en el número de hectáreas del polígono. Las restricciones son las mismas que en el punto (1c).

$$\begin{aligned} \text{MIN} = & P108978*108.5 + P109405*32433.7 + P110029*34062.7 + P110157*3624.1 \\ & + P110478*49884.8 + P110641*31560.3 + P111229*957.8 + P111414*790.8 + \\ & P111668*904.5 + P111757*529.1 + P111819*43526.3 + P111889*1649.4 + \\ & P111953C*133721.3 + P111953N*134325.3 + P111953S*133699.6 + \end{aligned}$$

P111967\*4063.0 + P112007\*11232.3 + P112043\*11791.2 + P112273\*3286.6 +  
P112309\*957.4 + P112322\*3596.0 + P112785\*1970.7 + P112813\*10298.6 +  
P112868\*825.5 + P112869\*4090.2 + P112874\*311.9 + P112927\*5781.8 +  
P112932\*418.3 + P112962\*351.8 + P113021\*484.1 + P113073\*334.0 +  
P113079\*42750.0 + P113119\*4402.9 + P113154\*9436.3 + P113310\*2201.5 +  
P113316\*18956.8 + P113361\*597.0 + P113378\*474.5 + P113443\*4515.4 +  
P113529\*2346.2 + P113530\*3499.3 + P113543\*1021.3 + P113569\*440.2 +  
P113576\*307.4 + P113672\*271.1 + P113679\*1485.6 + P113733\*25303.3 +  
P113750\*1868.7 + P113754\*3377.1 + P113826\*2729.8 + P113828\*15708.5 +  
P113840\*2711.9 + P113878\*5454.6 + P113882\*15546.8 + P113919\*350.6 +  
P113927\*140.5 + P114015\*5498.9 + P114016\*811.5 + P114166\*5362.0 +  
P114200\*8992.5 + P114244\*1463.1 + P114258\*10198.6 + P114270\*13530.5 +  
P114285\*2254.2 + P114289\*319.2 + P114396\*605.2 + P114464\*1346.7 +  
P114505\*870.4 + P114613\*4417.2 + P114635\*409.4 + P114646\*598.1 +  
P114663\*14754.6 + P114671\*30999.4 + P114697\*1422.6 + P114764\*8458.3 +  
P114774\*2061.1 + P114904\*822.9 + P114933\*3117.6 + P114940\*2484.1 +  
P114968\*1100.3 + P114972\*1456.7 + P115066\*38740.3 + P115105\*1400.7 +  
P115148\*4275.1 + P115163\*1248.7 + P115206\*1192.0 + P115244\*915.6 +  
P115252\*346.4 + P115253\*345.0 + P115277\*1286.1 + P115297\*982.4 +  
P115303\*8269.4 + P115304\*1110.3 + P115378\*1482.5 + P115383\*674.8 +  
P115400\*7182.3 + P115422\*565.2 + P115464\*2870.8 + P115483\*971.2 +  
P115498\*494.3 + P115526\*7315.3 + P115570\*1484.4 + P115601\*344.8 +  
P115602\*1645.1 + P115644\*188.2 + P115665\*959.5 + P115668\*1008.5 +  
P115690\*4936.7 + P115703\*378.1 + P115718\*327.9 + P115755\*411.8 +  
P115798\*127.9 + P115808\*17765.3 + P115811\*1863.1 + P115835\*1580.8 +  
P115845\*3593.3 + P115882\*41009.2 + P115916\*690.5 + P115924\*254.9 +  
P115933\*795.9 + P115934\*1140.8 + P115942\*1532.6 + P115955\*7217.2 +  
P115979\*1485.4 + P115992\*1024.0 + P116033\*1237.6 + P116075\*2519.8 +  
P116144\*2872.2 + P116146\*897.0 + P116168\*3227.8 + P116183\*2014.3 +  
P116219\*322.8 + P116260\*1923.9 + P116281\*3904.9 + P116287\*2740.5 +  
P116303\*2729.9 + P116316\*2699.8 + P116338\*1936.4 + P116371\*1901.3 +  
P116471\*106.5 + P116513\*1055.9 + P116531\*6220.1 + P116533\*16799.7 +  
P116544\*141.6 + P116553\*5278.6 + P116589\*1973.9 + P116642\*457.4 +  
P116655\*1574.1 + P116657\*3157.4 + P116681\*4382.5 + P116749\*1914.3 +  
P116765\*3024.0 + P116830\*13599.6 + P116871\*372.7 + P116929\*2729.7 +  
P116983\*5092.1 + P116993\*943.1 + P116996\*232.7 + P117019\*1435.5 +  
P117058\*3713.1 + P117065\*3651.2 + P117078\*57192.6 + P117197\*1120.4 +  
P117303\*6188.4 + P117355\*3411.4 + P117425\*1015.5 + P117449\*940.0 +  
P117478\*15996.8 + P117490\*347.4 + P117743\*2178.0 + P117745\*510.3 +  
P117822\*2377.9 + P117952\*5169.7 + P118093\*17860.0 + P118102\*668.8 +  
P118119\*328.8 + P118163\*3109.4 + P118175\*530.3 + P118241\*2762.4 +  
P118285\*1900.4 + P118308\*2742.4 + P118310\*690.2 + P118380\*2779.0 +  
P118384\*7670.4 + P118491\*809.6 + P118561\*16118.3 + P118564\*24431.9 +  
P118582\*615.2 + P118624\*798.7 + P118648\*1909.6 + P118651\*3223.7 +  
P118665\*4315.6 + P118674\*4104.3 + P118680\*4735.4 + P118683\*4563.5 +  
P118715\*1433.6 + P118741\*2013.8 + P118764\*2406.3 + P118778\*5052.0 +  
P118819\*5231.6 + P118867\*1812.3 + P118886\*2098.1 + P118994\*415.6 +  
P119096\*1148.2 + P119099\*2301.5 + P119131\*1105.5 + P119161\*492.8 +  
P119260\*960.1 + P119294\*752.2 + P119307\*385.7 + P119311\*461.7 +  
P119323\*1569.5 + P119335\*2647.1 + P119353\*502.2 + P119371\*1361.9 +  
P119377\*1311.4 + P119449\*27483.3 + P119450\*714.3 + P119454\*348.3 +  
P119476\*13815.0 + P119502\*772.2 + P119507\*1113.4 + P119519\*270.0 +  
P119520\*380.8 + P119544\*1084.7 + P119589\*1091.5 + P119687\*5495.1 +  
P119792\*214.9 + P119809\*1204.0 + P119811\*4936.4 + P119849\*381.2 +  
P119863\*2336.9 + P119942\*1373.7 + P119974\*1186.5 + P120025\*1413.5 +  
P120129\*1475.5 + P120272\*3495.5 + P120314\*2324.5 + P120365\*13753.1 +  
P120424\*2707.7 + P120467\*3127.9 + P120497\*1196.1 + P120541\*10002.8 +

P120608\*1514.4 + P120631\*468.3 + P120639\*813.0 + P120665\*769.1 +  
P120676\*1057.7 + P120677\*3443.0 + P120734\*6747.8 + P120775\*3085.0 +  
P120823\*345.4 + P120900\*2203.0 + P120930\*1352.3 + P120948\*1590.8 +  
P120956\*601.8 + P120978\*2211.4 + P120980\*1099.8 + P121002\*4187.7 +  
P121010\*495.7 + P121056\*30496.4 + P121123\*1890.6 + P121237\*696.9 +  
P121287\*7648.9 + P121303\*12414.0 + P121319\*397.4 + P121324\*301.9 +  
P121342\*2136.3 + P121430\*21069.2 + P121474\*2373.2 + P121498\*12812.6 +  
P121504\*1717.9 + P121568\*1129.1 + P121590\*3283.6 + P121591\*1184.5 +  
P121613\*11140.6 + P121645\*27102.7 + P121661\*4402.6 + P121669\*1420.6 +  
P121674\*860.6 + P121697\*1491.0 + P121710\*2146.9 + P121753\*1119.5 +  
P121754\*495.6 + P121776\*605.3 + P121784\*1041.8 + P121808\*3893.4 +  
P121821\*18074.0 + P121842\*5248.4 + P121899\*4204.1 + P122157\*552.2;

!Abarema zolleriana; P113569 + P118093 + P119502>=1; !Abies  
guatemalensis; P112869>=1; ... Zygia peckii; P111953N + P111953S + P113754  
+ P114200 + P114464 + P114505 + P114904 + P115252 + P115601>=1; !Zygia  
recordii; P111953N + P114505 + P121821>=1;  
END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 688,727.3.

Polígonos incluidos en la solución óptima (78 polígonos): P108978, P109405, P111229,  
P111757, P111889, P111953N, P111953S, P112309, P112869, P113021, P114015,  
P114166, P114285, P114663, P114671, P114697, P114764, P114968, P115105, P115244,  
P115253, P115303, P115304, P115383, P115703, P115811, P115924, P115955, P115979,  
P116033, P116219, P116281, P116287, P116303, P116338, P116371, P116655, P116765,  
P116871, P116929, P117078, P117197, P117303, P117822, P118093, P118175, P118582,  
P118651, P118665, P118683, P118867, P118994, P119260, P119311, P119323, P119377,  
P119450, P119476, P119502, P119589, P119687, P119809, P120314, P120467, P120541,  
P120677, P120734, P120978, P121056, P121287, P121319, P121430, P121474, P121498,  
P121568, P121645, P121899, P122157.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna: Ninguna.

Costo de cada polígono adicional para incluirlo (213 polígonos): P115755 (14.4), P115483  
(41.5), P116471 (106.5), P115798 (127.9), P113927 (140.5), P116544 (141.6), P115644  
(188.2), P119792 (214.9), P116996 (232.7), P119519 (270), P113672 (271.1), P121324  
(301.9), P113576 (307.4), P112874 (311.9), P114289 (319.2), P115718 (327.9), P118119  
(328.8), P113073 (334), P115601 (344.8), P120823 (345.4), P115252 (346.4), P117490  
(347.4), P119454 (348.3), P113919 (350.6), P112962 (351.8), P119520 (380.8), P119849

(381.2), P119307 (385.7), P114635 (409.4), P112932 (418.3), P113569 (440.2), P116642 (457.4), P120631 (468.3), P113378 (474.5), P119161 (492.8), P115498 (494.3), P121754 (495.6), P121010 (495.7), P119353 (502.2), P117745 (510.3), P116993 (545.7), P115422 (565.2), P113361 (597), P114646 (598.1), P120956 (601.8), P114396 (605.2), P121776 (605.3), P117065 (627.2), P118102 (668.8), P118310 (690.2), P115916 (690.5), P121237 (696.9), P119294 (752.2), P120665 (769.1), P111414 (790.8), P115933 (795.9), P118624 (798.7), P118491 (809.6), P114016 (811.5), P120639 (813), P114904 (822.9), P112868 (825.5), P121674 (860.6), P114505 (870.4), P116146 (897), P119371 (900.2), P111668 (904.5), P117449 (940), P115665 (959.5), P115297 (982.4), P115668 (1,008.5), P117425 (1,015.5), P113543 (1,021.3), P115992 (1,024), P121784 (1,041.8), P116513 (1,055.9), P120676 (1,057.7), P119544 (1,084.7), P120980 (1,099.8), P119131 (1,105.5), P119507 (1,113.4), P121753 (1,119.5), P115934 (1,140.8), P119096 (1,148.2), P121591 (1,184.5), P119974 (1,186.5), P115206 (1,192), P120497 (1,196.1), P115163 (1,248.7), P115277 (1,286.1), P121504 (1,302.3), P114464 (1,346.7), P120930 (1,352.3), P116681 (1,358.5), P119942 (1,373.7), P120025 (1,413.5), P121669 (1,420.6), P118715 (1,433.6), P117019 (1,435.5), P114972 (1,456.7), P114244 (1,463.1), P120129 (1,475.5), P115378 (1,482.5), P115570 (1,484.4), P113679 (1,485.6), P121697 (1,491), P120608 (1,514.4), P115942 (1,532.6), P115835 (1,580.8), P120948 (1,590.8), P115602 (1,645.1), P118778 (1,828.3), P113750 (1,868.7), P121123 (1,890.6), P118285 (1,900.4), P118648 (1,909.6), P116749 (1,914.3), P116260 (1,923.9), P112785 (1,970.7), P116589 (1,973.9), P118741 (2,013.8), P116183 (2,014.3), P114774 (2,061.1), P118886 (2,098.1), P121342 (2,136.3), P121710 (2,146.9), P117743 (2,178), P113310 (2,201.5), P120900 (2,203), P120424 (2,292.1), P119099 (2,301.5), P119863 (2,336.9), P113529 (2,346.2), P118764 (2,406.3), P114940 (2,484.1), P116075 (2,519.8), P119335 (2,647.1), P116316 (2,699.8), P113840 (2,711.9), P113826 (2,729.8), P118308 (2,742.4), P118241 (2,762.4), P118380 (2,779), P115464 (2,870.8), P116144 (2,872.2), P120775 (3,085), P118163 (3,109.4), P114933 (3,117.6), P116657 (3,157.4), P116168 (3,227.8), P121590 (3,283.6), P112273 (3,286.6), P118674 (3,332.1), P113754 (3,377.1), P117355 (3,411.4), P120272 (3,495.5), P113530 (3,499.3), P115845 (3,593.3), P112322 (3,596), P110157 (3,624.1), P117058 (3,713.1), P121808 (3,893.4), P111967 (4,063), P121002 (4,187.7), P115148 (4,275.1), P121661 (4,402.6), P113119 (4,402.9), P114613 (4,417.2), P113443 (4,515.4), P118680 (4,735.4), P119811

(4,936.4), P115690 (4,936.7), P116983 (5,092.1), P117952 (5,169.7), P118819 (5,231.6), P121842 (5,248.4), P116553 (5,278.6), P113878 (5,454.6), P112927 (5,781.8), P116531 (6,220.1), P115400 (7,182.3), P115526 (7,315.3), P118384 (7,670.4), P114200 (8,992.5), P113154 (9,436.3), P114258 (10,198.6), P112813 (10,298.6), P121613 (11,140.6), P112007 (11,232.3), P121303 (11,284.9), P112043 (11,791.2), P114270 (13,530.5), P116830 (13,599.6), P120365 (13,753.1), P115808 (14,741.3), P113882 (15,546.8), P113828 (15,708.5), P117478 (15,996.8), P118561 (16,118.3), P116533 (16,799.7), P121821 (18,074), P113316 (18,956.8), P118564 (24,431.9), P113733 (25,303.3), P119449 (27,483.3), P110029 (30,619.7), P110641 (31,560.3), P115066 (38,740.3), P115882 (41,009.2), P113079 (42,750), P111819 (43,526.3), P110478 (49,884.8), P111953C (133,721.3).

**4a) Minimizar el número de los polígonos para la conservación, usando los polígonos más grandes (84 especies arbóreas de Mimosoideae en 218 polígonos)**

PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

El coeficiente en la función objetivo es 1/(hectáreas del polígono). Las restricciones son las mismas que en el punto (1a).

MIN = P108978\*0.00921477 + P109405\*0.0000308321 + P110029\*0.0000293576 + P110157\*0.000275928 + P110478\*0.0000200462 + P110641\*0.0000316854 + P111229\*0.00104403 + P111414\*0.00126454 + P111668\*0.00110559 + P111757\*0.00189002 + P111819\*0.0000229746 + P111953C\*0.00000744462 + P111953N\*0.00000747824 + P111953S\*0.00000747946 + P111967\*0.000246122 + P112043\*0.0000848089 + P112273\*0.000304264 + P112309\*0.00104444 + P112322\*0.000278088 + P112785\*0.000507421 + P112813\*0.0000971005 + P112868\*0.00121142 + P112869\*0.000244488 + P112927\*0.000172956 + P113073\*0.00299399 + P113079\*0.0000233918 + P113119\*0.000227125 + P113154\*0.000105974 + P113310\*0.000454245 + P113316\*0.0000527515 + P113361\*0.00167502 + P113378\*0.00210729 + P113443\*0.000221462 + P113529\*0.000426215 + P113530\*0.00028577 + P113543\*0.000979141 + P113569\*0.00227184 + P113576\*0.00325333 + P113672\*0.00368879 + P113679\*0.000673138 + P113733\*0.0000395205 + P113750\*0.00053514 + P113754\*0.000296112 + P113826\*0.00036633 + P113828\*0.0000636598 + P113840\*0.000368748 + P113878\*0.000183331 + P113882\*0.0000643219 + P113919\*0.00285219 + P113927\*0.00711526 + P114015\*0.000181855 + P114016\*0.00123227 + P114200\*0.000111203 + P114244\*0.000683503 + P114258\*0.0000980527 + P114270\*0.000073907 + P114289\*0.00313313 + P114396\*0.00165239 + P114464\*0.000742546 + P114505\*0.00114883 +

P114613\*0.000226386 + P114635\*0.0024423 + P114646\*0.00167201 +  
P114671\*0.0000322587 + P114774\*0.000485171 + P114904\*0.0012152 +  
P114933\*0.00032076 + P114940\*0.000402555 + P114968\*0.000908812 +  
P115066\*0.0000258129 + P115148\*0.000233915 + P115163\*0.000800807 +  
P115206\*0.000838915 + P115252\*0.00288664 + P115253\*0.00289845 +  
P115277\*0.000777562 + P115297\*0.00101787 + P115303\*0.000120927 +  
P115378\*0.000674534 + P115400\*0.000139231 + P115422\*0.00176913 +  
P115464\*0.00034833 + P115498\*0.00202325 + P115526\*0.000136699 +  
P115570\*0.000673692 + P115601\*0.00289994 + P115602\*0.000607849 +  
P115644\*0.0053125 + P115665\*0.00104226 + P115668\*0.000991605 +  
P115690\*0.000202562 + P115703\*0.0026445 + P115718\*0.0030501 +  
P115755\*0.00242852 + P115798\*0.0078205 + P115835\*0.000632607 +  
P115845\*0.000278295 + P115882\*0.0000243848 + P115933\*0.00125637 +  
P115934\*0.000876543 + P115979\*0.000673197 + P115992\*0.000976577 +  
P116144\*0.000348163 + P116183\*0.000496441 + P116260\*0.000519789 +  
P116287\*0.000364903 + P116316\*0.000370398 + P116471\*0.00938921 +  
P116553\*0.000189444 + P116642\*0.00218603 + P116749\*0.000522397 +  
P116830\*0.0000735317 + P116983\*0.000196381 + P116993\*0.00106038 +  
P117019\*0.00069663 + P117078\*0.0000174848 + P117303\*0.000161592 +  
P117449\*0.00106385 + P117478\*0.0000625124 + P117490\*0.00287884 +  
P117743\*0.000459132 + P117745\*0.00195979 + P117822\*0.000420531 +  
P117952\*0.000193437 + P118093\*0.0000559909 + P118102\*0.00149521 +  
P118119\*0.0030415 + P118163\*0.000321603 + P118241\*0.000362009 +  
P118308\*0.000364648 + P118310\*0.00144882 + P118380\*0.000359845 +  
P118384\*0.000130371 + P118561\*0.0000620412 + P118564\*0.0000409301 +  
P118624\*0.00125211 + P118648\*0.000523672 + P118651\*0.000310204 +  
P118665\*0.000231716 + P118683\*0.00021913 + P118764\*0.000415569 +  
P118778\*0.000197943 + P118886\*0.000476616 + P118994\*0.00240617 +  
P119096\*0.000870935 + P119099\*0.000434491 + P119131\*0.000904572 +  
P119161\*0.00202932 + P119260\*0.00104154 + P119294\*0.00132945 +  
P119323\*0.000637163 + P119335\*0.000377776 + P119353\*0.00199137 +  
P119371\*0.000734282 + P119377\*0.00076257 + P119449\*0.0000363857 +  
P119476\*0.0000723851 + P119502\*0.00129496 + P119507\*0.000898127 +  
P119519\*0.00370318 + P119520\*0.00262628 + P119544\*0.000921925 +  
P119589\*0.000916131 + P119687\*0.000181981 + P119792\*0.00465424 +  
P119809\*0.000830536 + P119811\*0.000202577 + P119849\*0.00262363 +  
P119863\*0.000427917 + P119942\*0.000727974 + P119974\*0.000842797 +  
P120025\*0.000707485 + P120129\*0.000677731 + P120272\*0.000286081 +  
P120314\*0.000430209 + P120365\*0.0000727109 + P120424\*0.000369318 +  
P120497\*0.000836072 + P120608\*0.000660316 + P120631\*0.00213535 +  
P120665\*0.00130016 + P120676\*0.000945457 + P120677\*0.000290447 +  
P120734\*0.000148197 + P120775\*0.000324148 + P120900\*0.000453925 +  
P120956\*0.00166159 + P120980\*0.000909274 + P121002\*0.000238794 +  
P121056\*0.0000327908 + P121123\*0.000528936 + P121237\*0.00143499 +  
P121303\*0.0000805542 + P121319\*0.00251655 + P121324\*0.00331282 +  
P121342\*0.000468093 + P121430\*0.0000474626 + P121474\*0.000421367 +  
P121498\*0.0000780483 + P121504\*0.000582118 + P121590\*0.000304542 +  
P121591\*0.000844263 + P121613\*0.0000897618 + P121645\*0.0000368967 +  
P121661\*0.00022714 + P121669\*0.000703917 + P121674\*0.00116194 +  
P121697\*0.000670691 + P121710\*0.00046578 + P121753\*0.000893288 +  
P121754\*0.00201792 + P121776\*0.00165207 + P121784\*0.000959876 +  
P121808\*0.000256844 + P121821\*0.0000553282 + P121842\*0.000190534 +  
P121899\*0.000237862 + P122157\*0.0018109;

!Abarema zolleriana; P113569 + P118093 + P119502>=1; !Acacia californica;  
P119687>=1; ... !Zygia peckii; P111953N + P111953S + P113754 + P114200 +

P114464 + P114505 + P114904 + P115252 + P115601 >= 1; !Zygia recordii;  
P111953N + P114505 + P121821 >= 1;  
END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 0.2680370E-01.

Polígonos incluidos en la solución óptima (30 polígonos): P108978, P109405, P110029, P111229, P111757, P111953N, P111953S, P112322, P112869, P114015, P114968, P115066, P115253, P115303, P115464, P115703, P116993, P118093, P118384, P118778, P119323, P119589, P119687, P119809, P120314, P120424, P121056, P121645, P121899, P122157.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna (1 polígono): P114671.

Costo de cada polígono adicional para incluirlo (187 polígonos): P118561 (6.0503E-06), P111953C (7.4446E-06), P113530 (7.6820E-06), P121430 (1.4672E-05), P117078 (1.7485E-05), P110478 (2.0046E-05), P111819 (2.2975E-05), P113079 (2.3392E-05), P115882 (2.4385E-05), P112043 (2.8818E-05), P110641 (3.1685E-05), P119449 (3.6386E-05), P113733 (3.9521E-05), P119476 (4.0126E-05), P118564 (4.0930E-05), P112813 (4.1110E-05), P113316 (5.2752E-05), P118651 (5.4189E-05), P121821 (5.5328E-05), P117478 (6.2512E-05), P117303 (6.3480E-05), P113828 (6.3660E-05), P113882 (6.4322E-05), P114258 (6.5794E-05), P120365 (7.2711E-05), P116830 (7.3532E-05), P114270 (7.3907E-05), P121498 (7.8048E-05), P121303 (8.0554E-05), P121613 (8.9762E-05), P117952 (9.5325E-05), P113154 (1.0597E-04), P114200 (1.1120E-04), P120734 (1.1541E-04), P113443 (1.2335E-04), P115526 (1.3670E-04), P115400 (1.3923E-04), P113119 (1.7113E-04), P112927 (1.7296E-04), P113878 (1.8333E-04), P116553 (1.8944E-04), P121842 (1.9053E-04), P116983 (1.9638E-04), P115690 (2.0256E-04), P119811 (2.0258E-04), P121504 (2.1280E-04), P118683 (2.1913E-04), P121808 (2.2405E-04), P114613 (2.2639E-04), P121661 (2.2714E-04), P118665 (2.3172E-04), P115148 (2.3392E-04), P121002 (2.3879E-04), P111967 (2.4612E-04), P112273 (2.4827E-04), P120677 (2.6109E-04), P110157 (2.7593E-04), P115845 (2.7830E-04), P120272 (2.8608E-04), P114933 (2.8850E-04), P116144 (2.9217E-04), P113754 (2.9611E-04), P121590 (3.0454E-04), P118163 (3.2160E-04),



P120775 (3.2415E-04), P113826 (3.3407E-04), P118308 (3.3884E-04), P118380 (3.5985E-04), P118241 (3.6201E-04), P116287 (3.6490E-04), P113840 (3.6875E-04), P116316 (3.7040E-04), P119335 (3.7778E-04), P114940 (4.0256E-04), P118764 (4.1557E-04), P117822 (4.2053E-04), P121474 (4.2137E-04), P113529 (4.2622E-04), P119863 (4.2792E-04), P119099 (4.3449E-04), P120900 (4.5393E-04), P113310 (4.5425E-04), P117743 (4.5913E-04), P116183 (4.6418E-04), P121710 (4.6578E-04), P121342 (4.6809E-04), P118886 (4.7662E-04), P114774 (4.8517E-04), P112785 (5.0742E-04), P116260 (5.1979E-04), P116749 (5.2240E-04), P118648 (5.2367E-04), P121123 (5.2894E-04), P113750 (5.3514E-04), P115602 (5.7506E-04), P117019 (5.9852E-04), P115835 (6.3261E-04), P113679 (6.4088E-04), P115979 (6.4094E-04), P120608 (6.6032E-04), P121697 (6.7069E-04), P115570 (6.7369E-04), P115378 (6.7453E-04), P120129 (6.7773E-04), P114244 (6.8350E-04), P121669 (7.0392E-04), P120025 (7.0749E-04), P119942 (7.2797E-04), P119371 (7.3428E-04), P114464 (7.4255E-04), P112309 (7.4396E-04), P119377 (7.6257E-04), P115277 (7.7756E-04), P115163 (8.0081E-04), P115206 (8.0612E-04), P120497 (8.3607E-04), P119974 (8.4280E-04), P121591 (8.4426E-04), P119096 (8.7094E-04), P115934 (8.7654E-04), P121753 (8.9329E-04), P119544 (8.9611E-04), P119507 (8.9813E-04), P119131 (9.0457E-04), P120980 (9.0927E-04), P115992 (9.4432E-04), P120676 (9.4546E-04), P121784 (9.5988E-04), P113543 (9.7914E-04), P115297 (9.8561E-04), P115668 (9.9161E-04), P115665 (1.0100E-03), P119260 (1.0415E-03), P117449 (1.0639E-03), P111668 (1.1056E-03), P114505 (1.1488E-03), P121674 (1.1619E-03), P114016 (1.1763E-03), P112868 (1.2114E-03), P114904 (1.2152E-03), P115933 (1.2241E-03), P118624 (1.2521E-03), P111414 (1.2645E-03), P119502 (1.2950E-03), P120665 (1.3002E-03), P119294 (1.3295E-03), P115755 (1.3681E-03), P121237 (1.4350E-03), P118310 (1.4488E-03), P121319 (1.4562E-03), P118102 (1.4952E-03), P121776 (1.6521E-03), P114396 (1.6524E-03), P120956 (1.6616E-03), P114646 (1.6720E-03), P113361 (1.6750E-03), P115422 (1.7691E-03), P117745 (1.9598E-03), P115498 (1.9910E-03), P119353 (1.9914E-03), P113569 (1.9938E-03), P121754 (2.0179E-03), P119161 (2.0293E-03), P118994 (2.0369E-03), P113378 (2.1073E-03), P120631 (2.1354E-03), P116642 (2.1860E-03), P114635 (2.4423E-03), P119520 (2.5940E-03), P119849 (2.6236E-03), P113919 (2.8522E-03), P117490 (2.8788E-03), P115252

(2.8866E-03), P115601 (2.8999E-03), P113073 (2.9940E-03), P118119 (3.0415E-03), P115718 (3.0501E-03), P114289 (3.0771E-03), P113576 (3.2533E-03), P121324 (3.3128E-03), P113672 (3.6888E-03), P119519 (3.7032E-03), P119792 (4.6542E-03), P115644 (5.3125E-03), P113927 (7.1153E-03), P115798 (7.8205E-03), P116471 (9.3892E-03).

**4b) Minimizar el número de los polígonos para la conservación, usando los polígonos más grandes (626 especies arbóreas del BioTreenet en 102 polígonos)**

PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

El coeficiente en la función objetivo es 1/(hectáreas del polígono). Las restricciones son las mismas que en el punto (1b).

MIN = P111889\*0.000606284 + P112007\*0.0000890292 + P112043\*0.0000848089 + P112309\*0.00104444 + P112869\*0.000244488 + P112874\*0.00320664 + P112932\*0.00239078 + P112962\*0.00284288 + P113021\*0.00206548 + P114166\*0.000186496 + P114285\*0.000443619 + P114663\*0.0000677754 + P114671\*0.0000322587 + P114697\*0.00070296 + P114764\*0.000118227 + P114972\*0.00068647 + P115105\*0.000713945 + P115244\*0.00109222 + P115304\*0.000900672 + P115383\*0.00148193 + P115483\*0.00102971 + P115703\*0.0026445 + P115808\*0.0000562895 + P115811\*0.000536745 + P115916\*0.00144824 + P115924\*0.0039224 + P115942\*0.0006525 + P115955\*0.000138557 + P115979\*0.000673197 + P116033\*0.000808015 + P116075\*0.000396861 + P116146\*0.00111485 + P116168\*0.000309808 + P116219\*0.00309821 + P116281\*0.000256087 + P116287\*0.000364903 + P116303\*0.000366308 + P116338\*0.000516409 + P116371\*0.000525955 + P116513\*0.000947056 + P116531\*0.00016077 + P116533\*0.0000595248 + P116544\*0.00706295 + P116589\*0.000506604 + P116655\*0.00063528 + P116657\*0.000316712 + P116681\*0.000228181 + P116765\*0.000330684 + P116871\*0.00268327 + P116929\*0.000366343 + P116996\*0.00429755 + P117058\*0.000269313 + P117065\*0.000273884 + P117078\*0.0000174848 + P117197\*0.000892562 + P117303\*0.000161592 + P117355\*0.000293133 + P117425\*0.000984719 + P117822\*0.000420531 + P118093\*0.0000559909 + P118175\*0.00188557 + P118285\*0.000526201 + P118384\*0.000130371 + P118491\*0.00123516 + P118582\*0.00162547 + P118665\*0.000231716 + P118674\*0.000243649 + P118680\*0.000211175 + P118683\*0.00021913 + P118715\*0.000697536 + P118741\*0.000496576 + P118819\*0.000191145 + P118867\*0.000551793 + P119260\*0.00104154 + P119307\*0.00259283 + P119311\*0.00216614 + P119323\*0.000637163 + P119371\*0.000734282 + P119377\*0.00076257 + P119450\*0.00139989 + P119454\*0.00287133 + P119476\*0.0000723851 + P119502\*0.00129496 + P119520\*0.00262628 + P120467\*0.000319706 + P120541\*0.0000999717 + P120639\*0.00123006 + P120734\*0.000148197 + P120823\*0.00289499 + P120930\*0.000739466 + P120948\*0.000628601 + P120978\*0.000452199 + P120980\*0.000909274 + P121010\*0.00201736 + P121056\*0.0000327908 + P121287\*0.000130737 + P121303\*0.0000805542 + P121430\*0.0000474626 + P121474\*0.000421367 + P121498\*0.0000780483 + P121568\*0.000885683 + P121613\*0.0000897618;

!Abies guatemalensis; P112869>=1; !Abuta panamensis; P116303>=1; ...  
!Zinowiewia rubra; P112309 + P113021 + P114285>=1; !Zuelania guidonia;  
P115105 + P116303 + P117078>=1;  
END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 0.3753731E-01.

Polígonos incluidos en la solución óptima (58 polígonos): P111889, P112309, P112869, P113021, P114166, P114285, P114663, P114671, P114697, P114764, P115105, P115244, P115304, P115483, P115703, P115808, P115811, P115955, P115979, P116033, P116146, P116219, P116281, P116287, P116303, P116338, P116371, P116655, P116871, P116929, P117078, P117197, P117303, P117822, P118093, P118175, P118582, P118665, P118674, P118683, P118867, P119260, P119323, P119371, P119377, P119450, P119476, P120467, P120541, P120734, P120930, P120978, P121056, P121287, P121303, P121430, P121474, P121498.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna: Ninguno.

Costo de cada polígono adicional para incluirlo (44 polígonos): P116533 (5.9525E-05), P112043 (8.4809E-05), P112007 (8.9029E-05), P121613 (8.9762E-05), P118384 (1.3037E-04), P116531 (1.6077E-04), P116681 (1.7189E-04), P118819 (1.9115E-04), P118680 (2.1118E-04), P117065 (2.1759E-04), P117058 (2.6931E-04), P116765 (2.7439E-04), P117355 (2.9313E-04), P116168 (3.0981E-04), P116657 (3.1671E-04), P117425 (3.4756E-04), P116075 (3.9686E-04), P115383 (4.5222E-04), P118741 (4.9658E-04), P116589 (5.0660E-04), P118285 (5.2620E-04), P120948 (6.2860E-04), P115942 (6.5250E-04), P114972 (6.8647E-04), P118715 (6.9754E-04), P121568 (8.0513E-04), P120980 (9.0927E-04), P116513 (9.4706E-04), P119502 (1.0513E-03), P120639 (1.2301E-03), P118491 (1.2352E-03), P119311 (1.4319E-03), P115916 (1.4482E-03), P121010 (2.0174E-03), P112932 (2.3908E-03), P119307 (2.5928E-03), P119520 (2.6263E-03), P112962 (2.8429E-03), P119454 (2.8713E-03), P120823 (2.8950E-03), P112874 (3.2066E-03), P115924 (3.9224E-03), P116996 (4.2976E-03), P116544 (7.0630E-03).

**4c) Minimizar el número de los polígonos para la conservación, usando los polígonos más (688 especies arbóreas de las dos bases en 291 polígonos)**

PROBLEMA DE OPTIMIZACIÓN:

El coeficiente en la función objetivo es 1/(hectáreas del polígono). Las restricciones son las mismas que en el punto (1c).

MIN = P108978\*0.00921477 + P109405\*0.0000308321 + P110029\*0.0000293576 +  
P110157\*0.000275928 + P110478\*0.0000200462 + P110641\*0.0000316854 +  
P111229\*0.00104403 + P111414\*0.00126454 + P111668\*0.00110559 +  
P111757\*0.00189002 + P111819\*0.0000229746 + P111889\*0.000606284 +  
P111953C\*0.00000747824 + P111953N\*0.00000744462 + P111953S\*0.00000747946  
+ P111967\*0.000246122 + P112007\*0.0000890292 + P112043\*0.0000848089 +  
P112273\*0.000304264 + P112309\*0.00104444 + P112322\*0.000278088 +  
P112785\*0.000507421 + P112813\*0.0000971005 + P112868\*0.00121142 +  
P112869\*0.000244488 + P112874\*0.00320664 + P112927\*0.000172956 +  
P112932\*0.00239078 + P112962\*0.00284288 + P113021\*0.00206548 +  
P113073\*0.00299399 + P113079\*0.0000233918 + P113119\*0.000227125 +  
P113154\*0.000105974 + P113310\*0.000454245 + P113316\*0.0000527515 +  
P113361\*0.00167502 + P113378\*0.00210729 + P113443\*0.000221462 +  
P113529\*0.000426215 + P113530\*0.00028577 + P113543\*0.000979141 +  
P113569\*0.00227184 + P113576\*0.00325333 + P113672\*0.00368879 +  
P113679\*0.000673138 + P113733\*0.0000395205 + P113750\*0.00053514 +  
P113754\*0.000296112 + P113826\*0.00036633 + P113828\*0.0000636598 +  
P113840\*0.000368748 + P113878\*0.000183331 + P113882\*0.0000643219 +  
P113919\*0.00285219 + P113927\*0.00711526 + P114015\*0.000181855 +  
P114016\*0.00123227 + P114166\*0.000186496 + P114200\*0.000111203 +  
P114244\*0.000683503 + P114258\*0.0000980527 + P114270\*0.000073907 +  
P114285\*0.000443619 + P114289\*0.00313313 + P114396\*0.00165239 +  
P114464\*0.000742546 + P114505\*0.00114883 + P114613\*0.000226386 +  
P114635\*0.0024423 + P114646\*0.00167201 + P114663\*0.0000677754 +  
P114671\*0.0000322587 + P114697\*0.00070296 + P114764\*0.000118227 +  
P114774\*0.000485171 + P114904\*0.0012152 + P114933\*0.00032076 +  
P114940\*0.000402555 + P114968\*0.000908812 + P114972\*0.00068647 +  
P115066\*0.0000258129 + P115105\*0.000713945 + P115148\*0.000233915 +  
P115163\*0.000800807 + P115206\*0.000838915 + P115244\*0.00109222 +  
P115252\*0.00288664 + P115253\*0.00289845 + P115277\*0.000777562 +  
P115297\*0.00101787 + P115303\*0.000120927 + P115304\*0.000900672 +  
P115378\*0.000674534 + P115383\*0.00148193 + P115400\*0.000139231 +  
P115422\*0.00176913 + P115464\*0.00034833 + P115483\*0.00102971 +  
P115498\*0.00202325 + P115526\*0.000136699 + P115570\*0.000673692 +  
P115601\*0.00289994 + P115602\*0.000607849 + P115644\*0.0053125 +  
P115665\*0.00104226 + P115668\*0.000991605 + P115690\*0.000202562 +  
P115703\*0.0026445 + P115718\*0.0030501 + P115755\*0.00242852 +  
P115798\*0.0078205 + P115808\*0.0000562895 + P115811\*0.000536745 +  
P115835\*0.000632607 + P115845\*0.000278295 + P115882\*0.0000243848 +  
P115916\*0.00144824 + P115924\*0.0039224 + P115933\*0.00125637 +  
P115934\*0.000876543 + P115942\*0.0006525 + P115955\*0.000138557 +  
P115979\*0.000673197 + P115992\*0.000976577 + P116033\*0.000808015 +  
P116075\*0.000396861 + P116144\*0.000348163 + P116146\*0.00111485 +  
P116168\*0.000309808 + P116183\*0.000496441 + P116219\*0.00309821 +  
P116260\*0.000519789 + P116281\*0.000256087 + P116287\*0.000364903 +

P116303\*0.000366308 + P116316\*0.000370398 + P116338\*0.000516409 +  
P116371\*0.000525955 + P116471\*0.00938921 + P116513\*0.000947056 +  
P116531\*0.00016077 + P116533\*0.0000595248 + P116544\*0.00706295 +  
P116553\*0.000189444 + P116589\*0.000506604 + P116642\*0.00218603 +  
P116655\*0.00063528 + P116657\*0.000316712 + P116681\*0.000228181 +  
P116749\*0.000522397 + P116765\*0.000330684 + P116830\*0.0000735317 +  
P116871\*0.00268327 + P116929\*0.000366343 + P116983\*0.000196381 +  
P116993\*0.00106038 + P116996\*0.00429755 + P117019\*0.00069663 +  
P117058\*0.000269313 + P117065\*0.000273884 + P117078\*0.0000174848 +  
P117197\*0.000892562 + P117303\*0.000161592 + P117355\*0.000293133 +  
P117425\*0.000984719 + P117449\*0.00106385 + P117478\*0.0000625124 +  
P117490\*0.00287884 + P117743\*0.000459132 + P117745\*0.00195979 +  
P117822\*0.000420531 + P117952\*0.000193437 + P118093\*0.0000559909 +  
P118102\*0.00149521 + P118119\*0.0030415 + P118163\*0.000321603 +  
P118175\*0.00188557 + P118241\*0.000362009 + P118285\*0.000526201 +  
P118308\*0.000364648 + P118310\*0.00144882 + P118380\*0.000359845 +  
P118384\*0.000130371 + P118491\*0.00123516 + P118561\*0.0000620412 +  
P118564\*0.0000409301 + P118582\*0.00162547 + P118624\*0.00125211 +  
P118648\*0.000523672 + P118651\*0.000310204 + P118665\*0.000231716 +  
P118674\*0.000243649 + P118680\*0.000211175 + P118683\*0.00021913 +  
P118715\*0.000697536 + P118741\*0.000496576 + P118764\*0.000415569 +  
P118778\*0.000197943 + P118819\*0.000191145 + P118867\*0.000551793 +  
P118886\*0.000476616 + P118994\*0.00240617 + P119096\*0.000870935 +  
P119099\*0.000434491 + P119131\*0.000904572 + P119161\*0.00202932 +  
P119260\*0.00104154 + P119294\*0.00132945 + P119307\*0.00259283 +  
P119311\*0.00216614 + P119323\*0.000637163 + P119335\*0.000377776 +  
P119353\*0.00199137 + P119371\*0.000734282 + P119377\*0.00076257 +  
P119449\*0.0000363857 + P119450\*0.00139989 + P119454\*0.00287133 +  
P119476\*0.0000723851 + P119502\*0.00129496 + P119507\*0.000898127 +  
P119519\*0.00370318 + P119520\*0.00262628 + P119544\*0.000921925 +  
P119589\*0.000916131 + P119687\*0.000181981 + P119792\*0.00465424 +  
P119809\*0.000830536 + P119811\*0.000202577 + P119849\*0.00262363 +  
P119863\*0.000427917 + P119942\*0.000727974 + P119974\*0.000842797 +  
P120025\*0.000707485 + P120129\*0.000677731 + P120272\*0.000286081 +  
P120314\*0.000430209 + P120365\*0.0000727109 + P120424\*0.000369318 +  
P120467\*0.000319706 + P120497\*0.000836072 + P120541\*0.0000999717 +  
P120608\*0.000660316 + P120631\*0.00213535 + P120639\*0.00123006 +  
P120665\*0.00130016 + P120676\*0.000945457 + P120677\*0.000290447 +  
P120734\*0.000148197 + P120775\*0.000324148 + P120823\*0.00289499 +  
P120900\*0.000453925 + P120930\*0.000739466 + P120948\*0.000628601 +  
P120956\*0.00166159 + P120978\*0.000452199 + P120980\*0.000909274 +  
P121002\*0.000238794 + P121010\*0.00201736 + P121056\*0.0000327908 +  
P121123\*0.000528936 + P121237\*0.00143499 + P121287\*0.000130737 +  
P121303\*0.0000805542 + P121319\*0.00251655 + P121324\*0.00331282 +  
P121342\*0.000468093 + P121430\*0.0000474626 + P121474\*0.000421367 +  
P121498\*0.0000780483 + P121504\*0.000582118 + P121568\*0.000885683 +  
P121590\*0.000304542 + P121591\*0.000844263 + P121613\*0.0000897618 +  
P121645\*0.0000368967 + P121661\*0.00022714 + P121669\*0.000703917 +  
P121674\*0.00116194 + P121697\*0.000670691 + P121710\*0.00046578 +  
P121753\*0.000893288 + P121754\*0.00201792 + P121776\*0.00165207 +  
P121784\*0.000959876 + P121808\*0.000256844 + P121821\*0.0000553282 +  
P121842\*0.000190534 + P121899\*0.000237862 + P122157\*0.0018109;

!Abarema zolleriana; P113569 + P118093 + P119502>=1; !Abies guatemalensis;  
P112869>=1; ... Zygia peckii; P111953N + P111953S + P113754 + P114200 +  
P114464 + P114505 + P114904 + P115252 + P115601>=1; !Zygia recordii;  
P111953N + P114505 + P121821>=1;

END

### SOLUCIÓN ÓPTIMA:

Valor final de la función objetivo: 0.5811494E-01.

Polígonos incluidos en la solución óptima (78 polígonos): P108978, P109405, P110029, P111229, P111757, P111889, P111953N, P111953S, P112309, P112869, P113021, P114015, P114166, P114285, P114663, P114671, P114697, P114764, P114968, P115066, P115105, P115244, P115253, P115303, P115304, P115483, P115703, P115808, P115811, P115955, P115979, P116033, P116219, P116281, P116287, P116303, P116338, P116371, P116655, P116871, P116929, P116993, P117078, P117197, P117303, P117822, P118093, P118175, P118582, P118665, P118674, P118683, P118778, P118867, P119260, P119323, P119371, P119377, P119450, P119476, P119589, P119687, P119809, P120314, P120424, P120467, P120541, P120734, P120978, P121056, P121287, P121303, P121430, P121474, P121498, P121645, P121899, P122157.

Polígonos que se podrían incluir en una solución óptima alterna: Ninguno.

Costo de cada polígono adicional para incluirlo (213 polígonos): P111953C (7.4782E-06), P110478 (2.0046E-05), P111819 (2.2975E-05), P113079 (2.3392E-05), P115882 (2.4385E-05), P110641 (3.1685E-05), P119449 (3.6386E-05), P113733 (3.9521E-05), P118564 (4.0930E-05), P113316 (5.2752E-05), P121821 (5.5328E-05), P116533 (5.9525E-05), P118561 (6.2041E-05), P117478 (6.2512E-05), P113828 (6.3660E-05), P113882 (6.4322E-05), P120365 (7.2711E-05), P116830 (7.3532E-05), P114270 (7.3907E-05), P112043 (8.4809E-05), P118651 (8.6448E-05), P112007 (8.9029E-05), P121613 (8.9762E-05), P112813 (9.7101E-05), P114258 (9.8053E-05), P113154 (1.0597E-04), P114200 (1.1120E-04), P118384 (1.3037E-04), P115526 (1.3670E-04), P115400 (1.3923E-04), P116531 (1.6077E-04), P116681 (1.7189E-04), P112927 (1.7296E-04), P113878 (1.8333E-04), P116553 (1.8944E-04), P121842 (1.9053E-04), P118819 (1.9115E-04), P117952 (1.9344E-04), P116983 (1.9638E-04), P115690 (2.0256E-04), P119811 (2.0258E-04), P118680 (2.1118E-04), P121504 (2.1280E-04), P117065 (2.1759E-04), P113443 (2.2146E-04), P114613 (2.2639E-04), P113119 (2.2713E-04), P121661 (2.2714E-04), P115148 (2.3392E-04), P121002 (2.3879E-04),

P111967 (2.4612E-04), P121808 (2.5684E-04), P120677 (2.6109E-04), P117058 (2.6931E-04), P116765 (2.7439E-04), P110157 (2.7593E-04), P112322 (2.7809E-04), P115845 (2.7830E-04), P113530 (2.8577E-04), P120272 (2.8608E-04), P117355 (2.9313E-04), P113754 (2.9611E-04), P112273 (3.0426E-04), P121590 (3.0454E-04), P116168 (3.0981E-04), P116657 (3.1671E-04), P114933 (3.2076E-04), P118163 (3.2160E-04), P120775 (3.2415E-04), P118308 (3.3884E-04), P116144 (3.4816E-04), P115464 (3.4833E-04), P118380 (3.5985E-04), P118241 (3.6201E-04), P113826 (3.6633E-04), P113840 (3.6875E-04), P116316 (3.7040E-04), P119335 (3.7778E-04), P116075 (3.9686E-04), P114940 (4.0256E-04), P118764 (4.1557E-04), P113529 (4.2622E-04), P119863 (4.2792E-04), P119099 (4.3449E-04), P115383 (4.5222E-04), P120900 (4.5393E-04), P113310 (4.5425E-04), P117743 (4.5913E-04), P121710 (4.6578E-04), P121342 (4.6809E-04), P118886 (4.7662E-04), P114774 (4.8517E-04), P116183 (4.9644E-04), P118741 (4.9658E-04), P116589 (5.0660E-04), P112785 (5.0742E-04), P116260 (5.1979E-04), P116749 (5.2240E-04), P118648 (5.2367E-04), P118285 (5.2620E-04), P121123 (5.2894E-04), P113750 (5.3514E-04), P115602 (6.0785E-04), P120948 (6.2860E-04), P115835 (6.3261E-04), P115942 (6.5250E-04), P120608 (6.6032E-04), P121697 (6.7069E-04), P113679 (6.7314E-04), P115570 (6.7369E-04), P115378 (6.7453E-04), P120129 (6.7773E-04), P114244 (6.8350E-04), P114972 (6.8647E-04), P117019 (6.9663E-04), P118715 (6.9754E-04), P121669 (7.0392E-04), P120025 (7.0749E-04), P119942 (7.2797E-04), P120930 (7.3947E-04), P114464 (7.4255E-04), P115277 (7.7756E-04), P115163 (8.0081E-04), P121568 (8.0513E-04), P120497 (8.3607E-04), P115206 (8.3892E-04), P119974 (8.4280E-04), P121591 (8.4426E-04), P119096 (8.7094E-04), P115934 (8.7654E-04), P121753 (8.9329E-04), P119544 (8.9611E-04), P119507 (8.9813E-04), P119131 (9.0457E-04), P120980 (9.0927E-04), P120676 (9.4546E-04), P116513 (9.4706E-04), P121784 (9.5988E-04), P115992 (9.7658E-04), P113543 (9.7914E-04), P117425 (9.8472E-04), P115668 (9.9161E-04), P115297 (1.0179E-03), P115665 (1.0423E-03), P119502 (1.0513E-03), P117449 (1.0639E-03), P111668 (1.1056E-03), P116146 (1.1149E-03), P114505 (1.1488E-03), P121674 (1.1619E-03), P112868 (1.2114E-03), P114904 (1.2152E-03), P120639 (1.2301E-03), P114016 (1.2323E-03), P118491 (1.2352E-03), P118624 (1.2521E-03), P115933 (1.2564E-03), P111414 (1.2645E-03), P120665

(1.3002E-03), P119294 (1.3295E-03), P115755 (1.3681E-03), P119311 (1.4319E-03), P121237 (1.4350E-03), P115916 (1.4482E-03), P118310 (1.4488E-03), P121319 (1.4562E-03), P118102 (1.4952E-03), P121776 (1.6521E-03), P114396 (1.6524E-03), P120956 (1.6616E-03), P114646 (1.6720E-03), P113361 (1.6750E-03), P115422 (1.7691E-03), P117745 (1.9598E-03), P119353 (1.9914E-03), P121010 (2.0174E-03), P121754 (2.0179E-03), P115498 (2.0233E-03), P119161 (2.0293E-03), P118994 (2.0369E-03), P113378 (2.1073E-03), P120631 (2.1354E-03), P116642 (2.1860E-03), P113569 (2.2718E-03), P112932 (2.3908E-03), P114635 (2.4423E-03), P119307 (2.5928E-03), P119849 (2.6236E-03), P119520 (2.6263E-03), P112962 (2.8429E-03), P113919 (2.8522E-03), P119454 (2.8713E-03), P117490 (2.8788E-03), P115252 (2.8866E-03), P120823 (2.8950E-03), P115601 (2.8999E-03), P113073 (2.9940E-03), P118119 (3.0415E-03), P115718 (3.0501E-03), P114289 (3.1331E-03), P112874 (3.2066E-03), P113576 (3.2533E-03), P121324 (3.3128E-03), P113672 (3.6888E-03), P119519 (3.7032E-03), P115924 (3.9224E-03), P116996 (4.2976E-03), P119792 (4.6542E-03), P115644 (5.3125E-03), P116544 (7.0630E-03), P113927 (7.1153E-03), P115798 (7.8205E-03), P116471 (9.3892E-03).



Apéndice 2. Secuencias de inclusión de los polígonos de las soluciones a partir de las bases de datos.  
Cuadro 7. Secuencia de inclusión de los polígonos de las soluciones “a”, a partir de la base de datos Mimosoideae y sus características

#POL	POLÍGONO	TIPO VEG	SUPERFICIE (km2)	% TOTAL	ANP (km2)	% ANP	% ANP total	NÚMERO COLECTAS	NÚMERO ESPECIES	% SOLUCIÓN 1	% SOLUCIÓN 2	% SOLUCIÓN 3	% SOLUCIÓN 4
1	108978	VSA/SAP	1	0.0015	-	-	-	1	1	0.03	0.02	0.03	0.02
2	109405	VSA/SAP	324	0.44	6.64	0.08	0.01	16	10	7.86	6.73	8.54	6.37
3	110029	VSA/SAP	341	0.46	0.16	0.0018	0.0002	2	2		7.07		6.69
4	111229	VSA/SAP	10	0.01	-	-	-	2	2	0.23	0.20	0.25	0.19
5	111757	VSA/BM	5	0.01	-	-	-	2	2	0.13	0.11	0.14	0.10
6	112309	VSA/BM	10	0.01	-	-	-	10	4	0.23	0.20	0.25	
7	112322	VSA/BM	36	0.05	-	-	-	1	1				0.71
8	112869	VSA/BPQ	41	0.06	-	-	-	2	1				0.80
9	113569	SAP	4	0.01	4.40	0.05	0.01	6	4	0.11	0.09	0.12	
10	114015	VSA/BM	55	0.08	-	-	-	1	1	1.33	1.14	1.45	1.08
11	114968	SAP	11	0.02	11.00	0.13	0.02	3	3	0.27	0.23	0.29	0.22
12	115066	VSA/BPQ	387	0.53	14.36	0.16	0.02	13	11		8.04		7.61

<b>13</b>	115206	SMQ	12	0.02	-	-	-	2	2				0.31
<b>14</b>	115253	VSA/BQ	3	0.005	3.45	0.04	0.005	1	1	0.08	0.07	0.09	0.07
<b>15</b>	115303	VSA/SAP	83	0.11	11.55	0.13	0.02	8	6	2.00	1.72	2.18	1.62
<b>16</b>	115464	VSA/SBC	29	0.04	19.26	0.22	0.03	10	7	0.70	0.60	0.76	0.56
<b>17</b>	115703	VSA/SBC	4	0.01	-	-	-	18	8	0.09	0.08	0.10	0.07
<b>18</b>	115755	VSA/SBC	4	0.01	0.58	0.01	0.001	3	3		0.09		
<b>19</b>	116749	VSA/SBC	19	0.03	-	-	-	1	1				0.50
<b>20</b>	116993	VSA/SBC	9	0.01	-	-	-	1	1				0.19
<b>21</b>	117019	BPQ	14	0.02	-	-	-	1	1				0.38
<b>22</b>	117952	BPQ	52	0.07	-	-	-	1	1	1.25			
<b>23</b>	118093	VSA/BM	179	0.24	18.55	0.21	0.03	12	5				3.51
<b>24</b>	118163	BP	31	0.04	24.52	0.28	0.03	2	2	0.75			
<b>25</b>	118308	VSA/SBC	27	0.04	15.33	0.17	0.02	5	4				0.72
<b>26</b>	118384	VSA/BQ	77	0.10	-	-	-	4	2		1.59		1.51
<b>27</b>	118651	VSA/SMS	32	0.04	32.24	0.37	0.04	14	11	0.78			0.85
<b>28</b>	118778	VSA/SMQ	51	0.07	50.52	0.58	0.07	7	5		1.05		0.99

<b>29</b>	118994	VSA/BPQ	4	0.01	4.16	0.05	0.01	1	1		0.09	0.11	
<b>30</b>	119323	VSA/BQ	16	0.02	-	-	-	22	9	0.38	0.33	0.41	0.31
<b>31</b>	119589	VSA/SBC	11	0.01	-	-	-	2	2	0.26	0.23	0.29	0.21
<b>32</b>	119687	VSA/SBC	55	0.07	-	-	-	4	4	1.33	1.14	1.45	1.08
<b>33</b>	119809	VSA/BP	12	0.02	12.04	0.14	0.02	5	4	0.29	0.25	0.32	0.24
<b>34</b>	120314	VSA/SBC	23	0.03	-	-	-	2	2	0.56	0.48	0.61	0.46
<b>35</b>	120424	VSA/SMS	27	0.04	-	-	-	3	3				0.53
<b>36</b>	120677	VSA/SMQ	34	0.05	-	-	-	3	1	0.83		0.91	
<b>37</b>	121056	BM	305	0.42	265.47	3.02	0.36	28	8	7.39	6.33		5.99
<b>38</b>	121319	SBC	4	0.01	-	-	-	1	1	0.10		0.10	
<b>39</b>	121504	VSA/BPQ	17	0.02	-	-	-	3	1	0.42			
<b>40</b>	121645	VSA/SAP	271	0.37	68.87	0.78	0.09	12	9	6.57	5.62	7.13	5.33
<b>41</b>	121899	BM	45	0.06	34.65	0.39	0.05	1	1	1.08	0.93	1.18	0.88
<b>42</b>	122157	VSA/VM	6	0.01	-	-	-	2	2	0.13	0.11	0.15	0.11
<b>43</b>	111953N	SAP	1,337	1.82	561.35	6.39	0.77	88	26	32.40	27.74	35.19	26.27
<b>44</b>	111953S	SAP	1,337	1.82	1,229.76	14.00	1.68	24	15	32.40	27.74	35.20	26.27

Cuadro 8. Secuencia de inclusión de los polígonos de las soluciones “b”, a partir de la base de datos BioTreenet y sus características

#POL	POLÍGONO	TIPO VEG	SUPERFICIE (km2)	% TOTAL	ANP (km2)	% ANP	% ANP total	NÚMERO COLECTAS	NÚMERO ESPECIES	% SOLUCIÓN 1	% SOLUCIÓN 2	% SOLUCIÓN 3	% SOLUCIÓN 4
1	111889	BM	16	0.02	-	-	-	103	36	0.51	0.51	0.51	0.47
2	112309	VSA/BM	10	0.01	-	-	-	491	76	0.29	0.29	0.30	0.27
3	112869	VSA/BPQ	41	0.06	-	-	-	128	61	1.26	1.26	1.27	1.15
4	113021	VSA/BP	5	0.01	-	-	-	49	17	0.15	0.15	0.15	0.14
5	114166	VSA/BM	54	0.07	-	-	-	159	45	1.65	1.65	1.66	1.51
6	114285	VSA/BM	23	0.03	-	-	-	155	45	0.69	0.69	0.70	0.64
7	114663	VSA/SAP	148	0.20	-	-	-	31	31	4.53	4.53	4.57	4.16
8	114671	VSA/BPQ	310	0.42	126.03	1.43	0.17	431	63	9.51	9.51	9.61	8.74
9	114697	VSA/BM	14	0.02	-	-	-	18	18	0.44	0.44	0.44	0.40
10	114764	VSA/BM	85	0.12	-	-	-	266	69	2.60	2.60	2.62	2.39
11	115105	VSA/SAP	14	0.02	7.00	0.08	0.01	45	32	0.43	0.43	0.43	0.40
12	115244	BPQ	9	0.01	-	-	-	17	17	0.28	0.28	0.28	0.26

<b>13</b>	115304	BPQ	11	0.02	-	-	-	27	20	0.34	0.34	0.34	0.31
<b>14</b>	115383	VSA/BPQ	10	0.01	-	-	-	107	42			0.30	
<b>15</b>	115483	VSA/BPQ	10	0.01	-	-	-	100	43	0.30	0.30		0.27
<b>16</b>	115703	VSA/SBC	4	0.01	-	-	-	17	17	0.12	0.12	0.12	0.11
<b>17</b>	115808	VSA/BPQ	178	0.24	-	-	-	121	18				5.01
<b>18</b>	115811	BPQ	19	0.03	-	-	-	200	46	0.57	0.57	0.58	0.53
<b>19</b>	115924	BPQ	3	0.003	-	-	-	171	44			0.08	
<b>20</b>	115955	VSA/BPQ	72	0.10	-	-	-	8	8	2.22	2.22	2.24	2.04
<b>21</b>	115979	VSA/SBC	15	0.02	-	-	-	154	65	0.46	0.46	0.46	0.42
<b>22</b>	116033	VSA/BP	12	0.02	-	-	-	63	26	0.38	0.38	0.38	0.35
<b>23</b>	116146	VSA/BPQ	9	0.01	-	-	-	22	12	0.28	0.28	0.28	0.25
<b>24</b>	116219	BQ	3	0.004	-	-	-	17	16	0.10	0.10	0.10	0.09
<b>25</b>	116281	BP	39	0.05	-	-	-	421	48	1.20	1.20	1.21	1.10
<b>26</b>	116287	VSA/SMQ	27	0.04	-	-	-	31	22	0.84	0.84	0.85	0.77
<b>27</b>	116303	VSA/SBC	27	0.04	0.71	0.01	0.001	52	44	0.84	0.84	0.85	0.77
<b>28</b>	116338	VSA/BQ	19	0.03	-	-	-	13	10	0.59	0.59	0.60	0.55

<b>29</b>	116371	VSA/SBC	19	0.03	-	-	-	14	14	0.58	0.58	0.59	0.54
<b>30</b>	116655	BP	16	0.02	-	-	-	165	42	0.48	0.48	0.49	0.44
<b>31</b>	116765	VSA/BP	16	0.02	-	-	-	55	14			0.49	
<b>32</b>	116871	VSA/SBC	4	0.01	-	-	-	38	25	0.11	0.11	0.12	0.11
<b>33</b>	116929	VSA/SBC	27	0.04	-	-	-	40	34	0.84	0.84	0.85	0.77
<b>34</b>	117065	BPQ	37	0.05	-	-	-	386	21	1.12	1.12		
<b>35</b>	117078	SAP	572	0.78	-	-	-	904	129	17.55	17.55	17.73	16.13
<b>36</b>	117197	VSA/SBC	11	0.02	-	-	-	63	35	0.34	0.34	0.35	0.32
<b>37</b>	117303	VSA/BPQ	62	0.08	-	-	-	32	11	1.90	1.90	1.92	1.75
<b>38</b>	117425	VSA/SBC	10	0.01	-	-	-	12	12			0.31	
<b>39</b>	117822	BQ	24	0.03	-	-	-	176	63	0.73	0.73	0.74	0.67
<b>40</b>	118093	VSA/BM	179	0.24	18.55	0.21	0.03	61	50	5.48	5.48	5.54	5.04
<b>41</b>	118175	VSA/BPQ	5	0.01	-	-	-	13	13	0.16	0.16	0.16	0.15
<b>42</b>	118582	VSA/BQ	6	0.01	-	-	-	16	16	0.19	0.19	0.19	0.17
<b>43</b>	118665	SAP	43	0.06	-	-	-	129	60	1.32	1.32	1.34	1.22
<b>44</b>	118674	VSA/BP	41	0.06	-	-	-	18	18				1.16

45	118683	BPQ	46	0.06	45.63	0.52	0.06	46	19	1.40	1.40	1.41	1.29
46	118867	VSA/SAP	18	0.02	-	-	-	57	38	0.56	0.56	0.56	0.51
47	119260	VSA/BP	10	0.01	9.60	0.11	0.01	26	22	0.29	0.29	0.30	0.27
48	119311	VSA/BP	5	0.01	4.62	0.05	0.01	15	8			0.14	
49	119323	VSA/BQ	16	0.02	-	-	-	21	12	0.48	0.48		0.44
50	119371	VSA/BP	14	0.02	13.62	0.16	0.02	31	11	0.42	0.42		0.38
51	119377	VSA/BPQ	13	0.02	8.03	0.09	0.01	123	45	0.40	0.40	0.41	0.37
52	119450	VSA/BPQ	7	0.01	-	-	-	20	20	0.22	0.22	0.22	0.20
53	119476	VSA/BQ	138	0.19	-	-	-	72	33	4.24	4.24	4.28	3.90
54	119502	BM	8	0.01	7.43	0.08	0.01	12	12	0.24	0.24	0.24	
55	120467	VSA/BM	31	0.04	31.28	0.36	0.04	92	58	0.96	0.96	0.97	0.88
56	120541	BM	100	0.14	78.67	0.90	0.11	61	45	3.07	3.07	3.10	2.82
57	120734	BM	67	0.09	65.40	0.74	0.09	162	83	2.07	2.07	2.09	1.90
58	120930	VSA/BPQ	14	0.02	-	-	-	21	17	0.42	0.42	0.42	0.38
59	120978	VSA/BP	22	0.03	-	-	-	45	27	0.68	0.68	0.69	0.62
60	121056	BM	305	0.42	265.47	3.02	0.36	973	137	9.36	9.36	9.45	8.60

<b>61</b>	121287	VSA/BM	76	0.10	42.08	0.48	0.06	104	69	2.35	2.35	2.37	2.16
<b>62</b>	121303	VSA/BM	124	0.17	49.96	0.57	0.07	22	21				3.50
<b>63</b>	121430	VSA/SAP	211	0.29	58.03	0.66	0.08	17	17	6.47	6.47	6.53	5.94
<b>64</b>	121474	VSA/BM	24	0.03	23.73	0.27	0.03	93	53	0.73	0.73	0.74	0.67
<b>65</b>	121498	BM	128	0.17	58.32	0.66	0.08	100	50	3.93	3.93	3.97	3.61
<b>66</b>	121568	BA	11	0.02	11.29	0.13	0.02	41	30	0.35	0.35	0.35	



Cuadro 9. Secuencia de inclusión de los polígonos de las soluciones “c”, a partir de las bases de datos Mimosoideae y BioTreenet, y sus características.

#POL	POLÍGONO	TIPO VEG	SUPERFICIE (km2)	% TOTAL	ANP (km2)	% ANP	% ANP total	NÚMERO COLECTAS	NÚMERO ESPECIES	% SOLUCIÓN 1	% SOLUCIÓN 2	% SOLUCIÓN 3	% SOLUCIÓN 4
1	108978	VSA/SAP	1.1	0.00	-	-	-	1	1	0.02	0.02	0.02	0.01
2	109405	VSA/SAP	324.3	0.44	6.64	0.04	0.01	16	10	4.69	4.50	4.71	4.09
3	110029	VSA/SAP	340.6	0.46	0.16	0.001	0.0002	2	2		4.73		4.30
4	111229	VSA/SAP	9.6	0.01	-	-	-	2	2	0.14	0.13	0.14	0.12
5	111757	VSA/BM	5.3	0.01	-	-	-	2	2	0.08	0.07	0.08	0.07
6	111889	BM	16.5	0.02	-	-	-	103	36	0.24	0.23	0.24	0.21
7	111953N	SAP	1,337.2	1.82	561.35	3.67	0.77	88	25	19.34	18.56	19.43	16.87
8	111953S	SAP	1,337.0	1.82	1,229.76	8.05	1.68	24	15	19.34	18.55	19.42	16.87
9	112309	VSA/BM	9.6	0.01	-	-	-	496	80	0.14	0.13	0.14	0.12
10	112869	VSA/BPQ	40.9	0.06	-	-	-	129	62	0.59	0.57	0.59	0.52
11	113021	VSA/BP	4.8	0.01	-	-	-	49	17	0.07	0.07	0.07	0.06
12	114015	VSA/BM	55.0	0.08	-	-	-	1	1	0.80	0.76	0.80	0.69

13	114166	VSA/BM	53.6	0.07	-	-	-	159	45	0.78	0.74	0.78	0.68
14	114285	VSA/BM	22.5	0.03	-	-	-	155	45	0.33	0.31	0.33	0.28
15	114663	VSA/SAP	147.5	0.20	126.03	0.82	0.17	31	31	2.13	2.05	2.14	1.86
16	114671	VSA/BPQ	310.0	0.42	-	-	-	438	67	4.48	4.30	4.50	3.91
17	114697	VSA/BM	14.2	0.02	-	-	-	18	18	0.21	0.20	0.21	0.18
18	114764	VSA/BM	84.6	0.12	-	-	-	266	69	1.22	1.17	1.23	1.07
19	114968	SAP	11.0	0.02	11.00	0.07	0.02	3	3	0.16	0.15	0.16	0.14
20	115066	VSA/BPQ	387.4	0.53	14.36	0.22	0.02	13	11				4.89
21	115105	VSA/SAP	14.0	0.02	7.00	0.05	0.01	45	32	0.20	0.19	0.20	0.18
22	115244	BPQ	9.2	0.01	-	-	-	17	17	0.13	0.13	0.13	0.12
23	115253	VSA/BQ	3.5	0.00	3.45	0.24	0.005	1	1	0.05	0.05	0.05	0.04
24	115303	VSA/SAP	82.7	0.11	11.55	0.08	0.02	8	6	1.20	1.15	1.20	1.04
25	115304	BPQ	11.1	0.02	-	-	-	27	20	0.16	0.15	0.16	0.14
26	115383	BPQ	6.7	0.01	-	-	-	107	42			0.10	
27	115483	VSA/BPQ	9.7	0.01	-	-	-	100	44	0.14	0.13		0.12
28	115703	VSA/SBC	3.8	0.01	-	-	-	26	23	0.05	0.05	0.05	0.05

29	115755	VSA/SBC	4.1	0.01	0.58	0.02	0.001	3	3		0.06		
30	115808	VSA/BPQ	177.7	0.24	-	-	-	121	18				2.24
31	115811	BPQ	18.6	0.03	-	-	-	200	46	0.27	0.26	0.27	0.24
32	115924	BPQ	2.5	0.003	-	-	-	171	44			0.04	
33	115955	VSA/BPQ	72.2	0.10	-	-	-	8	8	1.04	1.00	1.05	0.91
34	115979	VSA/SBC	14.9	0.02	-	-	-	160	70	0.21	0.21	0.22	0.19
35	116033	VSA/BP	12.4	0.02	-	-	-	63	26	0.18	0.17	0.18	0.16
36	116219	BQ	3.2	0.004	-	-	-	17	16	0.05	0.04	0.05	0.04
37	116281	BP	39.0	0.05	-	-	-	421	48	0.56	0.54	0.57	0.49
38	116287	VSA/SMQ	27.4	0.04	-	-	-	33	23	0.40	0.38	0.40	0.35
39	116303	VSA/SBC	27.3	0.04	0.71	0.02	0.001	52	44	0.39	0.38	0.40	0.34
40	116338	VSA/BQ	19.4	0.03	-	-	-	13	10	0.28	0.27	0.28	0.24
41	116371	VSA/SBC	19.0	0.03	-	-	-	14	14	0.28	0.26	0.28	0.24
42	116655	BP	15.7	0.02	-	-	-	165	42	0.23	0.22	0.23	0.20
43	116765	VSA/BP	30.2	0.04	-	-	-	55	14			0.44	
44	116871	VSa/SBC	3.7	0.01	-	-	-	38	25	0.05	0.05	0.05	0.05

45	116929	VSa/SBC	27.3	0.04	-	-	-	40	34	0.39	0.38	0.40	0.34
46	116993	VSA/SBC	9.4	0.01	-	-	-	1	1				0.12
47	117065	BPQ	36.5	0.05	-	-	-	386	21	0.53	0.51		
48	117078	SAP	571.9	0.78	-	-	-	905	129	8.27	7.94	8.31	7.21
49	117197	VSA/SBC	11.2	0.02	-	-	-	63	35	0.16	0.16	0.16	0.14
50	117303	VSA/BPQ	61.9	0.08	-	-	-	33	12	0.90	0.86	0.90	0.78
51	117822	BQ	23.8	0.03	-	-	-	177	64	0.34	0.33	0.35	0.30
52	118093	VSA/BM	178.6	0.24	18.55	0.30	0.03	67	53	2.58	2.48	2.59	2.25
53	118175	VSA/BPQ	5.3	0.01	-	-	-	13	13	0.08	0.07	0.08	0.07
54	118582	VSA/BQ	6.2	0.01	-	-	-	16	16	0.09	0.09	0.09	0.08
55	118651	VSA/SMS	32.2	0.04	32.24	6.29	0.04	14	11	0.47	0.45	0.47	
56	118665	SAP	43.2	0.06	-	-	-	130	61	0.62	0.60	0.63	0.54
57	118674	VSA/BP	41.0	0.06	-	-	-	18	18				0.52
58	118683	BPQ	45.6	0.06	45.63	0.69	0.06	52	21	0.66	0.63	0.66	0.58
59	118778	VSA/SMQ	50.5	0.07	50.52	4.38	0.07	7	5				0.64
60	118867	VSA/SAP	18.1	0.02	-	-	-	57	38	0.26	0.25	0.26	0.23

61	118994	VSA/BPQ	4.2	0.01	4.16	0.06	0.01	1	1		0.06	0.06	
62	119260	VSA/BP	9.6	0.01	9.60	0.31	0.01	28	23	0.14	0.13	0.14	0.12
63	119311	VSA/BP	4.6	0.01	4.62	0.15	0.01	15	8			0.07	
64	119323	VSA/BQ	15.7	0.02	-	-	-	32	21	0.23	0.22	0.23	0.20
65	119371	VSA/BP	13.6	0.02	13.62	0.43	0.02	36	15	0.20	0.19		0.17
66	119377	VSA/BPQ	13.1	0.02	8.03	0.13	0.01	124	46	0.19	0.18	0.19	0.17
67	119450	VSA/BPQ	7.1	0.01	-	-	-	20	20	0.10	0.10	0.10	0.09
68	119476	VSA/BQ	138.2	0.19	-	-	-	79	37	2.00	1.92	2.01	1.74
69	119502	BM	7.7	0.01	7.43	0.12	0.01	13	13	0.11	0.11	0.11	
70	119589	VSA/SBC	10.9	0.01	-	-	-	2	2	0.16	0.15	0.16	0.14
71	119687	VSA/SBC	55.0	0.07	-	-	-	4	4	0.79	0.76	0.80	0.69
72	119809	VSA/BP	12.0	0.02	12.04	0.38	0.02	5	4	0.17	0.17	0.17	0.15
73	120314	VSA/SBC	23.2	0.03	-	-	-	2	2	0.34	0.32	0.34	0.29
74	120424	VSA/SMS	27.1	0.04	-	-	-	3	3				0.34
75	120467	VSA/BM	31.3	0.04	31.28	0.51	0.04	92	58	0.45	0.43	0.45	0.39
76	120541	BM	100.0	0.14	78.67	1.29	0.11	61	45	1.45	1.39	1.45	1.26

<b>77</b>	120677	VSA/SMQ	34.4	0.05	-	-	-	1	1	0.50		0.50	
<b>78</b>	120734	BM	67.5	0.09	65.40	1.07	0.09	164	84	0.98	0.94	0.98	0.85
<b>79</b>	120978	VSA/BP	22.1	0.03	-	-	-	45	27	0.32	0.31	0.32	0.28
<b>80</b>	121056	BM	305.0	0.42	265.47	4.34	0.36	987	142	4.41	4.23	4.43	3.85
<b>81</b>	121287	VSA/BM	76.5	0.10	42.08	0.69	0.06	104	69	1.11	1.06	1.11	0.96
<b>82</b>	121303	VSA/BM	124.1	0.17	49.96	0.82	0.07	23	22				1.57
<b>83</b>	121319	SBC	4.0	0.01	-	-	-	1	1	0.06		0.06	
<b>84</b>	121430	VSA/SAP	210.7	0.29	58.03	0.38	0.08	19	19	3.05	2.92	3.06	2.66
<b>85</b>	121474	VSA/BM	23.7	0.03	23.73	0.39	0.03	97	54	0.34	0.33	0.34	0.30
<b>86</b>	121498	BM	128.1	0.17	58.32	0.95	0.08	103	53	1.85	1.78	1.86	1.62
<b>87</b>	121504	VSA/BPQ	17.2	0.02	-	-	-	3	3	0.25			
<b>88</b>	121568	BA	11.3	0.02	11.29	47.42	0.02	41	30	0.16	0.16	0.16	
<b>89</b>	121645	VSA/SAP	271.0	0.37	68.87	0.45	0.09	12	9	3.92	3.76	3.94	3.42
<b>90</b>	121899	BM	44.7	0.06	34.65	0.57	0.05	1	1	0.65	0.62	0.65	0.56
<b>91</b>	122157	VSA/VM	5.5	0.01	-	-	-	2	2	0.08	0.08	0.08	0.07

### Apéndice 3. Explicación de los contenidos en el disco

En este trabajo se adjunta un CD con información perteneciente a la formulación de los algoritmos utilizados para la optimización aplicada en esta tesis. Asimismo se presentan las capas de información realizadas a partir de las bases de datos empleadas en formato *shapefile*. Se presentan las matrices binarias de presencia-ausencia en formato de hoja de cálculo en *Excel* para cada una de las bases de datos, por separado y en conjunto. Se incluye también la lista de especies en formato de documento de texto. Los nombres de los archivos incluidos en el CD se muestran en la siguiente Tabla:

Nombre el archivo	Programa requerido para abrirlo	Breve descripción
PolygonOptWithLingoANP.nb	<i>Mathematica</i>	Prepara el archivo de entrada para LINGO, para minimizar el número de polígonos, incluyendo áreas naturales protegidas en caso de soluciones alternas
**ASÍ PARA TODOS LOS ARCHIVOS		

Con los archivos en el CD se pueden generar las soluciones que en este trabajo se muestran. Observe que en LINGO 13 existe una opción para restringir las variables de nunca ser negativas. Por esta razón no se incluyo explícitamente esta indicación para cada variable en el código generado por *Mathematica*. Para revisar o seleccionar esta restricción en LINGO, se tiene que seguir en la ventana inicial de la siguiente manera: "LINGO"→"Options"→ "General solver", donde se tiene que seleccionar "Variables assumed non-negative".