



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE PUEBLA**

---

---

**ESCUELA DE BIOLOGÍA**

*Efecto del cambio climático en la distribución  
geográfica de árboles de bosque de niebla en la parte  
centro de México: Hidalgo, Puebla y Veracruz*

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

*Miriam Reyes Ortiz*

**DIRECTOR DE TESIS**

*Dr. Daniel Jiménez García*



Mayo, 2015

## **Agradecimientos**

A mis profesores que por sus enseñanzas durante la carrera me brindaron las herramientas base y fomentaron mi interés por la biología y por la investigación.

A mi tutor el Doctor Daniel Jiménez García por el apoyo, revisión y dirección en la realización del trabajo, por sus enseñanzas, paciencia, confianza y por la amistad brindada. Gracias Dani.

A mis revisores Dra. Sombra Patricia Rivas Arancibia y Dr. César Antonio Sandoval Ruiz por sus comentarios y aportaciones realizadas a mi trabajo.

A mi familia que de manera directa o indirecta siempre están presentes en mi desarrollo personal y académico. A mis abuelos que en todo momento nos han apoyado y a mi tío Eduardo que ha sido y es motivación de seguir adelante.

A mi mamá que con su fuerza, valentía, paciencia y apoyo incondicional me han permitido continuar y cumplir mis metas. Gracias por enseñarme a ser perseverante y a hacer las cosas lo mejor posible. A mis hermanos Sergio y Sarahi por su ayuda y cariño. ¡Siempre adelante! Muchas gracias.

A mis compañeros de laboratorio por la ayuda y amistad brindada. Al grupo INEEBIO que me permitió conocer personas muy especiales. Gracias chicos.

A todos mis amigos que durante estos años han dejado huella en mi vida, compartido momentos, alegrías y tristezas. Gracias a todas (os) por la amistad que hemos compartido, por escucharme y apoyarme cuando lo he necesitado. Gaby, Ángeles, Diana, Laura, Ismael, Andrea, Salo, Angie, Margarita, gracias por su amistad.

## Índice

Resumen .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. ANTECEDENTES .....	6
3. JUSTIFICACIÓN .....	11
4. HIPÓTESIS .....	12
5. OBJETIVOS .....	12
6. METODOLOGÍA .....	13
6.2 Datos de presencia .....	16
6.3 Variables ambientales .....	17
6.4 Modelos de nicho ecológico .....	20
6.5 Validación del modelo .....	21
6.6 Mapas de presencia .....	22
6.7 Diversidad Alfa .....	22
6.8 Análisis estadístico .....	23
7. RESULTADOS .....	24
7.1 Especies arbóreas y fragmentos de bosque de niebla .....	24
7.2 Modelos de nicho ecológico y diversidad alfa .....	24
7.3 Diversidad promedio por fragmento .....	26
7.4 Ganancia y pérdida de riqueza .....	42
7.5 Arreglo espacial .....	46
7.6 Comparaciones por entidad federativa .....	53
8. DISCUSIÓN .....	56
9. CONCLUSIÓN .....	67
10. BIBLIOGRAFÍA .....	69
ANEXO 1. Listado de especies arbóreas reportadas en los Bosques Mesófilos de Montaña de la Zona Centro de México .....	77

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Fragmentos de Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) que constituyen la zona centro de México .....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. Riqueza potencial espacial.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3. Diversidad alfa bajo el escenario A1 para el estado de Hidalgo.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4. Diversidad alfa bajo el escenario A2 para el estado de Hidalgo.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 5. Diversidad alfa bajo el escenario B1 para el estado de Hidalgo.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6. Diversidad alfa bajo el escenario B2 para el estado de Hidalgo.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 7. Diversidad alfa bajo el escenario A1 para el estado de Veracruz. ....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8. Diversidad alfa bajo el escenario A2 para el estado de Veracruz. ....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9. Diversidad alfa bajo el escenario B1 para el estado de Veracruz. ....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10. Diversidad alfa bajo el escenario B2 para el estado de Veracruz.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 11. Diversidad alfa bajo el escenario A1 para el estado de Puebla.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12. Diversidad alfa bajo e escenario A2 para el estado de Puebla. ....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 13. Diversidad alfa bajo el escenario B1 para el estado de Puebla.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 14. Diversidad alfa bajo el escenario B2 para el estado de Puebla.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 15. Comportamiento de la diversidad promedio bajo los horizontes de tiempo..</i>	<i>40</i>
<i>Figura 16. Análisis clúster de mínima distancia bajo el escenario A1.. ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 17. Análisis clúster de mínima distancia bajo el escenario A2. ....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 18. Análisis clúster de mínima distancia bajo el escenario B1.. ....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 19. Análisis clúster de mínima distancia bajo el escenario B2.. ....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 20. Agrupación de fragmentos bajo escenarios climáticos A1 y A2. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 21. Agrupación de fragmentos bajo escenarios climáticos B1 y B2. ....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 22. Diversidad arbórea promedio por entidad bajo el escenario climático A1 y A2. .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 23. Diversidad arbórea promedio por entidad bajo el escenario climático B1 y B2. .....</i>	<i>56</i>

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Variables bioclimáticas derivadas de temperatura y precipitación.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 2. Descripción de los escenarios del SRES.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3. Proporción de fragmentos respecto a su diversidad promedio.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 4. Fragmentos con mayor incremento de especies para los respectivos escenarios de cambio climático.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5. Fragmentos con mayor pérdida de especies para los respectivos escenarios de cambio climático. ....</i>	<i>45</i>

## Resumen

Los bosques de niebla albergan gran biodiversidad, desempeñan un papel importante hidrológico y son uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático. Los modelos de nicho ecológico permiten simular y predecir tales efectos a diferentes escalas espaciales y temporales sobre la biodiversidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del cambio climático en la distribución y riqueza de especies arbóreas de los bosques de niebla de Hidalgo, Puebla y Veracruz. Los modelos fueron alimentados con registros de ocurrencia de 108 especies y 19 variables bioclimáticas de Worldclim para diferentes horizontes de tiempo (2020, 2050 y 2080) y escenarios climáticos (A1, A2, B1 y B2), usando el modelo acoplado CGCM2. Se realizaron prospecciones para determinar la diversidad alfa en 102 fragmentos de bosque. Los resultados indican que en todos los momentos temporales cinco y dos fragmentos mantuvieron la mayor y menor riqueza respectivamente. No encontrando relación entre el tamaño del fragmento y la riqueza observada ( $r=-0.019927$ ,  $p=-0.896911$ ). Las diversidades promedio y los incrementos de especies respecto al presente fueron favorecidas bajo escenarios regionales (B2, A2) contrario a escenarios globales (A1, B1), presentando menores riquezas y altos descensos de especies. Existen diferencias significativas en relación a la diversidad promedio entre los estados, siendo Veracruz el que presenta una mayor diversidad a lo largo de los diferentes horizontes de tiempo. El bosque de niebla del centro de México se verá más afectado para el año 2050 independientemente del escenario climático. La zona noreste de Hidalgo alberga remanentes que pueden ser considerados prioritarios para su manejo y conservación ya que su riqueza se ve favorecida ante cambio climático.

Palabras clave: Diversidad, Modelos de Nicho Ecológico, Fragmentación, Clima, Descensos e Incrementos de Especies, Conservación.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema climático global es un complejo constante de variabilidad de la atmósfera, siendo el sol su fuente principal de energía. La absorción solar y su posterior distribución se dan de manera heterogénea y diferencial en la biosfera terrestre, identificando patrones regionales y locales de condiciones climáticas. La alteración de la temperatura atmosférica genera cambios en la dinámica de la misma y, por tanto, modifica los patrones de circulación atmósfera-océano de estos sistemas (Villers y Trejo, 2004). Grandes manifestaciones climáticas se han reflejado en nuestro planeta, como calentamientos y enfriamientos desencadenándose de manera natural a través de miles de años. En décadas recientes estos cambios en el clima han sido causados principalmente por el aumento de gases de efecto invernadero, debido a las actividades humanas como la utilización de combustibles fósiles y, en menor medida a las variaciones de la cubierta terrestre y a la radiación solar; ocasionando serios impactos en los sistemas naturales y humanos a una escala de tiempo mucho más cortos, hablando así de un incremento antropogénico de efecto invernadero, y su correspondiente efecto en el clima denominado cambio climático global antropogénico actual (Garduño, 2004; IPCC 2007).

El cambio climático es definido por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) como un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de las propiedades climáticas, debido a causas naturales como a la actividad humana, cifrado en decenios o en periodos más largos comparables. Por su parte La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) utiliza el término sólo para referirse a cambios por causas humanas que se suma a la variabilidad climática natural observada. De manera general, Magaña y Gómez-Mendoza (2011) llaman cambio climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a nivel global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo sobre todo en temperatura y precipitación.

Los ecosistemas están sujetos a diferentes presiones tanto bióticas como abióticas, en donde el cambio climático se añade como un factor más que puede hacer

cambios o poner en peligro la existencia de dichos sistemas (IPCC, 2002; Villers y Trejo, 2004). Estos cambios podrán reflejarse en la distribución, la diversidad y los servicios ambientales que generan (Magaña y Gómez-Mendoza, 2011). Se ha registrado que las especies con rangos climáticos limitados y/o hábitats restringidos son más susceptibles al aumento de la temperatura (Bruijnzeel y Hamilton, 2001; IPCC, 2002). Las comunidades montañosas están integradas por especies que, debido a su aislamiento geográfico, rango altitudinal estrecho, y adaptaciones ambientales únicas, son potencialmente los hábitats más amenazadas bajo un escenario de cambio climático (Foster, 2001). Tal es el caso de los bosques de niebla, donde crecientes estudios en la modelación de los impactos del calentamiento global señalan que se trata de un sistema particularmente sensible y vulnerable (Still *et al.*, 1999; Foster, 2001; Téllez-Valdés *et al.*, 2006; Nogués-Bravo *et al.*, 2007; González-Espinosa *et al.*, 2011; Ponce-Reyes *et al.*, 2012; Rojas-Soto *et al.*, 2012; Monterroso-Rivas *et al.*, 2013). Asimismo, diagnósticos a nivel nacional sobre las principales amenazas que ponen en riesgo la permanencia e integridad de los bosques de niebla señalan al cambio climático y efectos antrópicos como factores clave en su permanencia (CONABIO, 2010; Toledo-Aceves *et al.*, 2011).

El bosque de niebla mejor conocido en México como Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) *sensu* Rzedowski (1996) se caracteriza por la persistencia, frecuencia y estacionalidad de nubosidad a nivel de la vegetación (Aldrich *et al.*, 1997; Challenger, 1998; Foster, 2001). Su estrecha relación a ciclos regulares de formación de nubes (Still *et al.*, 1999) desencadena en una elevada precipitación pluvial efectiva, alta humedad relativa, reducida irradiación solar, así como bajas tasas de evapotranspiración y evaporación. En México el BMM es un ecosistema de transición entre las selvas húmedas y los bosques templados (CONABIO, 2010; Villaseñor, 2010; Toledo-Aceves *et al.*, 2011), teniendo una compleja historia biogeográfica (Figueroa-Rangel *et al.*, 2010). Los fragmentos pueden adoptar diferentes fisonomías (estructura y composición) dependiendo de las características ambientales presentes en cada parche (Luna *et al.*, 2001). Los climas donde prevalecen son los más cálidos entre los climas templados con una temperatura media anual entre 12 y 23 °C y una precipitación entre 1000 y 5800 mm anuales, con una típica de 2000 mm (López-Mata *et al.*, 2012). Su distribución

alcanza la zona más septentrional dentro del continente americano (Challenger, 1998; Luna *et al.*, 2001), subsistiendo comúnmente alrededor de los 1000 y 2500 msnm, aunque puede extenderse muy por debajo (600 m) o encima (3200 m) (González-Espinosa *et al.*, 2012). Con menos del 1% del territorio nacional es considerado como el ecosistema con mayor biodiversidad de flora y fauna en relación con la superficie que ocupa (Rzedowski, 1996; Challenger, 1998; CONABIO, 2010; Villaseñor, 2010, Cruz-Cárdenas *et al.*, 2012; Gual-Díaz, y Rendón-Correa, 2014). Siendo así, que más de 6790 especies de plantas vasculares han sido reportadas para este bioma, de las cuales cerca del 34.8% son endémicas (Villaseñor, 2010). La forma biológica vegetal predominante son las epífitas (32%), seguida por arbustos e hierbas (24%), árboles (18%) y los bejucos con el 2% (González-Espinosa *et al.*, 2012; Williams-Linera, 2012; Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014). En cuanto a su composición arbórea en el dosel se presentan especies de afinidad holártica mientras que en el sotobosque prevalecen especies tropicales perennifolias de afinidad neotropical (Challenger, 1998; Rzedowski, 2006).

Considerando su alta sensibilidad a los cambios causados por la fragmentación (Williams-Linera, 2012), el reemplazo de más de la mitad de su cobertura original por otros tipos de vegetación (Aldrich *et al.*, 2000), distribución discontinua y lenta regeneración hacen de ellos la zona ecológica más restringida y el ecosistema forestal más amenazado del país (Challenger, 1998; González-Espinoza *et al.*, 2011; Toledo-Aceves *et al.*, 2011), por lo tanto califican como hábitat en peligro de extinción con prioridad de conservación (Luna *et al.*, 2001; Rojas-Soto *et al.* 2012).

Por otra parte, los Modelos de Nicho Ecológico (MNE) han sido ampliamente usados para conocer la distribución actual y potencial de las especies así como para simular los efectos de cambio climático sobre estas (Téllez-Valdés *et al.*, 2006; Gómez-Mendoza y Arriaga 2007; Contreras-Medina *et al.*, 2010; Gutiérrez-Estrada, 2010; Cruz-Cárdenas *et al.*, 2012; Golicher *et al.*, 2012; Luna-Vega *et al.*, 2012; Ponce-Reyes *et al.*, 2012; Rojas-Soto *et al.*, 2012; Monterroso-Rivas *et al.*, 2013; Cruz-Leyva, 2014). A partir de ellos es posible obtener una representación geográfica de condiciones ambientales requeridas por las especies (Martínez-Meyer, 2005) y proyectar estas a

diferentes escenarios de cambio climático futuro. Actualmente la modelación predictiva de la distribución geográfica de las especies representa una herramienta importante en áreas de conservación biológica, biogeografía, evolución, ecología y manejo de vida silvestre (Peterson *et al.*, 2001; Anderson *et al.*, 2003; Araújo y Guisan, 2006; Phillips y Dudik, 2008). En materia de conservación los modelos de nicho ecológico pueden ayudar a identificar zonas potenciales a conservar y/o restaurar (Hernández *et al.*, 2006). También proporcionan conocimiento acerca de los factores climáticos que determinan los patrones de distribución de los organismos seleccionados, donde las condiciones pueden ser o no mantenidas en el futuro (Luna-Vega *et al.*, 2012). El uso de modelos de nicho ecológico es la mejor herramienta actualmente disponible para anticipar los efectos del cambio climático sobre la distribución de especies (Martínez-Meyer, 2005). Por todo lo anterior, este trabajo busca evaluar cómo el cambio climático antrópico afectará la riqueza potencial de especies arbóreas en la zona centro de México. Bajo el supuesto de que las características que rigen los diferentes escenarios de cambio climático determinarán el comportamiento de la diversidad alfa en cada relicto de bosque mesófilo de montaña.

## 2. ANTECEDENTES

Una dimensión dominante en que los efectos del cambio climático antrópico sobre los bosques templados y bosques de niebla han sido evaluados es para entender las implicaciones en la distribución geográfica potencial de especies y/o el ecosistema. En menor medida han sido empleados para determinar los efectos sobre la diversidad biológica. De manera general los estudios coinciden en señalar repercusiones y/o reducciones drásticas de estos ecosistemas bajo escenarios de cambio climático.

Still *et al.* (1999) aplicando modelos climáticos de la última máxima glaciación y escenarios de doble concentración de dióxido de carbono determinaron el comportamiento de cuatro bosques de niebla a nivel mundial, sugiriendo desplazamientos altitudinales más bajos y desplazamientos de la formación de nubes hacia altitudes mayores durante la estación seca cuando estos bosques dependen en mayor medida del contacto de neblina. Lo que implicaría aumento del índice de calor y por ende un aumento en la evapotranspiración que podrían tener implicaciones en su conservación.

Con una revisión exhaustiva de la literatura Foster (2001) analizó el efecto del cambio climático sobre diferentes elementos que determinan la presencia y establecimiento de los bosques de niebla. A medida que la tierra se calienta se espera que más humedad sea bombeada a la atmósfera, con dos probables efectos: Cambios en el valor del gradiente térmico, por consiguiente sitios de gran altitud experimentarían una mayor cantidad de calentamiento que los sitios de tierras bajas cercanas y, un cambio del régimen de la nubosidad. Lo que sugiere una sustitución de muchos bosques estrechos por ecosistemas de menor altitud así como la expulsión de bosques que residen en las cimas montañosas a la extinción.

Por su parte Nogués-Bravo *et al.* (2007) analizaron los cambios de temperatura superficial de 13 sistemas montañosos a nivel mundial en dos periodos de 30 años (2040-2069 y 2070-2099) bajo cuatro escenarios de emisiones y cinco modelos de circulación océano-atmósfera. De manera general encontraron aumentos de temperatura en los dos periodos. Se espera que la temperatura aumente en una

cantidad mayor en las altas montañas de latitudes septentrionales que en las situadas en zonas templadas y tropicales y prevén que la tasa de calentamiento en los sistemas montañosos pueda ser de dos a tres veces superior a la registrada durante el siglo XX.

A nivel nacional la modelación de la redistribución de los ecosistemas forestales aplicando diferentes modelos de circulación general pronostican cambios marcados en sitios ubicados a mayor altura (Villers y Trejo, 1998). Entre el 60 y 70% de los bosques templados en México se verán afectados por el cambio climático en conjunto con otros tipos de vegetación (Villers y Trejo, 2004) por lo que especies con afinidad a climas templados tenderán a reducir su representación (Villers y Trejo, 1998; Arriaga y Gómez, 2004).

Téllez-Valdés *et al.* (2006) examinaron los efectos del cambio climático sobre la conservación futura y los patrones de distribución de los bosques de niebla en el este de México usando como especie modelo a *Fagus grandifolia var. mexicana*. Con un aumento de temperatura de 2°C y una disminución de la precipitación del 20% reportan una disminución de la distribución de la especie, donde las poblaciones restantes habitarán áreas localizadas fuera de los límites de reservas circundantes. En consecuencia, sus resultados ponen de relieve la importancia de considerar los efectos de los posibles cambios climáticos futuros en la selección de áreas de conservación y la urgencia de conservar algunos remanentes de bosques de niebla existentes.

Estudio por Gómez-Mendoza y Arriaga (2007) exponen el efecto del cambio climático sobre la distribución de 17 especies arbóreas bajo dos escenarios climáticos (A1, B2). Sus resultados muestran reducción de los rangos de distribución geográfica de casi todas las especies aunque los efectos dependerán de manera individual. Las especies que presentan mayor rango de distribución geográfica no significa que sean menos vulnerables frente al cambio climático sino que el cambio en la distribución geográfica de las especies parece estar relacionado a los requerimientos climáticos de la misma especie.

Empleando técnicas paleo-ecológicas Figueroa-Rangel *et al.* (2010) reconstruyeron la dinámica temporal del bosque de niebla en la Reserva de la Biosfera

Sierra de Manantlán, Jalisco México para los últimos 1300 años. Durante este tiempo, se han producido cambios en la vegetación con una aparente expansión y disminución de bosque para los años calibrados 832-620 y 1200-832 antes del presente respectivamente. Concluyen que el cambio climático (intervalos de aridez) y eventos antropogénicos a través de la quema intencionada parecen ser los principales factores que influyen en la dinámica de este bosque.

Por otro lado Gutiérrez-Estrada (2010) analizó el efecto del cambio climático en la distribución de *Pinus ayacahuite*, *Pinus hartwegii*, *Abies hickelii*, *Quercus laurina* y *Quercus ocoteaefolia* bajo dos escenarios de emisiones y tres horizontes de tiempo. Los resultados arrojan tanto reducciones como aumentos en las probabilidades de establecimientos de las especies según sus intervalos óptimos, debido al incremento en la temperatura, a la disminución en la precipitación y la relación entre estas dos variables. Aquellas con distribuciones restringidas presentan disminuciones en sus probabilidades de establecimiento. Sin embargo, se debe de tomar en cuenta la capacidad de respuesta y adaptación a corto plazo de cada especie y otros factores que podrían estar interviniendo.

Cruz-Cárdenas *et al.* (2012) a partir de 56 covariables ambientales determinaron los requerimientos de 78 especies restringidas o casi restringidas a los bosques de niebla de México para delinear su extensión geográfica y así determinar la distribución potencial de dicho bioma. Siendo el índice de vegetación normalizada del mes de mayo, la precipitación total anual y el contenido de carbono orgánico en el suelo las covariables más significativas para la modelación. Asimismo su distribución representó el 7% del territorio mexicano, con cuatro estados de mayor superficie: Chiapas, Guerrero, Michoacán y Oaxaca.

Luna-Vega *et al.* (2012) trabajaron con dos subespecies de árboles de *Ternstroemia lineata* especie considerada preferencial de bosque mesófilo de montaña en México donde evaluaron los efectos del cambio climático analizando los patrones de distribución geográfica usando el algoritmo GARP. Los modelos ecológicos para los años 2020, 2050 y 2080 bajo escenarios de emisiones A2 y B2 representaron para ambas especies una alta contracción de más del 90%. Lo que refleja la vulnerabilidad

de estas especies que podrían no ser capaces de adaptarse a las modificaciones causadas por el cambio climático futuro.

Ponce-Reyes *et al.* (2012), evaluaron la vulnerabilidad de las reservas de bosque de niebla en México ante el cambio climático mostrando que el 68% de los bosques de niebla podría desaparecer para el año 2080, que más del 90% de bosque protegido en el presente no será climáticamente adecuado para el ecosistema para el mismo año y que alrededor del 70% de especies endémicas de vertebrados podrían dar lugar a la extinción a través de una combinación de cambio climático y pérdida de hábitat.

Por su parte Rojas-Soto *et al.* (2012), predijeron la distribución geográfica potencial del bosque de niebla en el este y sureste de México basados en modelos de nicho ecológico de especies estenotópicas (plantas y aves) bajo los escenarios A2 y B2 proyectados para el año 2050, observando una reducción de 54-76% de la comunidad vegetal, principalmente en la región norte (Sierra Madre Oriental) y en las laderas del Pacífico de Chiapas.

De manera más regional, Monterroso-Rivas *et al.* (2013) evaluaron el comportamiento futuro del bosque mesófilo de montaña en el Estado de Hidalgo, a partir del análisis de la distribución geográfica potencial de ocho especies forestales representativas, considerando escenarios de cambio climático. Encontrando que es posible que la superficie óptima de crecimiento para seis especies se reduzca, las cuales componen principalmente el estrato arbóreo alto del bosque. A partir de esto, discernen que el ecosistema puede verse seriamente afectado como consecuencia del cambio climático.

A partir del modelado de nicho ecológico y del hábitat Cruz Leyva (2014) determinó la distribución potencial del bosque de niebla en la región centro-sur de México con proyecciones futuras para los años 2050 y 2080 considerando dos modelos de circulación general y un escenario de cambio climático. Alrededor del 35% del área potencial para el BMM estaría expuesta al cambio, hacia tipos de vegetación con mayor umbral crítico a ambientes secos-cálidos. Los componentes principales ambientales y climáticos que estarían determinando la probable distribución de las especies arbóreas

serían la reducción en precipitación media anual (hasta en 5%) y el aumento de la temperatura media anual (4°C).

En cuanto a evaluaciones del efecto climático antrópico sobre riqueza potencial de especies Golicher *et al.* (2012) evaluaron la distribución actual y futura de 2000 especies arbóreas pertenecientes a los bosques Mesoamericanos. Con un incremento de 3°C en la temperatura y una disminución del 20% de la precipitación concluyen que podría conducir a una reducción de alrededor del 15% de la riqueza potencial de especies, particularmente a lo largo de los bosques de niebla de esta región. Asimismo el factor clave que establece dicha riqueza fue la longitud de la estación más seca.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los bosques de niebla o bosques mesófilos de montaña albergan una imprescindible biodiversidad biológica, contribuyendo con un alto número de especies endémicas. Asimismo, conservan una importante función hidrológica reflejándose en el mantenimiento de la capacidad de carga de los mantos acuíferos, la calidad del agua, reducción de sedimentos cuenca abajo, estabilidad del escurrimiento superficial disminuyendo el riesgo de inundaciones, entre otros. Sin embargo, su naturaleza y distribución fragmentada hacen de ellos un sistema particularmente sensible y vulnerable ante cambio climático. Donde la presencia de nubes a nivel de la vegetación y por ende una alta humedad, características vitales para el establecimiento de estos bosques se está viendo afectado por el aumento de temperatura. Efectos que pueden ser más acentuados en latitudes septentrionales superiores, región altitudinal donde se encuentran los bosques mesófilos de montaña en el país. Aunado a la sensibilidad climática, los bosques de niebla se reportan como uno de los tipos de vegetación con mayor número de especies amenazadas y en peligro de extinción, en el cuál más del 50% de sus especies arbóreas mexicanas enfrentan algún grado de amenaza. Por otro lado, han sido pocas las evaluaciones considerando la biodiversidad mexicana y los efectos del cambio climático contrastando los diferentes posibles escenarios climáticos futuros. De esta manera, estudios en términos del conocimiento de las afinidades y patrones de comportamiento de las especies con relación a sus condiciones climáticas presentes y futuras pueden tener implicaciones relevantes en aspectos de conservación y manejo.

Por lo anterior y conociendo que la zona centro de México alberga manchas de bosque de niebla con prioridad crítica y alta para su conservación, se busca evaluar el efecto del cambio climático en la distribución geográfica de árboles en la zona centro del país bajo escenarios de cambio climático antrópico utilizando diferentes horizontes de tiempo, pudiendo ser una herramienta adicional para conocer que fragmentos pueden ser más vulnerables ante cambio climático y prioritarios para su conservación de acuerdo a la riqueza de especies arbóreas que posee cada fragmento.

#### **4. HIPÓTESIS**

El cambio climático traducido en aumentos de temperatura y variación de los regímenes pluviales influye sobre la riqueza arbórea en los bosques mesófilos de montaña en México.

Se espera que aumentos de temperatura en sinergia con disminución de la precipitación más pronunciados tengan un efecto negativo mayor sobre la diversidad arbórea en estos bosques.

#### **5. OBJETIVOS**

##### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto del cambio climático en la distribución geográfica de árboles del bosque de niebla perteneciente a la zona centro de México: Puebla, Hidalgo y Veracruz.

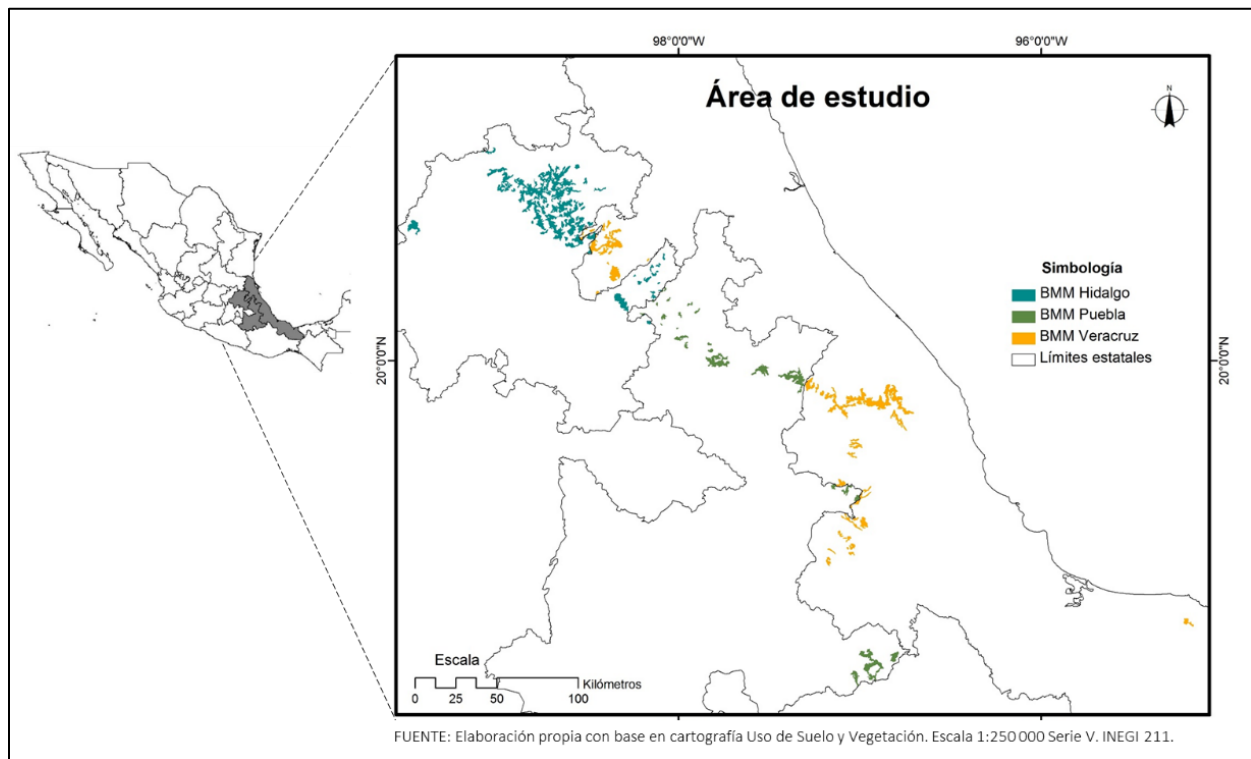
##### **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Generar un listado de especies arbóreas reportadas en los bosques de niebla para la zona centro de México: Puebla, Hidalgo y Veracruz.
- Generar modelos de distribución potencial para las especies reportadas en el bosque de niebla en la zona centro de México bajo diferentes escenarios de cambio climático y horizontes de tiempo.
- Valorar la pérdida o ganancia de especies arbóreas en cada uno de los fragmentos de bosque de niebla mediante la estimación de la diversidad alfa para cada escenario de cambio climático y horizontes de tiempo.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Área de estudio

La zona de estudio comprendió los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz, estados con presencia de bosque de niebla (Figura 1).



**Figura 1. Fragmentos de Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) que constituyen la zona centro de México.** Se aprecia que el estado de Hidalgo presenta el mayor número y continuidad de relictos boscosos.

## ***Puebla***

La entidad poblana se ubica en la parte centro-este del país con una superficie de 34 309 km<sup>2</sup> representando el 1.7% del espacio total nacional. Se caracteriza por una amplia heterogeneidad topográfica dominada por relieve montañoso y lomeríos. Alberga cuatro provincias biogeográficas: la Sierra Madre Oriental, la Llanura Costera del Golfo Norte, el Eje Neovolcánico, y la Sierra Madre del Sur. La Sierra Madre Oriental es la principal región donde se hace presente el boque mesófilo de montaña acompañado de selvas cálido-húmedas y bosques tropicales perennifolios. Su geomorfología se ve reflejada en la gran diversidad de climas resaltando los climas templados, cálidos y semicálidos y en sus unidades edafológicas contando con 21 tipos de suelo. Los tipos de vegetación mejor presentados para la entidad se encuentran distribuidos en tres grandes grupos que son los bosques, selvas y matorrales. De los cuales, la selva baja caducifolia es la mejor representada, seguida por los bosques de coníferas y el matorral xerófilo (CONABIO, 2011).

Con tan solo 2.90% de la superficie estatal se encuentra el bosque mesófilo de montaña comprendiendo una superficie aproximada de 28,831.81 has representadas en 19 remanentes de bosque (Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie V INEGI, 2011). Este tipo de vegetación se encuentra en lugares con relieve accidentado, en laderas escarpadas y cañadas protegidas contra el viento y la insolación. Comprende un rango altitudinal entre los 1200 y 2200 msnm. Las comunidades son muy densas, donde los árboles alcanzan alturas de hasta 25 m. De manera general los bosques de esta región se encuentran inmersos en una matriz de vegetación transformada, donde predominan los potreros y cafetales. Se distribuye fundamentalmente en la Sierra Norte de Puebla, y en menor medida en la en la Sierra Volcánica perteneciente al Pico de Orizaba-Cofre Perote y al sur-este del estado colindando con Oaxaca. (CONABIO, 2010, 2011).

## **Veracruz**

Localizado en la parte este de la República Mexicana, abarca una superficie de 72 410 km<sup>2</sup> equivalente al 3.8% del territorio del país con un amplio litoral. Posee seis de las catorce provincias de México, con un ancho intervalo altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 5600 msnm. En él se encuentran prácticamente todos los tipos climáticos presentes en el país, a excepción del clima muy árido (BW). Asimismo 16 de los 25 grupos de suelo se ubican en la entidad. Lo anterior ha promovido una gran diversidad de tipos de vegetación con una de las más altas riquezas florísticas del país, contenida en 19 tipos de vegetación *sensu* Miranda y Hernández X. (1963). En las zonas montañosas de Veracruz se desarrollan los patrones climáticos, geológicos y geomorfológicos más complejos de todo el estado, por lo que es probable encontrar en ellas una importante biodiversidad.

El bosque mesófilo de montaña se presenta en el centro del estado bajo un clima húmedo de altura. Con un límite altitudinal inferior de 900 msnm y superior alrededor de 2300 msnm. Se presenta una precipitación anual total entre los 1500 y 2000 mm con una temperatura media anual alrededor de 18°C (Williams-Linera, 2012). Cubre un área aproximada 66 539.45 has contenida en 40 fragmentos de bosque (INEGI, 2011). Fisionómicamente el bosque es denso, con elementos arbóreos tanto perennifolios como caducifolios, dominando los segundos. Las áreas mejor conservadas son la Sierra de Santa Martha en la Región de los Tuxtlas, La Cortadura en las faldas del Cofre de Perote y la cima de la Sierra de Otontepec. Las tres áreas que caracterizan bien a este tipo de vegetación, tienen historias biogeográficas diferentes existiendo un recambio de especies que las hace particularmente complementarias y más interesantes desde el punto biológico (Castillo-Campos *et al.*, 2011).

## **Hidalgo**

El estado de Hidalgo tiene una extensión de 20 813 Km<sup>2</sup>, representando 1.1% de la superficie del país. Forma parte de las provincias Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y la Llanura Costera del Golfo Norte. Se distinguen tres zonas climáticas: la cálida y semicálida de la Huasteca Hidalguense; zonas de climas templados (Sierra Madre Oriental) y la seca y semiseca (Eje Neovolcánico). La temperatura media anual es de 16°C con una mínima del mes más frío de alrededor de 4 °C y la máxima presente en abril y mayo con un promedio de 27°C. La precipitación media del estado es de 800 mm anuales (INAFED, 2010).

La entidad Hidalguense ocupa el tercer lugar con mayor superficie de bosque de niebla, después de Oaxaca y Chiapas (Ortega y Castillo, 1996; Ponce-Vargas *et al.*, 2006; Monterroso-Rivas *et al.*, 2013). Normalmente se distribuye a altitudes entre los 750 y 2400 msnm, representado en 13 municipios del estado (Luna-Vega *et al.*, 2000). Cubre una superficie de 68 438.17 has distribuido en 44 fragmentos (INEGI, 2011). El bosque mesófilo en Hidalgo es denso y puede presentar 2 o 3 estratos arbóreos. El dosel incluye especies arbóreas perennifolias y caducifolias, con una altura promedio de 10 a 20 cm, o más y un diámetro de 30 a 50 cm (Martínez-Morales, 2007).

### **6.2 Datos de presencia**

Se realizó una búsqueda en la literatura para consultar las especies arbóreas que se encuentran en los bosques de niebla de la zona centro de México: Hidalgo, Puebla y Veracruz (Anexo 1). Para obtener los registros de ocurrencia de las especies se emplearon las bases de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y La Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB). Se realizó una depuración de las bases de datos, considerando únicamente las especies con más de 30 registros de ocurrencia y sin problemas de identificación taxonómica. Después de esa depuración se obtuvo una base de datos para 108 especies arbóreas georreferenciadas restringidas y no restringidas para este tipo de vegetación.

### **6.3 Variables ambientales**

Para caracterizar las condiciones ambientales del presente de las 108 especies se usó el conjunto de 19 variables bioclimáticas (Tabla 1) predefinidas de la base de datos global de superficies climáticas Worldclim versión 1.4 con una resolución espacial aproximadamente de 1 km<sup>2</sup> (30 arc-segundos, 0.083° x 0.083°) por pixel. Estas capas corresponden a información media interpolada de los años 1950 al 2000 de las estaciones climáticas de todo el mundo (<http://www.worldclim.org>, Hijmans *et al.*, 2005). De las que derivan valores mensuales de precipitación y temperaturas promedio mínima y máxima, las cuales representan tendencias anuales y factores ambientales extremos o limitantes provenientes de modelos de circulación general océano-atmosfera. Las variables climáticas futuras fueron obtenidas del modelo climático global acoplado CGCM2 del Centro Canadiense para la Modelación y Análisis del clima (CCCma) para los años 2020, 2050, y 2080, con cuatro escenarios socioeconómicos basados principalmente en emisiones de gases de efecto invernadero A1, A2, B1 y B2 (Tabla 2), generados por el Panel Intergubernamental de cambio climático (IPCC 2001) en el Informe Especial de Escenarios de Emisiones (Special Report on Emissions Scenarios o SRES). Los escenarios del SRES consideran diferentes condiciones de desarrollo global para los próximos cien años y son, en un sentido más amplio, escenarios de estado, y crecimiento de la población y la economía. Cabe aclarar que ninguno de los escenarios futuros representa una estimación de tendencia central que conduzca todas las fuerzas o emisiones (Magaña y Graizbord, 2009).

**Tabla 1. Variables bioclimáticas derivadas de temperatura y precipitación.** Las variables climáticas representan tendencias anuales, estacionalidad y factores ambientales extremos o limitantes. Sus valores corresponden a la medias de las estaciones de 1950 a 2000. Los valores de temperatura están en °C x 10, mientras que la precipitación es medida en milímetros (Hijmans *et al.*, 2005).

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Rango promedio diario (media mensual (temp max – temp min))
BIO3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) * (100)
BIO4	Temperatura estacional (desviación estándar * 100)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Rango de temperatura anual (BIO5-BIO6)
BIO8	Temperatura promedio del trimestre más húmedo
BIO9	Temperatura promedio del trimestre más seco
BIO10	Temperatura promedio del trimestre más cálido
BIO11	Temperatura promedio del trimestre más frío
BIO12	Precipitación anual
BIO13	Precipitación del mes más húmedo
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Precipitación estacional (coeficiente de variación)
BIO16	Precipitación de trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación de trimestre más seco
BIO18	Precipitación de trimestre más cálido
BIO19	Precipitación de trimestre más frío

**Tabla 2. Descripción de los escenarios del SRES.** Se representan las cuatro líneas evolutivas que describen las fuerzas determinantes en las emisiones de gases de efecto invernadero y aerosoles, así como su evolución durante el siglo XXI en términos globales y regionales. Cada línea evolutiva representa un nivel de desarrollo divergente en cuestiones demográficas, sociales, económicas y tecnológicas (Nakicenovic *et al.*, 2000).

	<b>Dimensión global</b> <b>A1</b>	<b>Dimensión regional</b> <b>A2</b>
<b>Desarrollo económico</b>	Presenta un mundo futuro con crecimiento económico muy rápido; la población mundial llega a su punto máximo a mediados del siglo y decrece desde entonces. Se asume una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes.	Supone un mundo muy heterogéneo, con la población global en constante aumento y crecimiento económico orientado regionalmente; éste es el más lento y fragmentado que en las otras líneas evolutivas.
<b>Desarrollo ambiental</b>	<b>B1</b> Mundo convergente con los mismos patrones de población que la familia A1, pero con cambios rápidos en las estructuras económicas hacia una economía de servicios e información. Esto supone una reducción en la intensidad del uso de materiales, y la introducción de tecnologías limpias y eficientes en el uso de recursos.	<b>B2</b> Plantea un mundo en el que predominan soluciones locales para la sustentabilidad económica, social y ambiental. Asume una población en continuo crecimiento (menor al de la familia A2) y un nivel de desarrollo económico intermedio y cambio de tecnología.

#### **6.4 Modelos de nicho ecológico**

La evaluación para modelar la distribución de las especie bajo cambio climático consiste básicamente en cuatro pasos: (1) acumulación de puntos de ocurrencia georreferenciados de las especies sobre su distribución actual; (2) desarrollo de los modelos de nicho ecológico para cada especie, usando datos de ocurrencia y variables ambientales; (3) proyección regional de los desplazamientos en dimensiones geográficas y ecológicas sobre el paisaje de interés basados en los resultados de modelos de circulación general de cambio climático, y (4) modelación distribucional de los desplazamientos (Peterson *et al.*, 2001).

La tarea de un método de modelación es predecir la idoneidad del medio ambiente para las especies en función de las variables ambientales dadas, representando una modelación del nicho ecológico de las especies en las  $n$  dimensiones ambientales examinadas (Phillips *et al.*, 2006). Considerando que las especies se mueven en dos espacios: ambiental y geográfico, la modelación de nicho generalmente se enfoca al nicho fundamental, el cual se entiende como el conjunto de condiciones bajo las cuales una especie puede mantener el crecimiento de su población sin subsidios externos. Definido generalmente en dimensiones abióticas y estrictamente en dimensiones no interactivas. Dichas condiciones se manifiestan en tiempo y espacio relevante para las especies (Soberón y Peterson, 2005; Soberón, 2007; Peterson *et al.*, 2011).

Los espacios ecológicos idóneos de la o las especie(s) representados por los modelos, típicamente son proyectados en el espacio geográfico representando el área de presencia predicha para la especie. Áreas que cumplan las condiciones del nicho fundamental de una especie representan su distribución potencial, mientras que las áreas geográficas actualmente habitadas constituyen su distribución realizada (Phillips *et al.*, 2006).

Se generaron modelos de nicho ecológico a partir del software MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006; Phillips y Dudik, 2008; Elith *et al.*, 2011) versión 3.3.3k, el cual es un modelo de aprendizaje artificial que usa solo datos de presencia para predecir la

distribución de especies basada en el principio de máxima entropía, donde determina la probabilidad de ocurrencia de una especie a partir de cierto umbral de idoneidad del hábitat (Elith *et al.*, 2011). La predicción se realiza mediante la incorporación de la cantidad mínima de información como datos de entrada. Para este estudio se trabajó con el formato de salida logístico, el cual proporciona estimaciones de probabilidad de ocurrencia en un rango de 0-1. Se emplearon los valores por default configurados con 500 interacciones como máximo, un umbral de convergencia de 0.00001 y un valor de probabilidad por default de 0.5.

### **6.5 Validación del modelo**

La capacidad que tiene el modelo para representar la distribución de especies mejor que el azar fue evaluada con estimaciones independientes de umbral a partir de un análisis ROC (Receiver operating characteristic, por sus siglas en inglés) que es la representación gráfica de la capacidad discriminativa del modelo a partir de todos los puntos de corte posibles. El principal índice descriptivo de ROC es el área bajo la curva (AUC) que proporciona una medida única de rendimiento del modelo, independiente de cualquier elección particular de umbral. El área bajo la curva (AUC) es la probabilidad de que un sitio de presencia elegido al azar sea clasificado por encima de un sitio de ausencia o de transfondo (background) elegido aleatoriamente (Phillips *et al.*, 2006). Toma valores de 0.5 – 1. Cuando el valor es 0.5 se considera que el modelo no tiene valor discriminante similar a una clasificación al azar. Por el contrario si arroja valores (>0.8) se considera una buena discriminación o (>0.95) una excelente discriminación (Golicher *et al.*, 2012) en un ajuste de 1 el modelo separa presencias de ausencias, es decir, mantiene un ajuste perfecto.

## **6.6 Mapas de presencia**

Una vez generados los modelos de nicho ecológico para cada una de las especies bajo cada escenario y horizontes de tiempo fueron importados al programa Idrisi Selva (17.00). Como los mapas arrojados por maxent solo muestran la probabilidad de presencia de las especies se reclasificaron considerando los valores de umbral logístico de presencia de entrenamiento 10 percentil como valor de corte de punto óptimo (Jiménez-Valverde y Lobo 2007). A partir de estos valores se construyeron mapas booleanos que permiten representar los sitios indicativos de presencia de especie con base a las mejores condiciones del hábitat donde podrían presentarse, es decir mapas de presencia–ausencia.

## **6.7 Diversidad Alfa**

La diversidad alfa se define como la riqueza específica de especies dentro de las comunidades es decir, el número total de especies por unidad de superficie (Williams-Linera, 2012). En este caso, la diversidad presente en cada pixel reportado por fragmento de bosque de niebla. Misma que se determinó mediante la aplicación Modelador de Cambios de uso de Suelo (Land Change Modeler) del programa Idrisi Selva, la cual está orientada por una parte al análisis de la transformación acelerada del uso de suelo y por otra al análisis de la conservación de la biodiversidad.

Dentro del panel de análisis de la biodiversidad podemos producir cartografía de riqueza específica a partir de los mapas de presencia-ausencia generados anteriormente (mapas booleanos) y posteriormente extrapolar o recortar a la zona de estudio. Para ello fue necesario la distribución actual del bosque de niebla para la región centro de México obtenida del conjunto Nacional de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000 Serie V (INEGI 2011), conformada por 103 fragmentos. Permitiendo por una parte obtener la Riqueza potencial de Especies (RPE), resultado de combinar mapas de distribución potencial para múltiples especies. La cual representa el número total de especies que han sido encontradas dentro de un área con clima similar a la del o los pixeles principales de la riqueza observada (Golicher *et al.*, 2012). Representando

no sólo un número de especies sino indicando un espacio geográfico que alberga las condiciones ambientales dadas para los grupos taxonómicos modelados. Y por otra determinar la riqueza específica a nivel fragmento tanto del estado presente como en las condiciones futuras modeladas. A partir del comando EXTRACT que calcula estadísticas de resumen para un grupo de mapas, en este caso cartografía de diversidad alfa y la distribución del bosque de niebla. Este comando nos permitió la extracción de valores promedio, mínimos, máximos y el rango de la diversidad alfa antes mencionada para cada uno de los 103 fragmentos que constituyen la zona de estudio.

### **6.8 Análisis estadístico**

Para poder determinar si existe algún patrón espacial de la biodiversidad entre los diferentes fragmentos en los diferentes escenarios y periodos de tiempo, se realizó un análisis clúster. Este análisis de clasificación realiza agrupamientos considerando la menor de las distancias existentes entre los miembros más cercanos de distintos grupos (Krebs, 2014). Conforme a este agrupamiento cada remanente de bosque fue clasificado y representado en mapas cartográficos. Se aplicó el análisis estadístico Anova de un factor para determinar si existen diferencias significativas entre los fragmentos que conforman el bosque de niebla a nivel estatal en base a los valores promedio de diversidad alfa, usando el programa Statistica V 7.0.

## 7. RESULTADOS

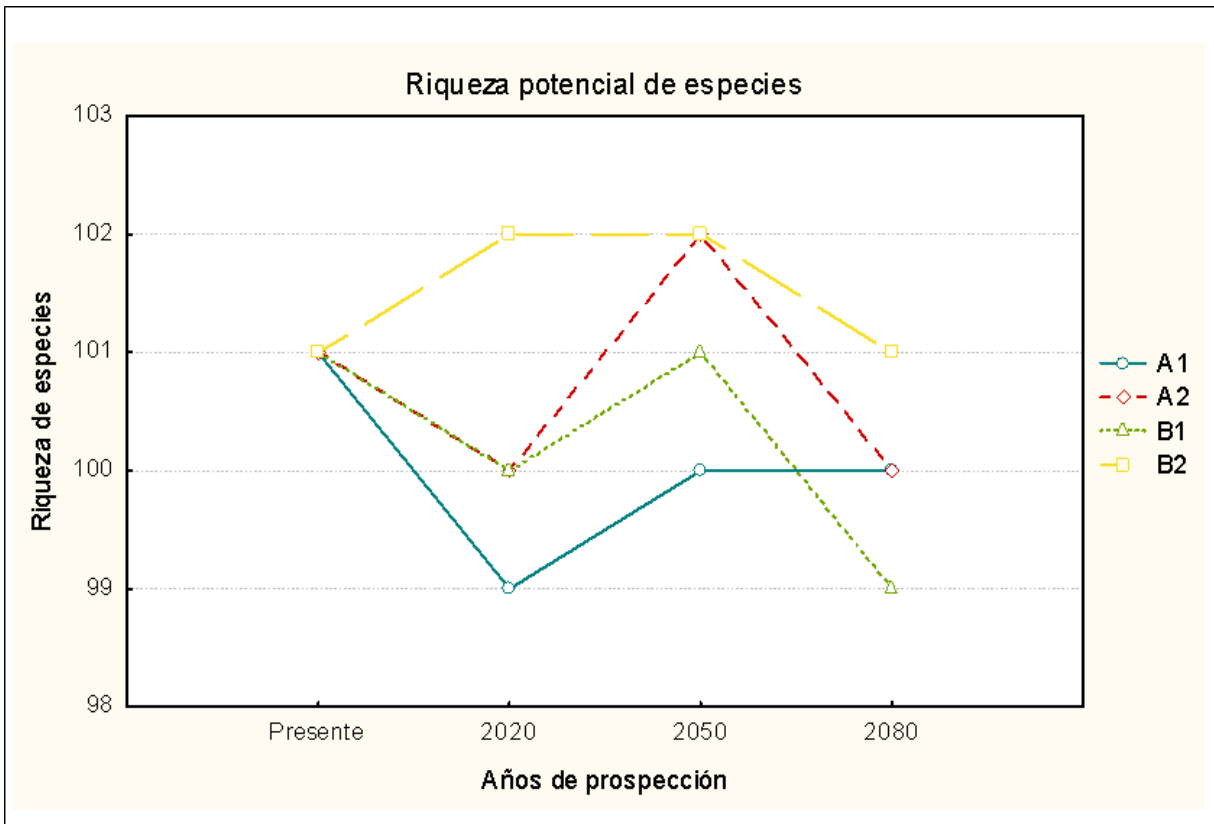
### ***7.1 Especies arbóreas y fragmentos de bosque de niebla***

Se obtuvo un registro total de 422 especies arbóreas reportadas para el bosque mesófilo de montaña en los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz. Sin embargo, a partir de las bases de datos consultadas (GBIF y REMIB), solo se alcanzaron suficientes registros de ocurrencia para 108 especies, de éstas se reportan dos exclusivas y una especialista para este tipo de vegetación así como 11 endémicas para el país (Anexo 1). La región centro de México está conformada por 103 remanentes de bosque de niebla (de los cuales sólo fueron analizados 102): 38 en Hidalgo, 27 correspondientes a Veracruz, 19 para el estado de Puebla, así como 18 fragmentos compartidos entre los estados comprendiendo un total de 163 684.37 has (Figura 1). El estado de Hidalgo albergo el fragmento de mayor dimensión mientras que la entidad poblana el de menor área.

### ***7.2 Modelos de nicho ecológico y diversidad alfa***

Se generaron 13 mapas de riqueza potencial de especies (Presente; 2020, 2050 y 2080 para los escenarios A1, A2, B1 y B2). Dicha riqueza sólo se vio favorecida bajo el escenario climático B2 comparando con el presente en el primer año de prospección (2020), mientras que los escenarios A1, A2 y B1 presentaron una pérdida entre dos y una especie respecto al presente teniendo incrementos y descensos a lo largo de los años. El número más alto de especies que coincidieron geográficamente en las zonas de mayor diversidad fueron 102, presentándose en los escenarios climáticos con dimensión regional (A2 2050, B2 2020) mientras que en los escenarios climáticos con enfoque global (A1 2020, B1 2080) concordaron el menor número de especies (Figura 2). Analizando todos los escenarios de cambio climático por horizontes de tiempo, la mayor diversidad espacialmente hablando se concentró en el año 2050, tendencia observada en todas las familias (Figura 2). En la misma figura se aprecia que el

número más bajo de especies que coincidieron geográficamente para los horizontes de tiempo 2020 y 2050 se presentaron en el escenario A1 mientras que para el año 2080 se reportó en el esquema regional B1. Por su parte las diversidades espaciales más altas durante el año 2020 y 2080 se asentaron en el escenario B2 y durante el año 2050 fue registrada bajo las familias A2 y B2.

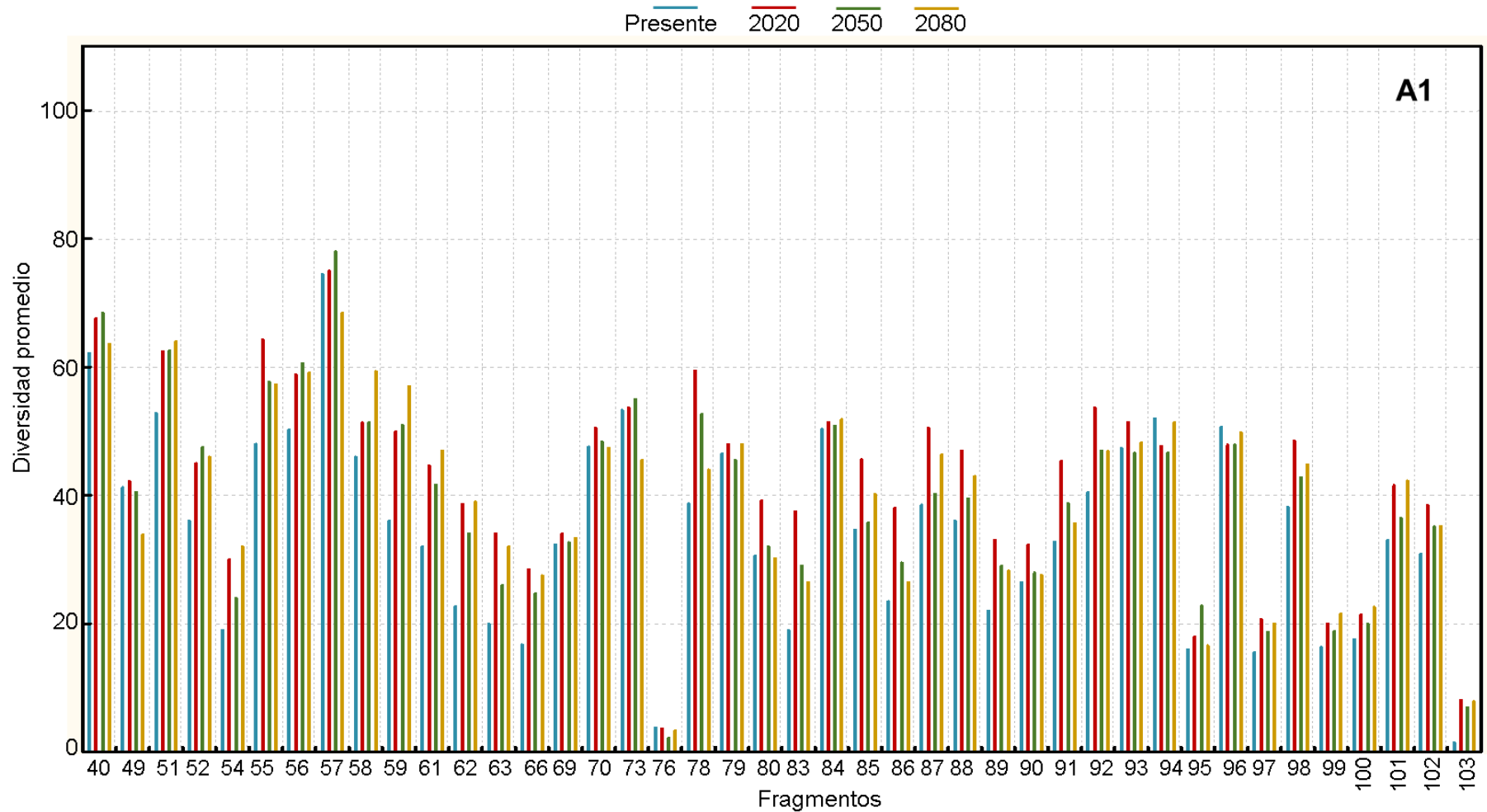


**Figura 2. Riqueza potencial de especies.** Se aprecia que bajo los escenarios de dimensión regional (A2, B2) coincidió la mayor riqueza arbórea bajo determinados horizontes de tiempo.

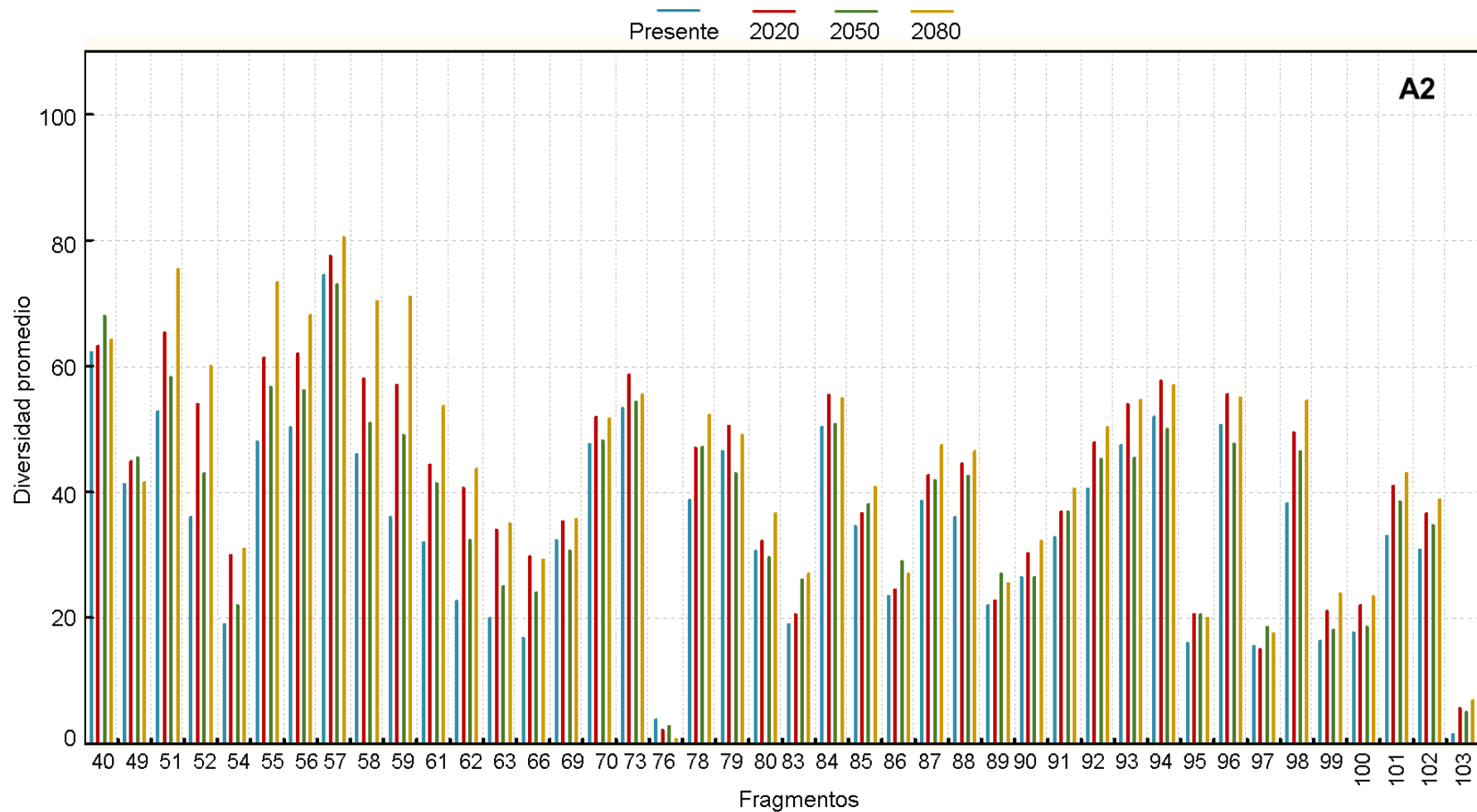
### **7.3 Diversidad promedio por fragmento**

Considerando la diversidad promedio en cada fragmento de bosque para todos los momentos temporales se observó que los remanentes ubicados en Hidalgo, pertenecientes al municipio de Zimapan (fragmento 76) y a los municipios de Pisaflores, Chapulhuacán y La Misión (fragmento 103), presentaron los valores más bajos de diversidad. Por otro lado los fragmentos 24 (Chiconquiaco, Acatlán, Tepetlán); 25 (Atzalan); 29 (Altotonga, Tenochtitlán, Tlacolulan, Tonayán, Misantla, Miahuatlán, Landero y Coss, Chiconquiaco, Yecuatla, Tepetlán, Alto Lucero de Gutiérrez Barrios); 26 (Teziutlán) y 17 (Tlaltetela, Chichiquila, Huatusco) albergaron la mayor riqueza arbórea; todos ellos pertenecientes al estado de Veracruz a excepción del fragmento 26 ubicado en Puebla y del fragmento 17 localizado entre los límites de Puebla-Veracruz (Figuras 3-14). Analizando los primeros y últimos diez remanentes en base a su riqueza Puebla e Hidalgo se ubican dentro de los menos diversos, lo que difiere de los remanentes localizados en Veracruz y entre los límites de Veracruz-Puebla.

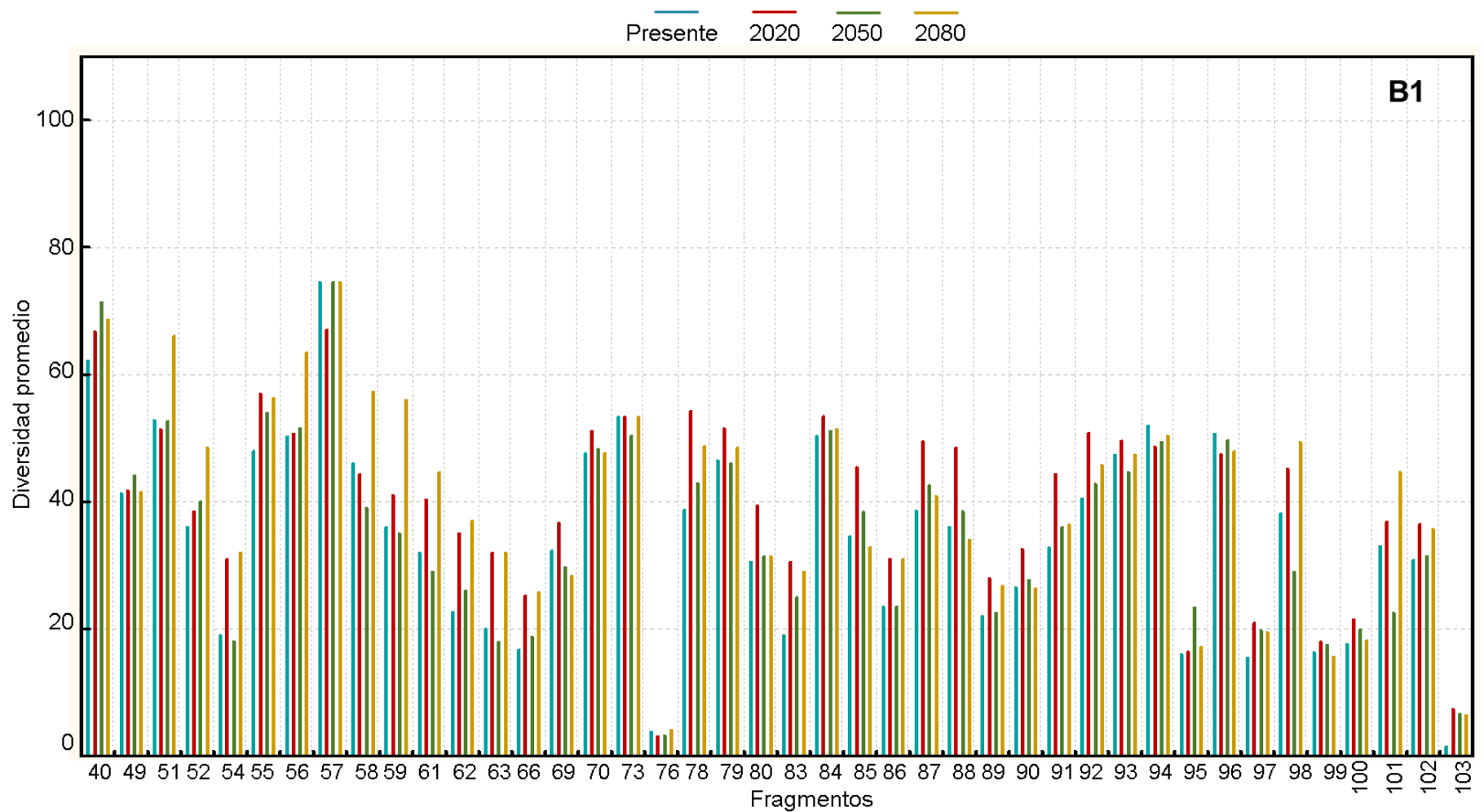
Por otro lado, no se observa alguna relación entre el tamaño del fragmento y la diversidad de árboles contenida en ellos, ya que la mayoría de remanentes de bosque de niebla con bajo número de especies no tienen las superficies más pequeñas y viceversa, los remanentes con mayor área no coinciden como los más diversos ( $r=-0.019927$ ,  $p=-0.896911$ ). Sin embargo, cabe resaltar el fragmento 29, segundo con mayor extensión y alta diversidad. La discrepancia entre superficie y número de especies también se hace presente tomando en cuenta los valores mínimos de diversidad. Aquí destaca el remanente 102 el de mayor superficie ubicado en el estado de Hidalgo que ocupó los valores más bajos de riqueza para todos los momentos temporales. El comportamiento de la diversidad promedio para dichos fragmentos se mantiene casi constante ante los diferentes escenarios sin contar con aumentos o descensos considerables de diversidad (ganancias entre 8 -1 y pérdidas máximas de 6 especies).



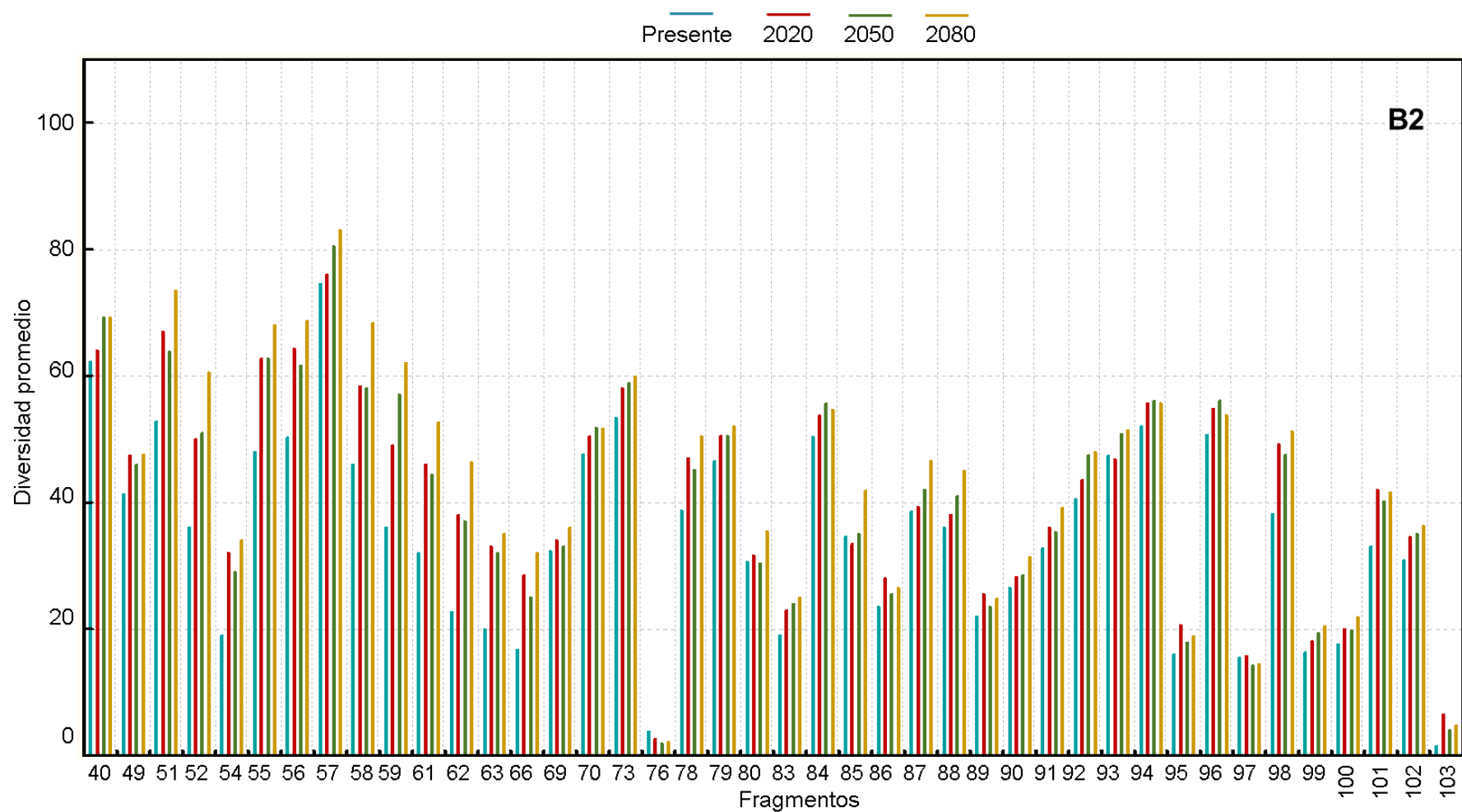
**Figura 3. Diversidad alfa bajo el escenario A1 para el estado de Hidalgo.** A pesar de la heterogeneidad a lo largo de los diferentes años de prospección se observa que los fragmentos 76 y 103 mantienen el menor número de especies, patrón mantenido en los diferentes escenarios climáticos futuros.



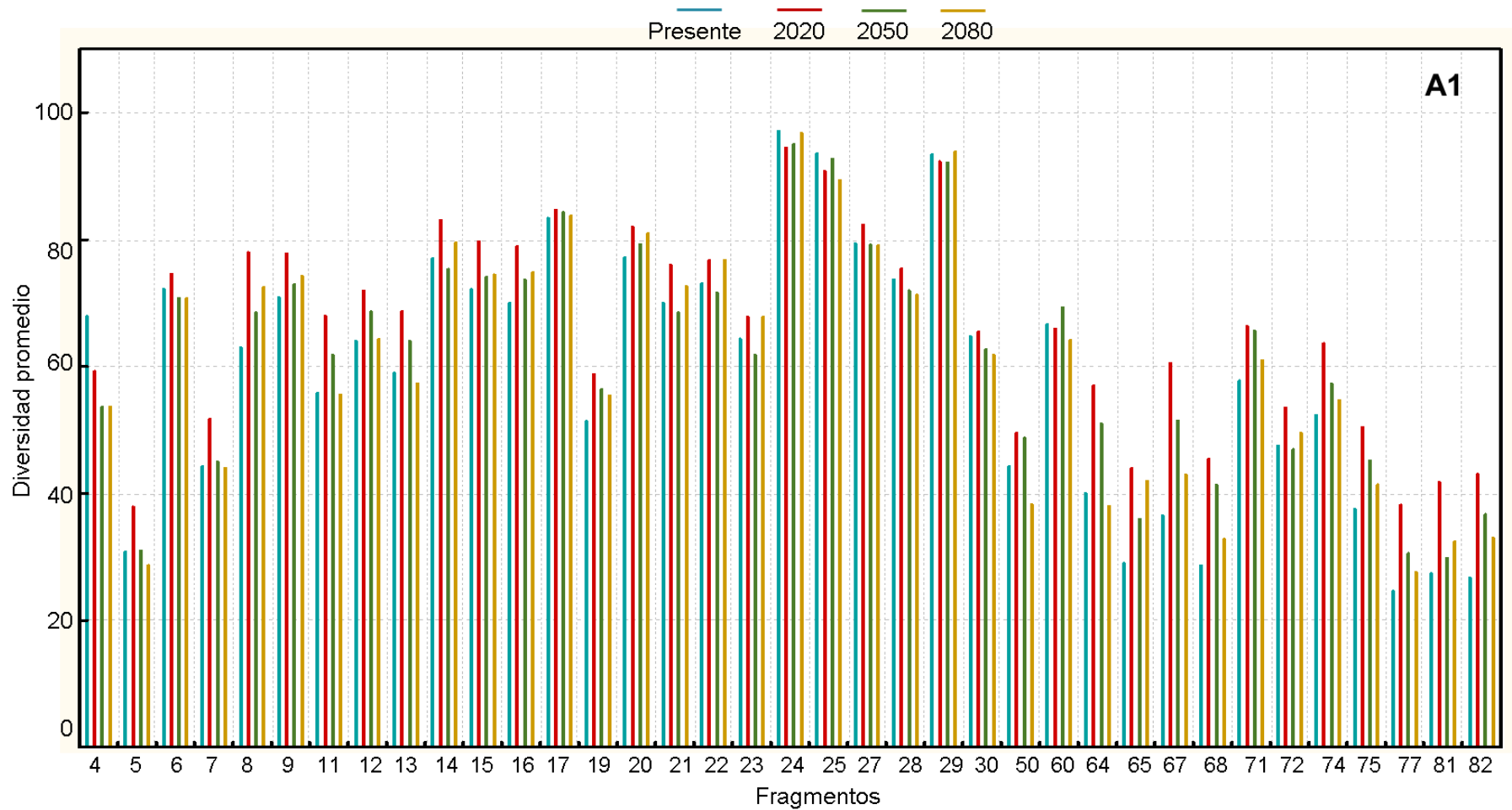
**Figura 4. Diversidad alfa bajo el escenario A2 para el estado de Hidalgo.** Se aprecia una alta proporción de fragmentos con incrementos de especies respecto al estado presente, sin embargo estos aumentos no son continuos a lo largo de los años de prospección.



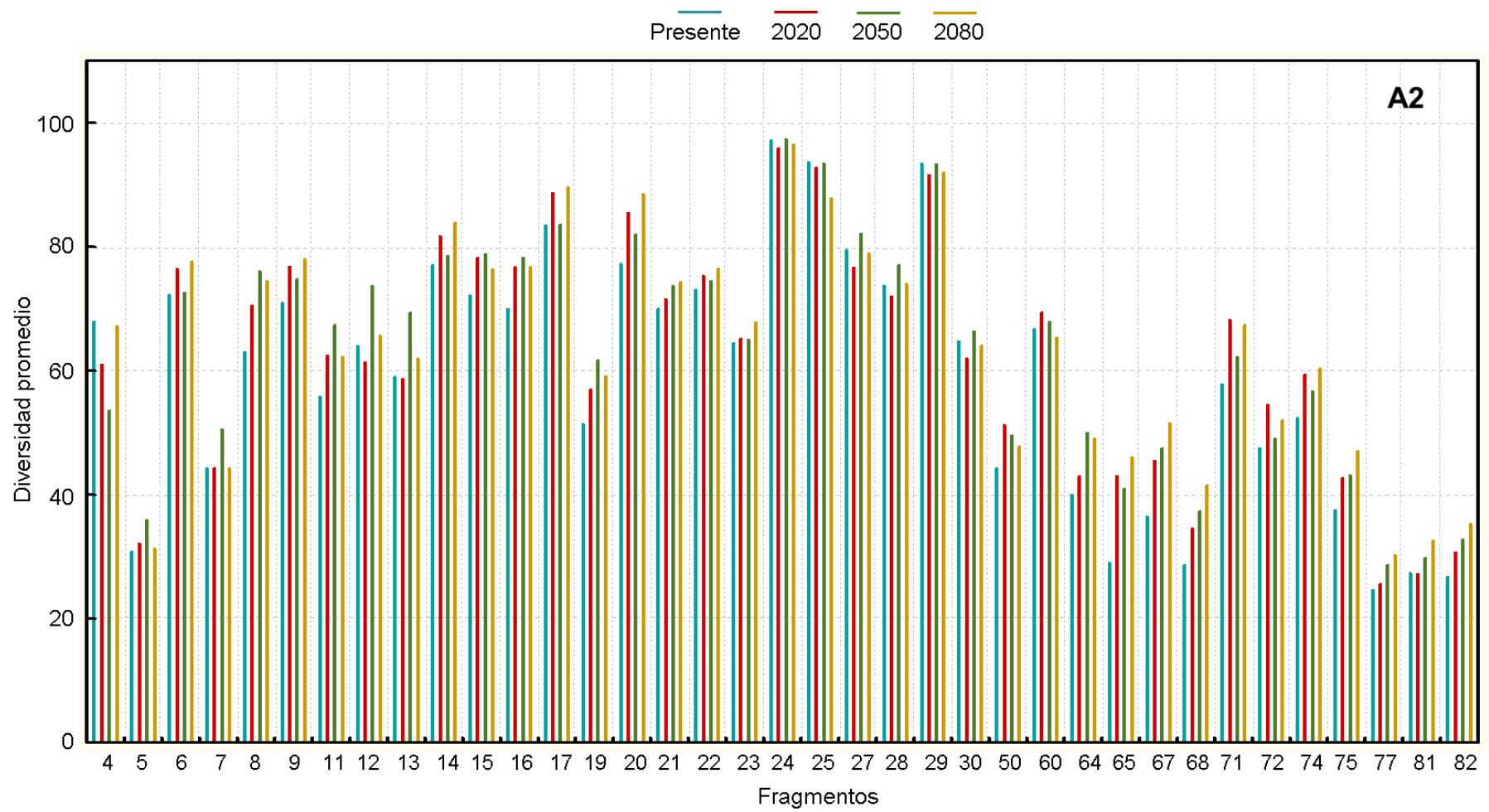
**Figura 5. Diversidad alfa bajo el escenario B1 para el estado de Hidalgo.** Respecto al estado presente se observan determinados fragmentos con aumentos de especies principalmente durante los años 2020 o 2080.



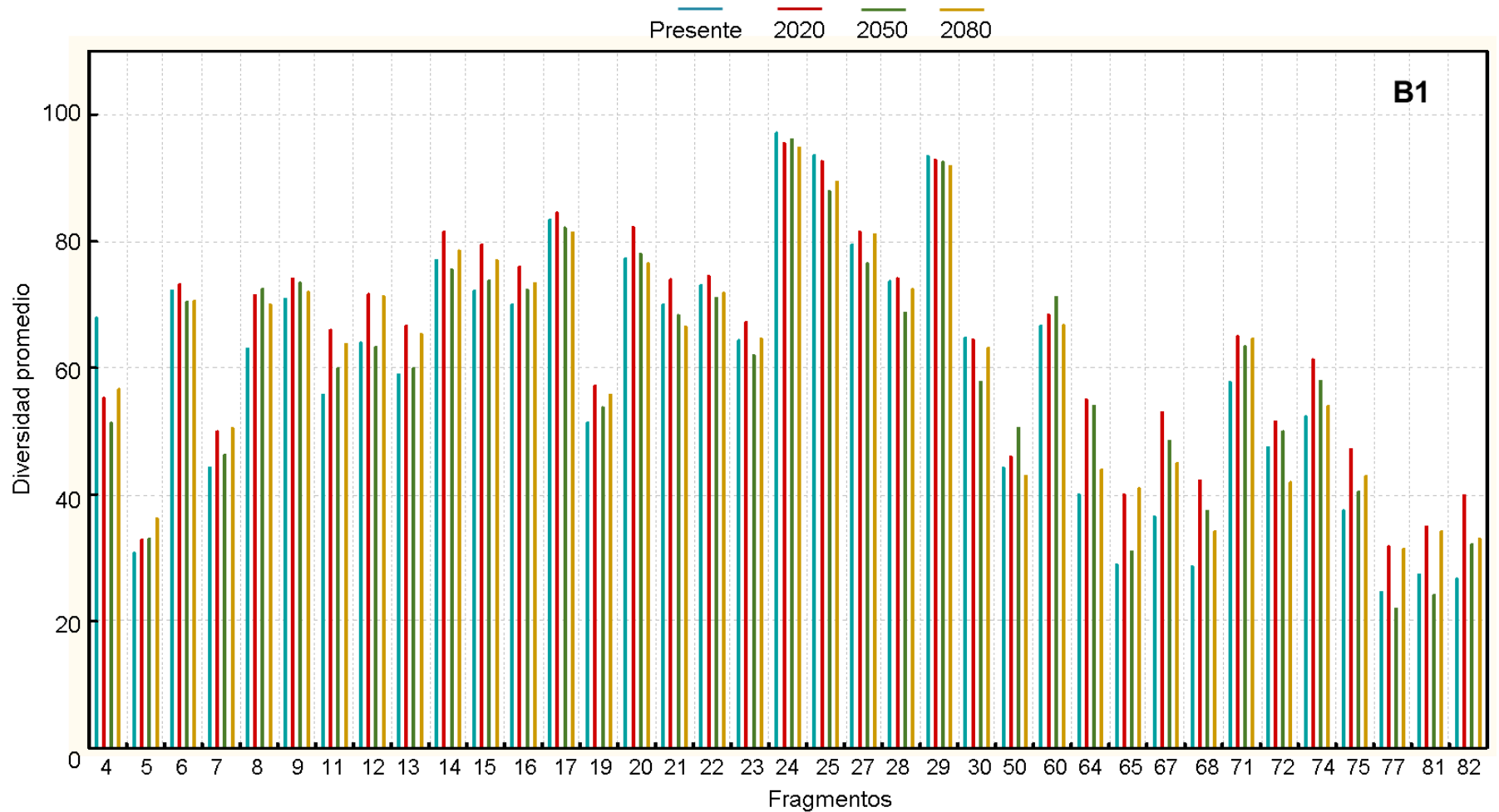
**Figura 6. Diversidad alfa bajo el escenario B2 para el estado de Hidalgo.** Durante los diferentes años de prospección se aprecia en su mayoría incrementos de especies respecto el estado presente, siendo más pronunciado para el año 2080.



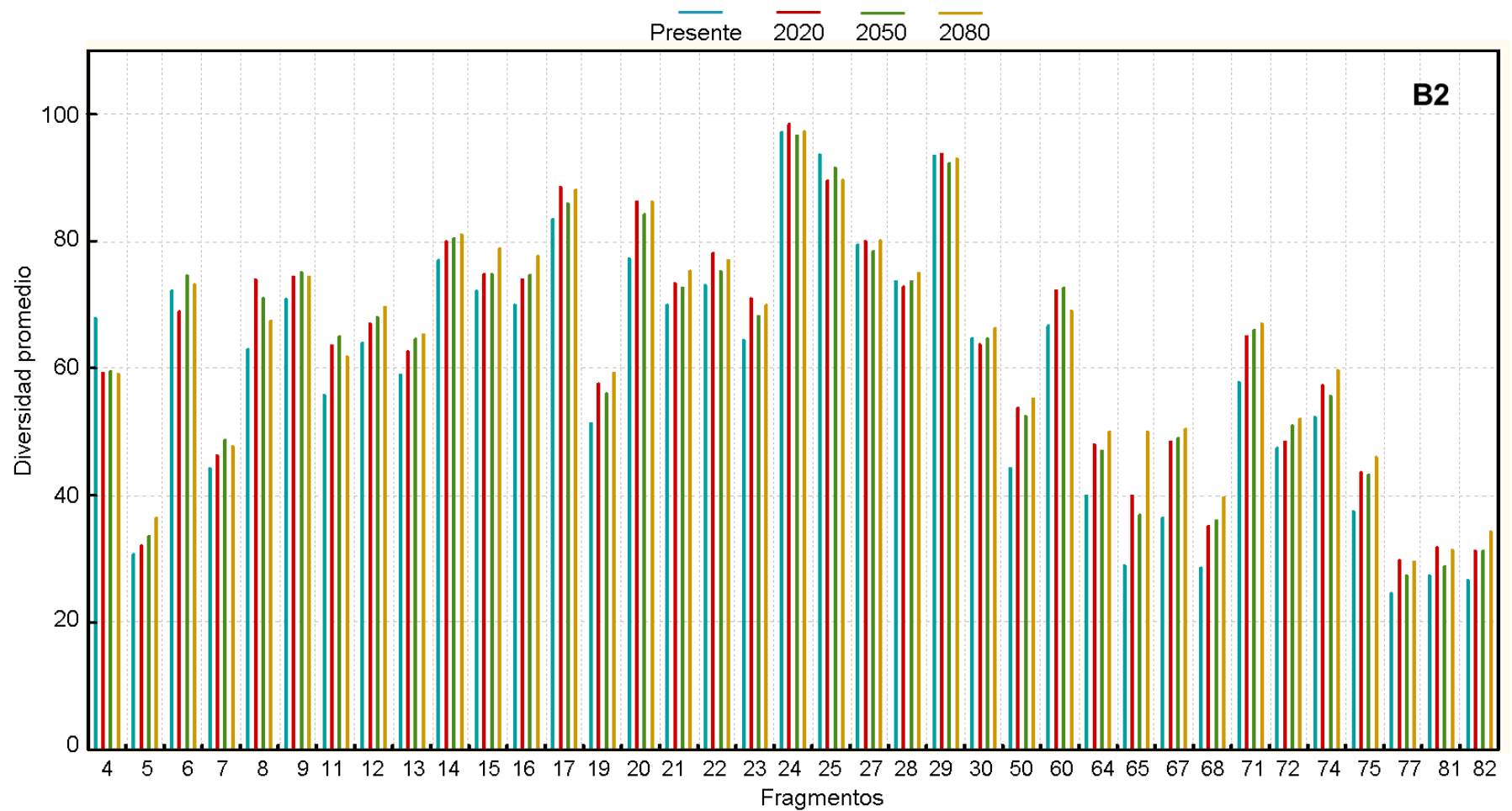
**Figura 7. Diversidad alfa bajo el escenario A1 para el estado de Veracruz.** De manera general en la mayoría de fragmentos boscosos durante el año 2020 se presentan las mayores ganancias de especies respecto al estado presente.



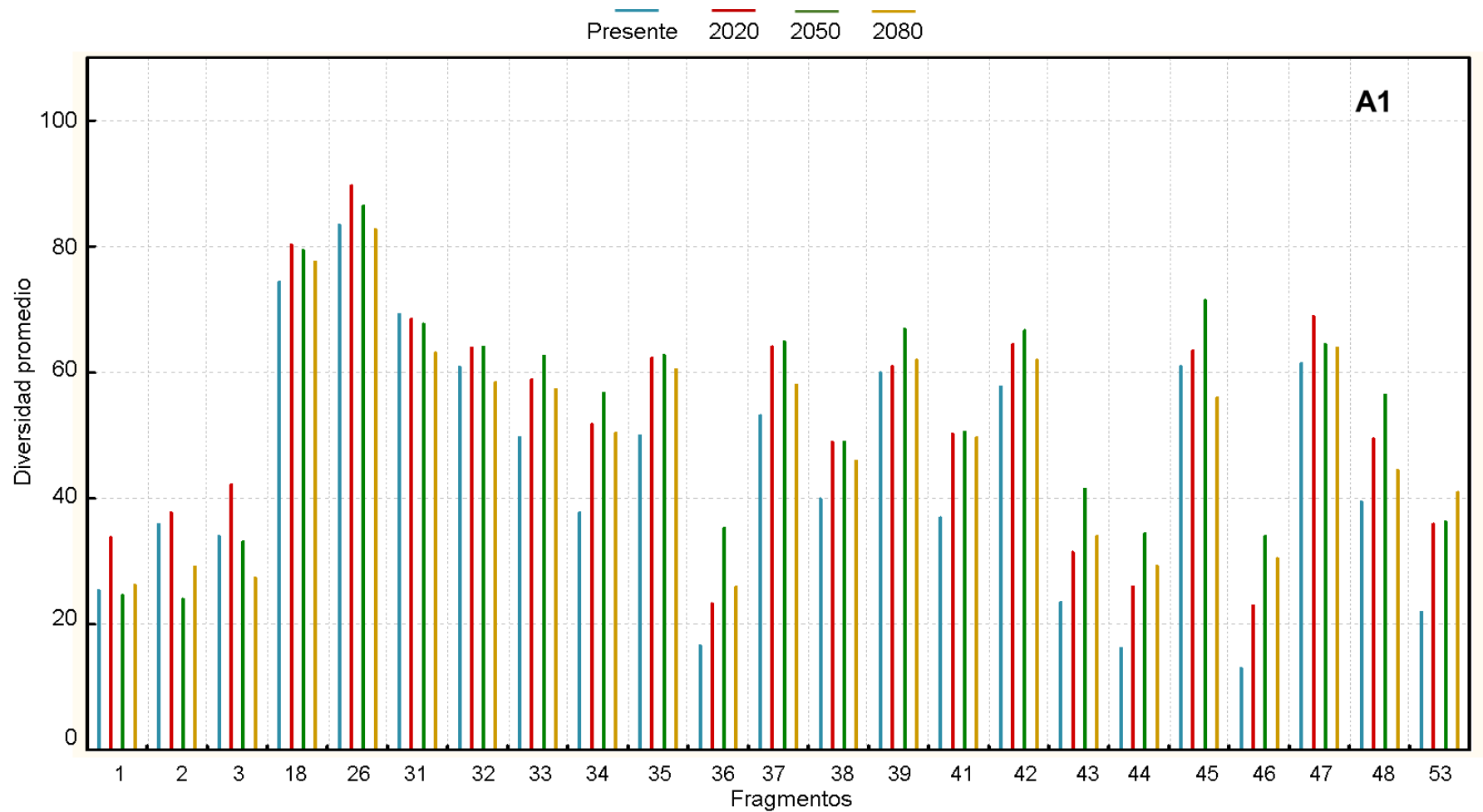
**Figura 8. Diversidad alfa bajo el escenario A2 para el estado de Veracruz.** Durante determinado escenario climático la diversidad es mantenida sin contar con considerables incrementos y/o decrementos de especies.



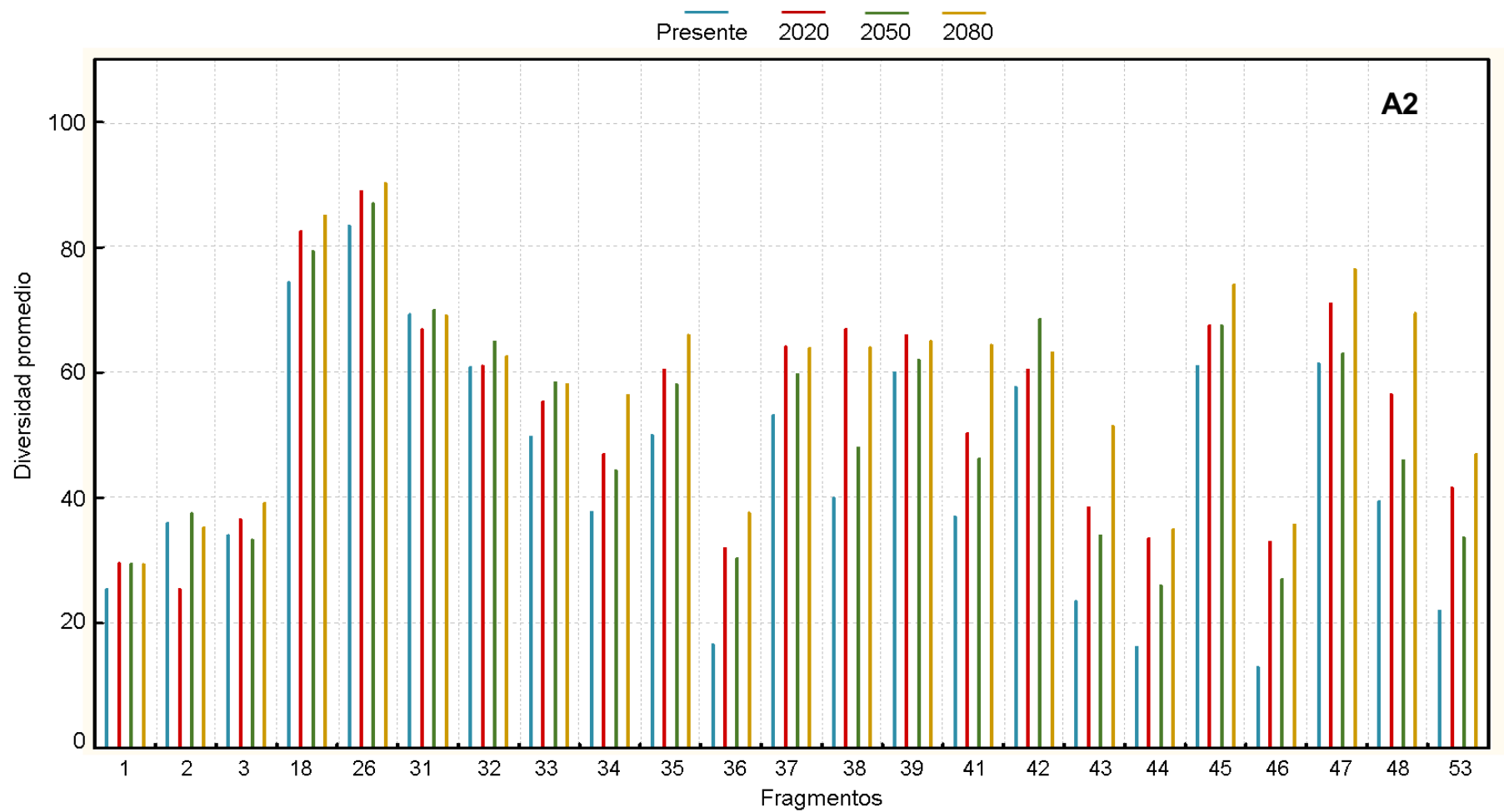
**Figura 9. Diversidad alfa bajo el escenario B1 para el estado de Veracruz.** Se observa un comportamiento muy heterogéneo en los aumentos de diversidad a lo largo de los años de prospección, siendo el fragmento cuatro más afectado bajo este escenario.



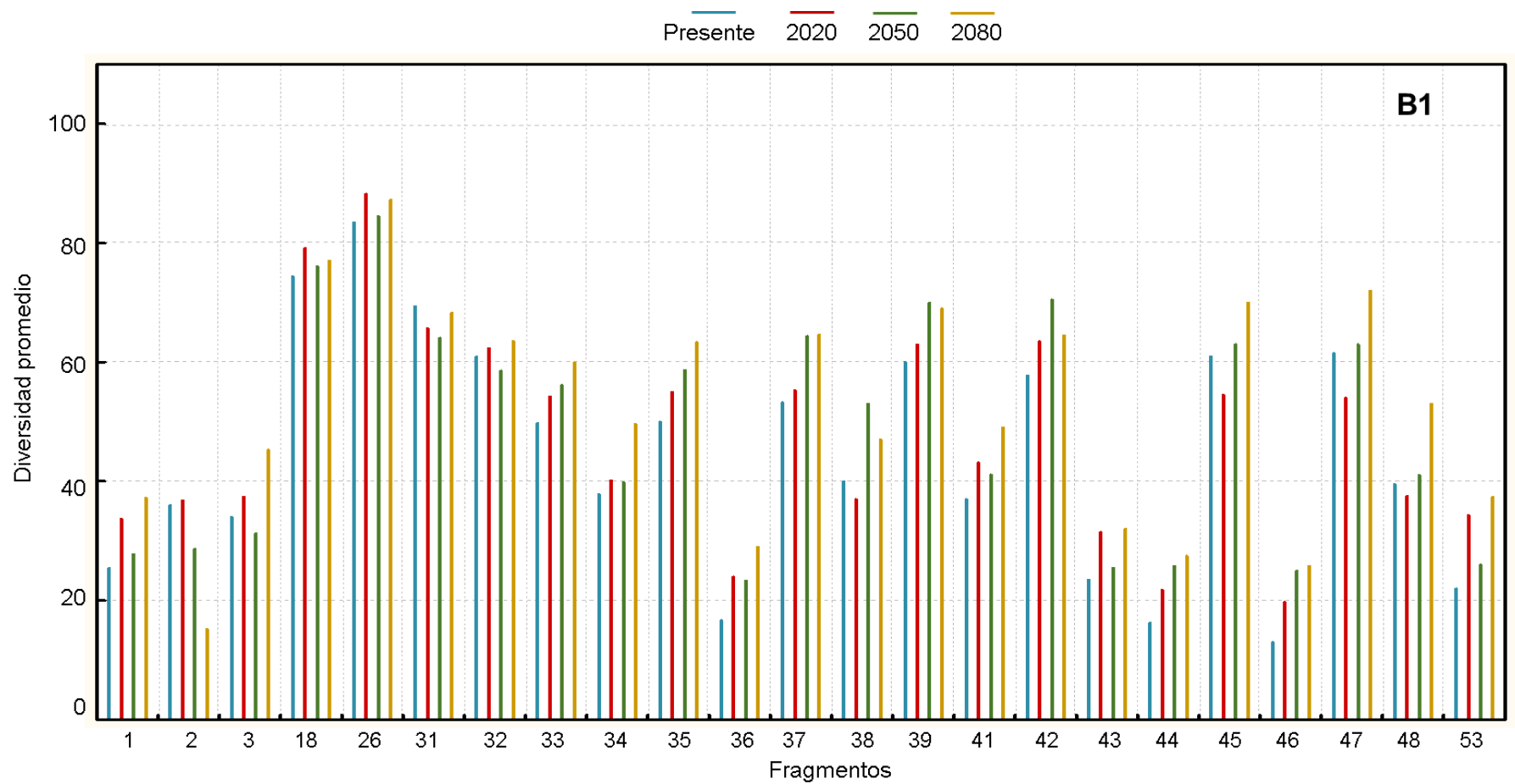
**Figura 10. Diversidad alfa bajo el escenario B2 para el estado de Veracruz.** La entidad veracruzana alberga los fragmentos de mayor riqueza de especies arbóreas (17, 24, 25, 29) en la zona de estudio, los cuales mantienen alta diversidad en los diferentes escenarios.



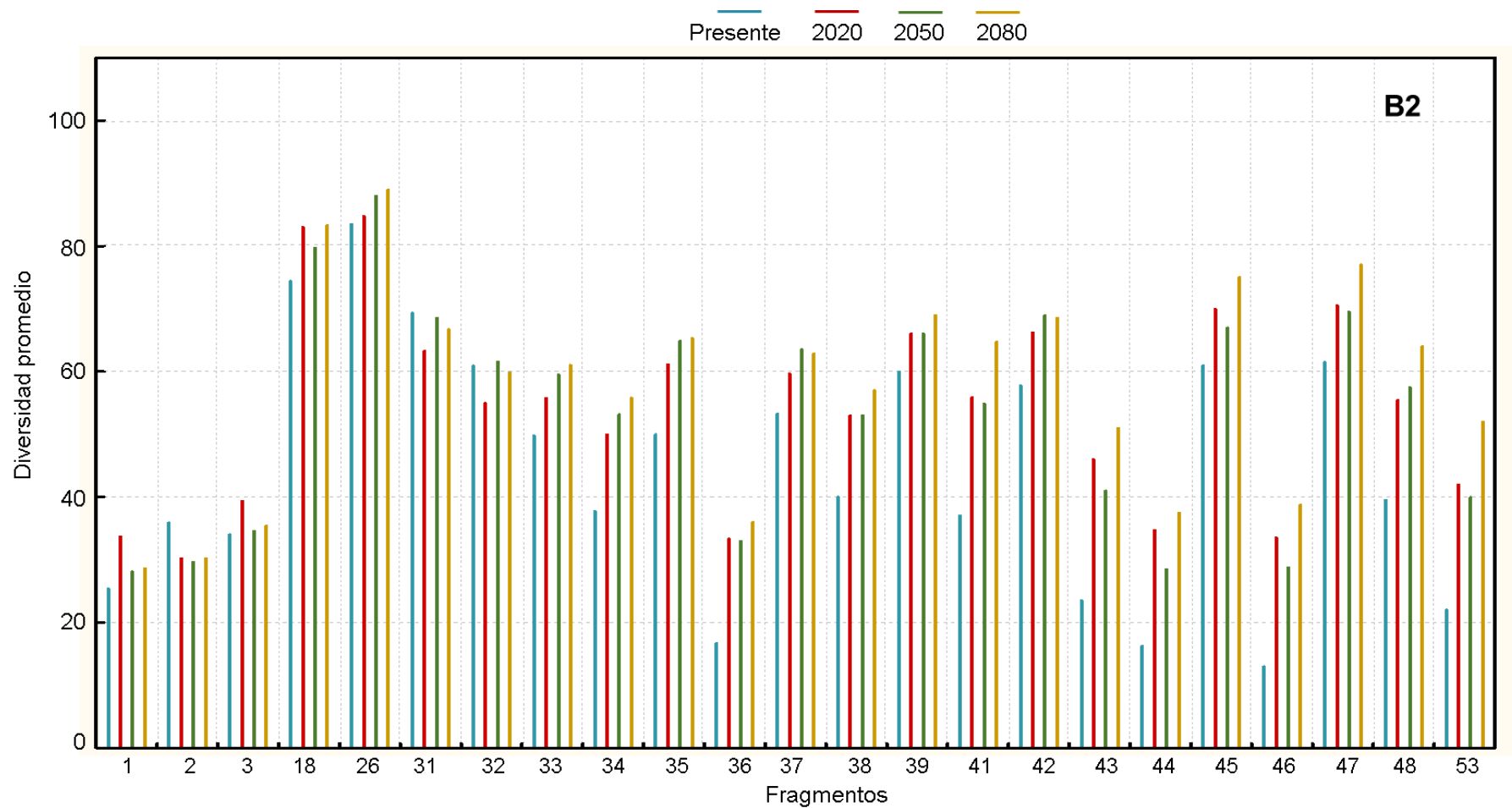
**Figura 11. Diversidad alfa bajo el escenario A1 para el estado de Puebla.** El fragmento 26 alberga una de las diversidades más altas en la zona de estudio, el cual mantiene un comportamiento heterogéneo en el transcurso de los escenarios.



**Figura 12. Diversidad alfa bajo el escenario A2 para el estado de Puebla.** Bajo determinado escenario se observan los aumentos y decrementos de diversidad más heterogéneos a lo largo de los años de prospección respecto al estado presente.



**Figura 13. Diversidad alfa bajo el escenario B1 para el estado de Puebla.** Se aprecia que el fragmento dos es uno de los más vulnerables al aumento de temperatura y decremento de precipitación, siendo el efecto más acentuado en dicho escenario climático.



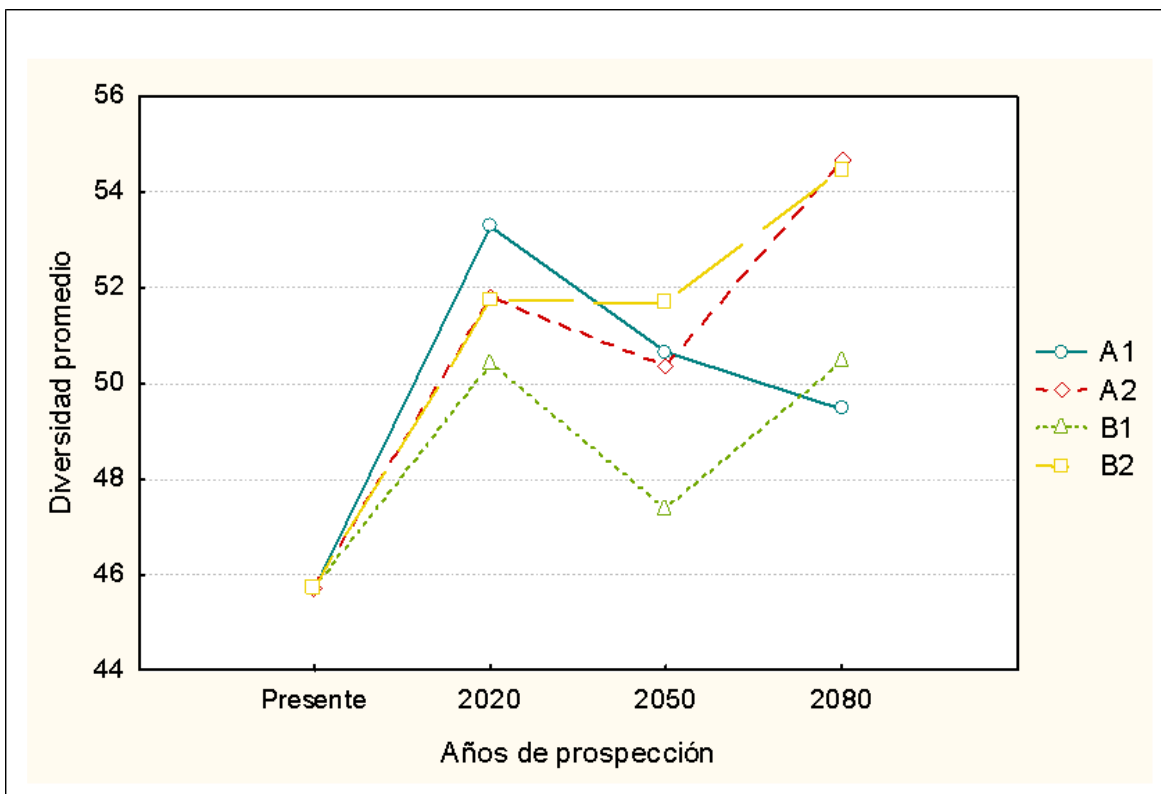
**Figura 14. Diversidad alfa bajo el escenario B2 para el estado de Puebla.** Determinado escenario climático presento los incrementos de riqueza promedio más altos respecto al presente comparado con el resto de escenarios climáticos.

La disposición promedio total de riqueza arbórea potencial para el presente fue de 45.72 especies. De los 102 relictos de bosque analizados, 49% (n=50) presentaron una riqueza por arriba de este promedio general ( $S'=45.72$ ), de los cuales 20 pertenecen al estado de Veracruz, 10 a Hidalgo, 8 a la entidad poblana y 12 fragmentos compartidos entre los límites de los estados. En el caso de los escenarios climáticos futuros la diversidad promedio correspondiente fue heterogénea en los diferentes años de prospección, y sólo en uno o dos años fue mayor al 50% del total de fragmentos (Tabla 3).

**Tabla 3. Proporción de fragmentos respecto a su diversidad promedio.** Se representa el porcentaje de remanentes boscosos que se encuentran por arriba de su promedio de diversidad (\*) considerando los esquemas climáticos y el estado presente.

Escenarios	Años de prospección	Div $\bar{X}$	% Frag arriba de la $\bar{X}$
PRESENTE		45.72	49
A1	2020	53.29	46
	2050	50.66	52*
	2080	49.46	48
A2	2020	51.81	52*
	2050	50.37	44
	2080	54.69	51*
B1	2020	50.40	49
	2050	47.38	50
	2080	50.50	46
B2	2020	51.77	49
	2050	51.70	52*
	2080	54.46	51*

Analizando la media a través de los escenarios hay un incremento de riqueza de especies arbóreas para el año 2020 respecto al presente en todos los escenarios climáticos. Siendo más alto para el modelo A1. Durante los años de prospección en cada escenario se observa que A1 proyectó una tendencia descendente a lo largo de los años, A2 y B1 arrojaron un descenso para el año 2050 y un incremento mínimo para el 2080, por su parte B2 mantiene su diversidad promedio durante los primeros dos periodos de tiempo y un incremento para el año 2080. Tal disposición promedio de diversidad en los diferentes escenarios nos permite visualizar que bajo los esquemas climáticos B2 y A2 la riqueza de especies es menos afectada en comparación con los escenarios A1 y B1, siendo este último el que presentó la mayor afectación a la diversidad (Figura 15).



**Figura 15. Comportamiento de la diversidad promedio bajo los horizontes de tiempo.** Se aprecia un incremento en todos los escenarios para el año 2020 respecto al presente, sin embargo la tendencia de la diversidad varía a lo largo de los años de prospección.

#### **7.4 Ganancia y pérdida de riqueza**

El análisis de ganancias y/o pérdidas de las especies arbóreas respecto al presente para cada parche de bosque de niebla difirió considerablemente dependiendo de los horizontes de tiempo en los respectivos escenarios climáticos (Tabla 4 y 5). Se consideró analizar los tres fragmentos con mayores pérdidas y ganancias en los diferentes momentos temporales.

El escenario climático A1 presentó un rango de 24 a 17 especies ganadas. Siendo el fragmento 67 el de mayor incremento de diversidad ( $S=24$ ) en el año 2020. Los horizontes de tiempo 2050 y 2080 tuvieron una ganancia máxima de 21 especies para los fragmentos 46 y 59 respectivamente.

En el caso del escenario A2 se presentó un incremento entre 35 y 13 especies, presentándose la mayor ganancia de árboles ( $S=35$ ) en el fragmento 59 durante el año 2080. Para los años de prospección 2020 y 2050 las ganancias más altas fueron en los fragmentos 38 ( $S=27$ ) y 46 ( $S=14$ ).

La familia B1 obtuvo ganancias entre 20 y 12 especies. Similarmente a la familia A2 el relicto 59 obtuvo el incremento más alto de especies ( $S=20$ ) en el año 2080. Los horizontes de tiempo 2020 y 2050 tuvieron ganancias de ( $S=16$ ) y ( $S=14$ ) para los fragmentos 67 y 64 respectivamente.

Bajo el escenario B2 los aumentos ocuparon entre 30 y 18 especies. El fragmento 53 durante el año 2080 presentó el mayor aumento. Correspondiente a los años 2020 y 2050 los aumentos más altos de especies fueron en los fragmentos 43 ( $S=22$ ) y 59 ( $S=21$ ).

De manera general se observa que los escenarios con dimensión regional (A2, B2) presentaron las ganancias más altas. Aunque se puede apreciar un aumento de especies considerable en varios fragmentos, la mayoría no supera la diversidad promedio de los BMM de toda la zona de estudio.

Respecto a los descensos de riqueza se determinó lo siguiente. Bajo el contexto climático A1 se perdió un máximo de 14 especies durante los años 2050 y 2080 en el fragmento 4, y de 9 especies para el año 2020. Del total de relictos 1 (2020), 3 (2050) y

9 (2080) fragmentos tuvieron pérdidas  $\geq 5$  especies en los respectivos horizontes de tiempo.

Durante el escenario A2 se perdieron 14 especies para el año 2050 en el relicto 4. Los años 2020 y 2080 presentaron descensos máximos de 10 (fragmento 2) y 6 (fragmento 25) especies respectivamente. En los correspondientes años 2 (2020), 1(2050) y 1 (2080) fragmentos presentaron pérdidas  $\geq 5$  especies.

El modelo climático B1 ostentó una pérdida de 21 especies durante el año 2080 para el fragmento 2. Años de prospección 2020 y 2050 tuvieron un declive de 13 y 17 especies respectivamente, encontrándose en el fragmento 4. El número de fragmentos con descensos  $\geq 5$  especies fueron 4 (2020), 9 (2050) y 3 (2080) para los correspondientes años.

La familia B2 tuvo 9 especies menos para el fragmento 4 en los años 2020 y 2080. En el mismo fragmento se perdieron 8 especies para el tiempo 2050. Solo 4 (2020), 2(2050) y 2(2080) relictos mantuvieron pérdidas  $\geq 5$  especies.

En concreto se refleja un mayor punto de inflexión sobre escenarios globales (B1, A1) en comparación con escenarios climáticos regionales (B2, A2). Asimismo en la mayoría de los casos al igual que en las ganancias las pérdidas de diversidad alfa tienden a ser más pronunciadas para el año 2080. Por lo que la directriz de ganancias vs pérdidas tiene un comportamiento muy heterogéneo a través de los horizontes de tiempo en cada escenario y fragmento de bosque. Comparando la riqueza promedio de los 102 relictos de bosque de niebla generada en cada escenario de cambio climático respecto al presente no se observan pérdidas de especies, y en cuanto a los incrementos estos no son considerables.

**Tabla 4. Fragmentos con mayor incremento de especies para los respectivos escenarios de cambio climático.** Se aprecia que el fragmento 59 ubicado en el estado de Hidalgo presento una ganancia de 35 especies respecto al presente bajo el escenario climático A2 2080, el mayor incremento de especies para toda la zona de estudio. • Fragmentos ubicados en los límites estatales de Hidalgo-Puebla.

		<b>Ganancia de especies</b>															
<b>Escenarios</b>	<b>Años de prospección</b>	<b>Fragmentos</b>														<b>Veracruz</b>	
		<b>Puebla</b>						<b>Hidalgo</b>						<b>64</b>	<b>67</b>		
		<b>34</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>41</b>	<b>43</b>	<b>46</b>	<b>48</b>	<b>42'</b>	<b>53'</b>	<b>59</b>	<b>62</b>	<b>78</b>	<b>83</b>	<b>64</b>	<b>67</b>	
A1	2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.71	18.50	-	24.00	
	2050	19.00	18.67	-	-	-	21.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2080	-	-	-	-	-	17.50	-	-	19.00	21.00	-	-	-	-	-	
A2	2020	-	-	27.00	-	-	20.00	-	-	-	21.00	-	-	-	-	-	
	2050	-	13.67	-	-	-	14.00	-	-	-	13.00	-	-	-	-	-	
	2080	-	-	-	-	28.00	-	30.00	-	-	35.00	-	-	-	-	-	
B1	2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.57	-	15.00	16.50	
	2050	-	-	13.00	-	-	-	-	12.75	-	-	-	-	-	14.00	-	
	2080	-	-	-	-	-	-	-	-	15.33	20.00	14.33	-	-	-	-	
B2	2020	-	-	-	-	22.50	20.50	-	-	20.00	-	-	-	-	-	-	
	2050	-	-	-	-	-	-	18.00	-	18.00	21.50	-	-	-	-	-	
	2080	-	-	-	27.71	27.50	-	-	-	30.00	-	-	-	-	-	-	

**Tabla 5. Fragmentos con mayor pérdida de especies para los respectivos escenarios de cambio climático.** Se aprecia que el fragmento 2 ubicado en el estado de Puebla presento un decremento de 21 especies respecto al presente bajo el escenario climático B1 2080, la pérdida de especies más alta para toda la zona de estudio. • Fragmentos ubicados en los límites estatales de Hidalgo-Puebla y ° entre Veracruz-Hidalgo.

Escenarios	Años de prospección	Decrementos de especies																	
		Fragmentos																	
		Puebla			Veracruz					Hidalgo									
	2	31	32	4	25	29	30°	72°	47°	49	57	73	76	79	94	96	98	101	
A1	2020	-	-	-	8.67	2.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.33	-	-	-
	2050	11.90	-	-	14.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.33	-	-	-
	2080		-	-	14.27	-	-	-	-	-	7.40	-	7.83	-	-	-	-	-	-
A2	2020	10.50	-	-	6.93	-	-	2.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2050	-	-	-	14.40	-	-	-	-	-	-	-	-	3.50	-	3.00	-	-	-
	2080	-	-	-	-	5.88	1.46	-	-	-	-	-	3.11	-	-	-	-	-	-
B1	2020	-	-	-	12.67	-	-	-	-	7.50	-	7.50	-	-	-	-	-	-	-
	2050	-	-	-	16.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.17	10.43	-
	2080	20.8	-	-	11.27	-	-	-	5.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B2	2020	-	6.01	5.94	8.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2050	6.30	-	-	8.40	2.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2080	5.70	-	-	8.80	4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## **7.5 Arreglo espacial**

Bajo los escenarios climáticos (A1, A2, y B1) el análisis clúster de mínima distancia determinó cuatro grupos de remanentes boscosos, mientras que para el escenario B2 se determinaron tres grupos (Figuras 16-19).

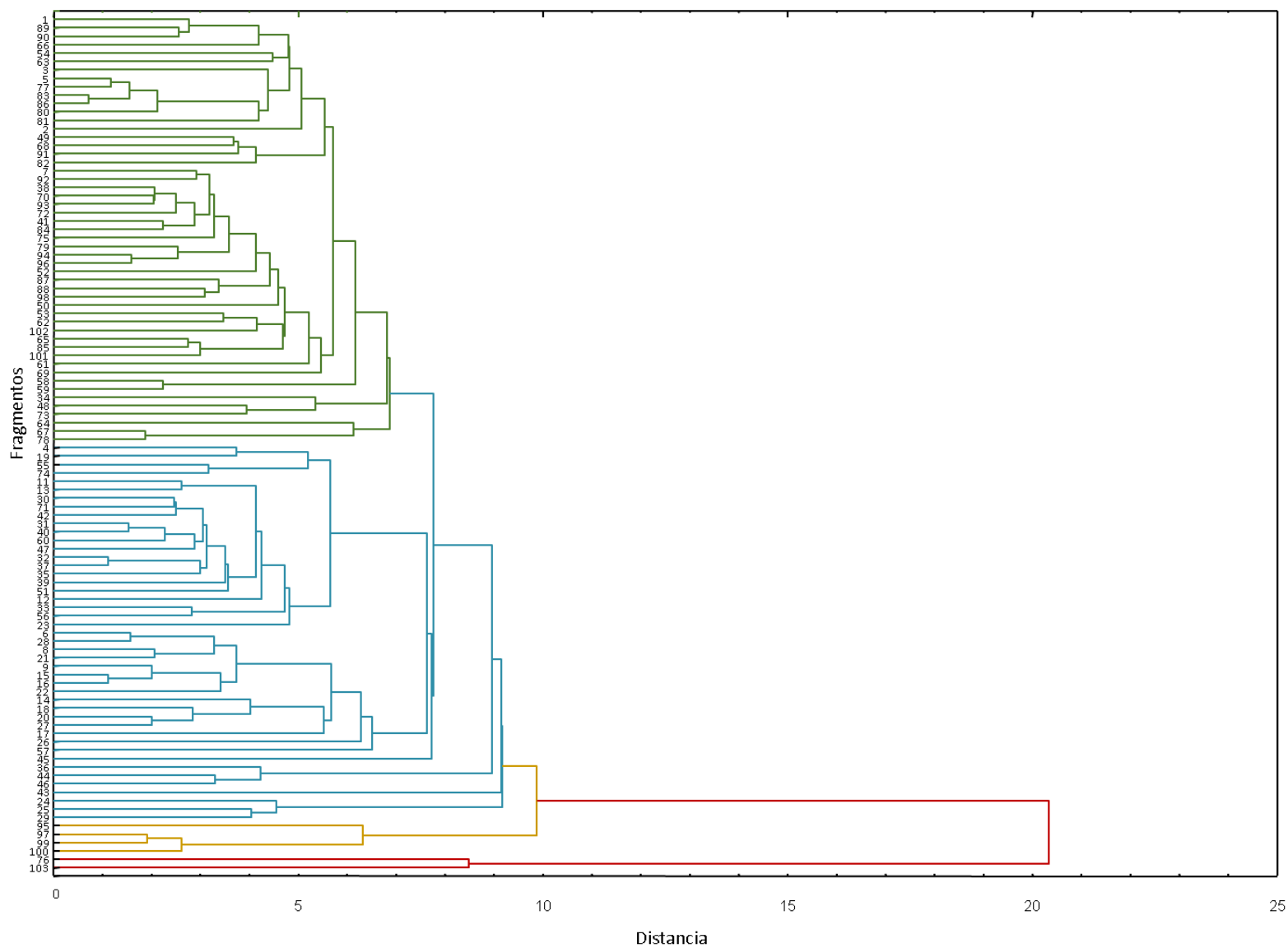
Durante el escenario climático A1 se agrupó un mayor número de fragmentos en los clúster uno (N=51) y dos (N=45). Fragmentos que en su mayoría se encuentran espacialmente agregados. Por otro lado, los clúster tres y cuatro conformados por 4 y 2 fragmentos respectivamente no presentaron algún patrón de agrupamiento (Figura 16).

En cuanto al escenario climático A2, 73% (N=75) de los remanentes boscosos se agruparon en el clúster dos. Dichos fragmentos se encuentran parcialmente conglomerados, abarcando los tres estados de estudio. Por su parte el grupo uno determinó en su mayoría fragmentos con una regionalización al estado de Hidalgo. Asimismo para el resto de agrupaciones (clúster 3 y 4), aunque estos últimos con menor número de remanentes comportándose de manera similar al escenario A1 (Figura 17).

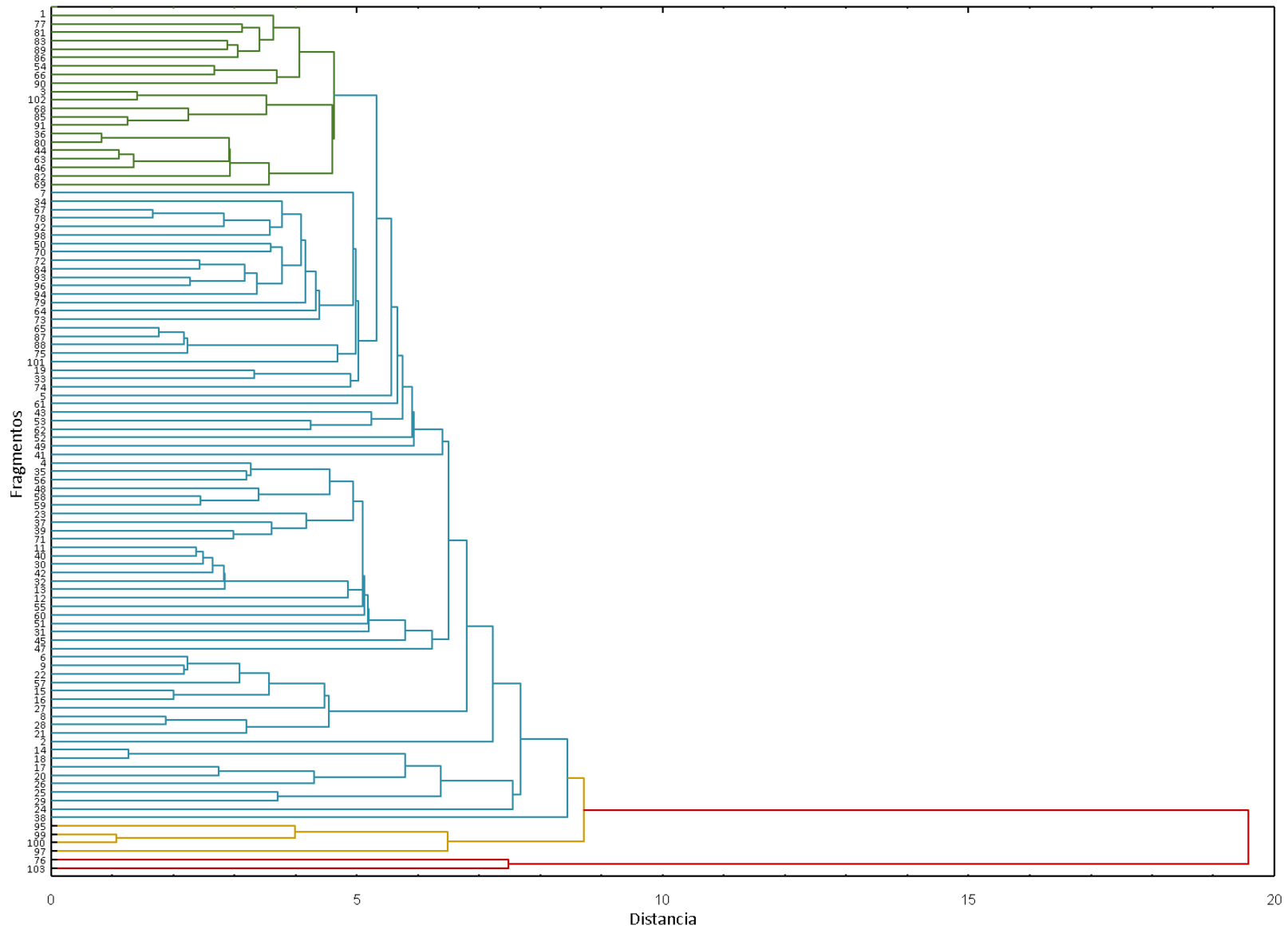
Respecto al escenario futuro B1, el 70% (N=71) de fragmentos se conglomeró en el clúster tres. Por su parte el clúster dos con tan solo cuatro fragmentos no tuvo patrón alguno de agrupación difiriendo considerablemente del resto de escenarios (Figura 18).

El escenario B2 tuvo el mayor número de fragmentos (77) concentrados en un grupo, ocupado por el clúster dos. Tal agrupación se mantuvo parcialmente continua en la zona de estudio (Figura 19).

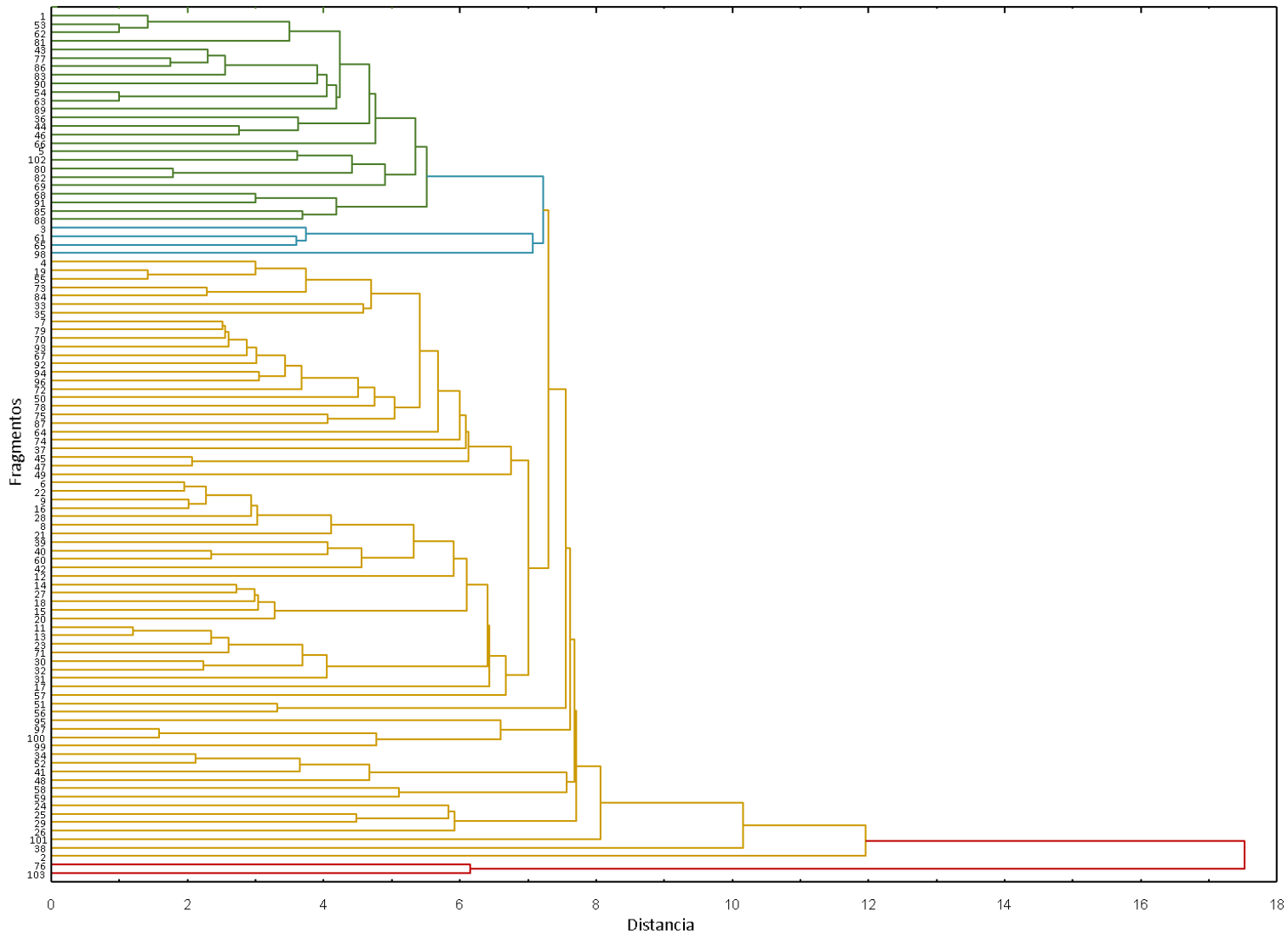
A pesar de la heterogeneidad de agrupación de los diferentes remanentes en los respectivos escenarios climáticos, los fragmentos 95, 97, 99 y 100 formaron parte del clúster 3 en los escenarios A1, A2 y B1. Mientras que los fragmentos 76 y 103 se mantuvieron dentro del clúster 4 para tres escenarios climáticos (A1, A2 y B1) y dentro del clúster 3 en B2, siendo los clúster con menor número de fragmentos. En todos los escenarios futuros se observó una regionalización parcial de agrupamiento para el estado de Hidalgo bajo el clúster uno (Figuras 20 y 21).



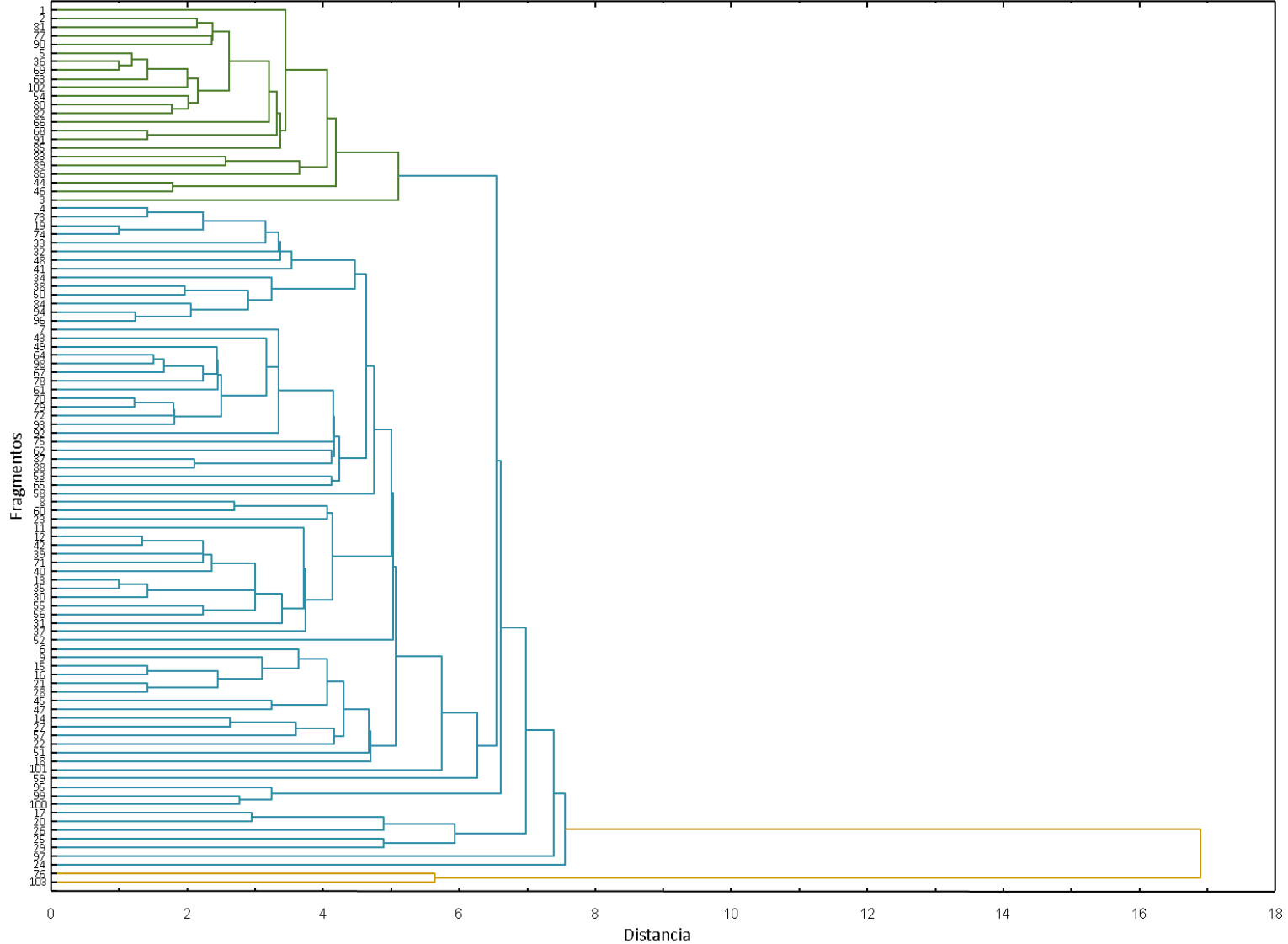
**Figura 16. Análisis clúster de mínima distancia bajo el escenario A1.** Se distinguen cuatro grupos, los clúster uno y dos (color verde y azul) comprendieron fragmentos ubicados en los tres estados. Con respecto a los grupos tres y cuatro (color amarillo y rojo) solo incluyeron fragmentos del estado de Hidalgo.



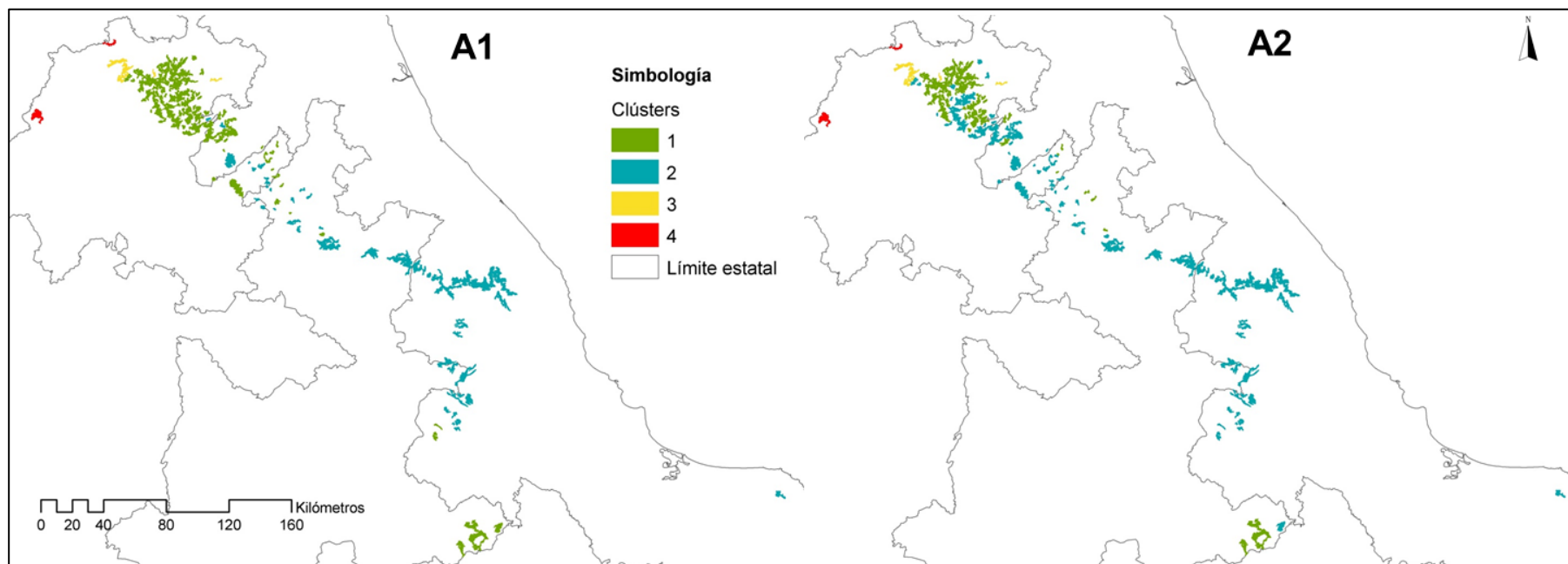
**Figura 17. Análisis clúster de mínima distancia bajo el escenario A2.** Con cuatro agrupaciones el clúster uno (color verde) se conformó por fragmentos pertenecientes a los estados de Hidalgo y Puebla, el grupo dos comprendió fragmentos en los tres estados mientras que los dos últimos clúster se delimitaron a la región norte del estado de Hidalgo.



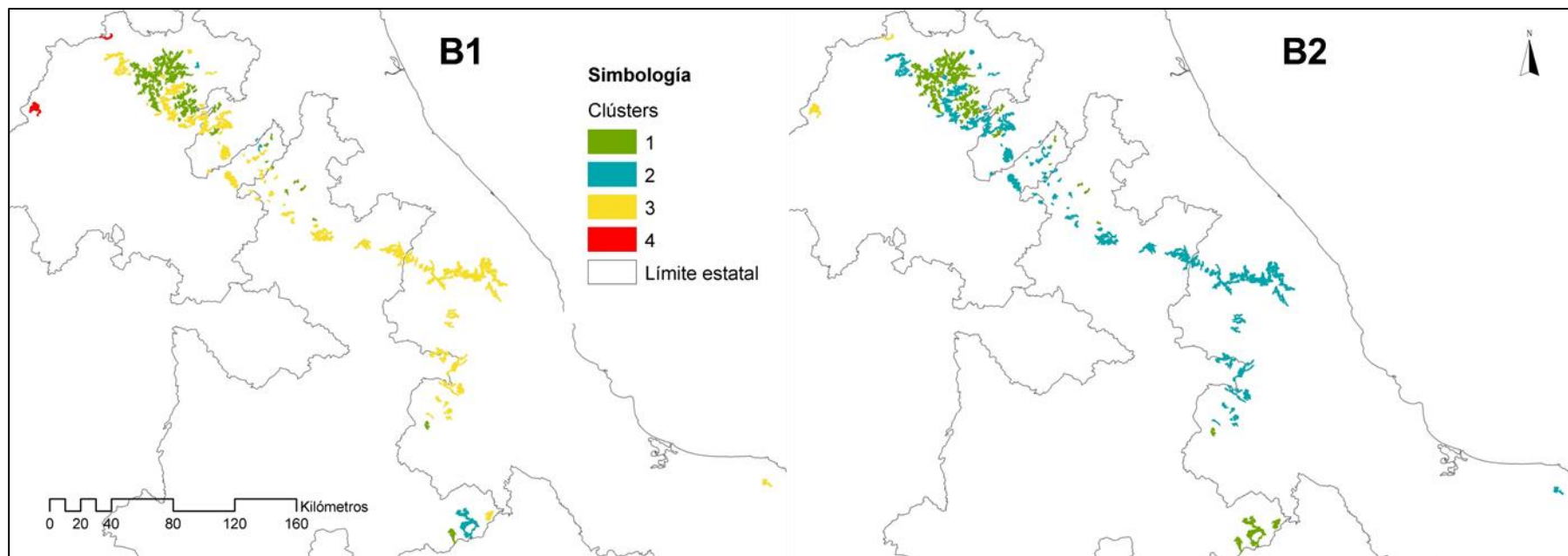
**Figura 18. Análisis clúster de mínima distancia bajo el escenario B1.** Se determinaron cuatro grupos, siendo el clúster tres quien englobo el mayor número de fragmentos distribuyéndose en los tres estados al igual que el grupo uno. Por su parte los clúster dos y cuatro con bajo número de fragmentos agrupados comprendieron las regiones de Hidalgo-Puebla e Hidalgo respectivamente.



**Figura 19. Análisis clúster de mínima distancia bajo el escenario B2.** Se aprecian tres clúster de fragmentos. Tanto el clúster uno y dos presentaron fragmentos localizados en las tres entidades federativas, en cuanto al grupo tres estuvo representado por dos fragmentos ubicados en los límites del Norte de Hidalgo.



**Figura 20. Agrupación de *fragmentos bajo escenarios climáticos A1 y A2*.** Se observan cuatro agrupaciones muy similares para los escenarios A1 y A2 con diferencias en la parte este de Hidalgo y norte de Puebla-Veracruz.



**Figura 21. Agrupación de fragmentos bajo escenarios climáticos B1 y B2.** Se observa que el escenario B2 agrupó en tres categorías los fragmentos de bosque de niebla. Por otra parte B1 presentó pocos fragmentos dentro de los clúster 2 y 4.

## **7. 6 Comparaciones por entidad federativa**

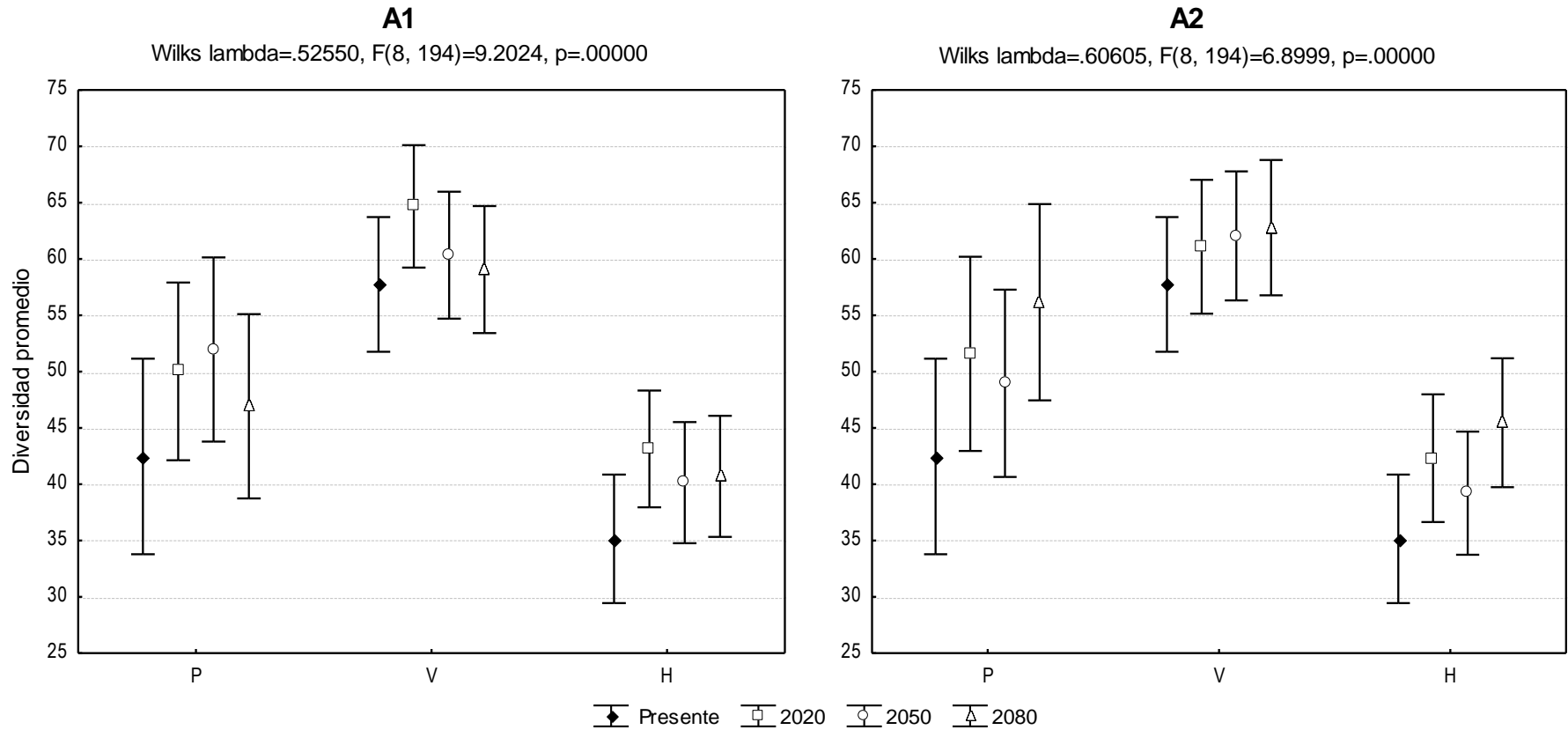
Las pruebas estadísticas correspondientes a las comparaciones promedio de diversidad alfa por entidad fueron significativas para todos los escenarios de cambio climático ( $p=0.00000$ ). Respecto al presente el estado de Veracruz mantiene la mayor diversidad alfa seguida por Puebla e Hidalgo (Figuras 22-23). Asimismo se observa que la diversidad para la entidad veracruzana es completamente diferente en relación con los otros estados que tienen mayor similitud. Bajo escenarios futuros Veracruz difiere significativamente con la vegetación de Hidalgo y en algunos años con Puebla. Considerando todos los momentos temporales la media de diversidad alfa se mantuvo por encima del promedio actual. Sin embargo, los incrementos para ningún caso son significativos. A nivel de escenarios climáticos las comparaciones entre horizontes de tiempo en cada entidad no difirieron, no así a nivel de entidad.

Bajo el escenario A1 la diversidad alfa entre Puebla y Veracruz solo difirió durante el año 2020. Respecto a Veracruz-Hidalgo en todos los horizontes de tiempo hubo diferencias significativas. En cuanto a similitudes Puebla y Veracruz (año 2050) y Puebla-Hidalgo (años 2020, 2080) fueron más afines (Figura 22).

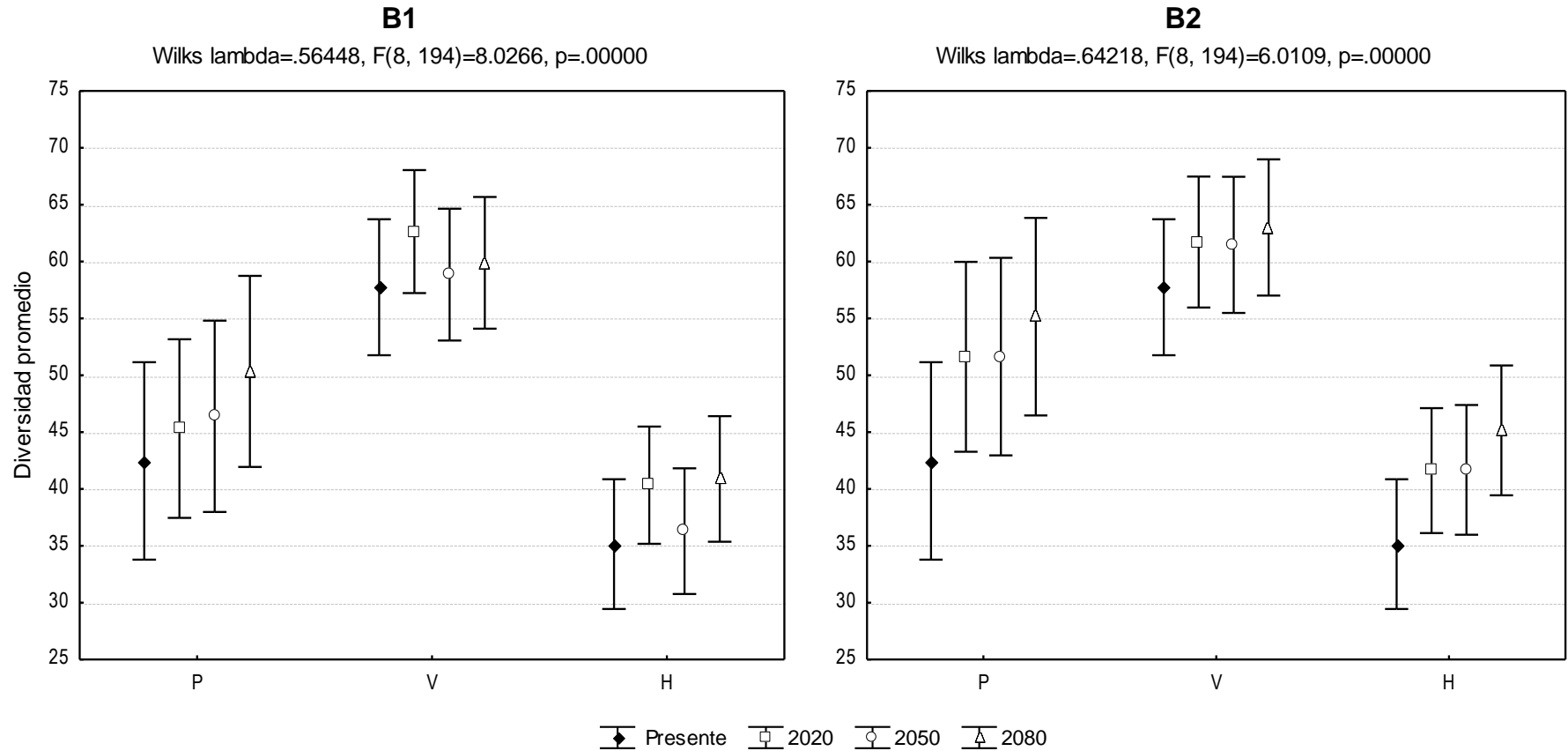
La familia A2 por el contrario no mostró diferencias significativas entre Veracruz y Puebla, no así con el estado de Hidalgo. Las semejanzas de riqueza arbórea entre Puebla-Veracruz y Puebla e Hidalgo se mantienen aunque se aprecia alta similitud entre Puebla-Veracruz durante al año 2080 (Figura 22).

Respecto al escenario B1 se aprecia diferencias significativas en la diversidad durante el horizonte de tiempo 2020 para Puebla y Veracruz y en todos los horizontes de tiempo entre Hidalgo y Veracruz. Para el resto de años los patrones de similitud permanecen sin cambios aparentes, es decir que el estado de Veracruz es más semejante a la entidad Poblana, mientras que Hidalgo y Puebla son más parecidos en su diversidad de especies arbóreas siendo más pronunciado en el año 2020 (Figura 23).

En cuanto al escenario B2 las diferencias de diversidad se presentaron sólo en las entidades de Hidalgo y Veracruz en todos los años de prospección (Figura 23). Cabe mencionar que la mayor riqueza arbórea para los estados de Puebla, Veracruz e Hidalgo se presentó en el escenario A2 2080, A1 2020, A2 y B2 2080 respectivamente.



**Figura 22. Diversidad arbórea promedio por entidad bajo el escenario climático A1 y A2.** Comparaciones múltiples entre el presente y los diferentes horizontes de tiempo respecto a las entidades que comprenden la zona de estudio P=Puebla, V=Veracruz, H=Hidalgo.



**Figura 23. Diversidad arbórea promedio por entidad bajo el escenario climático B1 y B2.** Comparaciones múltiples entre el presente y los diferentes horizontes de tiempo respecto a las entidades que comprenden la zona de estudio P=Puebla, V=Veracruz, H=Hidalgo.

## 8. DISCUSIÓN

Las especies seleccionadas para la modelación aunque se encuentran distribuidas en el bosque de niebla, no se restringen a este tipo de vegetación contando con solo 2 especies preferentemente exclusivas: *Juglans pyriformis* y *Podocarpus matudae* (Anexo 1). A pesar de esto, el estudio cuenta con elementos estructuralmente importantes que caracterizan los bosques mesófilos de montaña. De las 108 especies arbóreas consideradas en el estudio, cuatro forman parte de los principales géneros de plantas que presentan mayor número de especies exclusivas o preferentes de los bosques de niebla en México (*Deppea grandiflora*, *Miconia mexicana*, *Miconia oligotricha*, *Miconia glaberrima*). 25 especies más, pertenecen a los géneros de árboles que cuantitativamente son importantes para representar las condiciones de este sistema natural en el país (Rzedowski, 1996). Aunado a ello, cinco de los seis géneros que Alcántara y colaboradores (2002) consideran preferencialmente característicos de los bosques de niebla (*Clethra*, *Magnolia*, *Meliosma*, *Styrax*, y *Ternstroemia*) son retomados en este trabajo.

Pese a los estudios realizados empleando modelos de nicho ecológico y cambio climático aplicados a los bosques de niebla de México, estos se limitan a evaluar los efectos sobre la distribución potencial en términos de área ocupada utilizando pocas especies. Uno de ellos es el reportado por Cruz-Leyva (2014), quién determinó que las especies encontradas en los bosques mesófilos de montaña del centro de México (Hidalgo, Puebla y Veracruz) pueden presentar preferencia por ambientes templados (*Alnus acuminata*, *Quercus laurina*, *Carpinus caroliniana* y *Liquidambar styraciflua*) o por ambientes de transición con los cálidos húmedos (*Rhamnus longistyla* y *Turpina insignis*). Asimismo, expuso que las especies de *Q. laurina* y *A. acuminata* presentan una mayor tolerancia a cambios en los parámetros climáticos mientras que *C. caroliniana* y *L. styraciflua* mantienen una distribución constante y sin grandes variaciones a través de los cambios de altitud, temperatura y precipitación, siendo esto último también observado en el estudio.

Sumado a ello, Luna *et al.* (2006) señalan que especies pertenecientes a los géneros de *Magnolia*, *Clethra*, *Styrax*, *Symplocos*, *Cleyera*, *Ternstroemia* y *Meliosma* presentan rangos pequeños de distribución representadas por pocos individuos dentro de estos rangos. No obstante las especies utilizadas en este estudio (*Magnolia shiedeana*, *Clethra macrophylla*, *Clethra mexicana*, *Meliosma alba*, *Styrax glabrescens* y *Ternstroemia sylvatica*) no presentaron bajas ocurrencias en comparación con otras especies, aunque estos registros en su mayoría estuvieron limitados al estado de Veracruz. Estos mismos autores hacen descripción de una de las especies preferencialmente exclusiva a los bosques de niebla modelada en el estudio: *Junglas pyriformes*. La cual se distribuye en cinco estados del país comprendiendo un rango altitudinal que va de los 1200 a 1400 msnm, presente en los estratos arbóreos medios y altos. Donde consideran que unas de sus principales amenazas es la destrucción del hábitat por la agricultura y explotación forestal y su baja regeneración natural. Especie actualmente reportada en peligro de extinción por la RedList y dentro de la categoría amenazada por parte de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Si bien la zona de estudio es representada por 103 fragmentos (INEGI, 2011) no se dispone de una estimación precisa de su extensión, debido a las tasas tan altas de recambio de usos de suelo y a la persistencia de asociaciones secundarias con estructura y composición alterada en estos bosques (Vaca *et al.*, 2011), presentando un alto grado de fragmentación (CONABIO, 2010). No obstante, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2013) ha reportado dentro del corredor biológico de la Sierra Madre Oriental una conectividad mayor en los bosques mesófilos de montaña del norte de Puebla y sur de Hidalgo, mientras que la zona norte de Veracruz es representada como la región más alterada en sus valores de conectividad por la ocupación de zonas agrícolas y urbanas, siendo esta última una de las principales amenazas en el centro de Veracruz (Toledo-Aceves *et al.*, 2011).

La riqueza potencial de especies generada por los modelos de nicho ecológico en cada uno de los escenarios determinó las condiciones ambientales óptimas para el establecimiento de todas las especies. Cómo resultando de la modelación, se obtuvo la coincidencia espacial y temporal de 102 especies bajo los escenarios B2 y A2 en la

zona centro-norte de Veracruz; incrementando una especie respecto al presente la riqueza espacial potencial. A esta misma escala no se observaron pérdidas o aumentos significativos de diversidad en los respectivos escenarios futuros. Lo que no implica que a nivel de fragmento los efectos del cambio climático sobre la riqueza no sean relevantes; ya que por ejemplo para determinados escenarios climáticos los relictos 2 y 4 perdieron entre 21 y 16 especies. Se debe considerar que el modo en que las especies se reúnen y coexisten en las comunidades o formaciones depende de procesos de diversa duración y muy distinto alcance espacial (Terradas, 2001). Por ejemplo procesos de dispersión con la vegetación aledaña a los bosques de niebla o recambio de especies de un sitio a otro dentro de una zona vegetal, principalmente con bosque tropical caducifolio y bosque de pino encino que incrementan fuertemente su riqueza total (Luna-Vega *et al.*, 2006; Ruiz-Jiménez *et al.*, 2012; Williams-Linera, 2012); ya que se ha reportado que los bosques de niebla de una misma localidad pueden presentar diferencias espaciales en la distribución de las especies que incrementan la heterogeneidad florística, fisonómica y estructura del bosque (Rzedowski, 2006).

En cuanto a la diversidad promedio por fragmento se reporta que los bosques de niebla del centro de Veracruz son un *hotspot* de biodiversidad (Gillespie *et al.*, 2012; Williams-Linera *et al.*, 2013), lo que se constata en los valores de riqueza observado para dicho estado, ocupando los primeros lugares en los diferentes escenarios climáticos. Asimismo, Luna-Vega *et al.* (2006) reconocen una alta riqueza de especies vegetales en el este de la Sierra Madre Oriental principalmente en las áreas de Zacualtipán Hidalgo-Veracruz, Molango (Hidalgo), Misantla y Xalapa (Veracruz). En menor medida la región de Pahuatlán en Puebla y en las localidades de Coatepec y Xico en Veracruz. De manera general la parte centro y sur de Veracruz y límites entre los estados de Puebla e Hidalgo son zonas que concentran alto número de riqueza en los bosques de niebla (López-Mata *et al.*, 2012), relictos ubicados en estas regiones: Teziutlán-Hueyapan, Zacapoaxtla-Cuetzalán-Tlatlauquitepec en el estado de Puebla mientras que en la zona de Hidalgo destacan los municipios de San Bartolo Tutotepec-Acaxochitlán y Tenango de Doria.

Arita y Rodríguez (2003) señalan que la diversidad alfa es asociada con factores ambientales locales y con las interacciones poblacionales. Ecológicamente hablando, la riqueza observada en los bosques de niebla se explica basándose en aspectos de heterogeneidad topográfica y microambiental. Causando cambios a distancias cortas en las interacciones ambientales y bióticas, estructura de la vegetación y por lo tanto en la distribución y composición de nichos ecológicos (Williams-Linera, 2012). Aunado al disturbio antropogénico, factores metodológicos (Ruiz-Jiménez *et al.*, 2012) y a las afinidades fitogeográficas (Challenger, 1998; Rzedowski, 2006; Williams-Linera, 2012), influyendo sobre la variabilidad florística observada en los 102 relictos de bosque.

En relación a los escenarios de emisiones la riqueza fue favorecida y menos afectada bajo escenarios futuros B2 y A2 contrario a escenarios globales A1 y B1. A pesar de la escases de estudios comparativos que empleen los cuatro escenarios climáticos con diferentes años de prospección concierne a los efectos en la biodiversidad de plantas; Gutiérrez-Estrada (2012) determinó los cambios en las probabilidades de establecimiento de especies arbóreas templadas en sus intervalos óptimos bajo cambio climático, reportando menores efectos bajo el escenario de emisión tipo B2, mismo que en este estudio obtuvo la mayor riqueza y menores efectos sobre la diversidad. De la misma forma Luna-Vega *et al.* (2012) al comparar los efectos de cambio climático (A2: 2020, 2050, 2080 y B2: 2020, 2050, 2080) sobre la distribución de dos subespecies características de los bosques de niebla, obtuvieron disminuciones respecto al presente en todas sus comparaciones futuras, tal deterioro fue incrementándose con el tiempo de prospección en ambos escenarios siendo menos drástico bajo el escenario B2. Dicho comportamiento no se observó en la riqueza potencial arbórea en los mismos escenarios, sin embargo para el año 2080 la pérdida de diversidad si fue más acentuada.

Respecto a las variables climáticas utilizadas en la modelación en el comportamiento de la riqueza potencial arbórea Villers y Trejo (2004) mencionan que las predicciones del cambio climático sobre la distribución de la flora se basan en la premisa de que los tipos de vegetación reconocidos actualmente, están relacionados con las condiciones climáticas en las que se distribuyen, por lo que conociendo los

cambios de temperatura y precipitación que se podrían suscitar, sería posible saber cuál tipo de vegetación correspondería a esas nuevas condiciones. Asimismo, Lozano García (2004) y Gómez-Mendoza y Galicia (2010) señalan que cambios en la humedad, temperatura y evapotranspiración, entre otros, actuarán modificando la composición, estructura, funcionamiento y distribución de las comunidades vegetales. En este sentido, al analizar las variables de temperatura y precipitación media anual (BIO1, BIO12) en los relictos de bosque de niebla se observan dos directrices:

En primera instancia aumentos de temperatura en todos los años de prospección respecto al presente a nivel región (de 0.10 a 2.50°C), siendo mayores bajo escenarios con enfoque de desarrollo económico (A2, A1). Aunque Cruz-Leyva (2014) reporta mayores aumentos de hasta 4°C bajo escenario A2 para los años 2050 y 2080 para la misma zona de estudio. Por otro lado, en la Región Central de la Sierra Madre Oriental (RCSMO), zona donde se encuentra inmerso parte del bosque de niebla analizado Magaña *et al.* (2012) han reportado cambios promedio de temperatura oscilando entre 0.6 y 1.1°C en un tiempo futuro cercano (2010-2039) y entre 2.5 y 3.3 °C en un futuro lejano 2070-2099, valores encontrados en estos parámetros (0.61°C-2020 y 2.50°C-2080). Asimismo para un escenario A1B obtuvieron incrementos entre 0.7 y 1.2°C (futuro cercano) y de 2.2 a 2.8°C (futuro lejano), aumentos menores a los reportados. A nivel global, Nogués-Bravo *et al.* (2007) analizando los cambios de temperatura superficial de 13 sistemas montañosos bajo escenarios A1F1, A2, B1, B2 en la parte baja de América (incluyendo México) presentaron incrementos de temperatura de 2.7, 2.1, 1.8 y 1.8°C para el año 2055 y de 4.6, 3.5, 2.4 y 2.6°C para el año 2085 respectivamente, siendo en su mayoría más altos a los encontrados.

La variabilidad sobre los patrones de temperatura anteriormente reportados podrían estar suscitando por un lado al efecto escala, así como también a la influencia de los modelos de circulación considerados y al tipo de vegetación a la que fue aplicada la modelación. Por lo que estos resultados deben tomarse con cautela.

De manera general, el comportamiento de la temperatura en los diferentes escenarios futuros no refleja asociación con la diversidad promedio observada. No obstante, bajo el escenario de emisión B1 (2050) se aprecia un alto incremento de

temperatura cuando la diversidad disminuye y, un decremento de BIO1 correspondiendo con un aumento en la diversidad para el año 2080. Asimismo, durante el escenario B2 los incrementos de temperatura fueron ligeramente menores comparados con los demás escenarios reflejándose en menores efectos sobre la riqueza observada. Por otro lado en un futuro cercano (2020) no hubo diferencias importantes en el cambio de temperaturas respecto al presente. Esto se debe, en parte a que la diferencia en concentraciones proyectadas de CO<sub>2</sub> es mínima para los primeros años (CONANP, 2013). Tales diferencias se vuelven más claras hacia finales de siglo, cuando los contrastes en el forzante radiativo entre un escenario y otro son marcados (IPCC, 2007), lo cual no se cumplió bajo el escenario B1, donde el año 2050 difirió más que el 2080.

En segunda instancia la precipitación toma un giro diferente manteniendo una disminución pluvial promedio en todos los escenarios (de 0.98 a 23.55%), siendo más acentuado bajo contextos globales (A1, B1); lo que se refleja en la baja riqueza arbórea presente en estos escenarios climáticos versus a los escenarios con dimensión regional (A2, B2). Cabe mencionar que esta disposición tuvo mejor relación bajo el escenario climático A1 donde se observa un descenso continuo de riqueza así como de precipitación en los años 2050 y 2080. Del mismo modo una menor reducción pluvial en B2 contrasta con menores efectos de diversidad. Dicha variación pluvial fue mayor a lo obtenido por Cruz-Leyva (2014) con descensos del 5% bajo escenario A2 para los años 2050 y 2080 pero se ajusta a lo reportado por Magaña *et al.* (2012) con descensos menores al 10% para el mismo escenario, sin variar sustancialmente a finales del presente siglo en la RCSMO. Un alto descenso pluvial (20%) también ha sido reportado por Golicher *et al.* (2012) para la región de Mesoamérica sin embargo, la evaluación se presentó en el escenario A2 durante el año 2010. Implicando una reducción de alrededor del 15% de la riqueza potencial arbórea, particularmente a lo largo de los bosques de niebla.

Respecto a los fragmentos con mayores ganancias no se encontró relación con la variable temperatura. Por su parte la precipitación determinó una relación inversa en los escenarios regionales (A2, B2) debido a que algunos fragmentos reportados con

altas ganancia de especies presentaron las mayores variaciones pluviales. Algunos fragmentos reportados con pérdida de especies considerables también tuvieron relación opuesta con la precipitación, reportando las menores variaciones pluviales. Por lo que las variables BIO1 y BIO12 no mantuvieron un efecto-respuesta sobre el comportamiento de la riqueza de especies en los diferentes escenarios climáticos.

Se presentó una variabilidad ambiental mínima de 0.1°C (B1 2020) y 17.29 mm (B2 2050) y una máxima de 2.5°C (A2 2080) y 394.55 mm (B1 2080) respecto al presente en el bosque de niebla del centro de México, siendo más acentuada a nivel fragmento. Tales valores medios en los contextos de tiempo tanto de los regímenes pluviales como de la temperatura, se mantienen dentro del rango característico de los bosques de niebla, es decir por arriba de los 1000 mm y entre 12 y 23°C (Rzedowski, 1996; Luna *et al.*, 2001; González-Espinosa *et al.*, 2012; López-Mata *et al.*, 2012), comportamiento que difiere al retomar valores mínimos y máximos de estos parámetros y al analizar los fragmentos de manera individual. Esta variabilidad puede estar relacionada con las especies seleccionadas en el estudio ya que su distribución abarca otros tipos de vegetación como son los bosques de pino-encino, bosques tropicales y vegetación secundaria principalmente, así como también la cuota altitudinal (desde el nivel del mar hasta por arriba de los 3000 msnm) donde se distribuyen.

Las variables que contribuyeron en mayor medida a los modelos de nicho de las especies durante el presente fueron la temperatura del trimestre más cálido (BIO10), precipitación estacional (BIO15) y precipitación del mes más seco (BIO14). Siendo que la variable BIO10 concuerda con lo reportado por Luna-Vega *et al.* (2012) quienes reportan que valores específicos de precipitación y temperatura media durante la estación más cálida explican las condiciones ecológicas de especies diagnósticas y preferenciales del bosque de niebla mexicano. Por su parte, López-Mata *et al.* (2012) menciona una relación significativa entre riqueza, precipitación pluvial en los meses húmedos del año y la evapotranspiración real anual como una expresión categórica de la relación entre agua-energía, y en menor medida una correlación positiva con la altitud y la estacionalidad de la precipitación. Contrariamente Golicher *et al.* (2012) señala la longitud de la estación seca como clave determinante de la riqueza potencial de

especies. A escala regional González-Espinosa *et al.* (2004) asocian la evapotranspiración real anual como determinante principal de la riqueza arbórea tropical, seguida por la estacionalidad de la evapotranspiración durante los meses secos del año y la fertilidad-calidad de los suelos. Para la misma zona de estudio Cruz-Leyva (2014) hace hincapié que variables de precipitación y temperatura son las más relevantes para su análisis, tanto regímenes pluviales muy variables y sequías más prolongadas limitan la distribución potencial de Boque mesófilo de montaña en la región centro de México. Habiendo una gran variación de determinantes climáticas que repercuten sobre la riqueza de especies en los bosques de niebla. Sin embargo hay que considerar que las variables ambientales del clima contemporáneo no son los promotores exclusivos que mantienen la riqueza de especies de plantas vasculares distribuidas en los bosques húmedos de México, pero si son factores significativamente importantes correlacionados con la variabilidad de la riqueza de especies observadas (López-Mata *et al.*, 2012).

La distribución de riqueza de especies tiende a concentrarse en áreas de mayor heterogeneidad biogeográfica y ecológica (Cruz-Leyva, 2014). En México los bosques mesófilos de montaña se encuentran distribuidos principalmente en cuatro provincias florísticas: Serranías Meridionales, Sierra Madre Oriental, Serranías transísmicas y la Sierra Madre Occidental (Challenger, 1998). Luna-Vega *et al.* (2006) y López-Mata *et al.* (2012) señalan la zona este de México perteneciente a la provincia florística de la Sierra Madre Oriental como región que concentra alto número de riqueza de especies arbóreas en los bosques de niebla. En este sentido Alcántara *et al.* (2002) plantean que la diversidad de plantas encontradas en los bosques de niebla puede estar asociada con las zonas biogeográficas. Asimismo Ruiz-Jiménez *et al.* (2012) asocia que el agrupamiento de las localidades de bosque mesófilo de montaña en México de acuerdo con su similitud florística corresponden tanto a la ubicación geográfica conforme a las provincias florísticas o subprovincias geológicas a las que pertenecen así como a las cercanías de las localidades y otros conjuntos formados por bosques de diferentes provincias florísticas. Aunque encontraron localidades cercanas que pueden presentar diferencias en su composición florística y tener valores de similitud bajos. En este estudio el agrupamiento de los fragmentos a través del análisis de mínima distancia

basado en la riqueza promedio no mostró un agrupamiento preciso con las provincias florísticas sin embargo, la mayoría de fragmentos pertenecientes al estado de Hidalgo bajo el escenario A1 mantuvieron una fuerte relación, lo cual ha sido observado en diferentes análisis de similitudes florísticas, reportando alta afinidad entre estos bosques a los cuales se unen otros fragmentos, reuniendo elementos tanto de la Provincia Sierra Madre Oriental y de las Serranías Meridionales (Luna *et al.*, 1999; Acosta, 2004; Ruíz-Jiménez *et al.*, 2012), en este caso con la parte Norte de Oaxaca. También se ha propuesto una división de la Sierra Madre Oriental en parte norte y sur (Luna *et al.*, 1994; Acosta, 2004). Dicha división podría considerarse parcialmente en el estudio ya que la parte sur de ésta provincia presenta una subdivisión marcada para algunos fragmentos del norte de Hidalgo en todos los escenarios climáticos del resto de fragmentos que podrían estarse agrupando con los bosques de Querétaro como lo reporta Ruiz-Jiménez *et al.* (2012). En todo caso este estudio se suma en señalar que existe una alta heterogeneidad de los agrupamientos de afinidades encontrados en los bosques de niebla (Luna *et al.*, 1999; Acosta 2004). Se ha propuesto que las relaciones de afinidad florística observada en los bosques de niebla puede ser el resultado de múltiples eventos de migración, seguido de extinciones parciales locales y permanencia de algunos elementos florísticos en refugios o sitios protegidos, a partir de los cuales se han llevado a cabo fenómenos de recolonización diferenciales (Acosta, 2004), considerando que estos bosques han experimenta ciclos glaciares durante el terciario y el cuaternario (Figueroa-Rangel *et al.*, 2010).

Las similitudes florísticas observadas entre los estados de Veracruz-Puebla y Puebla-Hidalgo en los escenarios de cambio climático puede estar relacionado a que las localidades geográficamente más cercanas o áreas contiguas presentan mayor similitud florística, sólo si se ubican en zonas que tienen condiciones climáticas similares (Ruiz-Jiménez *et al.* 2012). Aunque sus elementos dominantes sean diferentes (Alcántara y Luna 2001). Sin embargo, la composición arbórea en el presente para el estado de Veracruz no se comportó de esta manera, siendo completamente diferente respecto a los estados de Hidalgo y Puebla así mismo durante el año 2020 bajo escenarios climáticos A1 y B1.

Por otro lado existen diversas fuentes de incertidumbre cuando se trabaja con proyecciones de cambio climático, las cuales deben considerarse al realizar estudios de impacto (Gutiérrez-Estrada, 2010). Entre los diversos tipos de incertidumbre se encuentran los siguientes: 1) la incertidumbre acerca de las emisiones futuras de gases de efecto invernadero; 2) la incertidumbre en modelar los cambios del clima, porque algunos modelos predicen aumentos y/ disminuciones tanto en la precipitación como en la temperatura (Magaña *et al.*, 2009); 3) la incertidumbre acerca de la posibilidad de distribución futura de las especies; y 4) la incertidumbre de la superficie que ocuparán los distintos tipo de vegetación (Arriaga y Gómez, 2004). Así como también la resolución de las superficies climáticas empleadas. Respecto a esta última, la resolución existente de las superficies climáticas utilizadas (1km) no implica una calidad homogénea de datos en todos los lugares, particularmente existe una alta variación en el registro de las precipitación en áreas montañosas (Hijmans *et al.*, 2005). Además existe una mayor variabilidad en los modelos de circulación general en predecir cambios en patrones de precipitación que de temperatura (Golicher *et al.*, 2012). Lo que se observa en la gran variación de los patrones pluviales a nivel fragmento. Cabe resaltar que este análisis considera la permanencia actual del bosque de niebla, es decir sin tomar en cuenta las modificaciones en superficie y permanencia por efecto antrópico o de otra índole, por lo que los efectos aquí mencionados podrían ser diferentes.

El rápido cambio climático antropogénico planteará una amenaza a la diversidad independientemente de los mecanismos subyacentes detrás del patrón de riqueza actual (Golicher *et al.*, 2012). Áreas con grandes concentraciones de especies así como de especies restringidas podrían ser propuestas como áreas potenciales para conservar (Luna-Vega *et al.* 2006). No sólo implicando conservar la diversidad florística o faunística a nivel relicto sino también a escala paisajística (Alcántara *et al.*, 2002; Williams-Linera *et al.*, 2005; Martínez-Morales, 2007; Gual Díaz y Rendón Correa, 2014). Además debe considerarse diseños eficientes y flexibles, donde exista la posibilidad de proteger un alto porcentaje de especies de una región con el menor número de sitios y la posibilidad de escoger sitios alternativos si alguno de los prioritarios no puede protegerse por alguna razón biológica, social o política (Arita y

Rodríguez, 2003). En la zona de estudio Cruz-Leyva (2014) propone conservar sitios ubicados en los municipios de Tlanchinol en Hidalgo, Tlatlauquitepec en Puebla y Tlaltetela en Veracruz considerando cambios de uso de suelo y cambio climático. Por su parte Rojas-Soto *et al.* (2012) ante cambio climático plantea la protección de las siguientes áreas: Tlanchinol-Huayococotla en Hidalgo-Veracruz; Sierra Norte de Puebla y Sierra de Chiconquiaco en Puebla-Veracruz; Cuenca La Antigua en Veracruz y la Sierra Huautla y Zongólica en Veracruz. Un área de suma importancia es la Zona de los Tuxtlas ya que presentó fuertes efectos negativos ante cambio climático en todos los años de prospección, además de que Rojas soto *et al.* (2012) han reportado una posible extirpación del bosque de niebla bajo alteraciones climáticas.

## 9. CONCLUSIÓN

Las especies vegetales empleadas en la modelación son representativas de las condiciones ambientales que se están suscitando en el bosque de niebla de la zona centro de México, a pesar de que varias de ellas tuvieron registros de ocurrencias bajas y poca representación para determinadas zonas.

La naturaleza de los escenarios climáticos sobre la diversidad arbórea tiene un comportamiento diferente dependiendo de la escala a la cual se lleve el análisis. A nivel espacial se espera que para el año 2080 la riqueza potencial de los bosques sea más afectada, mientras que a nivel fragmento la diversidad promedio tiende a disminuir de manera más marcada en el año 2050 independientemente del escenario climático. Los valores de diversidad alfa sólo mostraron una estrecha relación entre las características de los escenarios B2 y A1. Aun así se mantiene un patrón general respecto a los efectos y escenarios de emisiones, donde las diversidades promedio y los incrementos de especies respecto al presente fueron favorecidas bajo escenarios regionales (B2, A2) contrario a escenarios globales (A1, B1), presentando menores riquezas y altos descensos de especies.

A pesar de considerables ganancias de especies en algunos fragmentos la mayoría no supera su promedio general. Por el contrario las pérdidas estimadas en ciertos relictos son muy relevantes, teniendo severas implicaciones de manejo y conservación. La fluctuación de varios factores podrían estar determinando la gran heterogeneidad de la diversidad alfa en los diferentes fragmentos y escenarios climáticos.

A nivel estatal se hace notar una alta diversidad para la entidad Veracruzana, estado con menores efectos negativos sobre la diversidad ante cambio climático a excepción de la región de Los Tuxtlas. Por su parte el estado de Hidalgo aunque presenta baja riqueza alberga en la parte noreste relictos que pueden ser considerados prioritarios para su manejo y conservación ya que su diversidad se ve favorecida ante cambio climático.

Los modelos de nicho mostraron que algunas zonas ubicadas en los límites entre Puebla e Hidalgo y la zona centro de Veracruz podrían ser importantes para la conservación del bosque mesófilo de montaña, bajo escenarios de cambio climático global.

La riqueza específica de especies o diversidad alfa sí se ve afectada negativamente por cambio climático en determinados fragmentos de bosque de niebla sin embargo parece no haber una sinergia entre temperatura y precipitación media anual sobre la diversidad, pudiendo estar interviniendo otras variables climáticas en el estudio. A pesar de que los bosques de niebla han sido sujetos a ciclos de expansión y contracción debido a la alternancia de periodos glaciales e interglaciales, si las emisiones de gases de efecto invernadero siguen la misma tendencia que en las últimas décadas los efectos sobre su diversidad en la zona centro de México se pueden ver aumentados.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Acosta S. 2004. Afinidades de la flora genérica de algunos bosques mesófilos de montaña del nordeste, centro y sur de México: un enfoque fenético. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 75(1): 61-72.

Alcántara A. O. & Luna, V. I. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana*, 54:51-87.

Alcántara O., Luna I. & Velázquez A. 2002. Altitudinal distribution patterns of Mexican cloud forests based upon preferential characteristic genera. *Plant Ecology*, 161:167-174.

Aldrich, M., Billington, C., Edwards, M. & Laidlaw, R. 1997. *Tropical Montane Cloud Forests: An Urgent Priority for Conservation*. World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, Reino Unido.

Aldrich, M., Bubb, P., Hostettler, S. & Wiel, Han van de. 2000. Tropical Montane Cloud Forests: time for action. *Arborvitae Supplement*. Gland, Switzerland: WWF y IUCN, pp. 29.

Anderson R.P., Lew D. & Peterson A.T. 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162:211-232.

Araújo M.B. & Guisan A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 33:1677-1688.

Arita H. T & Rodríguez P. 2003. Ecología geográfica y macroecología. En: Llorente B. J y Morrone J. J. (Eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Facultad de Ciencias, UNAM. pp. 63-80.

Arriaga, L. & Gómez L. 2004. Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México. En: Martínez, J. y A. Fernández (Eds.). *Cambio climático: una visión desde México*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. pp. 255-265.

Bruijnzeel, L.A. & Hamilton, L.S. 2001. Tiempo decisivo para las selvas de neblina. IHP Programa Trópicos Húmedos Serie No. 13. UNESCO. División de Ciencias del Agua, Paris. pp. 41.

Castillo-Campos G., Avendaño Reyes S. & Medina Abreo M.E. 2011. Flora y vegetación Sección IVA. En: CONABIO 2011. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México, pp. 163-170.

Challenger, A. 1998. La zona ecológica templada húmeda (el bosque mesófilo de montaña). En: Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México, Pasado, Presente y Futuro. CONABIO. México. pp. 443-518.

CONABIO. 2010. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su conservación y Manejo Sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp. 197.

CONABIO. 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. pp. 440.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2013, Programa de Adaptación al Cambio Climático Región Central de la Sierra Madre Oriental. CONANP, GIZ. México. pp. 104.

Contreras-Medina R., Luna-Vega I. & Ríos-Muñoz C. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural*, 83:421-433.

Cruz-Cárdenas, G., Villaseñor, J., López-Mata, L., & Ortiz, E. 2012. Potential Distribution of Humid Mountain Forest in Mexico. *Botanical Sciences*, 90(3): 331-340.

Cruz-Leyva I.A. 2014. Cambio climático y distribución potencial del bosque mesófilo de montaña en el centro de México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, México. pp. 105.

Elith J., Phillips S.T., Hastie T., Dudík M., Chee E.Y. & Yates C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17:43-57.

Figueroa-Rangel B.L., Willis K.J. & Olvera-Vargas M. 2010. Cloud Forest dynamics in the Mexican neotropics during the last 1300 years. *Global Change Biology*, 16:1689-1704.

Foster P. 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews*, 55:73 -106.

Garduño R. 2004. ¿Qué es el efecto invernadero? En: Martínez, J. y A. Fernández (Eds.). Cambio climático: una visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. pp. 29- 39.

GBIF. The Global Biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy, 2013-07-01. <http://www.gbif.org/species/> última consulta: 2014-01-21.

Gillespie TW., Lipkin B., Sullivan L. Benowitz DR., Pau S., & Keppel G. 2012. The rarest and least protected forests in biodiversity hotspots. *Biodiversity and Conservation*, 21:3597–3611.

Golicher D., Cayuela L. & Newton A. 2012. Effects of Climate Change on the Potential Species Richness of Mesoamerican Forests. *Biotropica*, 44(3): 284-293.

Gómez-Mendoza L. & Arriaga L. 2007. Modeling the Effect of Climate Change on the Distribution of Oak and Pine Species of Mexico. *Conservation Biology*, 21(6):1545-1555.

Gómez-Mendoza L. & Galicia L. 2010. Temperate Forest and Climate Change in Mexico: from modelling to adaptation strategies. En: *Climate Change and Variability*, Simard S. W. y Austin M. E. (Eds.) INTECH pp. 195-210.

González-Espinosa M., Meave J.A., Lorea-Hernández F.G., Ibarra-Manríquez G. & Newton A.C. 2011. The Red List of Mexican Cloud Forest Trees. *Fauna & Flora International*, Cambridge, UK. pp.150.

González-Espinosa, M., Meave, J.A., Ramírez-Marcial, N., Toledo-Aceves, T., Lorea-Hernández, F.G. & Ibarra-Manríquez, G. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas*, 21(1-2):36-52.

González-Espinosa M., Rey-Benayas M., Ramírez-Marcial N., Huston A. M. & Golicher D. 2004. Tree diversity in the northern Neotropics: regional patterns in highly Chiapas, Mexico. *Ecography*, 27:741-756.

Gual-Díaz, M. & A. Rendón-Correa (comps.). 2014. Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 352.

Gutiérrez-Estrada, E. E. 2010. Efecto del cambio climático en la distribución de cinco especies arbóreas de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. pp. 86.

Hernández A. P., Graham H. C., Master L. L. & Albert L. D. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29:773-785.

Hijmans R.J., Cameron A.E., Parra J.L., Jones P.G. y Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25:1965-1978.

Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2010. Enciclopedia de los Municipios de México. Hidalgo. Secretaria de Gobernación.

INEGI. 2011. Conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250 000, Serie V (Capa Unión). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

IPCC. 2002. Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC. Equipo de redacción principal Gitay H., Suárez A., Watson R. T & Dokken D. J. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Organización Meteorológica Mundial. pp. 85.

IPCC. 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II, y III al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. & Reisinger, A. (directores de la publicación). IPCC, Ginebra, Suiza, pp. 104.

Jiménez-Valverde A. & Lobo M. J. 2007. Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either-or presence-absence. *Acta oecologica*, 31: 361-369.

Krebs, C.J. 2014. Similarity Coefficients and Cluster Analysis. En: Krebs, C.J. *Ecological Methodology*, 3rd ed. pp 486-527. Disponible en: <http://www.zoology.ubc.ca/~krebs/books.html>

Lozano G. S. 2004. Evidencia de cambio climático: cambios en el paisaje. En: Martínez, J. y A. Fernández (Eds.). *Cambio climático: una visión desde México*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. pp. 65-76.

Luna, I., Ocegueda, S. & Alcántara, O. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 65 (1): 31-62.

Luna, I., Alcántara, O., Espinosa, D. & Morrone, J. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography*, 26: 1299-1305.

Luna-Vega, I., Alcántara, O., Morrone, J. & Espinosa O. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, Mexico. *Diversity and Distributions*, 6:137-143.

Luna, I., Velázquez, A. & Velázquez E. 2001. México. En: Kappelle M. y Brown, A.D. (Eds). *Bosques Nublados del Neotrópico*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Fundación Agroforestal del Noroeste de Argentina (ANA) y Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN). Costa Rica, pp. 183-229.

Luna-Vega., Alcántara, O. A., Contreras-Medina, R. & Ponce A.V. 2006. Biogeography, current knowledge and conservation of threatened vascular plants characteristic of Mexican temperate forests. *Biodiversity and Conservation*, 15:3773-3799.

Luna-Vega I., Alcántara-Ayala O., Contreras-Medina R., & Ríos-Muñoz C.A. 2012. Ecological niche modeling on the effect of climatic change and conservation of *Ternstroemia lineata* DC. (Ternstroemiaceae) in Mesoamerica. *Botany*, 90:637-650.

López-Mata, L., Villaseñor, J.L., Cruz-Cárdenas, G., Ortiz, E. & Ortiz-Solorio, C. 2012. Predictores ambientales de la riqueza de especies de plantas del Bosque Húmedo de Montaña de México. *Botanical Sciences* 90(1):27-36.

Magaña R. V. & Graizbord B. 2009. Escenarios de Cambio climático y tendencias para México. En: Friedman B. J. (Editor) Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México. INE-SEMARNAT. México. pp. 571- 575.

Magaña, V. & Gómez-Mendoza, L. 2011. Escenarios regionales del cambio climático e impactos en áreas naturales protegidas: hacia una estrategia de adaptación. En: Sánchez R., Ballesteros C. y Pavón N. (Eds.) Cambio Climático: aproximaciones para el estudio de su efecto sobre la biodiversidad. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. pp. 39-48.

Magaña, V., Galván L.M. & Gómez, L. 2012. Escenarios de Cambio Climático en la región de la Sierra Madre Oriental. En: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2013, Programa de Adaptación al Cambio Climático Región Central de la Sierra Madre Oriental. CONANP, GIZ. México. pp. 56-66.

Martínez-Meyer E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species potential distributions. *Biodiversity Informatics*, 2:42-55.

Martínez-Morales M. 2007. Avifauna del bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78:149-162.

Monterroso-Rivas, Alejandro I., Gómez-Díaz, Jesús D. & Tinoco-Rueda, Juan A. 2013. Bosque Mesófilo de Montaña y Escenarios de Cambio Climático: Una Evaluación en Hidalgo, México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19:(1) 29-43.

Nakicenovic, N., Alcamo, J., *et al.* 2000. Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. pp. 599.

Nogués-Bravo D., Aráujo M.B., Errea M.P. & Martínez-Rica J.P. 2007. Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st Century. *Global Environmental Change*, 17:420-428.

Ortega E.F. & Castillo, C.G. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias*, 43:32-39.

Ponce-Vargas A., Luna-Vega I., Alcántara-Ayala O. & Ruiz-Jiménez C. A. 2006. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77:177-190.

Peterson T. A., Sánchez-Cordero V., Soberón J., Bartley J., Buddemeier R.W. & Navarro-Sigüenza A.G. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling*, 144:21-30.

Peterson T. A., Soberón J., Pearson G. R., Anderson P. R., Martínez-Meyer E., Nakamura M. & Araujo B. M. 2011. Ecological Niches and Geographic Distributions. Princeton University Press. pp 315.

Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231-259.

Phillips, S. & Dunik, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31:161-175.

Ponce-Reyes R., Reynoso-Rosales V.H., Watson James E.M., VanDerWal J., Fuller R.A., Pressey R.L. & Possingham H.P. 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Climate Change*, 2:448-452.

REMIB. Red Mundial de Información sobre Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2015. <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/REMIB/> última consulta: 2014-01-21.

Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, 35:25-44.

Rzedowski, J. 2006. Bosque mesófilo de montaña. En: Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 328 -339.

Rojas-Soto O., Sosa Victoria & Ornelas F. J. 2012. Forecasting cloud forest in eastern and southern Mexico: conservation insights under future climate change scenarios. *Biodiversity and Conservation*, 21:2671-2690.

Ruiz-Jiménez, C.A., Téllez-Valdés O., & Luna-Vega I. 2012. Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83:1110-1144.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

Still C. J., Foster P. N. & Schneider S. H. 1999. Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. *Nature*, 398:608-610.

Soberón J. & Peterson T. A. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2:1-10.

Soberón J. 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters*, 10:1115-1123.

Téllez-Valdés O., Dávila-Aranda P. & Lira-Saade R. 2006. The effects of climate change on the long-term conservation of *Fagus grandifolia* var. *mexicana*, an important species of the Cloud Forest in Eastern Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 15:1095-1107.

Terradas J. 2001. Capítulo 12. Diversidad en las comunidades vegetales. En: Terradas J. (Ed.). *Ecología de la Vegetación, de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Ediciones Omega. España. pp. 345-372.

The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Última consulta: 8-02-2015.

Toledo, T. 2009. El bosque de niebla. CONABIO. *Biodiversitas*. 83:1-6.

Toledo-Aceves T., Meave J.A, González-Espinosa M. & Ramírez-Marcial N. 2011. Tropical montane cloud forests: Current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of Environmental Management*, 92:974-981.

Vaca, R.A., Golicher, D.J. & Cayuela, L. 2011. Using climatically based random forests to downscale coarse-grained potential natural vegetation maps in tropical Mexico. *Applied Vegetation Science*, 14:388-401.

Villaseñor J.L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 40.

Villers-Ruíz L. & Trejo-Vázquez I. 1998. Climate change on Mexican forests and natural protected areas. *Global Environmental Change*, 8(2):141-157.

Villers L. & Trejo I. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas forestales. En: Martínez, J. y A. Fernández (Eds.). Cambio climático: una visión desde México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. México. pp. 239-254.

Williams-Linera, G., López-Gómez A.M. & Muñiz-Castro M.A. 2005. Complementariedad y patrones de anidamiento de especies de árboles en el paisaje de bosque de niebla del centro de Veracruz (México) capítulo 12. En: Halffter G., J. Soberón, P. Roleff & A. Melic (Eds). Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. M3m-Monografía 3er Milenio, Vol. 4 SEA, CONABIO, Grupo Diversitas y Conacyt. pp. 2-11.

Williams-Linera, G. 2012. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO – Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México. pp. 208.

Williams-Linera, G., Toledo-Garibaldi M. & Gallardo H. C. 2013. How heterogeneous are the cloud forest communities in the mountains of central Veracruz, Mexico? *Plant Ecology*, 214:685–701.

**ANEXO 1. Especies arbóreas reportadas en los Bosques Mesófilos de Montaña de la Zona Centro de México.** Se indican con una “x” las especies endémicas al país. En negritas se resaltan las especies ocupadas para la modelación de nicho ecológico. La simbología \*, +, ~ hace referencia a los autores que mencionan la distribución de especies en la zona de estudio: \* Villaseñor, 2010; + González-Espinosa *et al.*, 2011; ~ Williams-Linera, 2012. Los números encerrados en una circunferencia describen el tipo de presencia de las especies en el bosque de niebla: ① Común, ② Preferente, ③ Típico, ④ Marginal, ⑤ No restringida, ⑥ Ocasional, ⑦ Rara, ⑧ Frecuente, ⑩ Exclusivas, ⑩ Especialista. P=Puebla H=Hidalgo V=Veracruz. Se denotan las categorías de riesgo de las especies tanto en la RedList como en la NOM-059-SEMARNAT-2010. LC= Preocupación menor, NE=No evaluada, VU=Vulnerable, EN=En peligro de extinción. Pr=Sujetas a protección especial, A=Amenazadas, P=En peligro de extinción.

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
1			<i>Abatia mexicana</i>	P, V		* +	
2			<i>Abies guatemalensis var. guatemalensis</i>	H, P		*	
3			<i>Abies hickelii</i>	V		+	
4		④	<b><i>Abies religiosa</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	LC
6			<i>Acer negundo var. mexicanum</i>	H, P, V		*	
5			<i>Agarista mexicana var. mexicana</i>	H, P, V		* +	
7		⑤	<b><i>Alchornea latifolia</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
8			<i>Alfaroa mexicana</i>	V		* +	
9		⑤	<b><i>Alnus acuminata</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	LC

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
10		⑤	<b><i>Alnus jorullensis</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	LC
11			<i>Alstonia longifolia</i>	V		+	
12			<i>Alstonia pittieri</i>	P, V		* +	
13			<i>Amphitecna macrophylla</i>	V		* +	
14			<i>Aphananthe monoica</i>	H, P, V		* +	
15			<i>Arachnothryx buddleioides</i>	V		* +	
16		⑤	<b><i>Arachnothryx capitellata</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
17			<i>Arachnothryx tuxtlensis</i>	V		* +	
18		⑥	<b><i>Arbutus xalapensis</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	LC
19		⑦	<b><i>Arctostaphylos pungens</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
20		⑧	<b><i>Ardisia compressa</i></b>	H, P, V	P, V	* +	NE
21			<i>Ardisia liebmannii</i>	H, P, V		+	
22			<i>Ardisia revoluta</i>	H, P, V		* +	
23			<i>Ardisia tuerckheimii</i>	V		* +	
24			<i>Ateleia pterocarpa</i>	V		* +	
25			<i>Balmea stormae</i>	V		* +	
26			<i>Bauhinia dipetala</i>	H, P, V		* +	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
27			<i>Bauhinia macranthera</i>	H, V		* +	
28	X	⑧	<b><i>Beilschmiedia mexicana</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
29			<i>Bejaria aestuans</i>	H, P, V		* +	
30			<i>Bellizınca scoti</i>	P		+	
31			<i>Berberis gracilis</i>	H, P, V		* +	
32			<i>Berberis hartwegii</i>	H, V		* +	
33			<i>Berberis incerta</i>	H, V		* +	
34			<i>Berberis moranensis</i>	H, P, V		* +	
35		⑤	<b><i>Bernardia dodecandra</i></b>	H, P, V	P, V	* +	NE
36			<i>Bernardia macrocarpa</i>	P, V		* +	
37			<i>Bocconia arborea</i>	H, P, V		+	
38		⑤	<b><i>Bocconia frutescens</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
39		②	<b><i>Brunellia mexicana</i></b>	P, V	P, V	* +	NE
41			<i>Buddleja cordata subsp. cordata</i>	H, P, V		*	
40		④	<b><i>Buddleja parviflora</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
42		⑤	<b><i>Bunchosia lindeniana</i></b>	P, V	P, V	* +	NE
44			<i>Bursera bipinnata</i>	P, V		*	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
45			<i>Bursera cuneata</i>	H, P		*	
46			<i>Bursera grandifolia</i>	P, V		*	
47			<i>Bursera simaruba</i>	H, P, V		*	
43			<i>Calatola costaricensis</i>	V		* +	
48			<i>Calatola mollis</i>	P, V		* +	
50			<i>Calyptranthes schiedeana</i>	P, V		*	
49			<i>Calyptranthes schlechtendaliana</i>	V		+	
51			<i>Calyptranthes tenuipes</i>	P, V		* +	
52		③	<b><i>Carpinus caroliniana</i></b>	H, V	H, V	+ ~	LC / A
53			<i>Carya palmeri</i>	H, P, V		* +	
54		④	<b><i>Casearia corymbosa</i></b>	P, V	V	+	NE
55			<i>Casearia tacanensis</i>	V		* +	
56		④	<b><i>Ceanothus coeruleus</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
57		④	<b><i>Cecropia obtusifolia</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	LC
58			<i>Cercis canadensis</i>	H, P, V		* +	
59			<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	H, P, V		* +	
60			<i>Cestrum aurantiacum</i>	H		+	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
61		⑤	<b>Cestrum nocturnum</b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
62			<i>Cestrum oblongifolium</i>	H, P, V		* +	
63		⑤	<b>Chiococca pachyphylla</b>	P, V	H, P, V	* +	NE
64			<i>Chiococca phaenostemon</i>	P, V		* +	
65			<i>Chomelia protracta</i>	V		* +	
66	X	⑧	<b>Cinnamomum effusum</b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	NE
67			<i>Cinnamomum pachypodum</i>	H, P, V		* +	
68			<i>Cinnamomum triplinerve</i>	V		* +	
69			<i>Citharexylum bourgeauianum</i>	P, V		* +	
70		②	<b>Citharexylum hidalgense</b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
71			<i>Citharexylum ligustrinum</i>	H, P, V		* +	
72			<i>Citharexylum steyermarkii</i>	V		* +	
73			<i>Clethra galeottiana</i>	P		+	
74			<i>Clethra integerrima</i>	V		* +	
75			<i>Clethra kenoyeri</i>	H, P, V		* +	
76		⑧	<b>Clethra macrophylla</b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
77		⑧	<b>Clethra mexicana</b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
78			<i>Clethra pringlei</i>	H, P, V		* +	
79			<i>Clethra schlechtendalii</i>	H, P, V		+	
80			<i>Clethra tuxtliensis</i>	V		* +	
81			<i>Cleyera theoides</i>	H, P, V		* + ~	
82			<i>Clusia flava</i>	V		* +	
83			<i>Clusia guatemalensis</i>	V		* + ~	
84			<i>Clusia lusoria</i>	V		+	
85			<i>Clusia salvinii</i>	V		* +	
86		④	<b><i>Cnidoscolus multilobus</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
87			<i>Coccoloba hirtella</i>	V		* +	
88		④	<b><i>Cojoba arborea</i></b>	H, P, V	H, P, V	+	NE
89			<i>Colubrina ehrenbergii</i>	H		+	
90			<i>Comarostaphylis discolor subsp. discolor</i>	H, P, V		* +	
91			<i>Conostegia arborea</i>	H, P, V		* +	
92		⑤④	<b><i>Conostegia xalapensis</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
93		⑤	<b><i>Cornus disciflora</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	VU
94		⑧	<b><i>Cornus excelsa</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
95			<i>Cornus florida subsp. urbiniana</i>	V		* +	
96			<i>Cornutia grandifolia</i>	P, V		* +	
97			<i>Couepia polyandra</i>	V		+	
98	X	④	<b><i>Crataegus gracilior</i></b>	H, P, V	H, P, V	+	NE
99		④	<b><i>Crataegus mexicana</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
100		⑤	<b><i>Croton draco</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
101			<i>Croton guatemalensis</i>	V		* +	
102		④	<b><i>Croton xalapensis</i></b>	P, V	V	* + ~	NE
103		⑤	<b><i>Cupania glabra</i></b>	P, V	P, V	* +	NE
105		⑤	<b><i>Cupressus lusitanica</i></b>	H, P, V	H, P, V	*	LC / Pr
104			<i>Dalbergia palo-escrito</i>	H		* +	
106			<i>Daphnopsis mollis</i>	H, V		* +	
107		⑤	<b><i>Dendropanax arboreus</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
108			<i>Deppea cornifolia</i>	H, P, V		* +	
109		⑤	<b><i>Deppea grandiflora</i></b>	V	V	* +	NE
110			<i>Desmopsis trunciflora</i>	V		+	
111		①	<b><i>Diospyros konzattii</i></b>	V	V	+	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
112		④	<i>Diospyros digyna</i>	H, P, V	P, V	* +	NE
113			<i>Diospyros gomeziorum</i>	H		+	
114			<i>Diospyros riojae</i>	H, V		* +	
115			<i>Diospyros tuxtlensis</i>	V		+	
116			<i>Diphyssa floribunda</i>	V		+	
117			<i>Drimys granadensis var. mexicana</i>	P, V		+ ~	
119		⑤	<i>Erythrina americana</i>	H, P, V	H, V	* ~	NE
118		④	<i>Eugenia acapulcensis</i>	H, P, V	H, V	* +	NE
120		⑤	<i>Eugenia capuli</i>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
121			<i>Eugenia crenularis</i>	V		* +	
122			<i>Eugenia mexicana</i>	H, V		* +	
123	X	③	<i>Eugenia trunciflora</i>	V	V	* +	NE
124			<i>Eugenia xalapensis</i>	H, V		* +	
125			<i>Eugenia xilitlensis</i>	V		+	
126			<i>Euonymus mexicanus</i>	H, V		* +	
127			<i>Fagus grandifolia subsp. mexicana</i>	H, P, V		* + ~	
128		④	<i>Faramea occidentalis</i>	P, V	P, V	* +	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
129			<i>Faramea schultesii</i>	V		* +	
130			<i>Ficus apollinaris</i>	P, V		* +	
131			<i>Ficus aurea</i>	H, P, V		* +	
133			<i>Ficus calyculata</i>	P, V		* ~	
132			<i>Ficus colubrinae</i>	V		* +	
134			<i>Ficus lapathifolia</i>	P, V		* +	
135			<i>Ficus obtusifolia</i>	H, P, V		* +	
136		⑦	<b><i>Ficus pertusa</i></b>	H, P, V	P, V	* +	NE
137			<i>Ficus rzedowskiana</i>	H, P, V		+	
138			<i>Ficus velutina</i>	P, V		* +	
139			<i>Fraxinus uhdei</i>	H, P, V		* + ~	
140			<i>Freziera guatemalensis</i>	V		* +	
141			<i>Fuchsia arborescens subsp. arborescens</i>	H, P, V		* +	
142			<i>Fuchsia paniculata</i>	P, V		+	
143			<i>Garcinia intermedia</i>	P, V		* +	
144		⑧	<b><i>Garrya laurifolia</i></b>	H, P, V	H, P, V	+	NE
145		⑧	<b><i>Gaultheria acuminata</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
146			<i>Gaultheria erecta</i>	H, P, V		* +	
147			<i>Gentlea micranthera</i>	V		* +	
148			<i>Gentlea penduliflora</i>	H, P, V		* +	
149			<i>Glossostipula concinna</i>	V		+	
150			<i>Gonzalagunia chiapasensis</i>	V		+	
151		⑤	<b><i>Guarea glabra</i></b>	H, P, V	V	* +	NE
152			<i>Guatteria galeottiana</i>	V		* +	
153		④	<b><i>Guazuma ulmifolia</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
154			<i>Gymnanthes actinostemoides</i>	V		* +	
155			<i>Gymnanthes longipes</i>	P, V		* +	
156			<i>Gymnanthes riparia</i>	H, P, V		* +	
157		④	<b><i>Hamelia patens</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
158			<i>Hampea integerrima</i>	V		* +	
159			<i>Hedyosmum mexicanum</i>	V		* + ~	
160		⑤	<b><i>Heliocarpus americanus</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
161			<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	H, P, V		* +	
162		⑤	<b><i>Heliocarpus donnellsmithii</i></b>	H, P, V	H, P, V	+	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
163			<i>Heliocarpus mexicanus</i>	P, V		* +	
164			<i>Hieronyma oblonga</i>	P, V		* +	
165			<i>Ilex condensata</i>	P, V		* +	
166			<i>Ilex discolor var. discolor</i>	H, V		*	
167		⑧	<b><i>Ilex discolor var. tolucana</i></b>	H, P, V	H, V	* + ~	NE
168			<i>Ilex quercetorum</i>	V		* +	
169			<i>Illicium mexicanum</i>	H, P, V		+	
170			<i>Inga acrocephala</i>	V		* +	
171			<i>Inga flexuosa</i>	V		+	
172			<i>Inga huastecana</i>	H, P, V		* +	
173		⑥	<b><i>Inga jinicuil</i></b>	P, V	P, V	* +	LC
174		⑤	<b><i>Inga punctata</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	LC
175			<i>Inga tuerckheimii</i>	P, V		+	
176			<i>Inga vera</i>	H, P, V		* +	
177			<i>Inga xalapensis</i>	P, V		+	
178			<i>Juglans mollis</i>	H, P, V		* +	
179		⑩	<b><i>Juglans pyriformis</i></b>	H, P, V	H, V	* + ~	EN / A

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
181			<i>Juniperus deppeana</i>	H, P, V		*	
182		⑤	<b><i>Juniperus flaccida</i></b>	H, P, V	H, P, V	*	LC
180			<i>Lacistema aggregatum</i>	P, V		* +	
183		④	<b><i>Licaria capitata</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
184			<i>Licaria excelsa</i>	P, V		* +	
185		⑤	<b><i>Lippia myriocephala</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
186			<i>Lippia umbellata</i>	P, V		* +	
187		⑧	<b><i>Liquidambar styraciflua</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	LC
188		⑤	<b><i>Litsea glaucescens</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE / P
189			<i>Litsea guatemalensis</i>	H, V		+	
191			<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> var. <i>guatemalensis</i>	P, V		* ~	
190			<i>Lorencea guatemalensis</i>	V		* +	
192		⑤	<b><i>Lozanella enantiophylla</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
193		⑤	<b><i>Lyonia squamulosa</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
194			<i>Mabea occidentalis</i>	P, V		* +	
195			<i>Magnolia dealbata</i>	H, P, V		* + ~	
196			<i>Magnolia mexicana</i>	H, P, V		+	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
197	X	③	<b><i>Magnolia schiedeana</i></b>	H, P, V	H, V	* + ~	VU / A
198		⑤	<b><i>Malvaviscus arboreus</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
199			<i>Malvaviscus lanceolatus</i>	P, V		* +	
200			<i>Matudae trinervia</i>	P, V		+	
201		①	<b><i>Meliosma alba</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	NE
202			<i>Meliosma dentata</i>	H, V		* +	
203			<i>Miconia fulvostellata</i>	V		* +	
204		⑤	<b><i>Miconia glaberrima</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
205			<i>Miconia hemenostigma</i>	H, P, V		* +	
206			<i>Miconia lonchophylla</i>	P, V		* +	
207		⑤	<b><i>Miconia mexicana</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
208			<i>Miconia minutiflora</i>	P, V		* +	
209		⑤	<b><i>Miconia oligotricha</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
210			<i>Mollinedia viridiflora</i>	P, V		* +	
211		⑤	<b><i>Morella cerifera</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
212			<i>Myrcianthes fragrans</i>	H, V		* +	
213		⑥	<b><i>Myriocarpa longipes</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
214			<i>Myrsine coriacea</i>	P, V		* +	
215			<i>Myrsine juergensenii</i>	P, V		* +	
216			<i>Nectandra hihua</i>	H, P, V		* +	
217			<i>Nectandra reticulata</i>	P, V		* +	
218		⑧	<b><i>Nectandra salicifolia</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
219			<i>Nyssa sylvatica</i>	H, P, V		* +	
220			<i>Ocotea bourgeauviana</i>	V		* +	
221			<i>Ocotea disjuncta</i>	V		* +	
222			<i>Ocotea effusa</i>	H, P, V		* +	
223		⑥	<b><i>Ocotea helicterifolia</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
224	X	③	<b><i>Ocotea klotzschiana</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
225			<i>Ocotea leucoxylon</i>	P, V		* +	
226	X	⑧	<b><i>Ocotea psychotrioides</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
227			<i>Ocotea puberula</i>	V		+	
228			<i>Oecopetalum mexicanum</i>	V		* +	
229			<i>Olmediella betschleriana</i>	V		* +	
230			<i>Oreomunnea mexicana</i>	V		* + ~	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
231		③	<b><i>Oreopanax capitatus</i></b>	H, V	H, P, V	* + ~	NE
232		⑤	<b><i>Oreopanax echinops</i></b>	H, P, V	V	* +	VU
233			<i>Oreopanax flaccidus</i>	H, P, V		* +	
234			<i>Oreopanax guatemalensis</i>	V		+	
235			<i>Oreopanax liebmannii</i>	P, V		* +	
236			<i>Oreopanax peltatus</i>	P, V		* +	
237			<i>Oreopanax platyphyllus</i>	V		* +	
238		①	<b><i>Oreopanax xalapensis</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	NE
239			<i>Osmanthus americanus</i>	H, P, V		* +	
240		③	<b><i>Ostrya virginiana</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	LC / Pr
241			<i>Palicourea macrantha</i>	V		* +	
242		⑤	<b><i>Palicourea padifolia</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
243			<i>Parathesis donnellsmithii</i>	H, P, V		+	
244			<i>Parathesis melanosticta</i>	H, P, V		* +	
245			<i>Perrottetia longistylis</i>	H, P, V		* +	
246			<i>Perrottetia ovata</i>	H, V		* +	
247			<i>Persea americana</i>	H, P, V		* + ~	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
248			<i>Persea liebmannii</i>	H, P, V		* +	
249			<i>Persea longipes</i>	V		* +	
250			<i>Persea pallescens</i>	H, P, V		+	
251		③	<b><i>Persea schiedeana</i></b>	P, V	P, V	* + ~	VU
252			<i>Photinia mexicana</i>	V		* +	
253			<i>Phyllonoma laticuspis</i>	H, P, V		* +	
254			<i>Phymosia rosea</i>	P, V		* +	
255			<i>Picramnia teapensis</i>	V		* +	
256	X	③	<b><i>Picramnia xalapensis</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
257			<i>Pinus ayacahuite var. ayacahuite</i>	H, P, V		* +	
258			<i>Pinus chiapensis</i>	P, V		* +	
259			<i>Pinus devoniana</i>	H, P, V		*	
260			<i>Pinus greggii</i>	H, P		*	
261			<i>Pinus hartwegii</i>	H, P, V		*	
262			<i>Pinus lawsonii</i>	P, V		*	
263			<i>Pinus maximinoi</i>	H, P, V		* +	
264			<i>Pinus montezumae</i>	H, P, V		* +	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
265			<i>Pinus oocarpa</i>	H, P, V		*	
266			<i>Pinus patula</i>	H, P, V		* +	
267			<i>Pinus pringlei</i>	P		*	
268			<i>Pinus pseudostrobus</i>	H, P, V		* +	
269			<i>Pinus pseudostrobus</i>	H, P, V		* +	
270			<i>Pinus teocote</i>	H, P, V		* +	
271			<i>Piper aduncum</i>	H, P, V		* +	
272			<i>Piper sanctum</i>	H, P, V		* +	
273		④	<b><i>Platanus mexicana</i></b>	H, P, V	H, P, V	+ ~	NE
274			<i>Podachaenium eminens</i>	H, P, V		* +	
275	X	⑩	<b><i>Podocarpus matudae</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	VU / Pr
276			<i>Podocarpus reichei</i>	H, P, V		*	
277			<i>Protium copal</i>	H, P, V		* +	
278			<i>Prunus brachybotrya</i>	H, V		+	
279			<i>Prunus cortapico</i>	P, V		* +	
280			<i>Prunus lundelliana</i>	V		* +	
281			<i>Prunus rhamnoides</i>	V		* +	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
282			<i>Prunus samydoides</i>	H, P, V		* +	
283			<i>Prunus serotina subsp. capuli</i>	H, P, V		* +	
284			<i>Prunus serotina subsp. serotina</i>	H, V		*	
285			<i>Prunus tetradenia</i>	H, P, V		* +	
286			<i>Pseudolmedia glabrata</i>	H, P, V		* +	
287			<i>Psychotria chiapensis</i>	P, V		* +	
288			<i>Psychotria flava</i>	P, V		* +	
289		⑤	<b><i>Psychotria galeottiana</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
290			<i>Psychotria megalantha</i>	V		* +	
291			<i>Psychotria phanerandra</i>	H, V		+	
292			<i>Psychotria sousae</i>	V		* +	
293			<i>Psychotria trichotoma</i>	P, V		* +	
294			<i>Quercus acherdophylla</i>	H, P, V		* +	
295			<i>Quercus acutifolia</i>	H, P, V		* ~	
296		⑧	<b><i>Quercus affinis</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
297		③	<b><i>Quercus candicans</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
298		⑤	<b><i>Quercus castanea</i></b>	H, P, V	H, P, V	*	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
299			<i>Quercus corrugata</i>	H, P, V		* +	
300			<i>Quercus cortesii</i>	V		* +	
301		③	<b><i>Quercus crassifolia</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
302			<i>Quercus crassipes</i>	H, P, V		*	
303			<i>Quercus delgadoana</i>	H, P, V		+	
304			<i>Quercus depressa</i>	H, P, V		*	
305			<i>Quercus deserticola</i>	H, P		*	
306			<i>Quercus diversifolia</i>	H, P, V		*	
307			<i>Quercus elliptica</i>	H, P, V		* +	
308			<i>Quercus furfuracea</i>	P		*	
309			<i>Quercus germana</i>	H, P, V		* + ~	
310			<i>Quercus glabrescens</i>	H, P, V		* +	
311			<i>Quercus glaucooides</i>	H, P, V		*	
312			<i>Quercus greggii</i>	H, P, V		*	
313			<i>Quercus hirtifolia</i>	H, P		* +	
314			<i>Quercus insignis</i>	P, V		* +	
315			<i>Quercus lancifolia</i>	H, P, V		* +	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
316		⑧	<b>Quercus laurina</b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
317			<i>Quercus leiophylla</i>	H, P, V		* ~	
318			<i>Quercus liebmannii</i>	P		*	
319			<i>Quercus magnoliifolia</i>	H, P, V		*	
320		⑤	<b>Quercus mexicana</b>	H, P, V	H, P, V	*	NE
321			<i>Quercus microphylla</i>	H, P, V		*	
322			<i>Quercus obtusata</i>	H, P, V		* +	
323			<i>Quercus oleoides</i>	H, P, V		*	
324			<i>Quercus paxtalensis</i>	H, V		+	
325			<i>Quercus peduncularis</i>	H, P, V		*	
326			<i>Quercus pinnativenulosa</i>	H, V		* + ~	
327			<i>Quercus polymorpha</i>	H, P, V		* +	
328			<i>Quercus repanda</i>	H, P, V		*	
329			<i>Quercus rugosa</i>	H, P, V		* +	
330			<i>Quercus rysophylla</i>	H, V		+	
331			<i>Quercus sapotifolia</i>	H, P, V		* +	
332			<i>Quercus sartorii</i>	H, P, V		* + ~	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
333			<i>Quercus scytophylla</i>	P		* +	
334			<i>Quercus skinneri</i>	V		* +	
335			<i>Quercus trinitatis</i>	H		+	
336		⑦	<b><i>Quercus xalapensis</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	VU
337	X	③	<b><i>Quetzalia schiedeana</i></b>	H, P, V	H, V	* +	NE
338			<i>Quetzalia stipitata</i>	H, P, V		* +	
339			<i>Randia matudae</i>	V		* +	
340			<i>Randia pterocarpa</i>	V		+	
341			<i>Rhamnus betulifolia</i>	H		* +	
342	X	⑤	<b><i>Rhamnus longistyla</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
343			<i>Rhamnus mucronata</i>	H, P, V		* +	
344	X	⑤	<b><i>Rhamnus pompana</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
345			<i>Rogiera stenosphon</i>	V		+	
346			<i>Rollinia membranacea</i>	P, V		* +	
347			<i>Rollinia mucosa</i>	V		* +	
348			<i>Roupala montana</i>	V		* +	
349		⑤	<b><i>Salix humboldtiana</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
350			<i>Salix paradoxa</i>	H, P, V		* +	
351			<i>Salix taxifolia</i>	H, P, V		* +	
352			<i>Sapium macrocarpum</i>	P, V		* +	
353			<i>Saurauia aspera</i>	H, V		* +	
354			<i>Saurauia cana</i>	H, P, V		+	
355			<i>Saurauia leucocarpa</i>	H, P, V		* + ~	
356			<i>Saurauia pedunculata</i>	V		+	
357			<i>Saurauia scabrida</i>	H, P, V		* +	
358			<i>Saurauia serrata</i>	V		* +	
359			<i>Saurauia villosa</i>	P, V		* +	
360			<i>Saurauia yasicae</i>	V		* +	
361			<i>Sideroxylon contrerasii</i>	H, P, V		+	
362			<i>Siparuna thecaphora</i>	H, V		* +	
363		③	<b><i>Solanum aligerum</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
364			<i>Solanum aphyodendron</i>	H, P, V		* +	
365			<i>Solanum chrysotrichum</i>	H, P, V		* +	
366		⑤	<b><i>Solanum lanceolatum</i></b>	P, V	P, V	+	NE

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
367			<i>Solanum nigricans</i>	H, P, V		* +	
368			<i>Solanum nudum</i>	H, P, V		* +	
369			<i>Solanum pubigerum</i>	H, P, V		* +	
370			<i>Solanum schlechtendalianum</i>	H, P, V		+	
371			<i>Sommeria arborescens</i>	V		* +	
372			<i>Spathacanthus hahnianus</i>	P, V		* +	
373			<i>Spondias radlkoferi</i>	V		* +	
374			<i>Stauranthus perforatus</i>	V		+	
375			<i>Stemmadenia litoralis</i>	H, P, V		* +	
376			<i>Stemmadenia tomentosa</i>	H, P, V		* +	
377			<i>Styrax argenteus</i>	V		* +	
378		④	<b><i>Styrax glabrescens</i></b>	H, P, V	V	* + ~	NE
379			<i>Symplococarpon purpusii</i>	V		+	
380			<i>Symplocos coccinea</i>	H, P, V		* + ~	
381			<i>Symplocos excelsa</i>	V		* +	
382			<i>Symplocos johnstonii</i>	V		*	
383			<i>Symplocos limoncillo</i>	H, V		* +	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
384			<i>Symplocos longipes</i>	V		* +	
385			<i>Tapirira mexicana</i>	P, V		* +	
386			<i>Taxodium mucronatum</i>	H, P, V		*	
387			<i>Taxus globosa</i>	H, P, V		* +	
388			<i>Ternstroemia huasteca</i>	H, P, V		* +	
389		⑤	<b><i>Ternstroemia sylvatica</i></b>	H, P, V	H, V	* + ~	NE
390			<i>Ternstroemia tepezapote</i>	H, P, V		* +	
391			<i>Tilia americana</i>	H, P, V		* +	
392			<i>Topobea laevigata</i>	P, V		* +	
393		⑤	<b><i>Trema micrantha</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
394		⑥	<b><i>Trichilia havanensis</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	NE
395			<i>Trichospermum mexicanum</i>	H, P, V		* +	
396			<i>Trophis mexicana</i>	H, P, V		* +	
397			<i>Trophis racemosa subsp. ramon</i>	H, P, V		* +	
398		⑩	<b><i>Turpinia insignis</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	NE
399			<i>Turpinia occidentalis subsp. occidentalis</i>	H, P, V		* +	
400			<i>Turpinia occidentalis subsp. breviflora</i>	V		*	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
401		⑤	<b><i>Ulmus mexicana</i></b>	H, P, V	H, P, V	* + ~	NE
402			<i>Urera glabriuscula</i>	V		+	
403			<i>Urera rzedowskii</i>	H, P, V		* +	
404			<i>Urera verrucosa</i>	H, P, V		* +	
405		⑧	<b><i>Vaccinium leucanthum</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
406			<i>Vallesia aurantiaca</i>	V		* +	
407		③	<b><i>Vallesia glabra</i></b>	H, P	H, P	+	NE
408		④	<b><i>Vernonanthura patens</i></b>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
409			<i>Viburnum ciliatum</i>	H, P, V		* +	
410			<i>Viburnum elatum</i>	H, V		* +	
411			<i>Viburnum hartwegii</i>	H, V		* +	
412			<i>Viburnum microcarpum</i>	H, P, V		* +	
413			<i>Viburnum tiliifolium</i>	H, P, V		* +	
414			<i>Vismia camparaguey</i>	P, V		* +	
415			<i>Weinmannia intermedia</i>	H, P, V		* +	
416			<i>Weinmannia pinnata</i>	H, V		* +	
417			<i>Wimmeria concolor</i>	H, P, V		* +	

Núm spp	Endémica	Descrip.	Nombre Científico	Edo. basado en bibliografía	Edo. basado en ocurrencias	Bibliografía	Categoría de Riesgo RedList/NOM
418		⑤	<i>Xylosma flexuosa</i>	H, P, V	H, P, V	* +	NE
419			<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	P, V		* +	
420			<i>Zapoteca portoricensis subsp. portoricensis</i>	H, P, V		* +	
421			<i>Zapoteca tetragona</i>	H, P, V		* +	
422			<i>Zinowiewia concinna</i>	V		* +	