



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES**

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE  
ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA  
CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD  
VEGETAL EN SAN JUAN TAHITIC,  
PUEBLA**

**ALIN NADYELY TORRES DIAZ**

**T E S I S**  
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**DOCTORA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO**

2022



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **Valoración económica de áreas prioritarias para la conservación de la diversidad vegetal en San Juan Tahitic, Puebla**, realizada por la estudiante: **Alin Nadyely Torres Díaz**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS  
CIENCIAS FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

Dr. Manuel de Jesús González Guillén

ASESORA

Dra. Patricia Hernández de la Rosa

ASESOR

Dr. Héctor Manuel De los Santos  
Posadas

ASESOR

Dr. Miguel Jorge Escalona Maurice

ASESOR

Dr. Aurelio León Merino

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, octubre de 2022.

# VALORACIÓN ECONÓMICA DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD VEGETAL EN SAN JUAN TAHITIC, PUEBLA

Alin Nadyely Torres Díaz, D.C.  
Colegio de Postgraduados, 2022

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue valorar económicamente las áreas prioritarias para la conservación de la diversidad de especies de flora en la localidad de San Juan Tahitic, en el estado de Puebla, La región está cubierta por bosque mesófilo de montaña, una de las comunidades más ricas en especies de México y del mundo, y, a la vez, es uno de los sistemas más amenazados.

Este estudio propuso el Índice de Importancia para la Conservación (InIcOB) basado en indicadores cuantitativos de composición y estructura de la vegetación, para ello se establecieron 63 unidades de muestreo en las que se midieron variables dasométricas de todos los estratos. También se determinaron las áreas prioritarias de conservación, mediante un análisis de la dinámica de cambio de ocupación del suelo ocurrida entre los años 2005 y 2018, que permitió hacer una proyección para el año 2031 y detectar las superficies con vegetación forestal que presentan probabilidad de cambio, estas áreas fueron sobrepuestas con el InIcOB, para reconocer aquellas con un elevado valor para la conservación. Finalmente, se estimó el valor económico de uso directo y de no uso de la flora de la localidad, mediante el valor de mercado o valores sustitutos y el método de experimentos de elección.

Los resultados sugieren que el InIcOB evalúa adecuadamente las comunidades vegetales que cubren la zona, los valores más altos corresponden a bosques mesófilos que se encuentran en el extremo este y alejados de las áreas habitacionales de la localidad. Con respecto a las áreas prioritarias para la conservación, se estimó que 2 276 ha de bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria avanzada / cafetales se perderán para el año 2031, de esta superficie, 81 ha son consideradas como “prioridad muy elevada”. El valor económico de uso resultó ser más elevado en las áreas cubiertas por bosque mesófilo de montaña debido a que contiene mayores existencias de recursos maderables. El experimento de elección arrojó que la población asigna un valor de no uso mayor a la diversidad de especies de flora que al resto de los atributos evaluados, por lo que los bosques evaluados con mayor valor para su conservación también resultaron tener el mayor valor de no uso. También se tiene que considerar la accesibilidad, ya que las personas de la localidad asignan un valor más elevado a los sitios más accesibles y este valor decrece conforme la accesibilidad disminuye.

Estos productos representan la base para generar el ordenamiento de la localidad, así como programas y políticas que promuevan el uso intensivo, el aprovechamiento planificado y la conservación de las áreas adecuadas para lograr cada objetivo.

**Palabras clave:** biodiversidad, composición y estructura, cambio de ocupación del suelo, experimentos de elección, valor de uso, valor de no uso.

# ECONOMIC VALUATION OF PRIORITY AREAS FOR THE CONSERVATION OF PLANT DIVERSITY IN SAN JUAN TAHITIC, PUEBLA

Alin Nadyely Torres Díaz, D.C.  
Colegio de Postgraduados, 2022

## ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the economic value of the priority areas for the conservation of the diversity of flora species in San Juan Tahitic, state of Puebla. The region is covered by cloud forest that represents one of the communities richest in species in Mexico and the world, and at the same time, is one of the most threatened systems.

This study proposed the Index of Importance for Conservation (InIcOB) based on quantitative indicators of composition and structure of the vegetation, 63 sampling units were established in which dasometric variables of all strata were measured. Priority conservation areas were also determined, through an analysis of the dynamics of change in land occupation that occurred between 2005 and 2018, and a projection for 2031 to detect the surfaces occupied by forest vegetation with a probability of loss. These areas were overlapped with the InIcOB, to recognize those with a high value for conservation. Finally, the economic value of direct use and non-use of the flora of the locality was estimated, through the market value or substitute values, and the method of choice experiments, with which three attributes of the plant communities were evaluated, the diversity of species, the amount of wood (biomass) and accessibility.

The results suggest that the InIcOB adequately evaluates the different plant communities that cover the area, the highest values correspond to cloud forests located in the extreme east and far from the residential areas, while the induced vegetation obtained the lower values. It was estimated that 2,276 ha of cloud forest and advanced secondary vegetation / coffee plantations will be lost by 2031. Of this area, 81 ha are considered "very high priority" and another 42 ha under the "high priority" category. The use economic value was higher in the areas covered by cloud forest. The choice experiment showed that people assign a higher non-use value to the diversity of flora species than to the rest of the attributes evaluated, so that the forests evaluated with the highest conservation value also turned out to have the highest non-use value. However, accessibility also has to be considered, since local people assign a higher value to more accessible sites and this value decreases as accessibility decreases.

All results, InIcOB, forest areas at risk of change, priority areas, value of use, non-use, and total value are presented spatially. These products represent the base to generate the ordering of the locality, as well as programs and policies that promote the intensive use, the planned use and the conservation of the adequate areas to achieve each objective.

**Key words:** biodiversity, composition and structure, land use change, choice experiments, use value, non-use value.

## AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, campus Montecillo por recibirme en su programa y brindar los recursos necesarios para la realización de este proyecto.

Al CONACYT, por la beca otorgada para poder estudiar el programa de doctorado en el COLPOS.

A los doctores de los Posgrados en Ciencias Forestales y Socioeconomía, Estadística e Informática, quienes con sus cursos me ayudaron a crecer académicamente y brindarme herramientas para realizar este trabajo. Principalmente al Dr. José Alberto García Salazar, Dr. Gregorio Ángeles Pérez, Dra. Patricia Hernández de la Rosa, Dr. Manuel de Jesús González Guillén y Dr. Héctor De los Santos Posadas.

A los miembros de mi Consejo Particular, Dr. Manuel de Jesús González Guillén, Dra. Patricia Hernández de la Rosa, Dr. Héctor De los Santos Posadas, Dr. Aurelio León Merino, Dr. Miguel Escalona Maurice, quienes formaron parte importante de este proyecto, muchas gracias por su guía, recomendaciones, comprensión y tolerancia.

A todas las personas que colaboraron con el trabajo de campo, principalmente Canek Ledesma Corral y Anastasio Sotero Hernández, quienes son unos biólogos y colectores excelentes. A Misael Andrés García, Lucía Freiré y Erika Servín quienes también participaron en el muestreo y en la determinación de especies. Definitivamente, este trabajo no podría haberse realizado sin su apoyo.

A Anastasio y Fátima Sotero Hernández, así como Canek Ledesma Corral y Misael Andrés García, quienes participaron en el levantamiento de las encuestas el cual representó otro reto importante. A Anastasio y Fátima, quienes fueron los intérpretes y cuya ayuda fue indispensable para que las personas nos abrieran las puertas.

A la familia Sotero Hernández con especial atención por haberme abierto las puertas de su hogar durante todo el trabajo de campo, aceptándome como otro miembro de su familia. *Miak tasohjkamatik komalehtsin, ni mits on neki miak.*

Al los Drs. Jonathan Amith y Martin Ricker por las observaciones valiosas realizadas en el documento

A mi familia, a mis padres Patricia Díaz y Guillermo Torres por enseñarme valores y sentar las bases de mi formación, hasta lograr este “monstruo de persona”. A mi esposo, Canek, por aguantarme, ayudarme a crecer en todos los aspectos y apoyarme para lograr mis metas y sueños. A mi hermano, Luis Torres, por estar ahí siempre, ser mi maestro y mano derecha (e izquierda).

A mis maestros, compañeros, pero sobre todo amigos de la FESI, por siempre echarme porras y hacer el rato de trabajo un gran rato, Maestra Edith López Villafranco, Maestro Ricardo Medina Ortiz, Dr. Fernando del Moral, Maestro Francisco López Martínez, Maestra Ruth Juárez Márquez, Dra. Silvia Aguilar Rodríguez, Maestra Leonor Abundiz Bonilla y todas “las zoogeobotánicas”.

A todos mis maestros, quienes han contribuido de diferentes maneras a formar esta bióloga, Maestra Edith López Villafranco, Maestra Mónica González de Quevedo, Dr. Daniel Tejero Diez, Maestro Arnulfo y todos los que fueron ejemplo, me hicieron reflexionar y enamorarme de esta carrera.

A todos los estudiantes que están y han pasado por el herbario IZTA, así como de la carrera de biología, por ser un reto y ser maestros en muchas formas.

A la Maestra Fabiola Cerón Flores por ser parte importante en este proceso. Y a mis peludos por dar sabor a mis días.

A todos ellos muchas gracias...

“Ninguna característica de la Tierra es más compleja, dinámica y variada que la capa de organismos vivos que ocupan sus superficies y sus mares, y ninguna otra está experimentando un cambio más dramático a manos de los humanos que esta característica extraordinaria y singularmente única de la Tierra”

(MEA, 2005)

## CONTENIDO

RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
LISTA DE CUADROS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Diversidad de flora en México .....	5
Biodiversidad en el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM).....	6
Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos.....	8
Valor económico total.....	9
Métodos de valoración .....	11
Método de Valoración Contingente (MVC).....	14
Método de Experimentos de elección .....	17
Valoración de activos ambientales con valor de no uso y de la biodiversidad .....	18
ZONA DE ESTUDIO .....	21
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	28
Objetivo general.....	28
Objetivos particulares.....	28
Hipótesis .....	28
CHAPTER 1. A ZONING INDEX TO DETECT AREAS OF BIOLOGICAL IMPORTANCE APPLIED TO TEMPERATE FOREST OF CENTRAL MEXICO .....	29
1.1. ABSTRACT.....	29
1.2. INTRODUCTION .....	30
1.3. MATERIAL AND METHODS .....	32
1.3.1. Importance for Biological Conservation Index .....	32
1.3.2. InCoB applied to cloud forest and associated vegetation.....	34
1.3.3. Geostatistical model .....	35
1.3.4. Data collection.....	37
1.4. RESULTS .....	38



1.4.1.	Composition and Structure Indicators .....	38
1.4.2.	Index of Importance for Biological Conservation applied to the Cloud Forest .....	41
1.4.3.	Geostatistical Model .....	41
1.5.	DISCUSSION.....	43
1.5.1.	Composition and Structure Indicators' Relevance.....	43
1.5.2.	Validation of the Index of Importance for Biological Conservation.....	45
1.5.3.	InICoB extrapolation.....	46
1.5.4.	InICoB Application.....	46
1.6.	CONCLUSIONS.....	48
CAPÍTULO 2. AREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE FLORA .....		49
2.1.	RESUMEN.....	49
2.2.	INTRODUCCIÓN.....	50
2.3.	OBJETIVOS.....	52
2.4.	MÉTODOS Y MATERIALES.....	52
2.4.1.	Generación de la información base.....	52
2.4.2.	Análisis y simulación de cambio de ocupación del suelo .....	53
2.4.3.	Priorización de áreas para la conservación.....	53
2.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	54
2.5.1.	Cambios en la ocupación del suelo del 2005 al 2018 .....	54
2.5.2.	Simulación de cambios en la ocupación del suelo .....	58
2.5.1.	Áreas prioritarias para la conservación de la flora.....	64
2.6.	CONCLUSIONES .....	67
CHAPTER 3. USE AND NON-USE VALUES OF THE FLORISTIC DIVERSITY IN CENTRAL MEXICO, A SPATIAL PROJECTION .....		68
3.1.	ABSTRACT.....	68
3.2.	INTRODUCTION .....	69
3.3.	MATERIAL AND METHODS .....	71
3.3.1.	Study Area .....	71
3.3.2.	Use value .....	71

3.3.3.	Non-use value .....	73
3.3.4.	Economic valuation on a spatial scale.....	74
3.4.	RESULTS AND DISCUSSION.....	75
3.4.1.	Socioeconomic characteristics .....	75
3.4.2.	Use value .....	78
3.4.3.	Non-use value .....	83
3.4.4.	Total economic value .....	87
3.5.	CONCLUSIONS.....	88
CONCLUSIONES GENERALES.....		90
Conclusiones .....		90
Fortalezas .....		92
Debilidades .....		94
Oportunidades de investigación y recomendaciones .....		96
LITERATURA CITADA.....		98
ANEXOS .....		108
Anexo 1 – Listado florístico de la localidad de San Juan Tahitic.....		108
Anexo 2 – Características de los sensores de donde se obtuvieron las imágenes empleadas .....		140
Anexo 3 – Encuesta.....		142
Anexo 4 – Diapositivas y combinaciones presentadas para establecer el mercado simulado y el experimento de elección .....		151

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Riqueza estimada a nivel mundial y en México de los diferentes grupos de plantas vasculares. Modificada de Llorente-Bousquets y Ocegueda (2017).....	5
Cuadro 2. Estudios de valoración económica de especies que incluyen su indirecto y/o no uso en México. ....	20
Table 1.1. Predictive variables of the geostatistical model to extrapolate the InCoB in the study area.....	36
Table 1.2. Statistics of the composition indicators obtained by plant community and the entire locality. ....	39
Table 1.4. Statistics of the structure and complementarity indexes obtained by plant community and the entire locality. ....	40
Table 1.5. Geostatistical model and adjustment parameters.....	42
Tabla 2.1. Variables para generar el modelo de cambio de cobertura forestal en la localidad de San Juan Tahitic, Puebla. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 2.2. Variables significativas $p < 0.1$ para explicar el cambio de ocupación del suelo en San Juan Tahitic, Puebla. ....	59
Tabla 2.3. Cambios en la superficie y porcentaje por tipo de ocupación del suelo en San Juan Tahitic, Puebla.....	60
Table 3.1. Attributes and levels used in the choice experiment.....	74
Table 3.2. Common name, type of use, prices and market units of the forest species. ....	79
Table 3.3. Coefficients obtained in the LOGIT model. (**) significant variables .....	84
Table 3.4. Willingness to accept for the different attributes, total non-use value for each attribute.....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de uso considerados en la estimación del Valor Económico Total (VET). **= Algunos autores consideran el valor de opción como un valor de uso e incluyen el de “cuasi-opción”, que representa la postergación de una decisión irreversible sobre el uso de un determinado recurso. Modificado de Asafu-Adjaye (2005), Council (2005), (Lomas et al., 2005) y Azqueta (2007). .....	10
Figura 2. Métodos de valoración de los bienes y servicios ecosistémicos. Tomado de Asafu-Adjaye (2005), (Lomas et al., 2005) y Azqueta (2007). .....	11
Figura 3. Ubicación de la zona de estudio, localidad de San Juan Tahitic, municipio de Zacapoaxtla, Puebla.....	22
Figura 4. Características ambientales de la zona de estudio. A) Topografía, B) Pendiente .....	23
Figura 5. Características ambientales de la zona de estudio. A) Hidrografía, B) Vegetación potencial. ....	24
Figura 6. Ubicación del área de estudio (localidad de San Juan Tahitic) dentro de áreas prioritarias de conservación. A) Región Terrestre Prioritaria - Cuetzalan, B) Región Hidrológica Prioritaria – Río Tecolutla .....	26
Figure 1.1. Flowchart to obtain InCoB. Field data collection indicators, raster layers for the geostatistical model.....	34
Figure 1.2. Location of the study area (red dot), locality of San Juan Tahitic (red polygon), and sampling units (green dots).....	38
Figure 1.3. Relative values of the indicators that make up the InCoB for the different plant communities. Where: n1= number of tree and epiphytic species, n2= number of species with restricted distribution, n3= number of climax species, n4 = number of native species, n5 = number of species, with a conservation status, ID= Diversity index, IC=Complexity index, Com= Complementary Index .....	40
Figure 1.4. Variation in InCoB in the different plant communities and significant differences between them. Where: AGR = Agriculture, ASV/CP =	

Advanced Secondary Vegetation and coffee plantations, CF = Cloud forest, GRA = grassland. ....	41
Figure 1.5. InlCoB applied to the San Juan Tahitic locality. a) InlCoB in continuous values, and b) InlCoB divided into four quantiles. ....	44
Figura 2.1. A) Proporción de los diferentes tipos de ocupación del suelo - Año 2005, B) Proporción de los diferentes tipos de ocupación del suelo- Año 2018. Donde: HAB= infraestructura rural, PAS= pastizal inducido, AGR= áreas agrícolas, VSI= Vegetación secundaria inicial, VSA= Vegetación secundaria avanzada y cafetales, BMM= Bosque mesófilo de montaña.....	56
Figura 2.2. Clasificación de las imágenes satelitales y uso de la tierra A) Año 2005, B) Año 2018. Donde: HAB= infraestructura rural, PAS= pastizal inducido, AGR= áreas agrícolas, VSI= Vegetación secundaria inicial, VSA/CAF= Vegetación secundaria avanzada y cafetales, BMM= Bosque mesófilo de montaña. ....	57
Figura 2.3. A) Comparación de la superficie cubierta por cada tipo de ocupación del suelo entre el año 2005, 2008 y 2031. B) Proyección de la ocupación del suelo para el año 2031. Donde: HAB= infraestructura rural, PAS= pastizal inducido, AGR= áreas agrícolas, VSI= Vegetación secundaria inicial, VSA/CAF= Vegetación secundaria avanzada y cafetales, BMM= Bosque mesófilo de montaña .....	62
Figura 2.4. Mapa dinámico del cambio de ocupación del suelo del año 2005 y su proyección para el año 2031 en San Juan Tahitic, Puebla. Dónde las áreas sombreadas de verde corresponden a sitios que estaban cubiertos por bosque mesófilo de montaña en el año 2005 y que, de acuerdo con la simulación realizada, se perderán para el año 2031 .....	63
Figura 2.5. A) Áreas cubiertas por bosque mesófilo o vegetación secundaria avanzada/cafetal en el 2018 y que cambiarán a otro tipo de ocupación para el año 2031, B) Categorías de la importancia para su conservación (InlCoB) para las áreas propensas al cambio. Donde: 4= prioridad muy elevada, 3= prioridad elevada, 2= prioridad baja, 1= prioridad muy baja, 0= sin prioridad.....	66

Figure 3.1. Social characteristics of the people interviewed in San Juan Tahitic. (A): Age and gender classes; (B): Education. ....	76
Figure 3.2. Economic activities to obtain income of the people interviewed in San Juan Tahitic. ....	77
Figure 3.3. Land use and property type of the people interviewed in San Juan Tahitic. ....	77
Figure 3.4. (A): Land use in the study area; (B): Use value. ....	83
Figure 3.5. (A): InICoB (Index of Importance for the Biological Conservation) (1= High importance, 0= No importance); (B) Non-use value. ....	86
Figure 3.6. (A): Distance to the center of the town; (B) Slope factor (steep slope =1, soft slope = 0); (C): Accessibility value. ....	87
Figure 3.7. Total economic value (Use Value + Non-Use Value + Accessibility). ....	88

## INTRODUCCIÓN GENERAL

De acuerdo con el Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), la biodiversidad es la base de todos los servicios que los ecosistemas proveen a la sociedad y contribuye de manera directa a los servicios de provisión, regulación de servicios ambientales y culturales, y de forma indirecta a los de soporte; particularmente, la diversidad vegetal es un componente básico de estos servicios. Respecto a la provisión, las especies de flora brindan alimento, combustible, fibras, compuestos bioquímicos con múltiples fines, herramientas, plantas ornamentales, productos industriales y recursos genéticos (López et al., 2005). Con relación a los servicios de regulación y soporte, la vegetación influye en la captación de agua y control de inundaciones (Woda et al., 2006), en el ciclo de los nutrientes y retención del suelo (Zak et al., 2003; Balvanera et al., 2006), en la captura y almacenamiento de carbono (Locatelli et al., 2010; Buendía-Rodríguez et al., 2019). Finalmente, es un componente indispensable para los servicios culturales, ya que brindan espacios aptos para la recreación, ecoturismo y en algunos casos sus especies forman parte de rituales o creencias religiosas (MEA, 2005; EEA, 2020).

A pesar de la importancia que la diversidad vegetal tiene para el mantenimiento y desarrollo de la sociedad, históricamente los factores culturales, demográficos, económicos y de desconocimiento han propiciado la destrucción de hábitats, simplificación de los sistemas naturales, invasión de especies exóticas y extracción masiva de recursos, lo que ha generado la extinción de especies, la fragmentación del hábitat y con ello, el deterioro de funcionalidad de los ecosistemas (Naeem et al., 1999; Martínez-Meyer et al., 2014).

Ante esta problemática, la conservación de la biodiversidad ha sido considerada en las políticas nacionales e internacionales mediante leyes de protección para especies vulnerables o en peligro de extinción, medidas de certificación de organismos y sus productos derivados, la regulación de cambios de uso de la tierra, la ordenación del territorio y el establecimiento de áreas naturales protegidas (Flores-Palacios & Valencia-Díaz, 2007). De manera indirecta, el pago de servicios ambientales también puede favorecer al mantenimiento de la biodiversidad; sin embargo, dado que el objetivo principal del mercado de los servicios ecosistémicos no es la conservación de la

biodiversidad, esta no siempre resulta beneficiada con el manejo implementado (Ingram et al., 2012; Reyers et al., 2012; Lele et al., 2013).

Recientemente, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos han sido definidos como un capital natural, el cual puede ser evaluado bajo una métrica monetaria (Council, 2005; MEA, 2005). Si bien esta visión causa controversia ya que la valoración de los seres vivos, de los ecosistemas, de su amplia gama de funciones y redes biológicas debería ser intrínseca, permite visualizarlos a través de variables entendibles y comparables para la sociedad en general, y establece un marco de referencia para la gestión ambiental (Nunes & Van den Bergh, 2001; Council, 2005; Norgaard, 2010; Lele et al., 2013).

A pesar del potencial que esta valoración tiene en la mejora de la toma de decisiones para el desarrollo socio-económico-ambiental de las diferentes comunidades, aún se requiere de información sobre la efectividad de su aplicación, así como la evaluación y apertura de mercados para muchos activos ambientales (Carpenter et al., 2006). Sin embargo, su valoración es complicada debido a que generalmente son de propiedad común, lo que ocasiona la no exclusividad (cualquier persona puede hacer uso del activo, sin pagar algún precio) y la no rivalidad (su consumo no disminuye su disponibilidad para otros), y con ello la imposibilidad de asignar cargos, tanto al uso del propio activo como a sus externalidades (Mendieta, 2005; Romo-Lozano et al., 2017).

Por otra parte, la biodiversidad como activo ambiental cada vez más escaso, ha quedado implícita dentro de la valoración de los servicios ecosistémicos como uno de sus componentes funcionales y de soporte. Incluso, su conservación se utiliza como fundamento y motivación para promover el mercado de servicios o viceversa. Sin embargo, a pesar de la fuerte relación existente entre la biodiversidad y los servicios, ambos requieren ser valorados de forma independiente debido a su naturaleza y concepción antropocéntrica (Nunes & Van den Bergh, 2001; Nijkamp et al., 2008; Ingram et al., 2012; Reyers et al., 2012).

En este sentido, el MEA (2005) establece que la biodiversidad brinda “servicios culturales” vinculados a valores religiosos, estéticos, espirituales, culturales, históricos y éticos. Estos servicios permiten que la biodiversidad pueda ser valorada más allá de su



valor intrínseco (por sí misma) y ser incluida por su valor de no uso (opción, herencia y existencia) en la estimación de la Valoración Económica Total (VET). Esta considera el valor de uso directo (bienes de consumo), el valor de uso indirecto de los diferentes servicios y el valor de no uso (Council, 2005; Reyers et al., 2012; Lele et al., 2013).

El valor de no uso de los activos ambientales y específicamente el de la biodiversidad, puede sumarse como un importante componente al VET de un ecosistema, su evaluación es la base para crear incentivos a favor de su conservación (Asafu-Adjaye, 2005; Christie et al., 2006). Sin embargo, a pesar de su importancia, son pocos los estudios a nivel mundial que consideran el valor de no uso de la biodiversidad. En México, este trabajo representa el primer esfuerzo por estimar el valor económico tomando como base la diversidad de flora en San Juan Tahitic, Zacapoaxtla, Puebla. Esta localidad se encuentra en la Sierra Norte de la entidad, está cubierta principalmente por bosque mesófilo de montaña (BMM), cuya importancia radica en ser una de las comunidades vegetales más ricas en especies del país (Villaseñor, 2010). Promover incentivos para su conservación podría representar una oportunidad de ingreso para la población humana que vive en la región, que tiene un grado de marginación muy alto (CONAPO, 2010) y su economía depende en gran medida de los diversos bienes y servicios que obtienen directamente del ambiente para satisfacer sus necesidades.

Este documento se divide en cinco partes, la primera está conformada por el marco teórico general del estudio, que incluye la importancia de México y del bosque mesófilo de montaña en el resguardo de la biodiversidad, la valoración económica y los tipos de valor de los bienes y servicios ecosistémicos, metodologías para su estimación, profundizando en el método de valoración contingente y método de experimentos de elección, estudios realizados al respecto en México y, finalmente, la caracterización de la zona de estudio.

En el primer capítulo se propone el índice de Importancia para la Conservación Biológica (InIcOB) y un modelo geoestadístico para definir las áreas de mayor aptitud para la conservación de la diversidad de flora. El índice utiliza indicadores cuantitativos basados en información sobre la composición y estructura de la vegetación. Se muestran los resultados de su aplicación a la zona de estudio, donde se comprueba que el índice

distingue acertadamente las asociaciones primarias, secundarias e inducidas. Adicionalmente, su valor es proyectado espacialmente, ya que responde a variables ambientales y de impacto antropogénico.

En el segundo capítulo se compara la ocupación del suelo del año 2005 y del 2018, con ello se elaboró una matriz de cambio y su relación con algunos factores biofísicos y sociales. Se presenta una proyección de la probable ocupación del suelo para el año 2031, con la cual se detectan las áreas que actualmente cuentan con una cobertura forestal y que tienen una elevada probabilidad de cambio. Estas áreas son sobrepuestas a la proyección espacial del Índice de Importancia para la Conservación Biológica y se establecen como prioritarias, aquellas que además de tener una elevada probabilidad de cambio presentan un InCoB muy elevado o elevado.

En el tercer capítulo se presentan los datos de la estimación del valor económico de la diversidad de flora y su proyección espacial, para lo cual se sumó el valor de uso directo, el valor de no uso considerando el valor de existencia y la accesibilidad del terreno. Para el valor de uso se realizó la estimación de las existencias de las especies por tipo de vegetación y se utilizaron técnicas indirectas o de mercados sustitutos para asignarles un valor. El valor de no uso fue evaluado mediante el método de experimentos de elección, su proyección espacial se hizo en función del valor del Índice de Importancia para la Conservación Biológica (InCoB) que se calcularon y presentan en el capítulo uno, para ello se consideró el valor económico más elevado a los sitios con InCoB más alto. Dado que el método empleado arrojó datos sobre el valor que tenía la accesibilidad del terreno sobre el recurso de la flora, esta también fue evaluada espacialmente. Los tres valores fueron sumados y se obtuvo un mapa con el valor económico total de la flora de la localidad.

Finalmente, en el último apartado se incluyen las conclusiones generales, fortalezas, debilidades, oportunidades de investigación y recomendaciones

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Diversidad de flora en México

Se calcula que el territorio mexicano resguarda entre el 10 y 12% del total de las especies presentes en el mundo. Respecto a su flora, México ocupa el 4° lugar a nivel mundial, con una riqueza estimada de 23,314 especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2016) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Riqueza estimada a nivel mundial y en México de los diferentes grupos de plantas. Modificada de Llorente-Bousquets y Ocegueda (2017).**

GRUPO	PLANETA	MÉXICO	PORCENTAJE
Briobiontes	19 400 a 20 000	1 482	7.4 a 7.6
Helechos y licopodios	10 610 a 13 025	1 067	8.2 a 10.1
Gimnospermas	773 a 980	150	15.3 a 19.4
Angiospermas	235 011 a 258 650	23 791	9.0 a 9.2
TOTAL	265 794 a 292 655	26 490	9.1 a 10

Dado que el grupo de briobiontes (musgos y afines) no ha sido muy estudiado, la mayor parte de las cifras conocidas están enfocadas a las plantas vasculares. De ellas, el grupo más diverso corresponde a las angiospermas o plantas con flor, con aproximadamente el 95% del total de la flora de México, le siguen los licopodios y helechos con cerca de 4.3% y finalmente, las gimnospermas con el 0.5% (Villaseñor, 2004; Villaseñor & Espinosa-García, 2004).

Aunado a la importante riqueza de flora que se desarrolla en México, destaca que ha sido lugar de origen y desarrollo de numerosos linajes vegetales y contiene una gran cantidad de especies endémicas de su territorio, la cual se estima en cerca del 10% de la flora total (Rzedowski, 1991).

Esta riqueza se debe principalmente a la gran heterogeneidad de las condiciones ambientales, la cual permite que prácticamente todos los ecosistemas terrestres del mundo se encuentren representados en México y den origen a una variedad de

formaciones vegetales que han sido clasificadas de distintas maneras considerando diferentes objetivos y criterios (de índole fisonómico, florístico, de origen geográfico y ambiental). Entre las propuestas más importantes se encuentran las de Miranda y Hernández-X (1963) quienes proponen una clasificación con 32 tipos de vegetación, Rzedowski (2006) establece 10 tipos y más recientemente, INEGI (2015) define 59 e incluye asociaciones más puntuales e incluso la vegetación de tipo inducida.

En todas las clasificaciones antes citadas se distingue el bosque mesófilo de montaña (BMM), el cual destaca en términos de biodiversidad, ya que, en comparación con otros tipos de vegetación, alberga la mayor cantidad de especies de flora por unidad de área (Villaseñor, 2010).

### **Biodiversidad en el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)**

Se estima que esta comunidad vegetal está conformada por 6 163 a 6 790 especies de plantas vasculares, lo que corresponde a cerca del 30% de la riqueza de México, de ellas, entre 2 500 y 2 822 especies (10% del total del país) tienen una distribución restringida a esta comunidad vegetal (Rzedowski, 1996; Villaseñor, 2010; Espejo-Serna, 2014).

El BMM tiene una distribución fragmentada; puede desarrollarse desde los 400 m de altitud, donde colinda con selvas medianas, hasta los 2 700 m donde convive con bosques mixtos de *Quercus* y de *Abies*; se presenta en sitios con una elevada precipitación anual (desde 1 000 hasta 6 000 mm), neblinas frecuentes y elevada humedad atmosférica; es una comunidad muy escasa en el país, con una cobertura del 0.6% de la superficie nacional (Villaseñor, 2010; Gual-Díaz & González-Medrano, 2014).

En este sistema destaca la presencia de todos los grupos vegetales, desde los musgos, anthoceros y hepáticas (briobiontes o plantas no vasculares) que habitan de manera epífita y sobre rocas o suelo de taludes o del sotobosque; los licopodios y helechos (pteridobiontes), representados por hierbas del sotobosque, epífitas e incluso especies arborescentes; gimnospermas, entre las que destacan las cícadas y las coníferas; y, las angiospermas representadas por todas las formas de vida (Rzedowski, 2006; Espejo-Serna, 2014).

Las formas de vida epífitas y arbóreas son de gran importancia en esta comunidad vegetal, tanto por su riqueza de especies como por conferirle su estructura y fisonomía característica. Se trata de un bosque denso conformado por varios estratos arbóreos, con alturas que van desde los 5 hasta los 60 m; los estratos arbustivo y herbáceo generalmente son abiertos; las lianas o trepadoras leñosas pueden ser abundantes sobre todo en altitudes bajas (Rzedowski, 2006; Espejo-Serna, 2014). La estructura y composición del bosque mesófilo varía naturalmente de acuerdo con las condiciones de altitud, exposición de la ladera y ubicación fisiográfica; lo que deriva en un mosaico de asociaciones que difieren en su fisonomía y en sus especies dominantes (Espejo-Serna, 2014). A esta variedad, se tienen que adicionar las asociaciones secundarias, producto de la extracción de árboles para la obtención de madera o leña, o de la recuperación natural del bosque a partir del desmonte parcial o total de la vegetación original y del tipo de uso que se le dio a la tierra.

Al igual que otros bosques, el bosque mesófilo brinda servicios como la captura de carbono, disminución de la erosión y deslaves, regulación del clima, mantenimiento de los ciclos de nutrientes; además, tiene un papel destacado en la provisión de agua tanto en calidad como cantidad, ya que presenta un valor adicional único de captación de agua por la condensación de nubes y de niebla; en condiciones de alta humedad, la cantidad de agua que esta vegetación intercepta puede ser de 15 a 20% de la cantidad de lluvia directa (Sánchez-Ramos & Dirzo, 2014). A pesar de su importancia socioeconómica en la provisión de diversos bienes y servicios ecosistémicos a la sociedad, se están deteriorando por causas antrópicas.

De acuerdo con Challenger y Soberón (2008), se ha perdido el 41.1% de su escasa cobertura original (1.55% de la superficie total del país) y del BMM restante, solamente el 48% corresponde a condiciones primarias, mientras que el otro 52% son bosques secundarios. Lo que conlleva a una pérdida estimada en 10% de las especies que habitan en esta comunidad vegetal (Sánchez-Ramos & Dirzo, 2014). Las principales causas de pérdida y fragmentación de este ecosistema son el establecimiento de cafetales, pastizales inducidos para la ganadería extensiva, cultivo de frutales, agricultura

de temporal o permanente y extracción a pequeña escala de productos maderables y no maderables (Castelán Vega et al., 2007; Evangelista-Oliva et al., 2010).

### **Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos**

La acción de “valorar” se refiere a determinar el grado de utilidad o aptitud de las cosas, para satisfacer las necesidades o proporcionar bienestar o deleite (RAE, 2020), en este sentido, Azqueta (2007) define tres tipos de valores:

- a) “Valor inmanente” o “valor intrínseco fuerte”: los tienen los seres u objetos por sí mismo y no depende de su reconocimiento por un ente ajeno.
- b) “Valor intrínseco” o “valor intrínseco débil”: es igual que el anterior, pero difiere en que debe ser reconocido por un ente ajeno, por tanto, se considera un valor derivado.
- c) “Valor extrínseco”: no forma parte de la característica esencial de los seres u objetos y es otorgado por el ente ajeno.

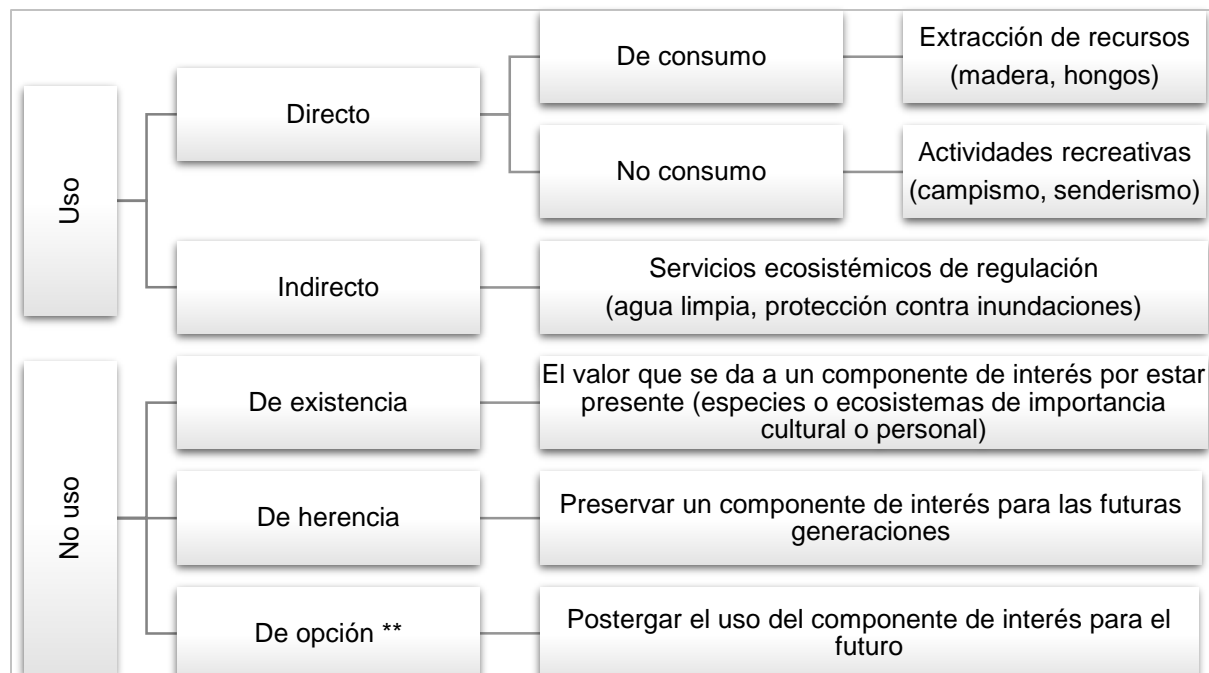
A pesar de que existe controversia y una fuerte discusión sobre el tipo de valor que se debe dar a los bienes y servicios ecosistémicos, además de las diversas cuestiones éticas y morales que circundan el tema (Azqueta, 2007; Reyers et al., 2012; Lele et al., 2013), el considerar como “capital” y “servicios” lo que la sociedad obtiene de los ecosistemas para su desarrollo, permite la inserción de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos dentro de la economía y política pública. Con ello, su gestión sostenible e incluso su conservación, se vuelven una posibilidad y una responsabilidad pública (Carpenter et al., 2006; Christie et al., 2006; Norgaard, 2010; Lele et al., 2013).

En este contexto, la valoración económica busca estimar el impacto que provocan los cambios en los bienes y servicios ecosistémicos sobre el bienestar de los individuos, sea que este empeore o mejore a partir de una situación inicial. Dado que la valoración económica se basa en los principios del utilitarismo, supone que las diferentes fuentes de valor que afectan la utilidad del individuo son potencialmente sustituibles, por lo que el individuo está dispuesto a negociar y cambiar una reducción en una fuente de valor, por un aumento en otra y lograr mantener su utilidad general (Council, 2005; Nijkamp et al., 2008).

## **Valor económico total**

El desarrollo, las actividades y el capital construido por la sociedad en general dependen del flujo de bienes y servicios que los ecosistemas proveen; este flujo ha sido mermado en calidad y cantidad por las transformaciones que históricamente se han realizado en los sistemas naturales. Por ello, la toma de decisiones para la gestión de los sistemas naturales debe basarse en el análisis de beneficio-costos que considere su “valor económico total” (VET). Este se basa en la utilidad de los activos ambientales; sin embargo, el concepto del VET es más amplio que el valor comercial o financiero común, ya que incluye todos los valores, tanto tangibles como intangibles que contribuyen a la satisfacción o el bienestar humano; y supera las limitaciones que el valor comercial o financiero común presenta para tratar de valorar un ecosistema, al basarse únicamente en los precios de mercado clásico (Council, 2005; Lomas et al., 2005).

De manera general, se distinguen dos tipos de valores: a) el “valor de uso”, que hace referencia al carácter instrumental o de utilidad que los bienes y servicios tienen para el ser humano y, b) el “valor de no uso”, en el cual las personas no son usuarias, ni directa ni indirectamente, del capital o servicios naturales (Azqueta, 2007). En la Figura 1 se muestran los tipos de valores que componen el VET; en ellos se pueden insertar todos los bienes y servicios que los ecosistemas proveen, así como las diferentes formas en que éstos pueden ser percibidos por la sociedad desde una valoración extrínseca o intrínseca (Asafu-Adjaye, 2005; Reyers et al., 2012).



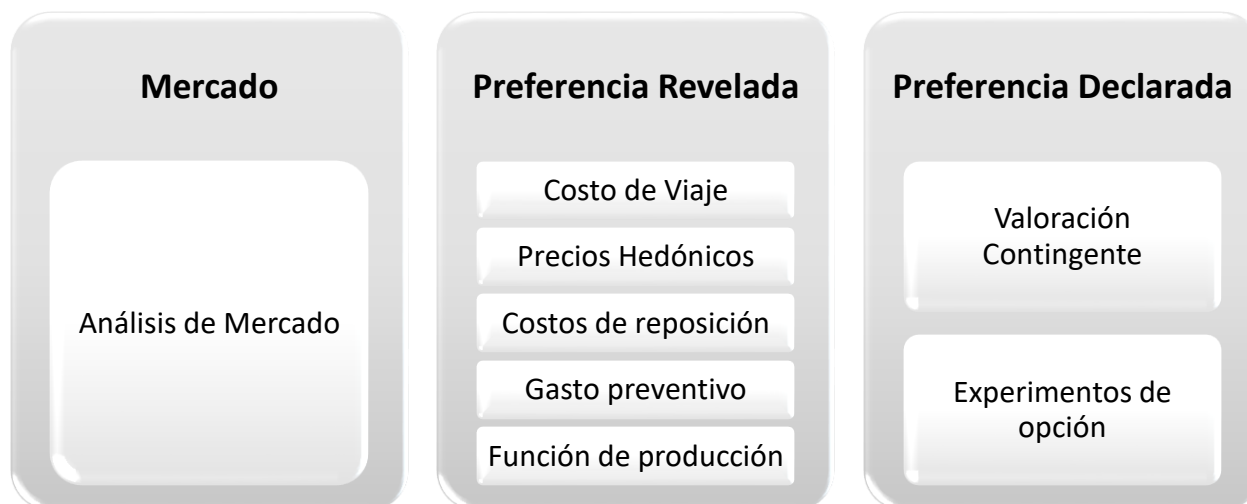
**Figura 1. Tipos de uso considerados en la estimación del Valor Económico Total (VET).  
 \*\*= Algunos autores consideran el valor de opción como un valor de uso e incluyen el de “cuasi-opción”, que representa la postergación de una decisión irreversible sobre el uso de un determinado recurso. Modificado de Asafu-Adjaye (2005), Council (2005), (Lomas et al., 2005) y Azqueta (2007).**

La estimación final del VET se obtiene mediante la sumatoria de todos sus componentes, y para ello se debe considerar y analizar el funcionamiento y la forma en que cada uno de los usos es evaluado, para evitar un "doble recuento" de valores y la suma o resta de usos complementarios o antagónicos (Council, 2005; Lomas et al., 2005). Los primeros ocurren cuando la relación es benéfica para dos o más objetivos de uso, por ejemplo, al conservar la biodiversidad se mantiene en calidad y cantidad de los servicios de polinización en huertos o cultivos cercanos; por el contrario, el antagonismo ocurre cuando un tipo de uso ocasiona mermas en otro uso o incluso lo imposibilita, tal es el caso de muchos servicios de provisión, los cuales al ser extraídos ocasionan afectaciones en el resto de los servicios (Reyers et al., 2012).



## Métodos de valoración

Los métodos de valoración dependen del tipo de uso del bien o servicio que se evalúe, la mayor parte de los valores de uso directo (tanto de consumo como de no consumo) y algunos de uso indirecto (captura de carbono) pueden ser estimados por medio de métodos directos del mercado, siempre y cuando sean comercializados y tengan un costo explícito; sin embargo, algunos usos directos de no consumo (como la observación de fauna y otras actividades recreativas), de uso indirecto (la mayoría de los servicios ambientales) y de no uso que carecen de mercado, para su valoración requieren del empleo de metodologías indirectas (preferencias reveladas) o directas (preferencias declaradas) para inferir su valor (Figura 2).



**Figura 2. Métodos de valoración de los bienes y servicios ecosistémicos. Tomado de Asafu-Adjaye (2005), (Lomas et al., 2005) y Azqueta (2007).**

Los métodos de preferencia revelada y declarada, cuyo fin es inferir el costo de bienes y servicios que carecen de mercado, se basan, al igual que el mercado libre, en las preferencias individuales de los consumidores, los cuales deciden de acuerdo con lo que creen que es más conveniente para su bienestar (aunque en muchas ocasiones los individuos desconocen todas las implicaciones) y reparten su gasto con base a su ingreso y prioridades (Azqueta, 2007). A continuación, se describen brevemente las diferentes metodologías basadas en Asafu-Adjaye (2005), Lomas et al. (2005), Mendieta (2005) y Azqueta (2007):

1. Métodos directos de mercado:
  - a) Análisis de mercado: recopila los precios de los bienes y servicios que actualmente tienen mercado; por ejemplo, los bonos por el secuestro de carbono tienen una medida (ton) y se cotizan a nivel nacional e internacional.
2. “Preferencias reveladas”, catalogados como métodos indirectos o de mercados sustitutos, infieren el valor buscado a partir del comportamiento que los individuos manifiestan en mercados actuales que tienen alguna relación con el bien o servicio de interés.
  - a) Costo de viaje: se apoya en la relación de complementariedad, se basa en la demanda de visita a un sitio de interés y en función del gasto que los usuarios hacen para arribar al mismo. Para ello, se estima la función de demanda considerando el número de visitas como variable dependiente de la distancia, costos en tiempo y recursos económicos del desplazamiento.
  - b) Precios hedónicos: también se basa en relaciones de complementariedad al considerar al activo ambiental como un atributo de un bien privado. Estima el valor del activo mediante el análisis del precio de ese bien privado con el componente ambiental, y sin él; un ejemplo de su aplicación es la valoración de las áreas verdes, a partir de la plusvalía que generan en los inmuebles de su alrededor.
  - c) Costos de reposición: se basa en relaciones de sustituibilidad; calcula los costos necesarios para reponer a su estado original los activos ambientales afectados o a la situación original de los individuos. Por ejemplo, la construcción de un aeropuerto y su posterior funcionamiento ocasiona contaminación por ruido; el costo de este impacto puede ser calculado a partir de los gastos generados por insonorizar las viviendas afectadas.
  - d) Gasto preventivo: con base a relaciones de sustituibilidad; también es llamado método de comportamiento adverso y mide la cantidad de dinero que las personas están dispuestas a gastar para mitigar o evitar los impactos. Un caso donde se aplica este método es la valoración de

la provisión de agua potable a partir del gasto generado por la instalación y mantenimiento de filtros.

- e) Función de producción: se busca una relación de sustituibilidad, donde el bien o servicio ecosistémico forma parte de una función de producción, si el activo ambiental sufre algún cambio, su costo se estima a partir de la variación subsecuente en la producción. Un ejemplo de este método es su aplicación para valorar el impacto de la calidad del agua, si ésta contiene partículas que afectan el crecimiento de peces en un sistema acuícola; los cambios en el rendimiento son medidos económicamente dando el valor del agua de buena calidad.
  - f) Costo de reemplazo: se basa en la sustituibilidad y busca el gasto que se generaría al consumir otros bienes o servicios necesarios para sustituir el activo ambiental de interés. Un caso de aplicación puede ser la valoración de plantas medicinales de uso tradicional; en caso de que las personas no tengan acceso a ellas por pérdida de los espacios naturales, el gasto que se tendría que hacer por la compra de medicinas da la estimación de su valor.
3. “Preferencias declaradas”, son métodos de enfoque directo que se utilizan cuando los bienes o servicios evaluados carecen de vínculos con alguno que tenga mercado. Para estimar los valores ambientales se hace uso de encuestas considerando mercados simulados.
- a) Método de valoración contingente: Se realizan encuestas donde el entrevistador construye un mercado simulado para el bien o servicio que se desea evaluar y pregunta sobre el costo que el activo tendría para el individuo.
  - b) Experimentos de opción; de manera general, la aplicación de este método requiere la presentación de diferentes alternativas para que el individuo entrevistado las ordene o escoja de acuerdo con su preferencia, las alternativas contienen una combinación de la calidad del activo ambiental y su precio. Dentro de esta metodología se pueden distinguir algunos tipos: análisis de conjunto y modelado de elección.

## **Método de Valoración Contingente (MVC)**

A continuación, se describe de manera general en qué consiste el MVC, sus ventajas y consideraciones ((Riera, 1994), Asafu-Adjaye (2005), Mendieta (2005) y Azqueta (2007)):

El MVC pretende, mediante encuestas, medir la Disposición a Pagar (DAP) o la Disposición a Aceptar (DAA); la primera es la cantidad máxima de dinero que las personas están dispuestas a dar para preservar algún bien o servicio; la segunda refiere a la cantidad mínima de dinero que aceptarían a cambio de la pérdida de éste.

Aunque teóricamente ambas medidas son iguales, en la práctica los valores arrojados difieren, aunque se trate del mismo activo ambiental. En general, la DAA resulta un valor mayor que la DAP; estas diferencias pueden ser explicadas mediante la variación compensatoria y variación equivalente de la teoría económica, que concluyen que es normal que ambas medidas difieran y, por tanto, es de suma importancia elegir acertadamente una de ellas (DAP o DAA) para cada caso particular. Esta elección también depende de los derechos de propiedad del activo ambiental evaluado, ya que ello predispone fuertemente el tipo de pregunta a realizar. Si los encuestados disfrutan del activo, se debería preguntar por la DAA, y por el contrario, si los individuos no tienen acceso a él, la medida adecuada sería la DAP.

El MVC se basa en tres supuestos: 1) que el individuo encuestado maximiza su bienestar o utilidad con la restricción de su ingreso disponible; 2) que las decisiones que tome en el mercado hipotético serán iguales que en un mercado real; y 3) que el individuo tiene información completa sobre los beneficios del activo ambiental evaluado. Estos puntos asumen que los individuos son vistos como consumidores, los cuales, en su vida diaria gastan su ingreso económico en bienes y servicios que consideran convenientes para maximizar su beneficio. Por tanto, el MVC crea un bien o servicio y lo pone a disposición del consumidor para evaluar su reacción. Sin embargo, esta reacción depende de varios factores: 1) del ingreso del consumidor; si este es muy limitado, el individuo dará prioridad a sus necesidades básicas, dejando a un lado la posibilidad de gastar en activos ambientales; 2) la estructura del mercado hipotético; si existen fallas en su entendimiento

o sesgos, los datos obtenidos no reflejarán el comportamiento real de los individuos ante ese mercado; y 3) la historia personal de cada individuo entrevistado, ya que sus vivencias personales, su formación e instrucción académica tienen influencia sobre su percepción acerca de los bienes y servicios convenientes para su bienestar, dado que en ocasiones las personas carecen de información para tomar decisiones asertivas, las instituciones gubernamentales limitan las decisiones de consumo cuando los productos suponen un riesgo o una desventaja para la población.

Se ha encontrado que las valoraciones obtenidas mediante el MVC difieren de aquellas estimadas mediante los métodos indirectos. Las diferencias se deben a que el MVC puede medir la valoración de un individuo, aunque éste no sea usuario directo del activo ambiental e incluso, puede ser aplicado aun cuando los cambios en su bienestar no han ocurrido; por ende, el MVC tiene una amplia aplicación para estimar los valores de no uso.

La encuesta generalmente se constituye por tres bloques: el primero establece el mercado simulado, en el segundo se cuestiona sobre la DAP o la DAA, y el tercero busca caracterizar socioeconómicamente al individuo entrevistado. En la primera fase, donde se establece la simulación del mercado, se debe dejar en claro el bien o servicio que se evalúa, su cantidad y el medio, frecuencia y duración del pago o cobro. La segunda y tercera parte del cuestionario tienen como finalidad obtener datos que permitan estimar la curva de demanda y las variables socioeconómicas que la determinan respectivamente.

La DAP o DAA se puede preguntar de diferentes maneras:

- a) Formato abierto, en el cual simplemente se pregunta la cifra. Este formato tiene desventajas, ya que puede arrojar gran variabilidad de datos, o bien, un elevado número de no respuestas derivado del desconocimiento por parte del entrevistado. Sin embargo, puede ser usado para calibrar la encuesta.
- b) Juegos de ofertas, donde se ofrecen cantidades progresivamente más altas (DAP) o más bajas (DAA) hasta alcanzar el máximo y mínimo respectivamente. Este

formato evita los problemas anteriores, pero podría presentar la desventaja del sesgo de “punto de partida” que se detalla más adelante.

- c) Tarjeta de pago, en el cual se proporciona tarjetas con valores dentro de un rango y se solicita al encuestado que elija una. Al igual que el anterior, evita los problemas del formato abierto y también puede tener el sesgo de “punto de partida”.
- d) Formato cerrado, que puede ser con “opción dicotómica”, cuando se da una cifra al entrevistado y éste responde “sí” o “no”; de “referéndum de doble límite”, cuando el entrevistador propone una cantidad, si la respuesta es positiva se presenta una cifra más elevada (DAP) o más baja (DAA) y viceversa, hasta que el entrevistado se queda con un costo. En este caso, su ventaja es que somete a la persona encuestada a un ejercicio similar a lo que suele enfrentarse al realizar una compra cotidiana, donde el individuo tiene un producto o servicio y su precio respectivo, a partir del cual decide si gastar en él o no. Con los datos obtenidos se realizan estimaciones econométricas del valor económico, aunque puede presentar también el sesgo de “punto de partida”.

La estimación del valor económico depende del tipo de pregunta realizada; se puede considerar como medida de agregación a la media o la mediana, la cual se multiplica por el número de unidades establecidas en la población (familias o individuos), o bien, si se hacen preguntas en formato cerrado, se pueden calcular los parámetros por el método de Máxima Verosimilitud que se usan en los modelos Probit o Logit

Respecto a las consideraciones que se deben de tener en cuenta para diseñar la encuesta y aplicarla, destacan:

- a) “Respuesta protesta”, son aquellas donde el individuo entrevistado contesta que su DAP o DAA es igual a 0 y la razón se debe a un rechazo del planteamiento por razones morales o pragmáticas y no porque esa sea su valoración; en estos casos se debe conocer la causa de la respuesta para excluir la “respuesta protesta” en el análisis matemático.
- b) “Sesgo del punto de partida”, cuando la cantidad sugerida en los formatos cerrados dista de la valoración de los entrevistados; este sesgo se puede

solucionar si se divide la muestra en al menos dos partes y a cada una se presentan precios de partida diferentes.

- c) “Sesgo del medio”, cuando el individuo entrevistado está en desacuerdo con la forma de pago establecida en el planteamiento del mercado simulado.
- d) “Sesgo de complacencia”, cuando el entrevistado exagera sus valoraciones por mostrarse solidaria o complaciente con el entrevistador, esta actitud se puede evitar con un buen entrenamiento del entrevistador.
- e) “Sesgo del orden”, ocurre cuando se valoran varios bienes o servicios y se pide una secuencia jerárquica de acuerdo con su valoración, generalmente se tiende a valorar más los activos que se enlistan primero que los últimos.
- f) “Sesgo de la hipótesis”, se debe a que el planteamiento del mercado es solo una simulación, por lo que las respuestas sobre la DAP y DAA no sean verdaderas. Este sesgo generalmente tiene un efecto pequeño sobre la valoración final, ya que se ha observado que normalmente las personas tienden a responder rápidamente las preguntas, lo que les impide formular una mentira.
- g) “Sesgo de estrategia”, donde el entrevistado da una respuesta que considera le traerá beneficios personales. Al igual que el punto anterior, se puede asumir que el efecto final de este sesgo es pequeño.
- h) “Sesgo por una mala especificación del escenario”, cuando el entrevistado valora un activo o activos diferentes a los evaluados. Este sesgo se puede remediar haciendo pruebas con una pequeña parte de la muestra antes de ser aplicada.
- i) “Restricciones presupuestarias” pueden ocasionar sesgo al no establecer claramente la unidad de muestreo, lo que tiene consecuencias sobre la idea de la renta individual o familiar; esto se evita dejando en claro la forma del pago.

### **Método de Experimentos de elección**

Los experimentos de elección también es un método basado en preferencias declaradas que ha sido poco aplicado en Latinoamérica, y se basa en presentar a los encuestados dos o más alternativas, en las cuales, distintos atributos comunes de un bien, entre los que se incluye el valor monetario, pueden presentar distintos valores o niveles. El *status quo* es la alternativa que se presenta de manera constante en cada conjunto de elección,

y las demás alternativas representan un cambio en la calidad del activo ambiental evaluado junto con una transacción económica (Riera Micaló & Amorós, 2006).

Entre sus ventajas, comparado con el método de valoración contingente, destaca que con el mismo esfuerzo de muestreo se pueden estimar tanto los valores marginales de cada atributo, como la media de la disposición a pagar o aceptar. Adicionalmente, se ha reportado que la disposición a pagar obtenida a partir de ambos métodos es pequeña y puede evitar algunos de los problemas como respuestas falsas positivas o pagos protesta (Riera Micaló & Amorós, 2006; Espinal Monsalve & Gómez Zapata, 2011; Sánchez-Uzcátegui, 2014).

Entre sus desventajas, además de presentar los mismos problemas señalados para el método de valoración contingente, está la complejidad que puede adquirir la encuesta si se consideran numerosos atributos o alternativas (Riera Micaló & Amorós, 2006; Sánchez-Uzcátegui, 2014). Además, se ha señalado que existe una tendencia a que los entrevistados prefieran el *status quo* sobre las otras alternativas, debido a la desconfianza del manejo del dinero (Espinal Monsalve & Gómez Zapata, 2011).

Para su diseño, se requiere considerar cinco elementos: (1) la selección de atributos del activo evaluado, (2) la asignación de niveles, los cuales representan los cambios en la calidad del activo, (3) diseño estadístico experimental, generalmente se utiliza un diseño factorial fraccionado para construir los conjuntos de elección, cada conjunto de elección incluye un nivel de cada atributo evaluado, (4) elaboración de un mercado hipotético y aplicación de los cuestionarios, que incluye la valoración de los atributos y las características socioculturales de la persona entrevistada, y 5) estimación de los valores totales y marginales de cada atributo, lo cual se puede realizar con modelos de regresión tipo Logit (Espinal Monsalve & Gómez Zapata, 2011)

### **Valoración de activos ambientales con valor de no uso y de la biodiversidad**

De acuerdo con Stenger et al. (2009), los primeros estudios de la valoración de bienes y servicios sin mercado surgen con una estimación de “demanda de viaje” en 1949 y con la introducción del valor de recreación en el manejo forestal en 1976. Sin embargo, fue hasta la década de 1990 que estas metodologías se comenzaron a implementar,



principalmente en EUA y Europa, como parte de los análisis de beneficio-costos para los proyectos de infraestructura y políticas forestales, por lo que ambas regiones cuentan con estudios numerosos al respecto.

En cuanto a la valoración de la biodiversidad, numerosos estudios se han enfocado a especies animales emblemáticas, en peligro de extinción, de interés recreativo (de observación o cinegético) o con funciones ecológicas que proveen algún servicio a la sociedad; o bien, considerar a la biodiversidad como un componente implícito en las funciones de los ecosistemas, ya sea como parte del valor de uso indirecto (servicios ecosistémicos) o de uso no consumible (recreativo, paisajístico) (Nunes & Van den Bergh, 2001; Christie et al., 2006; Garcia et al., 2007).

Otra forma de valorar la biodiversidad es a través del concepto de la Bioprospección, la cual consiste en buscar genes, moléculas y procesos bioquímicos, útiles en este caso para la industria farmacéutica, mediante métodos indirectos o de mercados sustitutos (Cordero-Macedo, 1998; Nunes & Van den Bergh, 2001; Christie et al., 2006).

Sin embargo, existen pocos intentos para estimar directa y específicamente el valor de no uso de la biodiversidad. Por ejemplo, (Garrod & Willis, 1997) evaluaron la DAP bajo diferentes opciones de intensidad de manejo forestal para la extracción de madera relacionadas inversamente con la conservación de la biodiversidad en el Reino Unido mediante la clasificación contingente (una variación del MVC). Se estimó la DAP para la conservación de la biodiversidad bajo diferentes conceptos (especies emblemáticas, especies raras y la funcionalidad de las especies en el ecosistema), mediante el método de experimentos de elección y MVC (Christie et al., 2006). En Francia, se obtuvo la DAP en favor de la conservación de la biodiversidad de los bosques mediante el MVC con un formato de preguntas dicotómicas, su mercado hipotético hace referencia a la cantidad de especies de vertebrados y plantas que están en riesgo de desaparecer (García et al., 2007). Y recientemente, se evaluó la DAP para evitar la disminución de la biodiversidad, vista ésta como la cantidad de especies y su equitatividad, en Queensland, Australia (Ambrey & Fleming, 2014).

En México, los estudios de valoración de bienes y servicios ambientales sin mercado son muy escasos. Romo-Lozano et al. (2017) hicieron una recopilación de estos estudios mediante el MVC o el método de costo de viaje y encontraron únicamente 11, en ellos se evaluaron los servicios recreativos, hidrológicos y servicios ambientales agregados. Además, existe otro estudio realizado por Cotler et al. (2011), quienes utilizaron los métodos de función de producción y costos de reemplazo para evaluar los servicios ecosistémicos del suelo.

La valoración de la biodiversidad en México se ha basado principalmente en el valor de uso directo de las especies y ha sido calculada a partir de los precios de mercado de sus productos derivados (carne, madera, frutos, fibras, etc.). Sin embargo, la información obtenida es insuficiente y excluye a la mayor parte de riqueza biológica que carece de este tipo de uso. Por otro lado, la valoración del uso indirecto y de no uso ha tenido menos desarrollo y generalmente ha sido aplicada a especies animales de importancia económica o cultural (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Estudios de valoración económica de especies que incluyen su indirecto y/o no uso en México.**

<b>Autor (es)</b>	<b>Especie</b>	<b>Tipo de valor</b>
Ávila et al. (1998)	Ballena gris y ballena jorobada	Valor de uso directo e indirecto (turismo)
Romo-Lozano (1998)	Mariposa monarca	Valor de uso indirecto (turismo) y parcialmente valor de no uso
Gándara et al. (2006)	Murciélago <i>Tadarida brasiliensis</i>	Valor de uso indirecto (controlador de plagas)

## ZONA DE ESTUDIO

San Juan Tahitic pertenece al municipio de Zacapoaxtla, estado de Puebla, se localiza al noreste de la cabecera municipal, cubre una superficie de 14.64 km<sup>2</sup> y sus coordenadas extremas son: 19°57'48" N, 97°29'10" E, 19°55'16" S y 97°34'43" O (Figura 3).

Fisiográficamente corresponde a la provincia de la Sierra Madre Oriental y subprovincia del Carso Huasteco (formada por roca caliza que ha sido sometida a un largo proceso de meteorización por las aguas de lluvia y subterráneas), en la región conocida como Sierra Norte de Puebla; su sistema de topofomas son la sierra alta escarpada y sierra baja; tiene una altitud mínima de 720 m y una máxima de 1 800 m (Figura 4) (INEGI, 2000).

Presenta rocas sedimentarias de tipo limolita, arenisca, caliza y lutita que datan del Mesozoico; la secuencia sedimentaria marina atestigua la invasión oceánica en varios sectores de la entidad, las rocas sedimentarias formadas en el fondo marino fueron elevadas, plegadas y fracturadas a finales de esta era y durante los inicios de la era cenozoica. Después de la etapa compresiva, durante el Cenozoico, se produjo la emisión de materiales volcánicos a través de las fracturas corticales, dejando rocas ígneas extrusivas de toba ácida (INEGI, 2000, 2009). El suelo predominante en la localidad es regosol, cuya formación es a partir de material no consolidado de origen residual o aluvial (INEGI, 2000, 2004).

Respecto a su hidrología, corresponde a la región Tuxpan-Nautla, la cual cubre el 23.64% de la superficie de estado de Puebla, el límite sur de la región está constituido por el parteaguas que forman las estribaciones más meridionales de la sierra Norte y que se extiende al sur de Zaragoza y Teziutlán, drenando las aguas del norte de la entidad hacia Golfo de México. Localmente, la zona de estudio forma parte de la cuenca del Río Tecolutla, los principales ríos que la atraviesan son: Apulco, Calchualco, Hueyateno, Ochiatenco, además de 23 escurrimientos intermitentes (Figura 5-A) (INEGI, 2000).

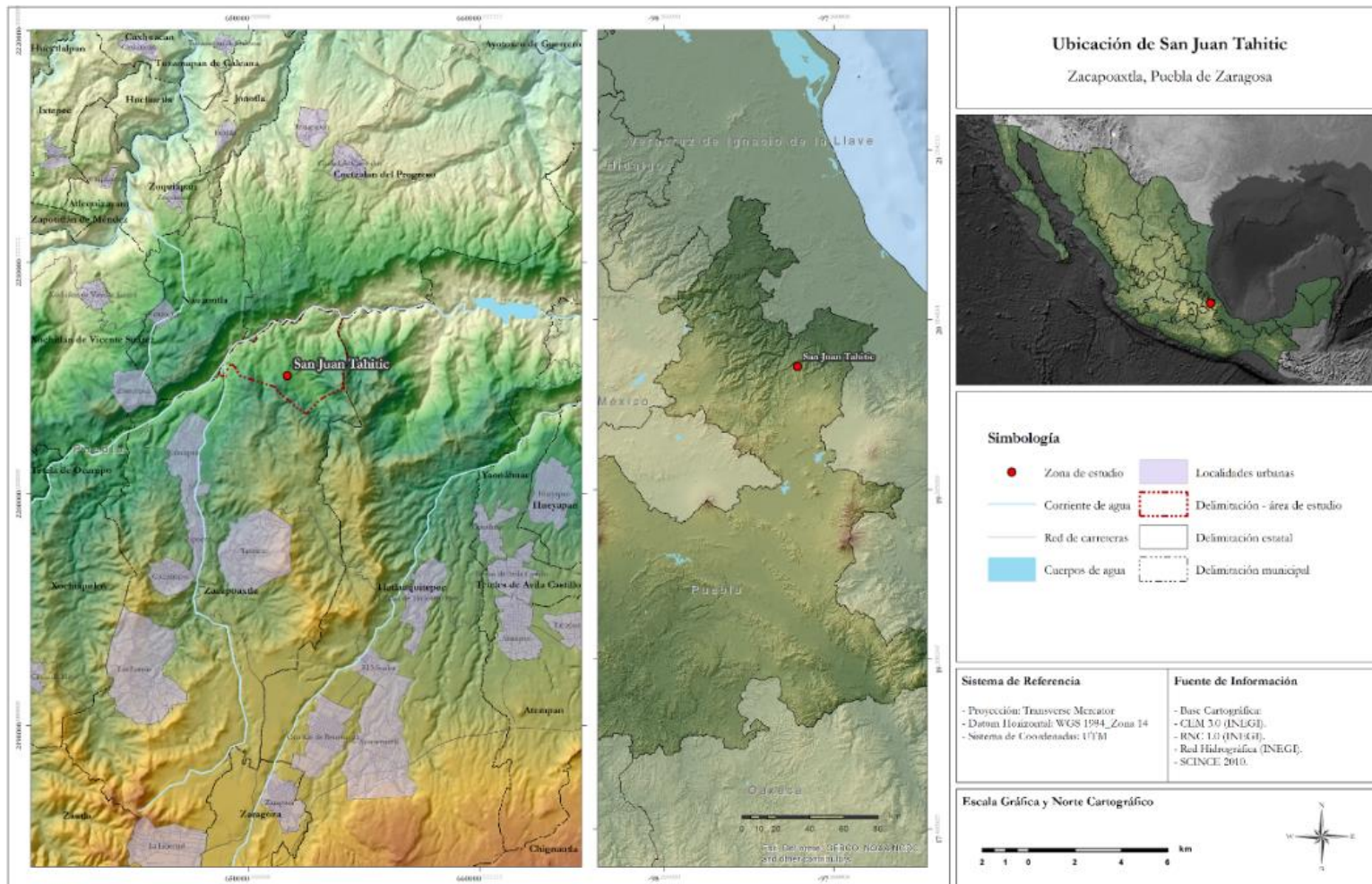
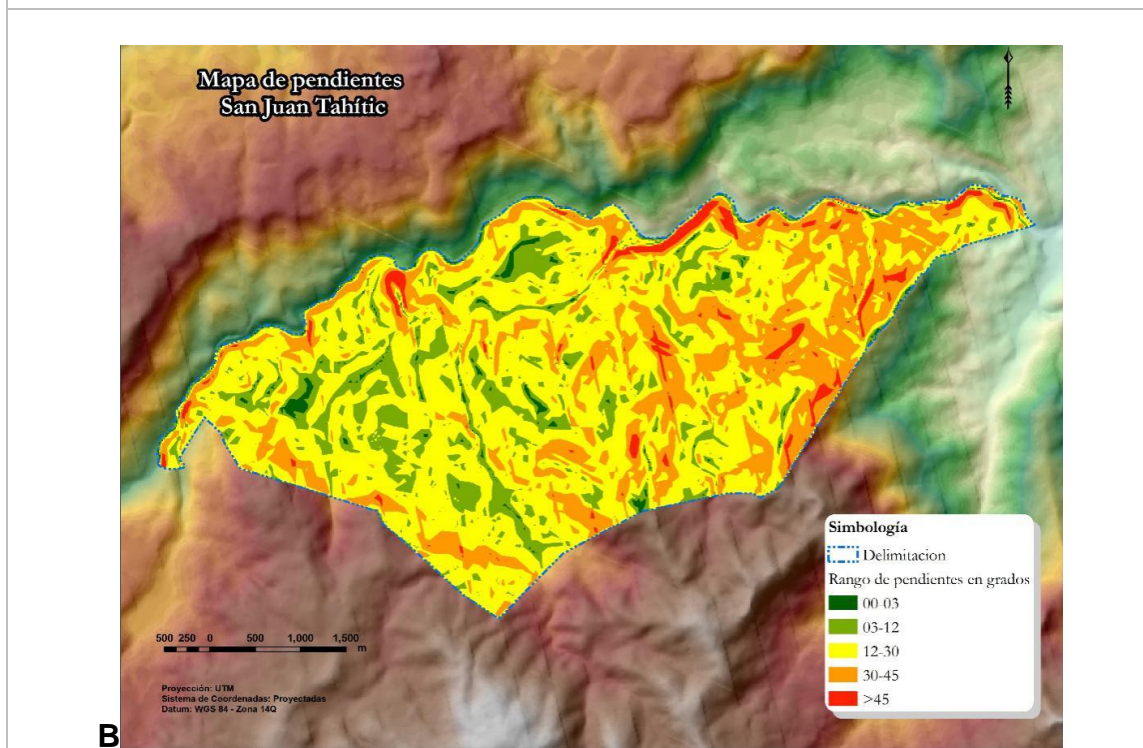
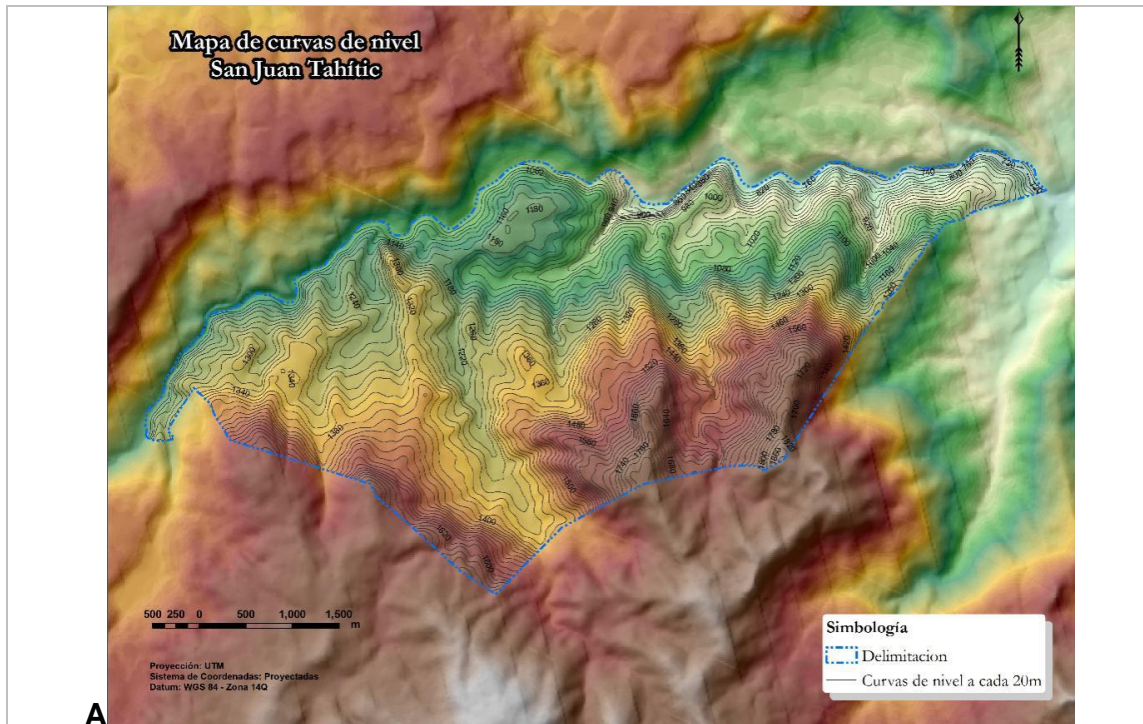
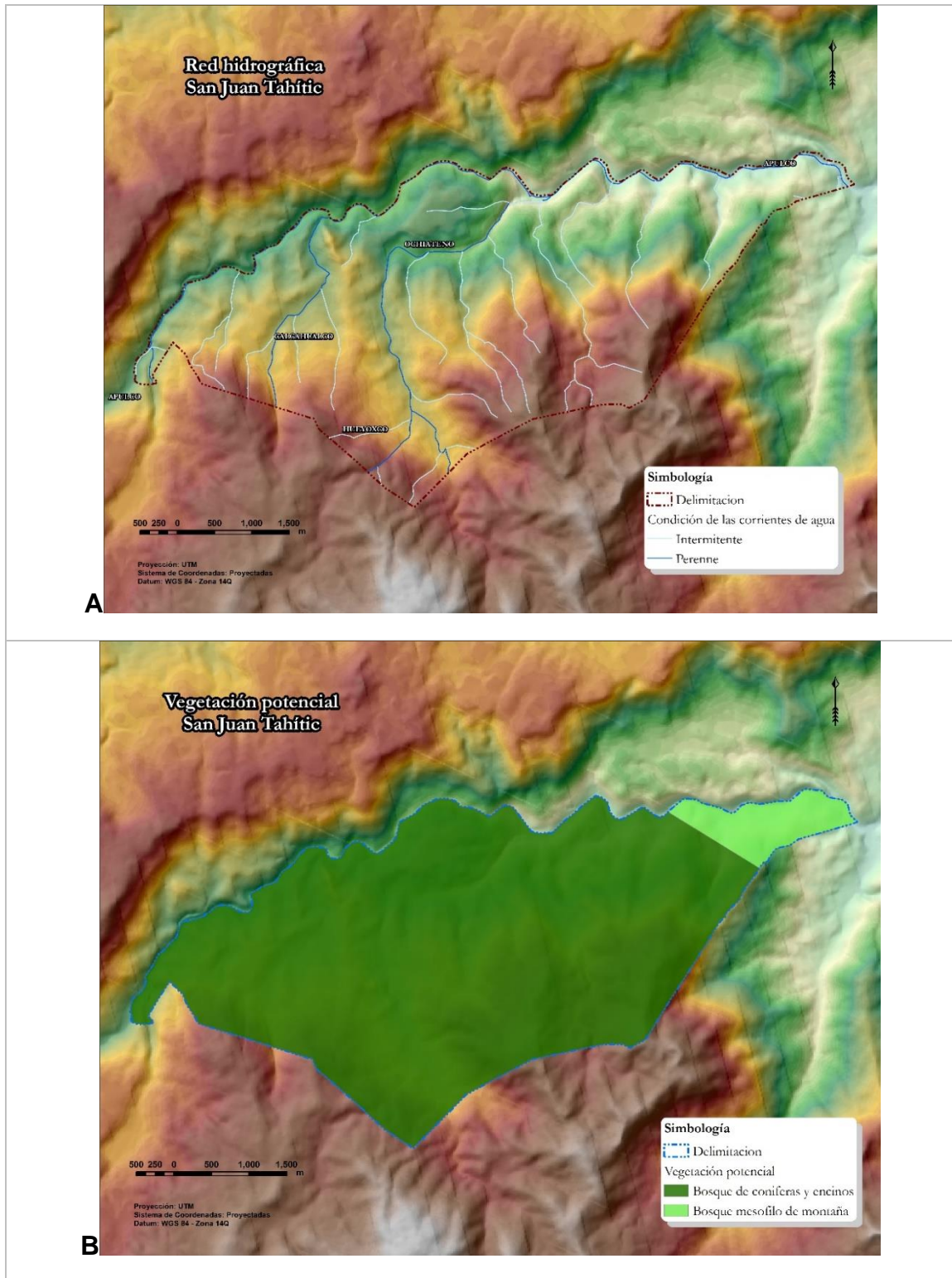


Figura 3. Ubicación de la zona de estudio, localidad de San Juan Tahitic, municipio de Zacapoaxtla, Puebla.



**Figura 4. Características ambientales de la zona de estudio. A) Topografía, B) Pendiente**

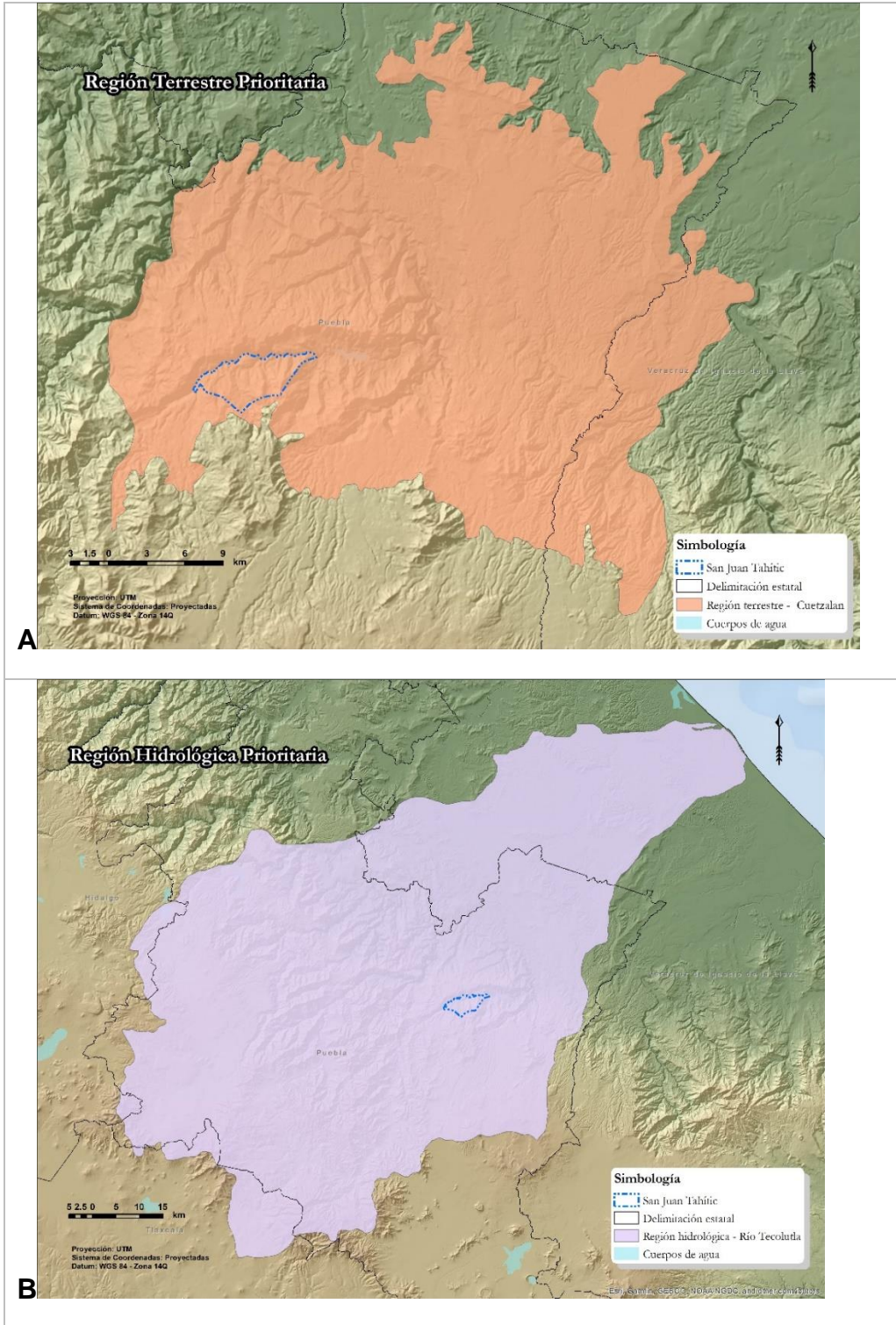


**Figura 5. Características ambientales de la zona de estudio. A) Hidrografía, B) Vegetación potencial.**

El clima predominante en la zona es el templado húmedo con lluvias todo el año, sin embargo, en una pequeña área al norte de la localidad y con altitud más baja es semicálido húmedo, según la estación meteorológica más cercana, ubicada en Huahuaxtla en el municipio vecino de Xochitlán de Vicente Suárez (19°54'56" LN, 97°54'56" LO, a 1 486 m de altitud). La temperatura promedio anual es de 16.5 °C, el mes más cálido es mayo con 19.4 °C (máxima de 24.2°) y el más frío es enero con 12.8 °C (mínima de 7.8°); la precipitación total anual es de 2 071.4 mm, el mes más lluvioso es septiembre con 498.8 mm y el mes más seco es marzo con 60.4 mm. El número promedio de días con lluvias al año es de 150.4, con niebla es de 35.3 y con granizo es de solo 0.1 (SMN, 2019).

El tipo de vegetación potencial es bosque mixto de pino y encino y bosque mesófilo de montaña; sin embargo, se puede considerar que toda la localidad está cubierta por diferentes asociaciones del bosque húmedo de montaña (Figura 5-B); en la actualidad, algunos bosques han sido sustituidos por plantaciones de café y agricultura de temporal (maíz, jitomate, chile, calabaza), adicionalmente la zona rural se concentra en el centro de la localidad (INEGI, 2000).

En cuanto a su importancia y vinculación con áreas prioritarias, la localidad se localiza dentro de la Región Terrestre Prioritaria 105 "Cuetzalan" y en la Región Hidrológica Prioritaria "Río Tecolutla" (Figura 6) (Arriaga et al., 2000).



**Figura 6. Ubicación del área de estudio (localidad de San Juan Tahitic) dentro de áreas prioritarias de conservación. A) Región Terrestre Prioritaria - Cuetzalan, B) Región Hidrológica Prioritaria – Río Tecoluitla**



Demográficamente, para el año 2010, la población total en la localidad era de 2 644 habitantes, de ellos 1 301 (49% del total) son hombres y 1 343 (51%) mujeres, el índice de fecundidad es de 3.51 hijos por mujer; del total de la población, el 19.55% de la población es analfabeta, el 96.07% de la población es indígena y el 68.27% de los habitantes habla una lengua indígena (Náhuatl). En la localidad hay 655 viviendas; de ellas, 98.2% cuentan con electricidad, 88.9% tienen agua entubada, 94.5% tiene excusado o sanitario, 74.7% radio, 56% televisión, 11.5% refrigerador, 2.1% lavadora, 4% automóvil, 0.8% una computadora personal, 4.0% teléfono fijo, 0.8% teléfono celular, y 0.2% Internet (CONEVAL, 2012; SEDESOL, 2013).

## **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **Objetivo general**

Determinar las áreas prioritarias para la conservación de la diversidad de plantas vasculares y calcular su valor de uso y no uso en las áreas prioritarias definidas, en la localidad de San Juan Tahitic, Puebla.

### **Objetivos particulares**

- (1) Generar un índice para evaluar espacialmente la aptitud para la conservación de la diversidad de plantas vasculares;
- (2) Reconocer las áreas con amenaza al cambio de ocupación de la tierra en la localidad; y
- (3) Determinar la disposición a aceptar la pérdida de la diversidad de plantas vasculares como un valor de existencia y herencia en la localidad.

### **Hipótesis**

- (1) Las variables que determinan la composición y estructura de la vegetación en sitios particulares funcionan como indicadores de su aptitud para la conservación de la diversidad de especies de flora.
- (2) Algunas variables ambientales y de impacto antropogénico tienen una correlación con la aptitud para la conservación de la diversidad.
- (3) Algunas variables físicas, sociales y económicas mantienen una correlación con el cambio de ocupación del suelo que se ha dado de manera histórica en la localidad y permiten determinar las áreas de riesgo para el futuro.
- (4) La diversidad de especies de flora tiene un valor de uso directo y de no uso para las personas de la localidad, aunque no tengan un mercado reconocido.

# **CHAPTER 1. A ZONING INDEX TO DETECT AREAS OF BIOLOGICAL IMPORTANCE APPLIED TO TEMPERATE FOREST OF CENTRAL MEXICO**

## **1.1. ABSTRACT**

Several indexes have been proposed to prioritize conservation areas. However, some of them require specialized information, others are based on subjective categorical variables, and some are exclusive to a specific plant community, while several cannot be visualized on a spatial scale. This paper proposes an Index of Importance for Biological Conservation (InCoB) for temperate forests in the central region of Mexico. The proposed index is objective, based on quantitative indicators of the composition and structure of the vegetation, and it can be projected onto a spatial plane.

InCoB was tested and validated on a temperate cloud forest (CF) and its associated plant communities: advanced secondary vegetation (ASV) / coffee plantations (CP), agriculture, and induced grasslands. It was calculated for 63 sampling units (SUs). The indicators used were representative life forms; presence of endemic, characteristic, native and protected species; and diversity, structural complexity, and complementarity indices. Once InCoB was calculated for each SU, a geostatistical model was incorporated for its interpolation to the entire area of the study, with environmental and social variables as predictors.

The results show that InCoB adequately evaluated the different environmental units present in the study area. Significant differences were observed between the forest and the secondary/induced vegetation. The highest value of InCoB (0.91) corresponded to the CF and the lowest to induced vegetation (0.3). The geostatistical model showed that occupation of the land, distance to town centers, and slope have an important influence on InCoB. The advantages of InCoB include the use of quantitative indicators that are relatively easy to obtain, and it can be applied to any plant community. Additionally, it is flexible with respect to the data collected, it can be calculated only with the presence/absence of species, and it is easy to interpret as well. InCoB can be spatially represented in a raster format and generates a layer that can be added to an entire

geographic information system. It can be a very helpful tool in decision making for land use planning and evaluation of the effects of human activities on plant communities.

## **1.2. INTRODUCTION**

The loss of biodiversity has serious impacts on the health, social and economic well-being of humanity. Therefore, during the last decade, the United Nations Convention on Biological Diversity had as its mission "to halt the loss of biological diversity to ensure the resilience of ecosystems and the continuity of the environmental services" (ONU, 2010; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010). In this sense, environmental policies and programs worldwide seek to find a balance between socioeconomic development and the conservation of natural spaces that allow for maintaining the functional continuity of this diversity.

Examples of these policies are natural protected areas, actions for the preservation of key species (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010), maintenance of conservation or retention areas in forest management activities (Ezquerro et al., 2019), and zoning or land use planning in infrastructure projects, to minimize the impact on biodiversity (Gordon et al., 2009). Planning and execution of these conservation measures require the selection of conservation sites and their monitoring to periodically assess their status.

Since 1990, and especially in the last 20 years, various methodologies have been designed; these methodologies integrate biological–ecological indicators that evaluate one of the four levels of organization of terrestrial biodiversity (regional or landscape, community or ecosystem, population or species, and genetics), focusing on one or more of its three components (composition, structure, and function) (Noss, 1990; Dale & Beyeler, 2001). These indexes have been applied in Europe (Geburek et al., 2010; Rüdissler et al., 2012; Marín et al., 2021), Asia (Song et al., 2016), and in the tropical forests (Barreto et al., 2010; Bordenave et al., 2011; Martínez-Cruz & Ibarra-Manríquez, 2012; Ricardo Nápoles, 2016) and temperate forests (Dale et al., 2002) of the Americas.

The indicators used depend on several tools and data sources. For example, based on satellite images and land use, Barreto et al. (2010) evaluated the populations of native,

invasive, or opportunistic plants; Opdam et al. (2003) and Rial (2006) considered extent, connectivity, and distribution of the different habitats, and Rüdiger et al. (2012) used the distance to natural habitat assuming the trend for biodiversity to decline as anthropogenic disturbance increases.

Another source of information is the species list, which provides properties of the plant community, as well as characteristics of the species. For example, Vane-Wright et al. (1991) and Rodrigues y Gaston (2002) used phylogenetic diversity. Bordenave et al. (2011) evaluated the richness, proportion of protected species, mono/dicots ratio, habitat heterogeneity, rarity, and fragility. Similarly, Martínez-Cruz y Ibarra-Manríquez (2012) calculated the rarity, richness, and complementarity of the flora. Meanwhile, Ricardo-Nápoles (2016) dealt with the synanthropy and origin (native/introduced) of the species.

Other indices are based on the composition and add variables of the structure of the vegetation, along with ecological data, such as Mora (2019) who evaluated ecological integrity based on functional diversity, food chains, species specialization, and other habitat characteristics. Geburek et al. (2010) and Marín et al. (2021) used the composition as well as structure of the forest, its regeneration, biomass, distribution of its species, among others. Song et al. (2016) used species indicators (protected and endemic species) adding diversity indices.

In Mexico, only Martínez-Cruz and Ibarra-Manríquez (2012), and Mora (2019) have evaluated areas of importance for conservation in a tropical forest, and on a scale that considers the entire country respectively. However, Mexico is part of the Convention on Biological Diversity and has temperate forests of great importance due to their richness, endemism, structural complexity, and services they provide; therefore, territorial planning and monitoring of these natural communities are constantly required.

Some of the indices described before involve a challenge in their application, since they require specialized data, such as cladistic relationships (Vane-Wright et al., 1991; Rodrigues & Gaston, 2002), soil conditions, trophic networks, or regeneration data (Geburek et al., 2010; Bordenave et al., 2011; Mora, 2019). Others are based on subjectively categorical variables (Rial, 2006), or are incomplete, based solely on one of

the components of diversity (composition or structure) (Ricardo Nápoles, 2016; Marín et al., 2021). Furthermore, when results are not obtained from satellite images, they cannot be visualized on a spatial scale, making their practical application difficult (Opdam et al., 2003).

This paper proposes an index to evaluate, prioritize, and monitor, at a local scale, the humid and sub-humid temperate forests of central Mexico. It is based on dasometric variables along with a floristic inventory, and it can be represented on a spatial scale to create cartographic information. Its application is evaluated in a cloud forest (CF) in Puebla, Mexico. The CFs are recognized for containing the greatest diversity of species per unit area, playing an important role in carbon storage and water capture; however, unfortunately, CFs are one of the systems most threatened by habitat loss and climate change (Krasilnikov, 2020).

### 1.3. MATERIAL AND METHODS

#### 1.3.1. Importance for Biological Conservation Index

The Importance for Biological Conservation Index (InCoB by its Spanish acronym) (Figure 1.1) is an additive index of three weighted variables: composition ( $C$ ), structure ( $E$ ), and uniqueness ( $U$ ) (Eq. 1). Composition and structure respond to natural and anthropogenic disturbances. Their components (richness, distribution, microhabitat of their species, representativeness of botanical families or life forms, diversity or dominance, cover, and height) are correlated with the functional aspects of the ecosystem, in addition to being excellent indicators of the current conditions, history, and even trends of change of the systems (Landres, 1992; Dale et al., 2002; Zak et al., 2003; Dale et al., 2008; Ricardo-Nápoles, 2016). Uniqueness highlights associations or sites that provide unique diversity to the overall system (Colwell & Coddington, 1994).

$$InCoB = P_C C + P_E E + P_U U \quad (1)$$

where  $P_C$  (Weighting of  $C$ ) +  $P_E$  (Weighting of  $E$ ) +  $P_U$  (Weighting of  $U$ ) = 1,

And:  $C = \frac{\sum (n_{ij}/N_j)}{\sum (n_{ij}/N_j)_{jmax}}$ ,  $E = (ID + (IC_j/IC_{jmax}))/2$ ,  $U = ICom$

$n_{ij}$  = number of species with a quality  $i$  in a sampling unit (SU)  $j$

$N_j$  = total number of species in a SU  $j$ ,

$jmax$  = maximum index observed in a SU  $j$

$ID$  = Simpson's diversity index (Simpson, 1949):

$ID = 1 - \sum(n/N)^2$ , where  $n$  = number of individuals of a species and  $N$  = total number of individuals of all species

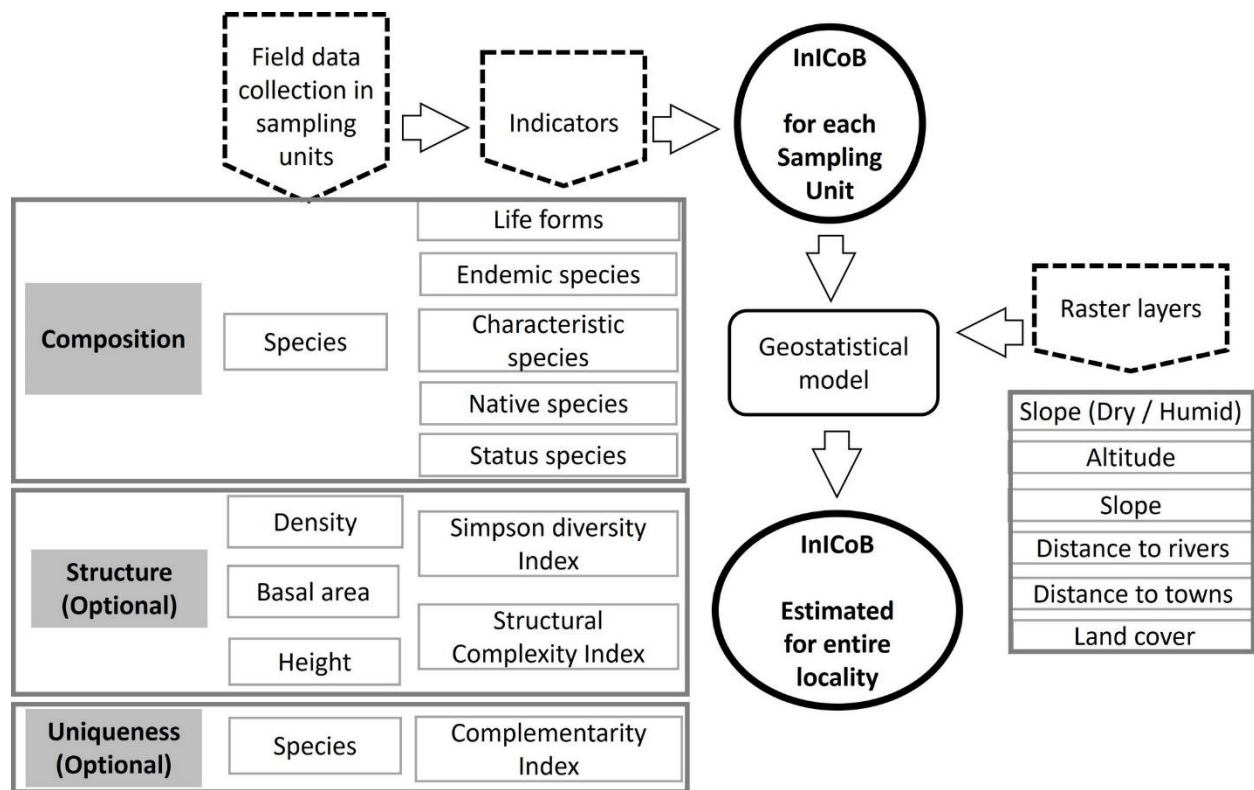
$IC_j$  = structural complexity index ( $IC$ ) in a SU  $j$  (Holdridge et al., 1971):

$IC = (s d b h)/1000$ , where  $s$  = number of species,  $d$  = density of individuals per unit of area,  $b$  = basal area in the same unit area, and  $h$  = average height

$ICom$  = average complementarity index, which determines the dissimilarity in the species composition of each site with respect to the rest (Colwell and Coddington, 1994):

$ICom = a + b - c/a + b - 2c$ , where  $a$  = number of species in site A,  $b$  = number of species in site B, and  $c$  = number of species common between sites A and B

Some InCoB advantages include: its result is easy to interpret because it acquires values ranging from 0 (for sites of no importance) to 1 (for sites of high importance for conservation). Additionally, its weighting parameters and composition indicators can be adjusted to any type of plant community and species data availability (floristic list, optionally dasometric data).



**Figure 1.1. Flowchart to obtain InCoB. Field data collection indicators, raster layers for the geostatistical model.**

### 1.3.2. InCoB applied to cloud forest and associated vegetation

The following weighting was used for the CF:  $P_C = 0.6$ ,  $P_E = 0.3$ , and  $P_U = 0.1$ . Higher weight was attributed to species composition because several authors (Denslow, 2000; Peña-Claros, 2003; Muñiz-Castro et al., 2012) have reported that in forests affected by disturbances, species recovery is more difficult and slower compared to structure. However, the low value was given to the uniqueness factor (discussed below) because in the study area, the induced plant communities present a higher value for this variable.

In terms of species qualities ( $n_i$ ), the following indicators were considered:

$n_{i=1}$  Number of trees and epiphytes species, which are the best represented life forms of this forest (Rzedowski, 1996, 2006), and its richness is low in initial or intermediate seral stages.



$n_{i=2}$  Number of species endemic to Mexico or the Sierra Madre Oriental: this distribution highlights the endemic component; most of the CF species (about 55%) have a neotropical distribution (Rzedowski, 1996).

$n_{i=3}$  Number of characteristic species of the CF; this indicator allows for the inclusion of species from other non-dominant life forms that are typical of this ecosystem, such as ferns and lycopods (terrestrial) (Rzedowski, 1996).

$n_{i=4}$  Number of species native to Mexico; count of this indicator allows for the areas covered by secondary or induced vegetation to acquire a non-zero value.

$n_{i=5}$  Number of species present in NOM-059-SEMARNAT-2018 , IUCN (2019) red list and CITES (2019); this set adds value when species present a protection or risk status.

Once the InCoB value was obtained for each SU, basic statistics were obtained for the four vegetation communities found in the area: CF, advanced secondary vegetation (ASV) / coffee plantation (CP), agriculture, and induced grasslands. The Kruskal–Wallis and Nemenyi tests (Kruskal & Wallis, 1952) were performed to compare the InCoB between the communities. Noteworthy, ASV was considered in the same category as shade CPs owing to the difficulty to distinguish between them in the satellite image (Evangelista-Oliva et al., 2010).

### **1.3.3. Geostatistical model**

A beta regression was performed to extrapolate the InCoB to the whole study area, which is useful to predict a continuous dependent variable restricted to a unit interval (0, 1); it was adjusted under the same distribution (beta) with the use of the mean and precision (phi) parameters. The first parameter is linked through a link function and a linear predictor, and the second parameter is linked to another set of regressors through a second link function, resulting in a model with variable dispersion. The estimation was by maximum likelihood, using analytical gradients and initial values of an auxiliary linear regression of the transformed response (Zeileis et al., 2020). The model was generated

with the *betareg* library of the R software (R-Core-Team, 2019), with two types of predictive variables considered: environmental and social (Table 1.1).

**Table 1.1. Predictive variables of the geostatistical model to extrapolate the InCoB in the study area.**

Type of variable	Variable	Character	Categories and abbreviations
<b>Environmental</b>	Altitude	Categorical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low areas: 720 to 1400 m altitude (A_LOW)</li> <li>• High areas: 1400 to 1880 m altitude (A_HIGH)</li> </ul>
<b>Environmental</b>	Slope orientation	Categorical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wet slopes: 0 to 110 and 280 to 360° (S_WET)</li> <li>• Dry slopes: 110 to 280° (S_DRY)</li> </ul>
<b>Environmental</b>	Slope	Quantitative	SLOPE_GR
<b>Environmental</b>	Distance to rivers	Quantitative	DIST_RIV
<b>Social</b>	Distance to town	Quantitative	DIST_TOWN
<b>Social</b>	Distance to roads	Quantitative	DIST_ROAD
<b>Social</b>	Land occupation	Categorical	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloud forest (V_CF)</li> <li>• Advanced secondary vegetation (V_ASV)</li> <li>• Initial secondary vegetation (V_ISV)</li> <li>• Temporary agriculture (V_AGR)</li> <li>• Induced grassland (V_GRA)</li> </ul>

Raster layers were created for each variable, and were obtained from the Mexican Continuum of Elevations (INEGI, 2013), the System for Census Information Consultation (INEGI, 2010), and the supervised classification of the 2018 SPOT 7 image. The last one was obtained with training polygons of known land occupation and the Random Forest algorithm of the R software. All the layers were resampled to a 6-m resolution and served as the basis for interpolation once the regression model was calculated.

#### 1.3.4. Data collection

The study was conducted in San Juan Tahitic, which covers an area of 1,464 ha, in the municipality of Zacapoaxtla, state of Puebla, Mexico (Figure 1.2). It is located in the region known as Sierra Norte de Puebla of the Sierra Madre Oriental; its topographic system corresponds to low and high mountain ranges, ranging from 720 m to 1800 m in altitude (INEGI, 2000, 2013). It is formed by sedimentary rocks, and the predominant soil is regosol (INEGI, 2000, 2004). The climate is temperate-humid with rain all the year (SMN, 2019).

The potential vegetation corresponds to CF. This plant community has very specific environmental requirements, such as high annual rainfall, frequent fog, and high atmospheric humidity. This vegetation has a very fragmented distribution, covering only 1,183,800 ha (0.6%) of the Mexican territory (Villaseñor, 2010; Gual-Díaz & González-Medrano, 2014). It is a dense forest made up of several tree strata, where epiphytic and arboreal life forms are of great importance (Rzedowski, 2006; Espejo-Serna, 2014). Currently, some forests in the study area have been replaced by CPs along with rainfed agriculture (INEGI, 2000).

Sixty-three SUs were established, 53 of which were in areas covered by forest (CF and ASV or shaded CPs) and the rest (10 SU) in sites with induced vegetation (grasslands and rainfed agriculture). Each SU consisted of 400 m<sup>2</sup> square plots for trees and epiphytes, 100 m<sup>2</sup> for shrubs, and 4 m<sup>2</sup> for herbs.

For each morphospecies observed within the SU, a herbarium specimen was collected (Lot & Chiang, 1986). The variables measured were as follows: (a) density (for trees and shrubs: number of individuals of each species per unit area), (b) cover (for trees, shrubs, and herbs: proportion of land, occupied by the perpendicular projection of the aerial parts, expressed in m<sup>2</sup>), (c) height (trees, shrubs, and herbs), and (d) normal diameter (trees). The epiphytes were only considered for their presence/absence.

Botanical specimens were determined with the help of taxonomic keys or consultation with experts. Data for each species were obtained from public databases (Tropicos.org, 2020).

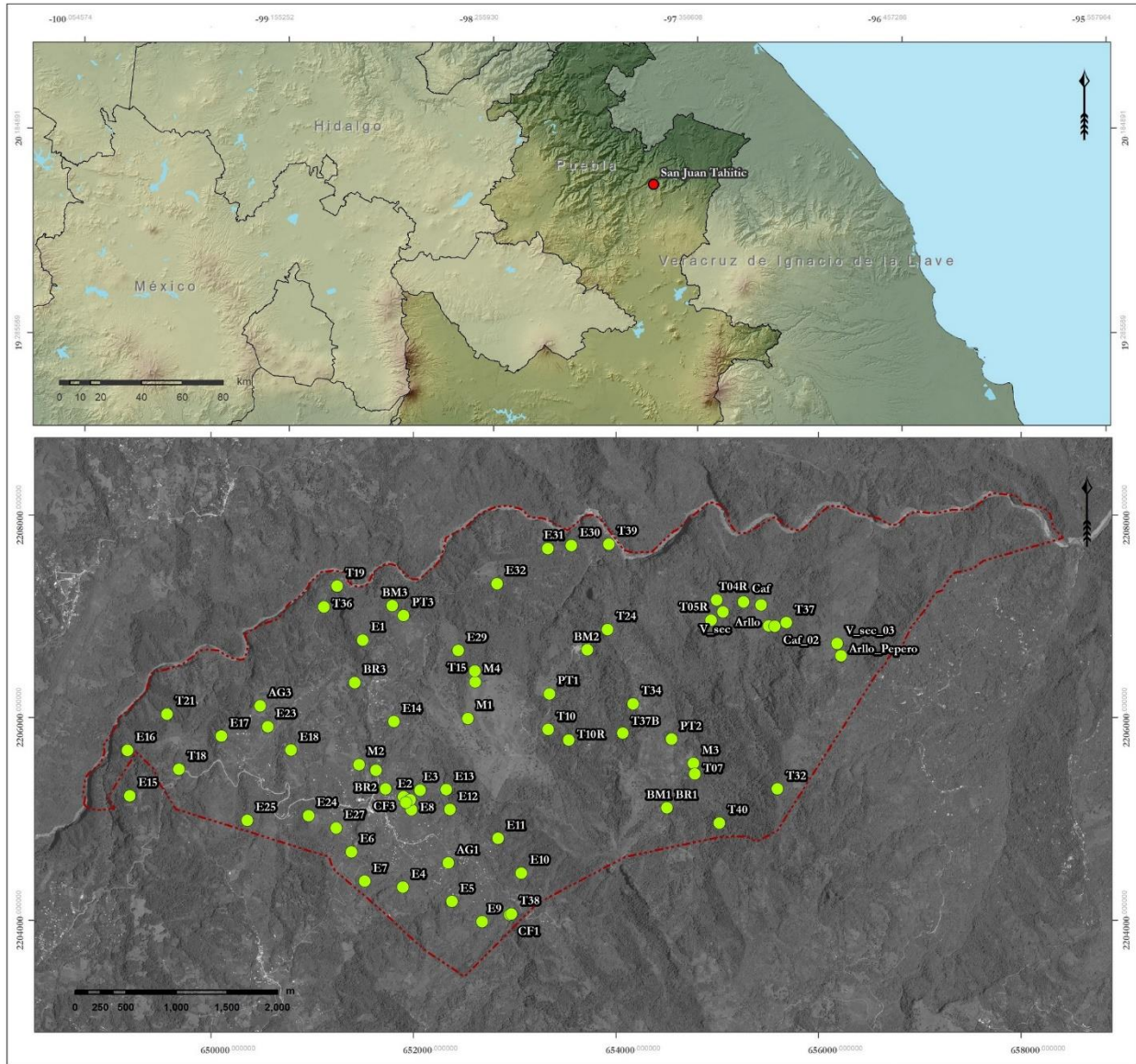


Figure 1.2. Location of the study area (red dot), locality of San Juan Tahitic (red polygon), and sampling units (green dots).

## 1.4. RESULTS

### 1.4.1. Composition and Structure Indicators

In the 2.52 ha surveyed, 522 vascular plant species were observed (Appendix 1); 23 of the sampled sites were covered by different CF associations, 30 by ASV or shade CPs, 7 by grasslands, and 3 by rainfed agriculture. Tables 1.2 and 1.3 present the statistics calculated for each composition, structure, and complementarity indicators. All of them present higher absolute values in the CF, followed by ASV/CP, and lastly grasslands and

agricultural areas, except for the complementarity index, for which the last two associations present the highest values.

**Table 1.2. Statistics of the composition indicators obtained by plant community and the entire locality.**

	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_5$	<b>N</b>
Average for each plant community						
<b>CF</b>	20	7	28	32	9	36
<b>ASV/CP</b>	17	5	26	32	7	37
<b>Grassland</b>	1	2	6	14	1	18
<b>Agriculture</b>	0	2	5	14	1	15
For locality						
<b>Mean</b>	15.56	5.33	23.54	28.94	6.75	33.3
<b>Standard deviation</b>	10.15	2.88	11.89	11.15	4.77	12.8
<b>Minimum</b>	0	0	1	7	0	8
<b>Maximum</b>	47	12	52	57	19	70

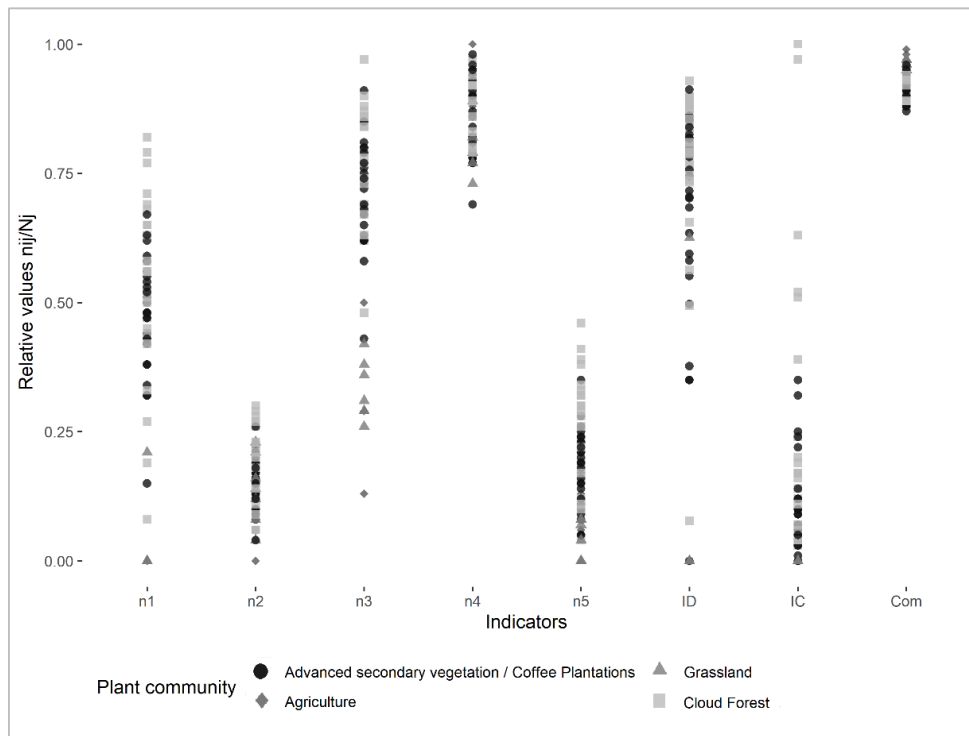
Where: **CF= Cloud Forest, ASV= Advanced secondary vegetation, CP= Coffee plantations,  $n_1$ = number of tree and epiphytic species,  $n_2$ = number of species with restricted distribution,  $n_3$ = number of climax species,  $n_4$  = number of native species,  $n_5$  = number of species, with a conservation status, **N** = number of total species.**

Figure 1.3. shows the relative values of the different indicators, where the proportion of native species ( $n_4$ ) in areas covered by agriculture and grasslands have higher values than some sites with forest. The indicators referring to the proportion of trees, epiphytes, climax species, as well as the diversity and structural complexity index show a wide variation, and the CF acquired the highest values.

**Table 1.3. Statistics of the structure and complementarity indexes obtained by plant community and the entire locality.**

	Simpson Index	Complexity index	Complementarity index
Average for each plant community			
<b>CF</b>	0.77	28.5600	0.92
<b>ASV/CP</b>	0.68	11.1400	0.91
<b>Grassland</b>	0.09	0.0003	0.96
<b>Agriculture</b>	0.00	0.0000	0.98
<b>For locality</b>			
Mean	0.6	16.0000	0.92
<b>Standard deviation</b>	0.3	22.9000	0.03
<b>Minimum</b>	0.0	0.0000	0.87
<b>Maximum</b>	0.9	112.4000	0.99

Where: CF= Cloud Forest, ASV= Advanced secondary vegetation, CP= Coffee plantations.

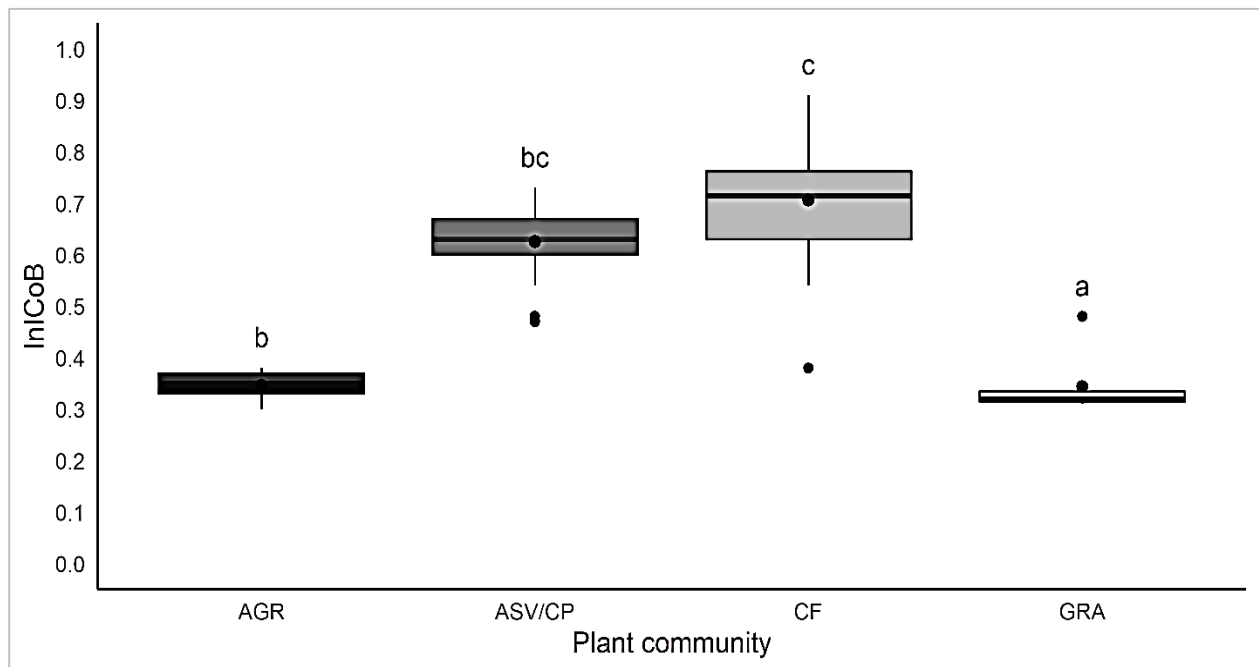


**Figure 1.3. Relative values of the indicators that make up the InCoB for the different plant communities. Where: n1= number of tree and epiphytic species, n2= number of species with restricted distribution, n3= number of climax species, n4 = number of native species, n5 = number of species, with a conservation status, ID= Diversity index, IC=Complexity index, Com= Complementary Index**

### 1.4.2. Index of Importance for Biological Conservation applied to the Cloud Forest

The average InCoB for the entire locality was 0.61, with the maximum recorded value of 0.91, in contrast with the minimum value of 0.30. Figure 1.4. shows the lowest InCoB values in areas with agriculture and grasslands. The CF presents the highest InCoB average, although its variability overlaps with the values recorded for sites covered with ASV/CP.

According to the Kruskal–Wallis test, the InCoB average of the plant communities showed significant differences ( $p = 6.223 \times 10^{-7}$ ). The Nemenyi shows that the CF associations present significant differences from the rest of the communities, and that the agricultural areas lack differences with the ASV/CAF and the grasslands (Figure 1.4).



**Figure 1.4. Variation in InCoB in the different plant communities and significant differences between them. Where: AGR = Agriculture, ASV/CP = Advanced Secondary Vegetation and coffee plantations, CF = Cloud forest, GRA = grassland.**

### 1.4.3. Geostatistical Model

Two geostatistical models were adjusted to extrapolate the InCoB to the entire study area. Model 1 included all the variables (environmental and social) proposed in the method, and model 2 considered only the six significant variables. For categorical

variables, the most frequently category was represented in the intercept, these were as follows: slopes with humid orientation (S\_WET), high altitude zones (A\_HIGH), and CF coverage (V\_CF). In this model, four variables were significant ( $p < 0.05$ ): distance to town (DIST\_TOWN), advanced secondary vegetation (V\_ASV), agriculture (V\_AGR), and induced grassland coverage (V\_GRA).

Although both models presented good adjustment (pseudo  $R^2 = 0.69$  and  $0.70$ , respectively) and an error of 7%, model 2 had the lowest value of the Akaike information criterion. This indicates that model 2 has a better adjustment along with less complexity; therefore, it has higher quality to predict and perform the interpolation (Table 1.4).

**Table 1.4. Geostatistical model and adjustment parameters.**

Variable	Model 1		Model 2	
	Parameter	p	Parameter	p
Intercept	3.978 <sup>-01</sup>	0.121	0.487	0.0003
S_DRY	2.498 <sup>-02</sup>	0.835		
A_LOW	2.872 <sup>-02</sup>	0.862		
SLOPE_GR	1.136 <sup>-02</sup>	0.055	0.011	0.0506
DIST_RIV	1.251 <sup>-04</sup>	0.359		
<b>DIST_TOWN</b>	<b>2.451<sup>-04</sup></b>	<b>0.002</b>	<b>0.0003</b>	<b>1.72<sup>-05</sup></b>
<b>V_ASV</b>	<b>-1.771<sup>-01</sup></b>	<b>0.00061</b>	<b>-0.167</b>	<b>0.0011</b>
V_ISV	-2.103 <sup>-01</sup>	0.088	-0.184	0.114
<b>V_AGR</b>	<b>-3.050<sup>-01</sup></b>	<b>4.77<sup>-08</sup></b>	<b>-0.308</b>	<b>2.67<sup>-08</sup></b>
<b>V_GRA</b>	<b>-2.919<sup>-01</sup></b>	<b>&lt;2<sup>-16</sup></b>	<b>-0.285</b>	<b>&lt;2<sup>-16</sup></b>
Pseudo $R^2$	0.7087		0.6978	
RMSE	0.0732		0.0737	
AIC	-125.104		-129.331	

Where: **Bold = Significant variables**, O\_SEC = dry slopes, A\_BAJ = low altitudes, PEND\_GR = slope, DIST\_RIOS = distance to rivers, DIST\_POB = distance to towns, V\_VSA = Advanced Secondary Vegetation, V\_VSI = Initial Secondary Vegetation, V\_AGR = Agriculture, V\_PAS = Induced grassland, RMSE = Root mean square error.

The extrapolation based on model 2 shows that the eastern part of the study area has the highest InCoB values, while the lowest values are concentrated in the center and scattered to the west of the locality. To simplify the visualization, the InCoB was



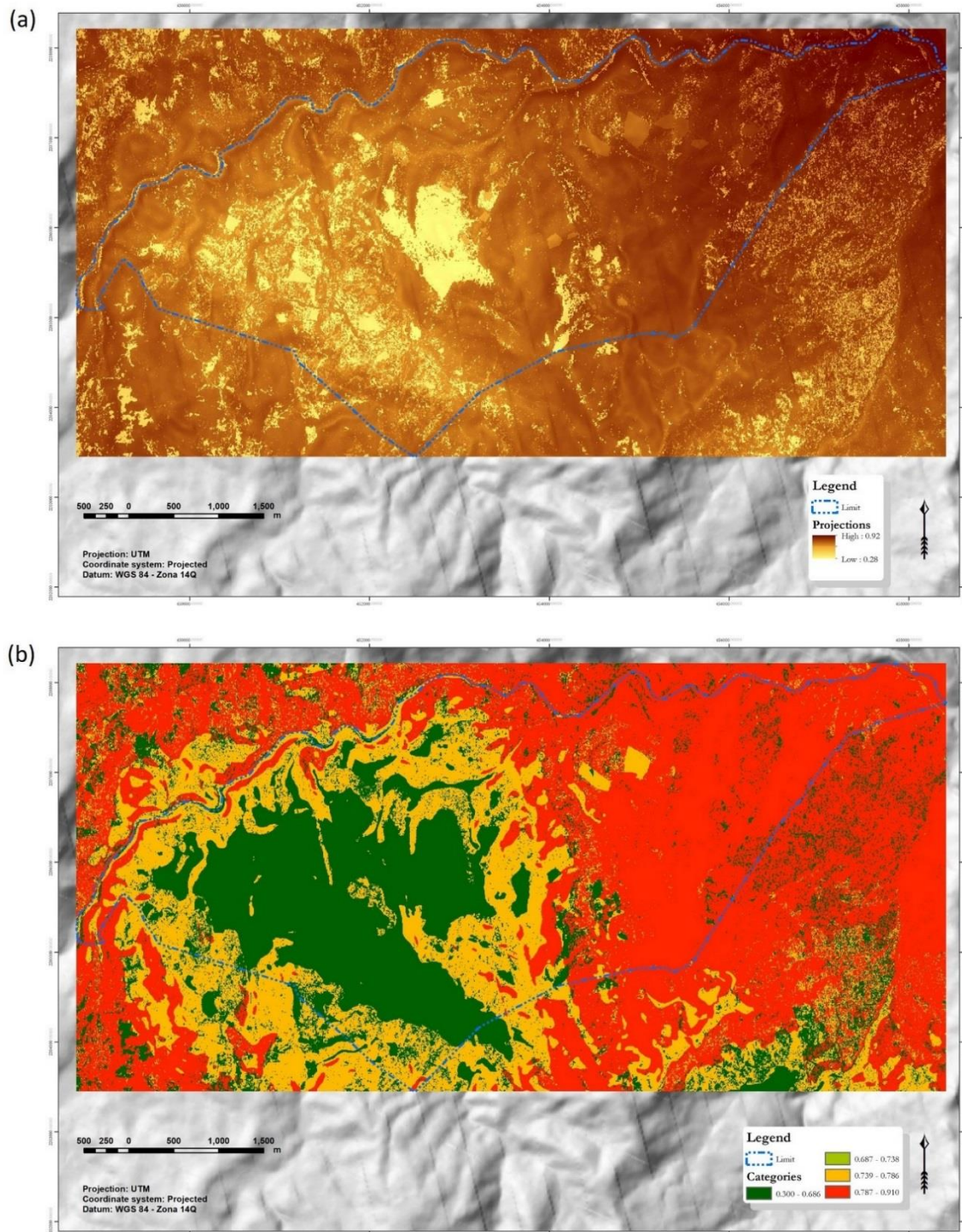
reclassified into four categories based on the quantiles; therefore, each category represents 25% of the surface (Figure 1.5).

## **1.5. DISCUSSION**

### **1.5.1. Composition and Structure Indicators' Relevance**

The composition and structure indicators used to calculate InCoB are based on the information necessary to carry out environmental diagnoses or environmental characterization (list of species and dasometric variables). Some of these variables have already been used (Geburek et al., 2010; Martínez-Cruz & Ibarra-Manríquez, 2012; Ricardo Nápoles, 2016; Song et al., 2016; Marín et al., 2021). According to our results, the indicators proposed for InCoB allow for defining areas of importance for the conservation of natural biodiversity and monitor their status.

Almost all the SUs corresponding to the CF obtained the highest scores for all the indicators, except the associations dominated by *Pinus* spp. or *Platanus mexicana*; although these are climax associations, tend to be less rich in arborescent species, and therefore offer less variety of habitat for native epiphytes and herbaceous plants. In addition, the dominance of few species generates lower diversity values. Both characteristics result in a lower total InCoB value.



**Figure 1.5. InCoB applied to the San Juan Tahitic locality. a) InCoB in continuous values, and b) InCoB divided into four quantiles.**

The SUs covered by CPs obtained medium to high values, while some SUs even surpassed the sites with the less diverse associations of the CF. Evidently, this agroforestry system is a refuge for a high number of species of the CF (Martínez et al.,

2007; Carvajal-Hernández et al., 2014). Most of the sites with ASV presented medium to low values. This can be explained by several factors: in the study area, this successional stage is usually dominated by *Alnus acuminata* or *Liquidambar styraciflua*, and such dominance generates low diversity values. Additionally, young forests have a low structural complexity; their height and basal area is lower in comparison with mature forests, and the dominant species are characterized by being poor phorophytes, reducing the richness of epiphytes.

As expected, the SUs occupied by agricultural activities and induced grasslands showed the lowest values for most of the indicators, except for the complementarity index. This index evaluates the proportion of species that each SU adds to the total richness of the locality. The values indicate that the SUs covered by induced vegetation contribute a good proportion of species that are not present in the forested SUs (primary and secondary).

### **1.5.2. Validation of the Index of Importance for Biological Conservation**

We consider that the InCoB applied to temperate forests should assign a higher weight to composition ( $P_C = 0.6$ ), a medium value to structure ( $P_E = 0.3$ ), and a low value to uniqueness ( $P_U = 0.1$ ). The higher weight assigned to composition is supported by the fact that in general, and particularly in this kind of forest, species composition is more sensitive to disturbances and its recovery is slower as well as more difficult (Noss, 1990; Denslow, 2000; Peña-Claros, 2003; Muñoz-Castro et al., 2012). Although the uniqueness factor qualifies the contribution that each site makes to the total diversity of the region, the associations that presented the greatest differences in the composition of species and, therefore, obtained the highest values of uniqueness are those formed by induced vegetation (agricultural and grassland); therefore, a low weight was assigned to this factor.

InCoB pertinently evaluates the biological importance of the vegetation in the study area. Some areas covered by ASV/CP have InCoB equal to or higher than some CF sites; these areas have considerable biological importance for conservation because they are conformed by numerous climax species of the CF (Martínez et al., 2007; Carvajal-Hernández et al., 2014) that add importance to these sites.

### **1.5.3. InlCoB extrapolation**

When evaluating the effect of environmental and social variables on InlCoB, land occupation has the greatest influence. Induced plant communities such as agricultural zones and grasslands have a more negative effect on InlCoB than secondary vegetation. The distance to town is another social variable that affects InlCoB; however, it has a positive correlation with the index: the farther the distance from the rural center, the higher the index.

The slope has a small and positive correlation with InlCoB; although it is strictly an environmental variable, it can also be indirectly influenced by non-natural impacts: for example, the steeper the terrain, the more difficult is its occupation by man. These observations coincide with the findings by Williams-Linera et al. (2002) in a CF in Veracruz, Mexico.

Other environmental variables such as altitude and slope orientation (which directly influence relative humidity) have no significant correlation with InlCoB for the study area. The effect of these variables is probably limited by the high humidity of the region. However, in subhumid to dry communities, as well as in larger areas or those with a higher environmental heterogeneity, these factors could have an influence on the richness and composition of plant species, as recorded by Gallardo-Cruz (2004), Cielo-Filho et al. (2007), and Luis-Martínez et al. (2020) for seasonal tropical forests, and Wang et al. (2002), Zhao et al. (2005), Romero et al. (2014), and Ramírez-Prieto et al. (2016) for subhumid to dry temperate forest communities.

### **1.5.4. InlCoB Application**

InlCoB is a flexible index, as it can be applied to any type of vegetation and adjusted to different objectives or types of sampling, according to the data taken in field.

For diverse types of vegetation, the indicators of life form and species distribution could be adjusted. The expected life form spectrum of each plant community must be considered. For example, perennial herbs (hemicryptophyte type) are the representative form in cold forests, shrubs and subshrubs with annual herbs predominate in dry

temperate climates; perennial herbs (geophytes) in Mediterranean climates, and trees in warm systems (Rzedowski, 2006; Malik et al., 2007; Raju et al., 2014).

The indicator corresponding to the distribution of species has the objective of adding importance when it comes to endemic plants; therefore, this parameter depends on the location of study area. For example, the arid zones of northern Mexico and southern USA have a high quantity of locally endemic elements; however, in the southern tropical zones, where many species reach Center and South America, Mexican elements can be good indicators (Rzedowski, 1991).

Regarding sampling, as well as the type of information collected, many floristic studies lack dasometric measurements, either because of the scope of their objectives or because of the costs involved. In these cases, InCoB could be calculated by setting a value of 0 for structure ( $P_E$ ), using only the composition and uniqueness variables. However, if the objective requires giving greater importance to plant associations with many unique species, a higher value could be assigned to the uniqueness factor.

InCoB uses species composition and structure, and its indicators are quantitative based on the number of species or already established (quantitative) indexes; therefore, it is not subjective. The only part in which the researcher or expert decides is on weighting of variables (composition, structure, and uniqueness), and this confers flexibility according to the data collected, if dasometric data is lacked, structure can weight 0.

Another advantage is that InCoB is mainly based on the floristic list of the SUs; this is a basic data needed for environmental diagnosis and, therefore, does not require specialized information. It is easy to interpret, because its values range from 0 to 1, and it can be visualized on a spatial scale; therefore, a raster layer can be generated to add other data.

However, to prove its effectiveness, it should be tested for changes in the weighting of the main variables, lack of dasometric data, and evaluation of other plant communities' types.

## **1.6. CONCLUSIONS**

The InCoB indicators, based on composition and structural variables of the vegetation, are relatively easy to obtain. They are based on a list of species as well as dasometric data. Additionally, they are quantitative and, therefore, lack subjectivity. The proposed index facilitated the spatial evaluation of the importance for biological conservation in the study area and would allow for detecting changes in its status through monitoring. The values obtained were easy to interpret and comparable among themselves. InCoB also distinguishes different plant communities, assigning higher values to the CF than to the rest of the secondary or induced plant communities. The index can be flexible and adjusted to the available data. However, its quality with respect to its application to other plant communities should be tested.

## **CAPÍTULO 2. ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE FLORA**

### **2.1. RESUMEN**

La elevada biodiversidad presente en México confiere una gran responsabilidad para estudiarla y conocerla para su conservación. La escasez de esfuerzos y recursos requiere la selección de áreas prioritarias. En este estudio se analizó una localidad de la Sierra Norte de Puebla, cubierta por bosque mesófilo de montaña, en la cual se consideraron como áreas prioritarias de conservación aquellos sitios que tuvieran una elevada probabilidad de deforestación y una alta calidad biológica. Para ello se muestrearon 63 parcelas, en las cuales se definió el tipo de ocupación del suelo, su composición florística y características de su complejidad estructural. Con los datos obtenidos se aplicó el Índice de Importancia para la Conservación Biológica (InICoB) que permitió calificar la aptitud para la conservación de cada sitio a partir de su calidad ambiental. Las áreas propensas a pérdida de cobertura forestal se detectaron por medio de la generación de una matriz de cambio, obtenida a partir de la comparación de la clasificación de dos imágenes satelitales, la primera del año 2005 y la segunda del 2018. Con ello se generó un modelo de regresión logística y una simulación para el año 2031 mediante el proceso de “Cellular Automata” del complemento MOLUSCE (Land Use Change Evaluation) del programa QGIS. Se observó que del 2005 al 2018 el bosque mesófilo de montaña presentó una pérdida neta de 33 ha/año. Se estimó que 2 276 ha de bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria avanzada / cafetales se perderán para el año 2031, ya que serán reemplazadas a otros tipos de ocupación del suelo. De esta superficie boscosa en riesgo de cambio, resultaron como altamente prioritarias 81 ha y bajo la categoría de “elevada” 42 ha. Estas se localizan principalmente en el lado Este de la localidad, en las áreas más alejadas al núcleo habitacional y zonas agrícolas.

## 2.2. INTRODUCCIÓN

Determinar áreas prioritarias de conservación de la biodiversidad en localidades que cuentan con sistemas naturales de importancia biológica, permite establecer las bases para un ordenamiento del territorio. Además, focaliza la concentración de recursos económicos, de personal, de investigación y políticos en sitios que brindan elevados beneficios y servicios de tipo ambiental, con el fin de alcanzar la eficacia y eficiencia en los esfuerzos destinados para su conservación (Martínez-Cruz & Ibarra-Manríquez, 2012; Chávez-González et al., 2015).

La conservación de la biodiversidad es parte de los objetivos de esta priorización, considerada en sus tres niveles, desde el genético, de especies y hasta de ecosistemas. Para ello existen diferentes enfoques: se pueden considerar áreas que destacan por una elevada riqueza de especies, o cuya composición sea representativa de los sistemas de una región; también puede utilizarse la distribución real y potencial de especies clave, especies raras o especies carismáticas con diferentes grados de amenaza; o bien, auxiliarse de la biogeografía, buscando zonas con un elevado grado de endemidad o sitios de radiación de especies. A nivel de paisaje se utilizan áreas que contengan una heterogeneidad ambiental amplia y que presente diversos tipos de sistemas (Margules et al., 2002; Martínez-Cruz & Ibarra-Manríquez, 2012; Suárez-Mota & Téllez-Valdés, 2014; Chávez-González et al., 2015)

Otros factores que deben ser considerados son la vulnerabilidad y el riesgo de los sistemas naturales a ser destruidos y su dificultad para ser reemplazados; es decir, un sitio debe ser altamente prioritario para su conservación cuando éste posea una aptitud alta de producir servicios ambientales (por ej., diversidad de especies vegetales) y una probabilidad elevada de ser destruidos o alterados y, en caso de que esto ocurriera, que existan pocas o ninguna posibilidad de ser sustituidos (Pressey & Taffs, 2001).

El bosque mesófilo de montaña ha sido considerado como un sistema vegetal altamente prioritario para su conservación, debido a la elevada biodiversidad que resguarda (30% de la flora de México), a la poca superficie que ocupa debido a las condiciones ambientales tan particulares que requiere para su desarrollo, a los servicios ambientales



que provee, principalmente el relacionado con el ciclo hidrológico y la provisión de agua y a la pérdida de su cobertura, calculada en el 52% de su ocupación original (Rzedowski, 1996; Villaseñor, 2010; Sánchez-Ramos & Dirzo, 2014).

Por tanto, detectar áreas que actualmente resguardan la biodiversidad típica de este tipo de ecosistema y que están en probabilidad de cambio resulta de gran importancia para la aplicación de políticas públicas que busquen su manejo sustentable y conservación. En México, desde el 2007, la CONABIO realizó talleres de priorización del bosque mesófilo de montaña; ubicó a la zona de estudio en la subregión 3.2 “Mesófilos de San Bartolo Tutoteéc a Cuetzalan”, evaluó sus condiciones actuales y describió que los bosques mesófilos de la región están fragmentados y degradados. Sus remanentes presentan niveles altos de amenaza a su permanencia, principalmente por la alta densidad poblacional, una fuerte presión en la demanda de recursos forestales, el establecimiento de cultivos agrícolas y la ganadería extensiva (CONABIO, 2010).

A nivel local, se han analizado tendencias de cambios en la ocupación del suelo, donde se detecta la pérdida de este tipo de bosque (Evangelista-Oliva et al., 2010; Camacho-Sanabria et al., 2015; Cruz-Huerta et al., 2015; Guevara Romero & Montalvo Vargas, 2015). Adicionalmente, también se han realizado esfuerzos para determinar áreas prioritarias para su conservación; por ejemplo, en el estado de Veracruz, Rivera-Hernández (2015) analiza la situación del Parque Nacional Cañón del Río Blanco.

La CONABIO (2010) calificó la región donde se ubica la zona de estudio como de prioridad alta para la conservación y recomienda establecer estrategias de restauración, promover el aprovechamiento de productos forestales y fomentar el ecoturismo. Por ello, el análisis de áreas prioritarias a nivel local, en este caso, en una localidad de la Sierra Norte de Puebla, puede contribuir al establecimiento de medidas de gestión, manejo y conservación que traigan cambios en las tendencias de pérdida de superficies forestales, pérdida de especies y de servicios ecosistémicos, así como beneficios a la población local, que presenta altos grados de marginación.

## **2.3. OBJETIVOS**

- (1) Analizar la dinámica de cambio en la pérdida de ocupación forestal de la tierra en San Juan Tahitic, Puebla, entre el periodo 2005 y 2018 y definir los factores asociados que lo inducen con la finalidad de determinar las áreas de riesgo ante el cambio de uso de la tierra.
- (2) Determinar áreas prioritarias de conservación de la diversidad de flora en el área de estudio a partir de la detección de las áreas con riesgo de deforestación y la definición de la aptitud determinada con el InCoB (Índice de Importancia para la Conservación Biológica).

## **2.4. MÉTODOS Y MATERIALES**

### **2.4.1. Generación de la información base**

Se utilizaron imágenes SPOT 5 y SPOT 7 de los años 2005 y 2018 respectivamente, ambas ortorectificadas previamente y brindadas por la Estación de Recepción México Nueva Generación (ERMEX-NG) a partir de la gestión del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) como apoyo al Colegio de Postgraduados, ambos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México (Apéndice 2).

Con ellas, se crearon capas ráster de la ocupación de la tierra para los años 2005 y 2018, a partir de la clasificación supervisada mediante el algoritmo Random Forest software R (R Development Core Team, 2017), el cual fue alimentado con polígonos de entrenamiento. Estos polígonos se caracterizaron a partir del trabajo de campo realizado, el cual consistió en la evaluación de la composición y estructura de la vegetación de 63 unidades de muestreo (Figure 1.2) y de las variables dasométricas de las especies. Además, se incluyeron otros puntos de verificación en áreas con ocupación del suelo no forestal, en los cuales solo se tomó la referencia del tipo de ocupación.

En la localidad de estudio, se observaron siete tipos de ocupación del suelo:

- (a) Bosque mesófilo de montaña

- (b) Vegetación secundaria avanzada/cafetales, ambos tipos de ocupación fueron clasificados en una sola categoría ya que la similitud entre sus firmas espectrales impidió su distinción. Esta dificultad ha sido señalada también por otros autores (Evangelista-Oliva et al., 2010)
- (c) Vegetación secundaria inicial
- (d) Agricultura
- (e) Pastizal inducido
- (f) Asentamientos humanos
- (g) Río

#### **2.4.2. Análisis y simulación de cambio de ocupación del suelo**

Se utilizaron las capas de ocupación del suelo generadas con la clasificación de ambos años (2005 y 2018). Las capas fueron remuestreadas a una resolución de 6 m y se usaron como base para la generación del modelo.

Se utilizó el complemento MOLUSCE (Land Use Change Evaluation) del programa QGIS para hacer el análisis de cambio. Para ello se generó la matriz de cambio entre ambos años, se ajustó el modelo con una regresión logística, incluyendo algunas variables ambientales, sociales y económicas (Tabla 2.1) que han sido reportadas por otros autores como determinantes para el cambio en la ocupación del suelo (Camacho-Sanabria et al., 2015; Cruz-Huerta et al., 2015). Finalmente, se realizó una proyección para el año 2031 mediante una simulación “Cellular Automata”.

#### **2.4.3. Priorización de áreas para la conservación**

Una vez obtenido el mapa de tipo de ocupación del suelo para el año 2031, se generó una capa con las áreas que en 2018 estaban cubiertas por bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria avanzada/cafetales, y que probablemente serán reemplazadas por otros tipos de ocupación.

**Tabla 2.1. Variables para generar el modelo de cambio de cobertura forestal en la localidad de San Juan Tahitic, Puebla. Fuente: Elaboración propia.**

<b>Variable explicativa</b>	<b>Lógica de las variables</b>	<b>Fuente</b>
• <b>Altitud</b>	(-)	Continuo de elevaciones mexicano (INEGI, 2013)
• <b>Pendiente</b>		
• <b>Distancia a población</b>	(-)	Capa de ocupación del suelo generada con la clasificación (fuente propia)
• <b>Distancia a camino</b>		
• <b>Distancia a vegetación secundaria</b>		
• <b>Distancia a pastizal</b>		
• <b>Distancia a zonas agrícolas</b>		

**Donde: Lógica de las variables. El signo representa la tendencia de la variable explicativa para aumentar la probabilidad de pérdida de ocupación forestal.**

Las áreas con probabilidad de pérdida detectadas fueron ubicadas en el mapa de importancia para la conservación (Capítulo 1, Figure 1.5) mediante el análisis de la calidad de la composición y estructura de su vegetación, a través del InCoB (Índice de Importancia para la Conservación), cuyos valores van de 0 (cuando el sitio carece de importancia para su conservación) y 1 (sitios con máxima calidad).

Las áreas consideradas como prioritarias fueron aquellas superficies ocupadas actualmente por bosque mesófilo de montaña o vegetación secundaria avanzada, que presentaron probabilidad de cambio y a su vez, resultaron con un InCoB elevado a muy elevado.

## **2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **2.5.1. Cambios en la ocupación del suelo del 2005 al 2018**

De acuerdo con la clasificación de las imágenes satelitales, se observó el mayor cambio (del 2005 al 2018) en el Bosque Mesófilo, con una pérdida neta de 33 ha/año en la localidad de estudio. Por el contrario, la vegetación secundaria avanzada o cafetales presentaron la mayor ganancia (21.6 ha/año). Los pastizales inducidos aumentaron su superficie 11.8 ha/año; sin embargo, las áreas agrícolas presentaron una pérdida neta

ya que, además del abandono de algunas tierras, éstas también fueron cambiadas por infraestructura rural, la cual aumentó 1.8 ha/año, ocupando además algunas de las superficies previamente cubiertas por bosque mesófilo de montaña.

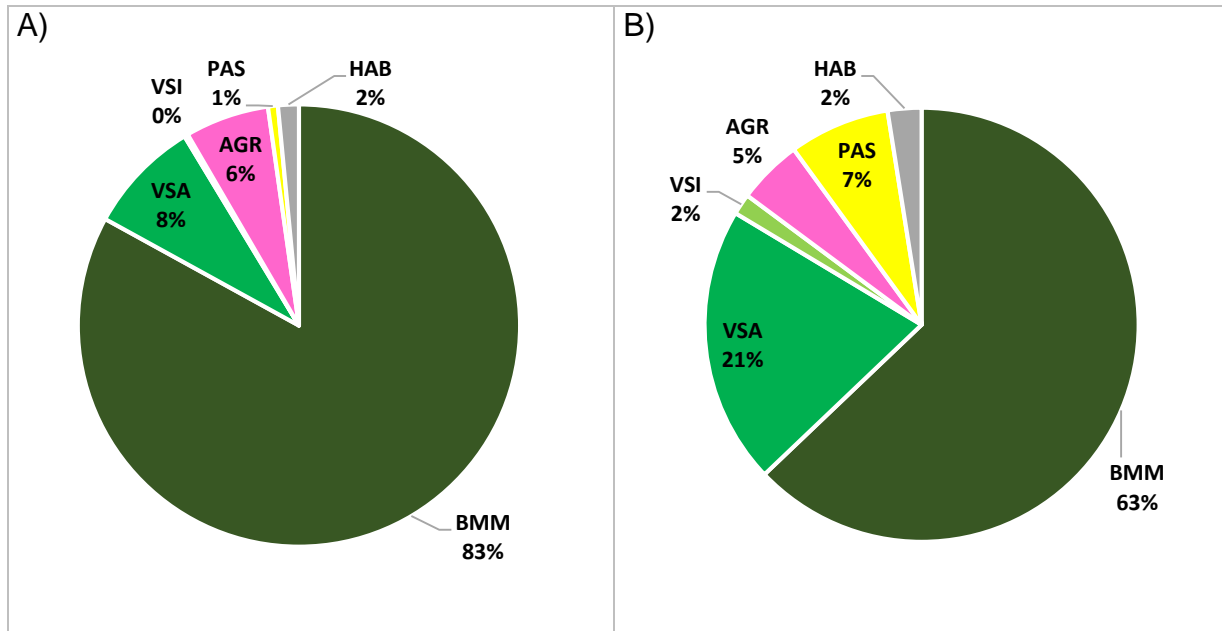
En las imágenes clasificadas se observa que el aumento en la superficie ocupada por vegetación secundaria avanzada o cafetales ocurre por: (1) deforestación del Bosque Mesófilo, en el centro de la localidad principalmente, (2) abandono de tierras agrícolas con la consecuente recuperación, o bien, transformación de estas a sistemas agroforestales, esto se observa alrededor de los asentamientos humanos al oeste del polígono.

Otro cambio que resalta es el aumento de pastizal inducido para el pastoreo de ganado vacuno, el polígono más grande se encuentra al centro de la localidad, donde se deforestó superficie ocupada por bosque mesófilo. Cabe señalar que parte de esta área presenta algunos manchones de vegetación secundaria inicial y es ocupada por un solo dueño. Al sur de la localidad se presentan otros pequeños fragmentos con este cambio. El aumento en la superficie ocupada por la infraestructura rural ocurrió alrededor de la ya existente (Figura 2.1 y Figura 2.2).

La disminución del suelo cubierto por bosque es una constante en otros sitios del estado de Puebla, por ejemplo, en la región de Chignahuapan-Zacatlán, entre los años 1986 y 2011 (Cruz-Huerta et al., 2015) y en la subcuenca del río San Marcos de 1976 al 2000 (Castelán Vega et al., 2007), se observó un decremento de las áreas con bosque primario y un incremento de la superficie habitacional y de áreas agrícolas.

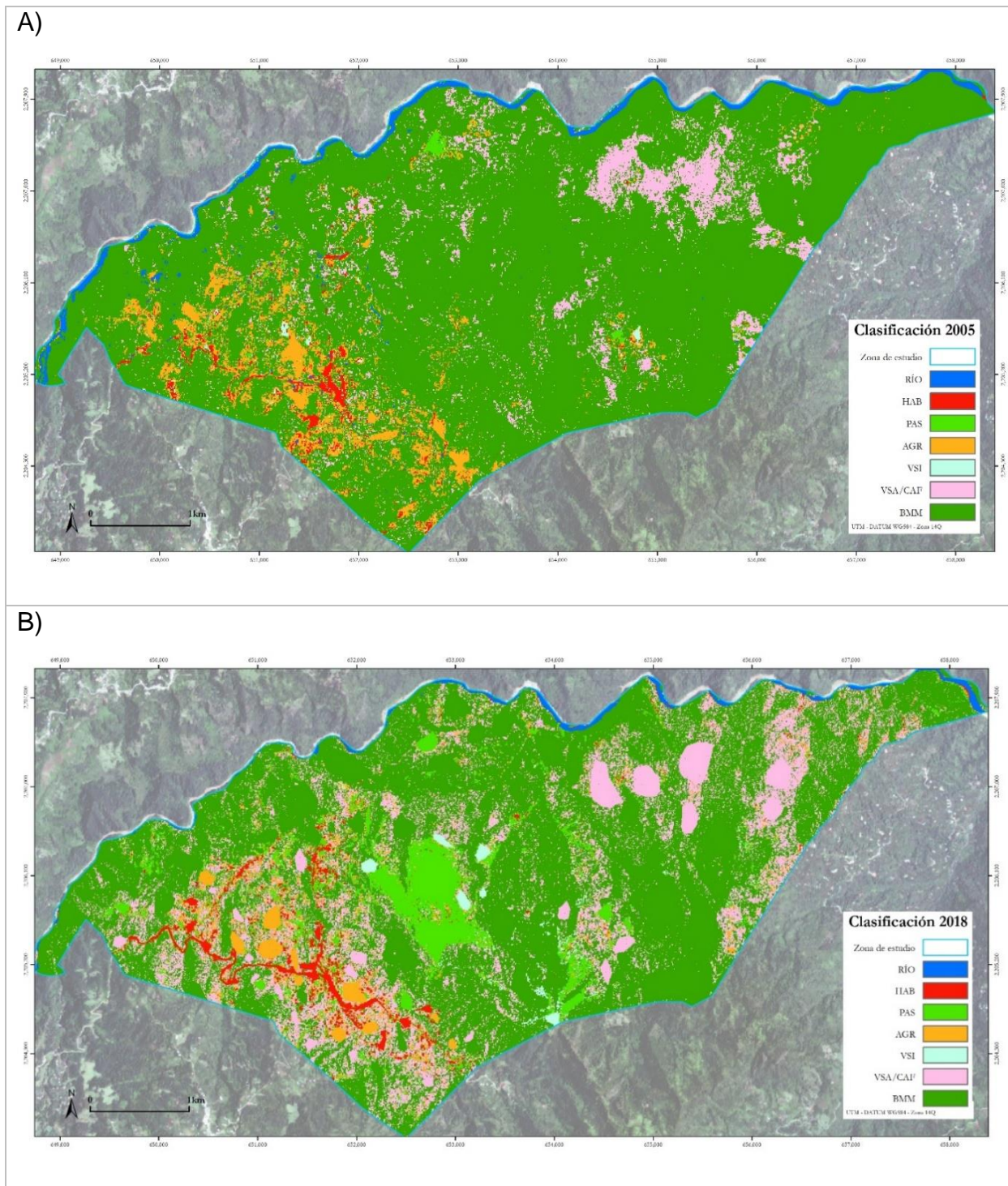
El aumento detectado de la superficie ocupada por vegetación secundaria avanzada/cafetales también es referido para otras regiones boscosas de Puebla. Evangelista-Oliva et al. (2010) detectaron que el principal cambio en la Sierra Norte, entre 1988 y 2003, ocurrió de pastizal inducido a sistemas agroforestales, principalmente cafetales. Ambos tipos de ocupación del suelo dependen de las condiciones económicas de los productos, principalmente del café, si el mercado es desfavorable, las tierras son abandonadas y se propicia la recuperación de la vegetación, con la regeneración de vegetación secundaria avanzada; por el contrario, si el mercado es favorable, la

vegetación secundaria avanzada y el bosque mesófilo son transformados (Evangelista-Oliva et al., 2010).



**Figura 2.1. A) Proporción de los diferentes tipos de ocupación del suelo - Año 2005, B) Proporción de los diferentes tipos de ocupación del suelo- Año 2018. Donde: HAB= infraestructura rural, PAS= pastizal inducido, AGR= áreas agrícolas, VSI= Vegetación secundaria inicial, VSA= Vegetación secundaria avanzada y cafetales, BMM= Bosque mesófilo de montaña.**

La conservación del bosque mesófilo de montaña depende en parte de las fluctuaciones en las leyes del mercado. En este sentido, los convenios y programas sociales que fomentan actividades, relacionadas con el cultivo del café, de cítricos y de maíz, son factores que influyen en los cambios de ocupación del suelo, cuando los convenios y programas están vigentes, la presión por superficie aumenta, si los convenios o programas terminan, las tierras son abandonadas (Castelán Vega et al., 2007).



**Figura 2.2. Clasificación de las imágenes satelitales y uso de la tierra A) Año 2005, B) Año 2018. Donde: HAB= infraestructura rural, PAS= pastizal inducido, AGR= áreas agrícolas, VSI= Vegetación secundaria inicial, VSA/CAF= Vegetación secundaria avanzada y cafetales, BMM= Bosque mesófilo de montaña.**

Adicionalmente, tal y como lo mencionan Flores-Xolocotzi y Torres-Rojo (2000) la tasa de interés también está relacionada con la conservación. Una tasa de interés más alta acelera la tasa de agotamiento del recurso y, por tanto, se pierde el incentivo de la conservación. Este efecto se mitiga un poco de forma automática, pero solo para las actividades que usan en forma intensiva el capital, ya que este también adquiere un mayor costo. Sin embargo, la presión sobre los recursos en la localidad de estudio se ejerce principalmente por sus habitantes, quienes son afectados por este factor.

Las variables ambientales y de infraestructura influyen también en el cambio de ocupación del suelo, Cruz-Huerta et al. (2015) observaron que en la región de Chignahuapan-Zacatlán, la cercanía a caminos y poblados están correlacionados con la pérdida de superficie ocupada por bosques. Por su parte, Guevara Romero y Montalvo Vargas (2015) registraron para otras localidades de la Sierra Norte de Puebla, la tendencia al cambio de bosque hacia áreas agrícolas y posteriormente la transformación de estas a áreas residenciales. Ambos patrones se detectaron para la zona de estudio.

Es importante señalar que algunos factores fisiográficos como una pendiente elevada pueden influir en la pérdida de superficies agrícolas, ya que estos sitios pueden presentar un elevado grado de erosión y la consecuente disminución de la fertilidad, permitiendo la recuperación de la vegetación secundaria (Castelán Vega et al., 2007)

### **2.5.2. Simulación de cambios en la ocupación del suelo**

El modelo de regresión para realizar la simulación presentó 144 coeficientes ( $R^2 = 0.62$ ), de ellos, fueron significativos la cercanía al poblado, a caminos y a superficies no forestales para explicar la conversión de tierras cubiertas por bosque mesófilo hacia uso agrícola o infraestructura rural (Tabla 2.2).

En la conversión de zonas agrícolas a pastizales sobresale la cercanía a poblados, a otros pastizales y a vegetación secundaria inicial, mientras que la construcción de infraestructura rural en áreas previamente ocupadas para pastizal inducido se ve influenciada principalmente por la pendiente, cercanía al poblado y caminos.



Destaca que la altitud y la pendiente son factores que favorecen la recuperación del bosque mesófilo a partir de vegetación secundaria avanzada. Estos mismos patrones han sido observados y registrados por otros autores (Castelán Vega et al., 2007; Evangelista-Oliva et al., 2010; Cruz-Huerta et al., 2015; Guevara Romero & Montalvo Vargas, 2015).

**Tabla 2.2. Variables significativas  $p \leq 0.1$  para explicar el cambio de ocupación del suelo en San Juan Tahitic, Puebla.**

Variable	VSA/CAF a BMM	BMM a AGR	VSA/CAF a HAB	AGR a PAS	PAS a HAB	PAS permanece
Altitud	+					
Pendiente	+				+	+
Cercanía a poblados		+		+	+	+
Cercanía a caminos		+	+		+	+
Cercanía a pastizales		+	+	+		
Cercanía a agricultura		+				
Cercanía a VSI		+	+	+	+	
Cercanía a VSA/CAF		+				

Donde: HAB= infraestructura rural, PAS= pastizal inducido, AGR= áreas agrícolas, VSI= Vegetación secundaria inicial, VSA/CAF= Vegetación secundaria avanzada y cafetales, BMM= Bosque mesófilo de montaña. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2.3 y Figura 2.3 se detalla la superficie y porcentaje por cada tipo de ocupación del suelo para los años 2005, 2018 y su proyección para el 2031. Esta simulación, considerando la tendencia encontrada para los 13 años anteriores, predice que el tipo de ocupación de suelo que crecerá más rápidamente es el pastizal, con 9.9 ha/año y pasará de ocupar el 0.7% de la superficie de la localidad en el 2005 al 13% para el 2031. Sin embargo, al revisar la historia del lugar, se sabe que el cambio ocurrido del 2005 al 2018 fue extraordinario, ya que, en el 2014, el dueño de 300 ha, por decisión personal y sin el visto bueno de las personas de la localidad y autoridades locales, decidió deforestar de manera ilegal su terreno para introducir ganado vacuno, actividad que no es común en el lugar. Por tanto, probablemente la tasa de cambio hacia este tipo de ocupación del suelo sea menor en los años venideros que la pronosticada.

Es importante señalar que la vigilancia de la autoridad ambiental en la zona de estudio para regular el cambio de ocupación del suelo es nula, pese a que existen denuncias por la deforestación o tala ilegal, los representantes de la PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente) nunca han llegado al lugar y por consiguiente, nunca se han sentado precedentes sobre una vinculación jurídica de las personas que hacen cambios de ocupación del suelo sobre superficies tan grandes sin la autorización correspondiente. La localidad se rige por “usos y costumbres” y tienen su propio consejo precedido por el “juez de paz”, este consejo impone multas o sanciones a personas que talan en predios que no son de su propiedad, pero no tiene la autoridad para castigar a quienes lo hacen en su propio terreno.

**Tabla 2.3. Cambios en la superficie y porcentaje por tipo de ocupación del suelo en San Juan Tahitic, Puebla.**

Tipo de vegetación	Superficie (ha)			Porcentaje (%)		
	2005	2018	2031	2005	2018	2031
<b>BMM</b>	1846.3	1417.1	1185.4	81.1	62.3	52.1
<b>VSA</b>	185.5	466.7	496.6	8.2	20.5	21.8
<b>VSI</b>	6.0	35.1	65.5	0.3	1.5	2.9
<b>AGR</b>	136.7	108.7	129.0	6.0	4.8	5.7
<b>PAS</b>	16.1	169.2	298.0	0.7	7.4	13.1
<b>HAB</b>	33.8	56.7	71.3	1.5	2.5	3.1
<b>Total</b>	2276.1	2276.2	2276.2	100.0	100.0	100.0

Donde: HAB= infraestructura rural, PAS= pastizal inducido, AGR= áreas agrícolas, VSI= Vegetación secundaria inicial, VSA/CAF= Vegetación secundaria avanzada y cafetales, BMM= Bosque mesófilo de montaña. Fuente\_ Elaboración propia.

En la simulación del cambio de ocupación del suelo para el año 2031 también se pronostica el aumento de vegetación secundaria avanzada/cafetales y vegetación secundaria inicial en 2.3 ha/año cada una, pasando a ocupar en conjunto, para el año 2031, el 24% del terreno de la localidad en comparación con el 8.5% que cubría en el 2005.

Por el contrario, se proyecta que el bosque mesófilo de montaña perderá una superficie de 17.8 ha/año, y disminuirá del 81% de la superficie total de la localidad que ocupaba

en el 2005 al 52% para el 2031. Sin embargo, en la actualidad las presiones sobre el bosque, los cafetales abandonados y la vegetación secundaria avanzada son mayores que en la temporada evaluada debido a la implementación del programa social denominado “Sembrando Vida” durante el periodo 2018 a 2024. Si bien este programa no busca disminuir las superficies forestales, su aplicación y una deficiente supervisión, promueve el desmonte de bosques y vegetación secundaria avanzada. Lo anterior fue observado por los autores de este trabajo durante las últimas visitas a la localidad.

Finalmente, se estima que las zonas agrícolas y con infraestructura rural aumentarán 1.6 y 1.1 ha/ año y ocuparán el 6 y 3% respectivamente.

De acuerdo con la simulación del cambio de ocupación de suelo, la pérdida del bosque mesófilo de montaña no ocurrirá en manchones grandes ni en sitios bien definidos. Su transformación se proyecta en pequeñas áreas adyacentes a superficies con tipos de ocupación de suelo ya alterado; es decir, zonas cubiertas por vegetación secundaria o cafetales, y, sobre todo, alrededor de las áreas agrícolas y con infraestructura rural.

Es importante resaltar que los factores económicos y sociales pueden aumentar la presión a las superficies ocupadas por bosque mesófilo; sin embargo, también pueden disminuir, como lo ocurrido durante el periodo de 1980 al 2010 en otras localidades de la Sierra Norte de Puebla, donde hubo una recuperación de la superficie boscosa (Guevara Romero & Montalvo Vargas, 2015).

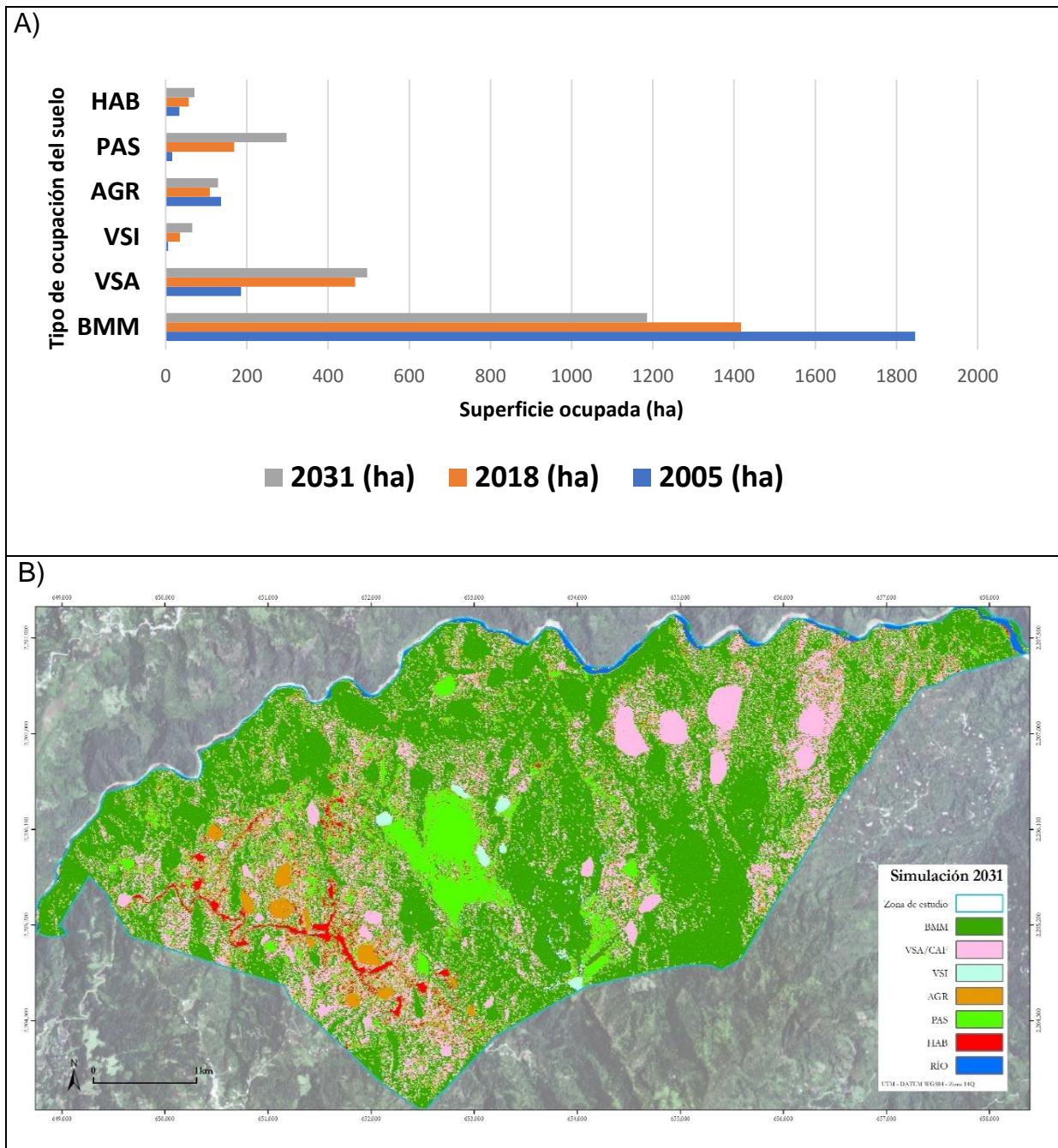
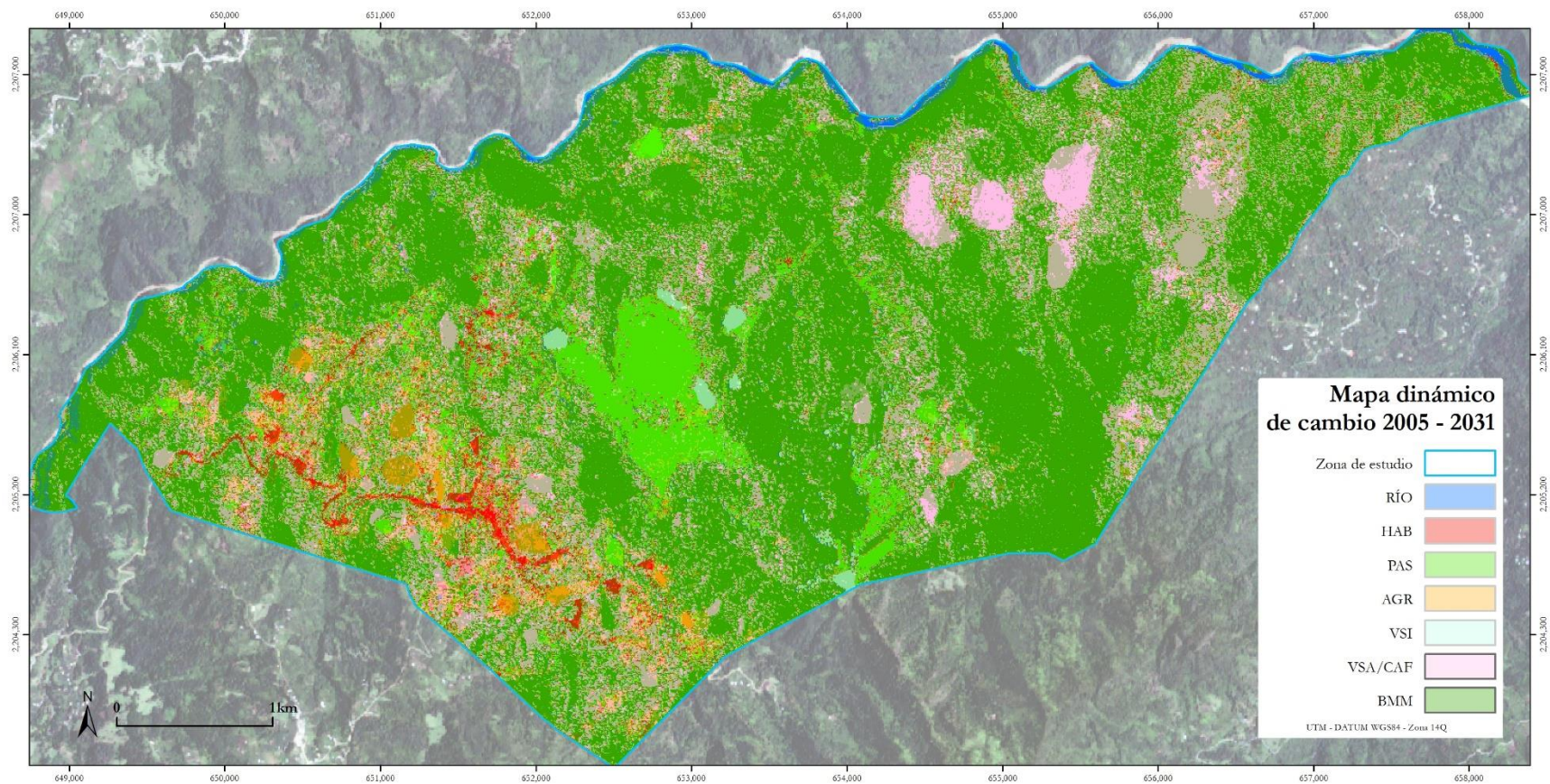


Figura 2.3. A) Comparación de la superficie cubierta por cada tipo de ocupación del suelo entre el año 2005, 2008 y 2031. B) Proyección de la ocupación del suelo para el año 2031. Donde: HAB= infraestructura rural, PAS= pastizal inducido, AGR= áreas agrícolas, VSI= Vegetación secundaria inicial, VSA/CAF= Vegetación secundaria avanzada y cafetales, BMM= Bosque mesófilo de montaña



**Figura 2.4. Mapa dinámico del cambio de ocupación del suelo del año 2005 y su proyección para el año 2031 en San Juan Tahitic, Puebla. Dónde las áreas sombreadas de verde corresponden a sitios que estaban cubiertos por bosque mesófilo de montaña en el año 2005 y que, de acuerdo con la simulación realizada, se perderán para el año 2031**

### **2.5.1. Áreas prioritarias para la conservación de la flora**

Se estima que 2 276 ha de bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria avanzada/cafetales se perderán para el año 2031, y serán reemplazadas a otros tipos de ocupación del suelo. En proyecciones realizadas a nivel regional se ha observado que la vegetación primaria pasa a otro tipo de ocupación con una tasa superior a su recuperación (Castelán-Vega et al., 2007). Por lo que definir áreas prioritarias de conservación es de suma importancia en la planificación estratégica de áreas con una elevada biodiversidad y cambios de ocupación de suelo que la ponen en riesgo (Sánchez-Cordero et al., 2005).

Se han empleado numerosas variables biofísicas, biológicas, sociales, económicas para definir las áreas prioritarias, por ejemplo: aptitud del uso del suelo, valor escénico, presencia de especies indicadoras, riqueza de especies, tipos de ecosistemas, valor intrínseco de la población y desarrollo de infraestructura, entre otros (Chávez-González et al., 2015).

En este caso, la detección de áreas prioritarias se llevó a cabo mediante el InCoB, que utiliza varios indicadores cuantitativos de la composición y estructura de la vegetación, dando un valor de 1 a la máxima importancia para la conservación y de 0 a las zonas donde no hay elementos de importancia.

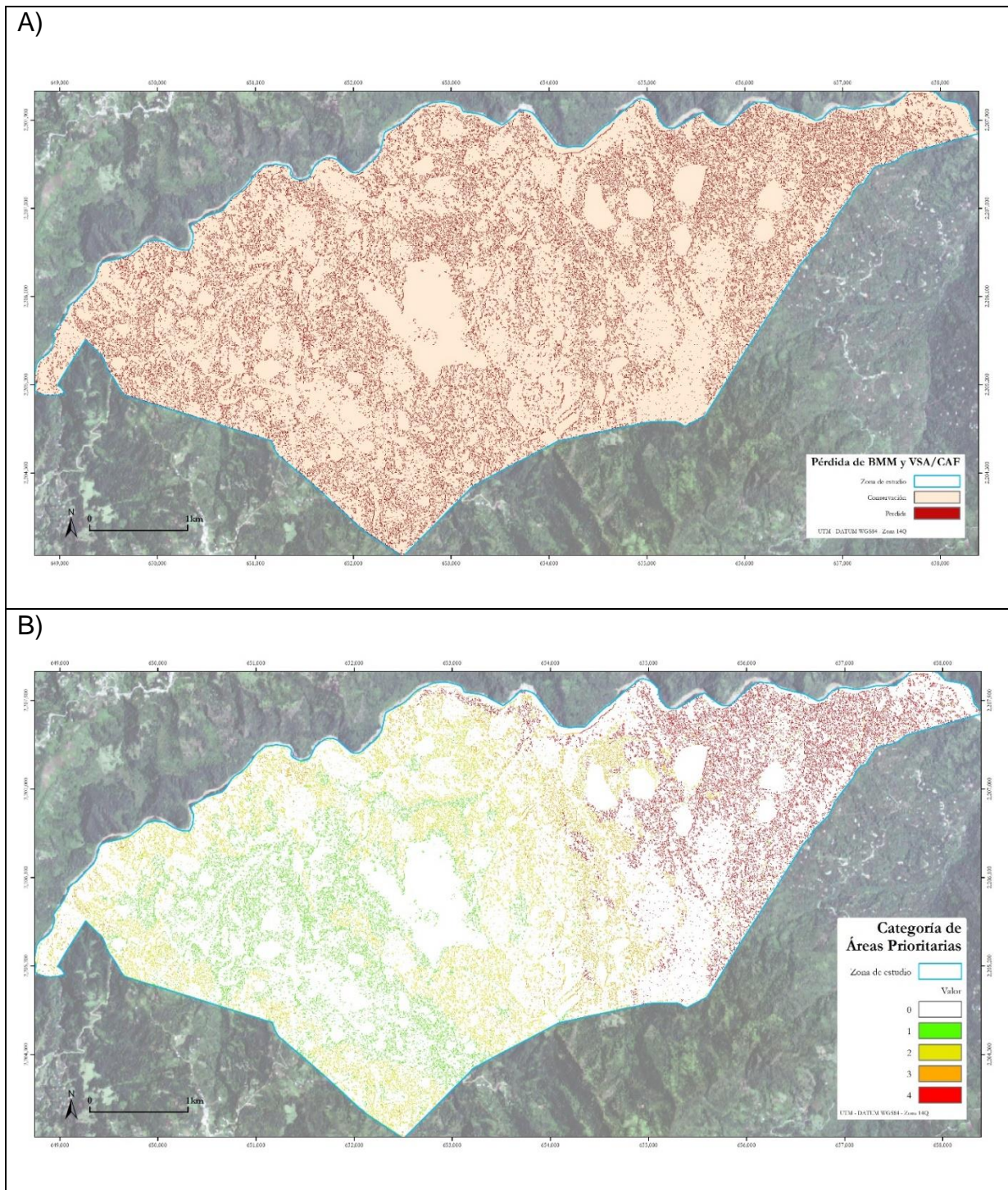
En la zona de estudio, de la superficie boscosa en riesgo de cambio, resultaron como altamente prioritarias 81 ha, que fueron catalogadas mediante el InCoB (Índice de Importancia para la Conservación Biológica) como “muy elevada importancia para la conservación” y 42 ha, bajo la categoría de “elevada”, con valores de 0.79 a 0.91 y de 0.74 a 0.79, respectivamente. Estas se localizan principalmente en el lado este de la localidad, en las áreas más alejadas al núcleo habitacional y agrícolas (Figura 2.5).

En la categoría de “baja” (InCoB de 0.69 a 0.74) y “muy baja” (InCoB de 0.3 a 0.68) prioridad se encuentran 86 y 83 ha respectivamente, las cuales tienen riesgo de perder su cobertura forestal.

Los resultados obtenidos permiten visualizar que las áreas con probabilidad de cambio se encuentran de forma dispersa y se ubican alrededor o adyacentes a superficies que actualmente ya no presentan una cubierta forestal. Adicionalmente, el valor de importancia para la conservación presenta un patrón definido; las áreas más cercanas al pueblo tienen valores más bajos, el centro de la localidad y el extremo oeste presenta valores medios y la parte central-este y este los valores más altos.

A pesar de que en la zona de estudio la ocupación del suelo y sus cambios debería estar regulada por las autoridades municipales (Dirección de Desarrollo Urbano y Rural y la Dirección de Ecología y Limpia) y estatales (SEMARNAT y CONAFOR del estado de Puebla); la falta de supervisión e intervención de estos órganos, así como el aislamiento histórico de la comunidad, han provocado que en la actualidad, sus habitantes establezcan su propio consejo regulatorio y se rijan bajo sus usos y costumbres.

La información obtenida en este trabajo brinda las bases para generar un ordenamiento territorial de la localidad y el establecimiento de lineamientos y normas para regularizar las actividades y ocupación del suelo. El consejo y la comunidad pueden establecer áreas de conservación (al extremo oeste de la localidad), de aprovechamiento (al centro), de producción agroforestal, de agricultura de temporal, habitacional y de pastizales (en áreas cercanas a la actual infraestructura existente). Con ello se hacen necesarios establecer lineamientos para la gestión de impuestos para los dueños con terrenos destinados al aprovechamiento y producción, así como el pago de bonos a aquellos dueños de áreas de conservación. Lo anterior también fomentaría la participación en programas y acuerdos para las actividades forestales y agroforestales que se dan en la zona de estudio.



**Figura 2.5. A) Áreas cubiertas por bosque mesófilo o vegetación secundaria avanzada/cafetal en el 2018 y que cambiarán a otro tipo de ocupación para el año 2031, B) Categorías de la importancia para su conservación (InIcOB) para las áreas propensas al cambio. Donde: 4= prioridad muy elevada, 3= prioridad elevada, 2= prioridad baja, 1= prioridad muy baja, 0= sin prioridad.**



La generación de diferentes escenarios de cambio de ocupación del suelo en la zona de estudio requiere de información más detallada; por ejemplo, para considerar la variación del precio del café en la presión sobre la superficie forestal es necesario distinguir la superficie ocupada por cafetales de aquella cubierta por vegetación secundaria avanzada, lo cual no se pudo lograr debido a que ambas comparten especies arbóreas y tienen una reflectancia similar, lo anterior también ha sido expresado en otros trabajos de la zona (Evangelista-Oliva et al., 2010). Adicionalmente se requiere detectar las superficies de cafetal en una serie de tiempo con periodos más cortos, para ello se necesitan más imágenes satélites y de buena calidad; conforme la información es más vieja, las imágenes tienen menos resolución. Además, las condiciones climáticas en la región complican su manejo y obtención; en este trabajo, muchas imágenes no pudieron ser utilizadas debido a que el polígono de estudio estaba cubierto por nubes.

## **2.6. CONCLUSIONES**

Se detectó que las tendencias de cambio de ocupación del suelo en la localidad de estudio son similares a lo encontrado a nivel regional y en otras localidades de la Sierra Norte de Puebla. Resalta la pérdida de bosques conservados y el aumento en la superficie ocupada por vegetación secundaria, pastizales y zonas habitacionales. Entre los factores que promueven estos cambios se encuentra la cercanía a la infraestructura rural y a sitios sin cobertura forestal ocupadas para la agricultura, pastizal inducido o cafetales.

Al analizar la prioridad para su conservación se distinguen dos patrones: las áreas con riesgo de pérdida de cobertura forestal se encuentran dispersas, pero (1) rodean o están adyacentes a sitios con otro tipo de ocupación y al visualizar su importancia para la conservación, (2) se observa que la región oeste, lejana a la infraestructura rural tiene la mayor importancia y por tanto, serían las áreas de la más alta prioridad; por el contrario, las áreas más cercanas al pueblo presentan una baja prioridad.

## **CHAPTER 3. USE AND NON-USE VALUES OF THE FLORISTIC DIVERSITY IN CENTRAL MEXICO, A SPATIAL PROJECTION**

### **3.1. ABSTRACT**

Biodiversity has been defined as natural capital that can be evaluated under a monetary metric to establish a reference framework for environmental management. This environmental asset can acquire all the types of economic values. In this study we estimated spatially the use and non-use values of the flora diversity in a cloud forest in Mexico.

Information about useful plants and their market price or wasted time in their recollection was obtained to estimate the use value. The available quantity of the used species in the forest was estimated through the characterization of the vegetation. The choice experiments method was used to calculate the non-used value of species richness, biomass, and accessibility. Both use and non-uses values were projected spatially.

The use value was higher in areas with cloud forest because this community contains a greater number of species and a greater density of large trees, and the timber contributes significantly to the given value. The non-use value for the species richness was higher than for the other attributes, these preferences show a greater concern for the conservation of biodiversity and allow clearly visualizing the value of existence and inheritance. However, the resources values also depend on their accessibility.

The non-use value determines a large part of the total economic value on a spatial scale, because it is the most valuable attribute. Nevertheless, the value of resources also depends on its accessibility, so near sites with soft slopes, although with medium biological quality, have a high total value. Spatially knowing the total economic value of ecosystems is a valuable tool in land use planning and decision-making.

### 3.2. INTRODUCTION

Plant diversity has been and is essential for the maintenance and development of society. However, cultural, demographic, and economic factors have historically led changes in land use, simplification of natural systems and massive extraction of resources, generating the extinction of species, habitat fragmentation and loss of ecosystem functionality (Naeem et al. 1999, Flores-Palacios and Valencia-Diaz 2007).

The protection and management of priority areas for conservation have become one of the greatest challenges faced by society and decision makers. Recently, biodiversity and ecosystem services have been defined as natural capital (Sarukhán et al., 2014), which can be evaluated under a monetary metric (Council 2005, MEA 2005). Although the valuation of living beings, ecosystems, their functions, and biological networks should be intrinsic. The monetary metric allows visualizing them through understandable and comparable variables for society, establishing a reference framework for environmental management (Nunes & Van den Bergh 2001, Council 2005, Norgaard 2010, Lele et al. 2013).

In this context, biodiversity can acquire different types of economic value, the direct use value (i.e. consumption value), which can be measured with the market values; the non-consumable direct use value, given by the recreational sites and species observation; indirect use value, measured with the ecosystem services; and finally, the non-use value, which includes the value of existence and inheritance (Norgaard 2010, Reyers et al. 2012, Lele et al. 2013).

For its understanding, biodiversity is divided into three types, genes, species, and ecosystems. Currently, genes are valued mainly in the pharmaceutical and health industries and in the domestication and genetic improvement of species of agricultural, livestock and forestry interest. At the species level, many of them are a direct source of food and raw materials for industry, and their diversity is correlated with the quality and quantity of many ecosystem services. For example, the diversity of flora influences water capture and control of floods (Woda et al. 2006), the nutrients cycle and soil retention (Zak et al. 2003, Balvanera et al. 2006), and in the capture and storage of carbon

(Locatelli et al. 2010, Buendía-Rodríguez et al. 2019). Finally, ecosystems provide useful landscapes and recreation sites for individual and collective development (Garrod & Willis 1997, Nunes & Van den Bergh 2001).

Numerous studies of economic valuation of biodiversity focused on different kind of species, i.e., emblematic animals, in danger of extinction, species of recreational interest (observation or hunting) or with ecological functions that provide some service to society. In other studies, biodiversity has been implicitly valued within the ecosystem services or as recreational or landscape sites. However, despite the strong relationship between them (as one of its functional and support components), both need to be valued independently (Nunes & Van den Bergh 2001, Nijkamp et al. 2008, Ingram et al. 2012, Reyers et al. 2012).

The MEA (2005) establishes that biodiversity provides “cultural services”, linked to religious, aesthetic, spiritual, cultural, historical, and ethical values. These services allow biodiversity to be valued not only for its direct and indirect use value, but also for its non-use value (i.e., option, inheritance, and existence) and to be included in the Total Economic Valuation formula (Council 2005, Reyers et al. 2012, Lele et al. 2013).

Few attempts exist to directly estimate the non-use value of biodiversity. In Europe and in Australia, some studies estimated the willingness to pay (WTP) using the contingent valuation and choice experiments method to value biodiversity. Garrod & Willis (1997) evaluated different forest management intensity options for wood extraction, considering an inverse relationship with biodiversity conservation. Christie et al. (2006) valued emblematic species, rare species, and their functionality in the ecosystem, while Garcia et al. (2007) assessed vertebrate and plant species at risk of disappearing. Finally, Ambrey & Fleming (2014) calculated the WTP to prevent biodiversity decline, seen as the number of species and their evenness.

In Latin America, studies that value environmental services or recreational sites are scarce, and a few ones evaluate the biodiversity and its non-use value. Moreno-Sánchez (2013) studies the option values, legacy, or existence of the maintenance of fishery

resources. Sánchez (2014) evaluated the WTP for different attributes, where biodiversity is included as the conservation of emblematic species and avoiding deforestation.

However, there are no studies where the value of use and non-use are projected on a spatial scale, only Moreno-Sánchez (2013) assesses the perception of the economic importance of the different socioeconomic units that conform the study area. The spatial projection could help to obtain a robust geographic information system to facilitate the decision making (Opdam et al. 2003).

Therefore, the objective of this study was to estimate the values of use and non-use of the flora diversity in a locality with cloud forest (CF) in Mexico, and to project these values on a spatial scale.

### **3.3. MATERIAL AND METHODS**

#### **3.3.1. Study Area**

San Juan Tahitic belongs to the municipality of Zacapoaxtla, state of Puebla, Mexico, located in the Sierra Madre Oriental, in the region known as Sierra Norte de Puebla, and covers an area of 14.64 km<sup>2</sup> (Figure 1.2). The potential vegetation type is the CF; this plant community has very specific environmental requirements, such as high annual rainfall, frequent fog, and high atmospheric humidity. This vegetation has a very fragmented distribution and covers only 0.6% of forest area of Mexico (Villaseñor, 2010; Gual-Díaz & González-Medrano, 2014). It is a thick forest made up of several tree strata, where epiphytic and arboreal life forms are of great importance (Rzedowski, 2006; Espejo-Serna, 2014). Currently, some forests in the study area have been replaced by coffee plantations and rainfed agriculture (INEGI, 2000). In 2010 (last census), the total population in the locality was 2,644 inhabitants, 96.07% of it is indigenous, and 68.27% speak an indigenous language (Náhuatl) (CONEVAL, 2012; SEDESOL, 2013).

#### **3.3.2. Use value**

As part of the “Flora de la Sierra Nororiental de Puebla” project, carried out by the National Museum of Natural History of the Smithsonian Institution, in conjunction with CONABIO and the Biology Institute (UNAM), a list of useful flora was obtained. Field interviews were

conducted for one year (July 2014 to July 2015), through non-probabilistic sampling, with informants from the locality who knew or used plant resources. For each plant reported by the informants, a botanical specimen was collected, herborized and determined by specialists from various national and international institutions. The following data were taken from each collection: date, environment (roads, agricultural areas, induced grassland, initial or advanced secondary vegetation, and CF), common name (Nahuatl and Spanish), and uses.

Only the plants that were found in the forest or in advanced secondary vegetation were considered to obtain the use value (price). Through 61 surveys (Appendix 3), the following information was collected: unit of measure of the plant, price, and place (locality, Zacapoaxtla or other) of purchase or sale, the frequency and the time taken for its collection; if it is not commercialized, we asked for a substitute good and its value.

The available quantity of the used species in the forest was obtained through the characterization of the vegetation. Sixty-three temporary sampling units (SU) were established, each one consisted of 400 m<sup>2</sup> square plots for the arboreal and epiphytic stratum, 100 m<sup>2</sup> for the shrub stratum and 4 m<sup>2</sup> for herbs. For each morphospecies observed within the SU, a herbarium specimen was collected following the methods proposed by Lot & Chiang (1986). The following variables were measured:

- a) abundance (for tree and shrub species, equivalent to the number of individuals of each species),
- b) cover (land proportion, expressed in m<sup>2</sup>, occupied by the perpendicular projection of the aerial parts of the individuals of all strata),
- c) height (all strata),
- d) diameter at breast height (trees).

The epiphytic stratum was only considered for its presence/absence.

### 3.3.3. Non-use value

We used the choice experiments method (Louviere & Woodworth, 1983) to estimate the non-use value. The sample unit was the family, and the surveys (Appendix 3) were applied to the family head, the interviews consisted of three parts:

- a) Hypothetical market: slides were presented showing the diversity of plants, the importance of the CF as the habitat with the largest number of species in Mexico, and the problems that lead to their extinction.
- b) Willingness to accept (WTA) as compensation of various levels of affectation to the forest scenarios proposed in the choice experiment. We use WTA because the forests are owned and people of the locality and use them to satisfy some of their basic needs (Riera, 1994). In the simulated market it was proposed that compensation would be made to each family, annually and per hectare of forest affected or used.
- c) Socioeconomic characterization of the individual interviewed. It includes gender, age, schooling, income, ownerships, and types of land, among others.

The experiment consisted of four attributes with three levels each (Table 3.1) and a fractional factorial design was used based on the elimination of non-real scenarios. In total, 36 combinations were used plus the one referring to the Status Quo, the choices were randomly assembled with the 36 combinations, each game was made up of three combinations plus the one that represented the Status Quo (Appendix 4).

The sample was obtained randomly, and 61 households heads were interviewed, each one answered four choice games, so a total of 244 responses or choice records were obtained.

A Logit model was adjusted using the "gmnI" package of the R software (R-Core-Team, 2019), and the WTA was estimated with the "WTP" function of the same package.

**Table 3.1. Attributes and levels used in the choice experiment.**

<b>Attribute</b>	<b>Description</b>	<b>Levels</b>
Richness	Number of flora species present in 1 ha	a) 350 species *
		b) 150 species
		c) 35 species
Biomass	Size of the trees present in the same plot	a) Big*
		b) Medium
		c) Small
Accessibility	Time it takes to arrive	a) 90 minutes*
		b) 120 minutes
		c) 45 minutes
Compensation	Monetary amount delivered to each family annually as compensation for an alteration in the forest	a) US\$ 0 *
		b) US\$49
		c) US\$245

**Where: (\*) represents the Status Quo.**

### **3.3.4. Economic valuation on a spatial scale**

Three layers were added to calculate the economic value on a spatial scale (eqn. 1)

$$Economic\ value = Use\ Value + Non\ use\ value + Accesibility \quad (1)$$

Use value layer: To obtain the land use layer, a supervised classification of the SPOT 7 image of the year 2018 with the Random Forest algorithm of the R software (R-Core-Team, 2019) was done. Two types of forest vegetation were recognized in it: CF and advanced secondary vegetation. The use value for each type of vegetation was calculated using the eqn. (2):

$$Use\ value/ha = Price \times Stock\ of\ each\ specie \quad (2)$$

Non-use value layer: The raster layer of the InCoB (Index of Importance for the Biological Conservation) value was used, this index evaluates the importance for the conservation of different areas based on the floristic composition and the structure of the vegetation. The WTA estimated to accept the affectation of the forests with the highest species



richness was assigned to the areas with the highest InCoB value (InCoB=1), then a linear correlation was considered between WTA and InCoB value.

Accessibility layer: It was calculated by the product of two variables (eqn. 3):

$$Accessibility = Distance \times Slope \ factor \quad (3)$$

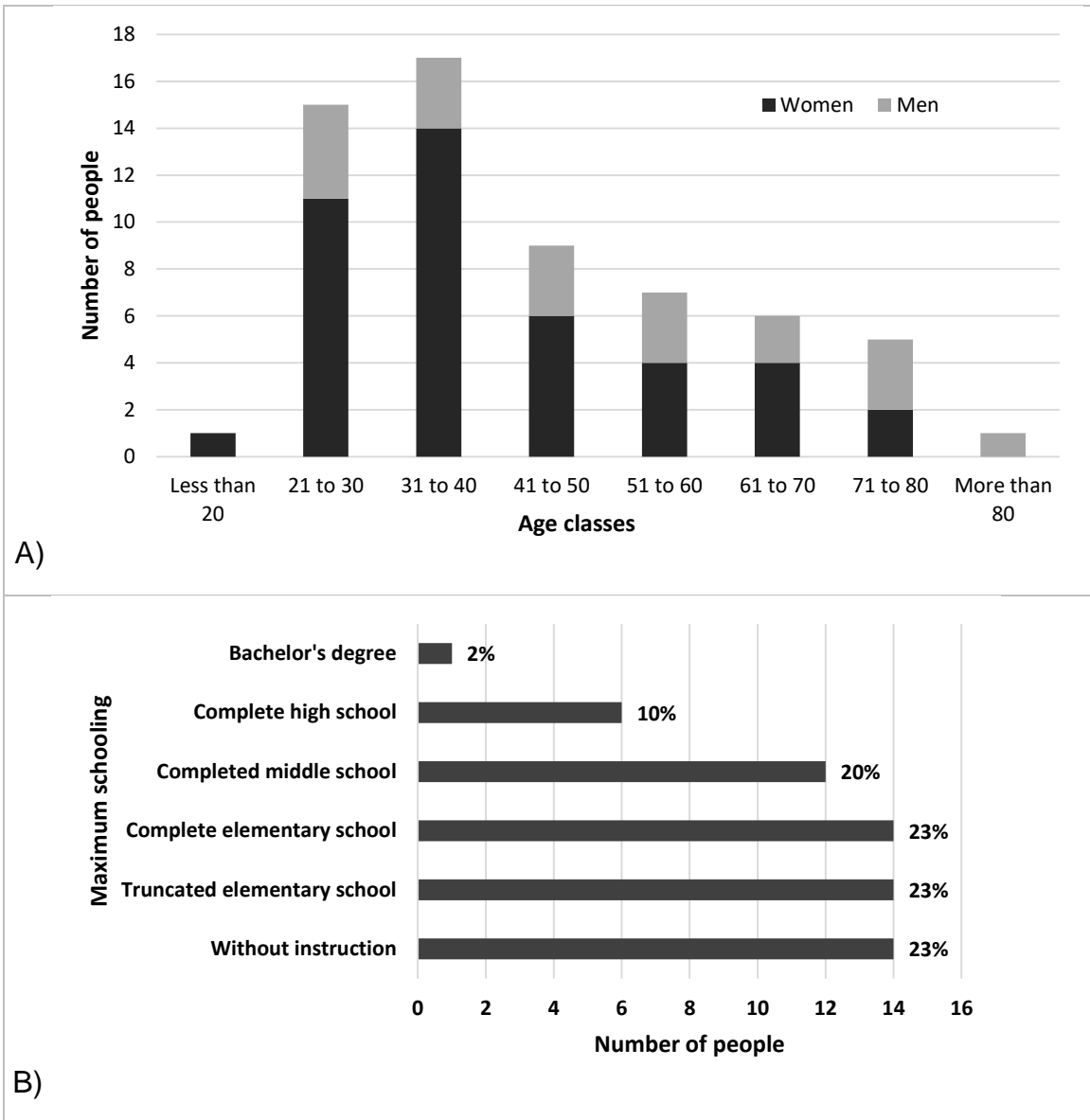
Where *Distance* is linear distance from each point to the center of the town, and *Slope factor* was calculated using the distance cost algorithm. Once the accessibility layer was obtained, a raster layer was calculated with its economic value considering a linear relationship between WTA and accessibility. The highest WTA estimated for this variable was applied for the most accessible sites.

### 3.4. RESULTS AND DISCUSSION

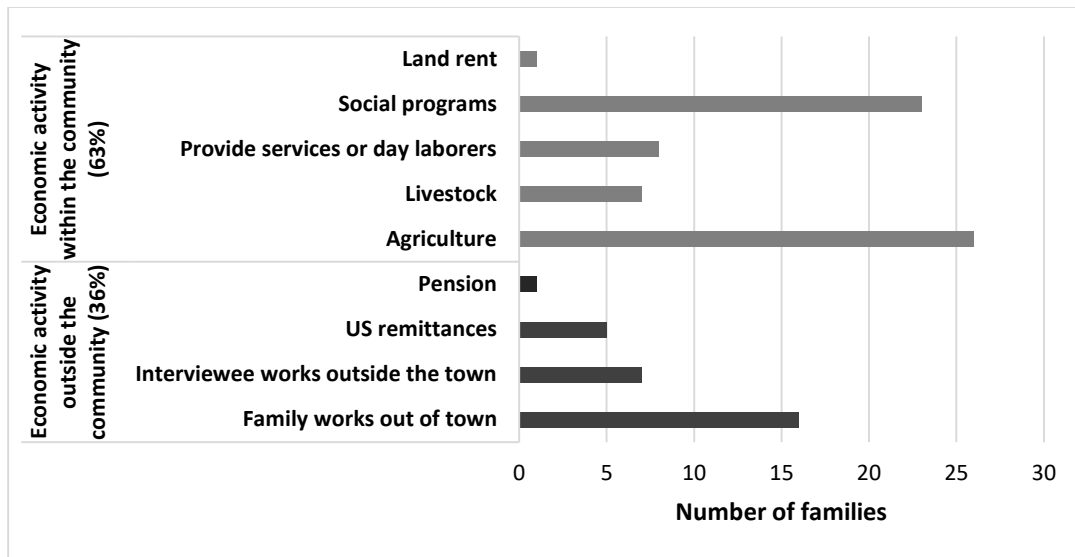
#### 3.4.1. Socioeconomic characteristics

Of the people interviewed, 69% correspond to women and the remaining 31% to men, most of them are between 31 and 40 years old (28%) and between 21 and 30 years old (25%). In terms of schooling, the most common levels are: no formal instruction, with truncated and complete elementary school (each with 23%), another 20% finished middle school and only 12% have completed high school or a higher education (Figure 3.1). These results are associated with the high degree of marginalization and backwardness that the locality presents (CONAPO, 2010; Secretaría de Bienestar, 2021).

Regarding income, 63% of families obtain it from activities carried out within their locality, the most important are the agricultural activity (43%), services (selling products or working for wages) (13%), and livestock (11 %). The families that obtain their income outside the locality (36%) are dedicated (either the interviewee or another member of the family) to provide services either in Zacapoaxtla or Mexico City (37%) or receive US remittances (8%). Finally, it is important to highlight that at least 38% of the interviewed families receive additional support through social programs (Figure 3.2).

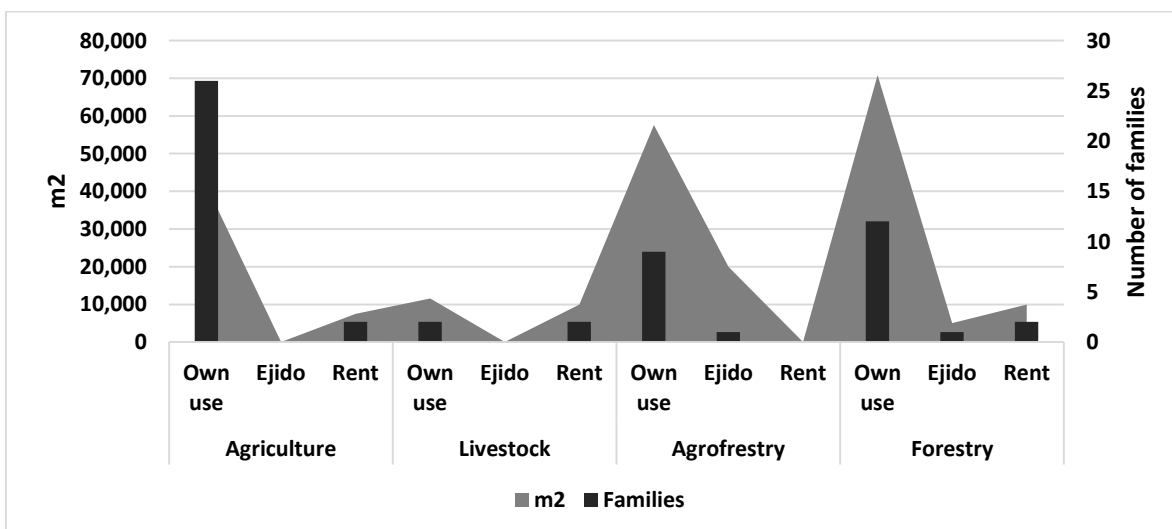


**Figure 3.1. Social characteristics of the people interviewed in San Juan Tahitic. (A): Age and gender classes; (B): Education.**



**Figure 3.2. Economic activities to obtain income of the people interviewed in San Juan Tahitic.**

About the land ownership, 69% of families reported having land, of which 89% corresponds to their own land and the remaining 11% is ejido. Most of lands (78%) are worked and used by their owners and 11% rent it. Regarding the type of use, families with agricultural land are the most abundant (67%); however, the largest area is occupied by forest or agroforestry land (37% and 33% respectively), and only 30% of the land is used for agricultural and livestock activities (Figure 3.3).



**Figure 3.3. Land use and property type of the people interviewed in San Juan Tahitic.**

### **3.4.2. Use value**

We report 53 forest species with some use, 37 of them had a market price, the rest was calculated with a substitute through the spent time in its collection and the value in terms of daily wages (US\$5.59) (Table 3.2).

According to the prices obtained per unit of each species and the average availability (abundance and size) of these in each type of vegetation, it was calculated that the value of use per ha for the CF was US\$5,679.51 and for advanced secondary vegetation US\$4,579.82 (Figure 3.4). The highest value is found in the CF because it contains a greater number of species and a greater density of large trees, which, due to their timber use, contribute significantly to the total economic value.

**Table 3.2. Common name, type of use, prices, and market units of the forest species.**

Type of use	Common name	Scientific name	Unit	Price origin	Price US\$ (Average)	Notes
<b>Medicine</b>	chichi:ktako:t	<i>Ageratina ligustrina</i>	“rollito”	substitute / work day	0.3	
<b>Fuel</b>	i:li:t	<i>Alnus acuminata</i>	“tarea”	Market	40.4	Tree DN>50 cm = 3 “tareas”
<b>Food</b>	xokoyo:lin	<i>Begonia multistaminea</i>	“rollito”	Market	0.5	
<b>Fuel</b>	to:to:kowit/ ta:pa:t kowit	<i>Brunellia mexicana</i>	“tarea”	Market	40.3	1 “tarea” = 10 “tercios”
<b>Ornament</b>	texi:lo:t	<i>Chamaedorea oblongata</i> cf.	piece	Market	0.1	
<b>Fuel</b>	tamahmalwa:s	<i>Clethra mexicana</i>	“tarea”	Market	28.8	1 “tarea” = 10 “tercios”
<b>Medicine</b>	mala mujer	<i>Cnidocolus multilobus</i>	“rollito”	substitute / work day	0.3	
<b>Ornament</b>	pe:pesma/pe:pes matsitsi:n	<i>Dryopteris patula</i>	piece	substitute / work day	0.7	
<b>Medicine</b>	cola de caballo	<i>Equisetum sp.</i>	“rollito”	substitute / work day	0.7	
<b>Fuel</b>	kakasakani/ palo amarillo	<i>Frangula capreifolia</i>	“tercio”	Market	1.9	1 “tarea” = 10 “tercios”

Type of use	Common name	Scientific name	Unit	Price origin	Price US\$ (Average)	Notes
Fuel	kakasakani/ palo amarillo	<i>Frangula longistyla</i>	“tercio”	Market	1.9	1 “tarea” = 10 “tercios”
Ornament	chamoki	<i>Heliconia sp.</i>	piece	Market	0.5	
Fuel	xo:no:t	<i>Heliocarpus spp.</i> (3 spp.)	“tercio”	Market	1.9	1 “tarea” = 10 “tercios”
Fuel	okotsokowit	<i>Liquidambar styraciflua</i>	“tercio”	Market	1.9	1 “tarea” = 10 “tercios”
Temazcal	pesma para ika se: mote:ma	<i>Lophosoria quadripinnata</i>	“rollito”	substitute / work day	0.7	
Ornament	cola de gato/kopach	<i>Lycopodiaceae sp.</i>	“rollito”	substitute / work day	0.9	
Temazcal	pesmat/pesma test (sic)	<i>Marattia weinmanniifolia</i>	“rollito”	substitute / work day	0.1	
Fuel	chilillo	<i>Myrsine coriacea</i>	“tercio”	Market	2.4	1 “tarea” = 10 “tercios”
Spice	nakas burro/ oreja burro	<i>Peperomia maculosa</i>	“rollito”	Market	0.2	
Spice	nakastekilit / tekelite	<i>Peperomia peltimba</i>	“rollito”	Market	0.3	
Food	aguakat, aguacate	<i>Persea americana</i>	kg	Market	1.0	

Type of use	Common name	Scientific name	Unit	Price origin	Price US\$ (Average)	Notes
<b>Medicine</b>	kalawa:lah	<i>Phlebodium</i>	“rollito”	substitute / work	0.6	
	/kalawasah	<i>pseudoaureum</i>		day		
<b>Food</b>	guaparron	<i>Phytolacca icosandra</i>	“rollito”	substitute / work	0.7	
				day		
<b>Construct ion</b>	akal ocot	<i>Pinus chiapensis</i>	dozen	Market	38.4	Tree DN>80 cm = 6 dozens
<b>Construct ion</b>	ocot	<i>Pinus spp. (5 spp.)</i>	dozen	Market	28.9	Tree DN>80 cm = 6 dozens
<b>Medicine</b>	o:mekilit	<i>Piper auritum</i>	“rollito”	substitute / work	0.4	
				day		
<b>Fuel</b>	pa:pa:lo:kwowit	<i>Platanus mexicana</i>	“tercio”	Market	1.9	1 “tarea” = 10 “tercios”
<b>Forage</b>	pesma	<i>Pteridium aquilinum</i>	“rollito”	substitute / work	0.3	
				day		
<b>Forage</b>	pesma	<i>Pteridium arachnoideum</i>	“rollito”	substitute / work	0.3	
				day		
<b>Forage</b>	pesma	<i>Pteridium caudatum</i>	“rollito”	substitute / work	0.3	
				day		
<b>Fuel</b>	a:wa:t	<i>Quercus spp. (12 spp)</i>	“tarea”	Market	38.6	Tree DN>50 cm = 3 “tareas”
<b>Fuel</b>	ista:wa:t	<i>Saurauia scabrida</i>	“tercio”	Market	1.9	1 “tarea” = 10 “tercios”

Type of use	Common name	Scientific name	Unit	Price origin	Price US\$ (Average)	Notes
Medicine	xo:me:t	<i>Sambucus nigra</i>	“rollito”	substitute / work day	0.3	
Ornament	tate:mpancho:ka ni	<i>Sobralia macrantha</i>	piece	Market	1.0	
Ornament	xochi maxal, flor ramado	<i>Tillandsia sp.</i>	piece	substitute / work day	0.5	
Medicine	garrapata xiwit	<i>Valeriana</i> <i>candolleana</i>	cf. “rollito”	substitute / work day	0.2	

**Where: Rollito= twelve units or the amount that fits between the index and thumb finger**

**Tercio= the amount of firewood that can be carried on the back, with logs of 50 – 60 cm, approximately a total of 30kg**

**Tarea= a stack of firewood of 80 cm high and 3.2 meters long, approximately 10 “tercios”**

**Dozen= Wooden boards of 2.5 meters long, 30cm wide and 1.5cm or 2cm thick**



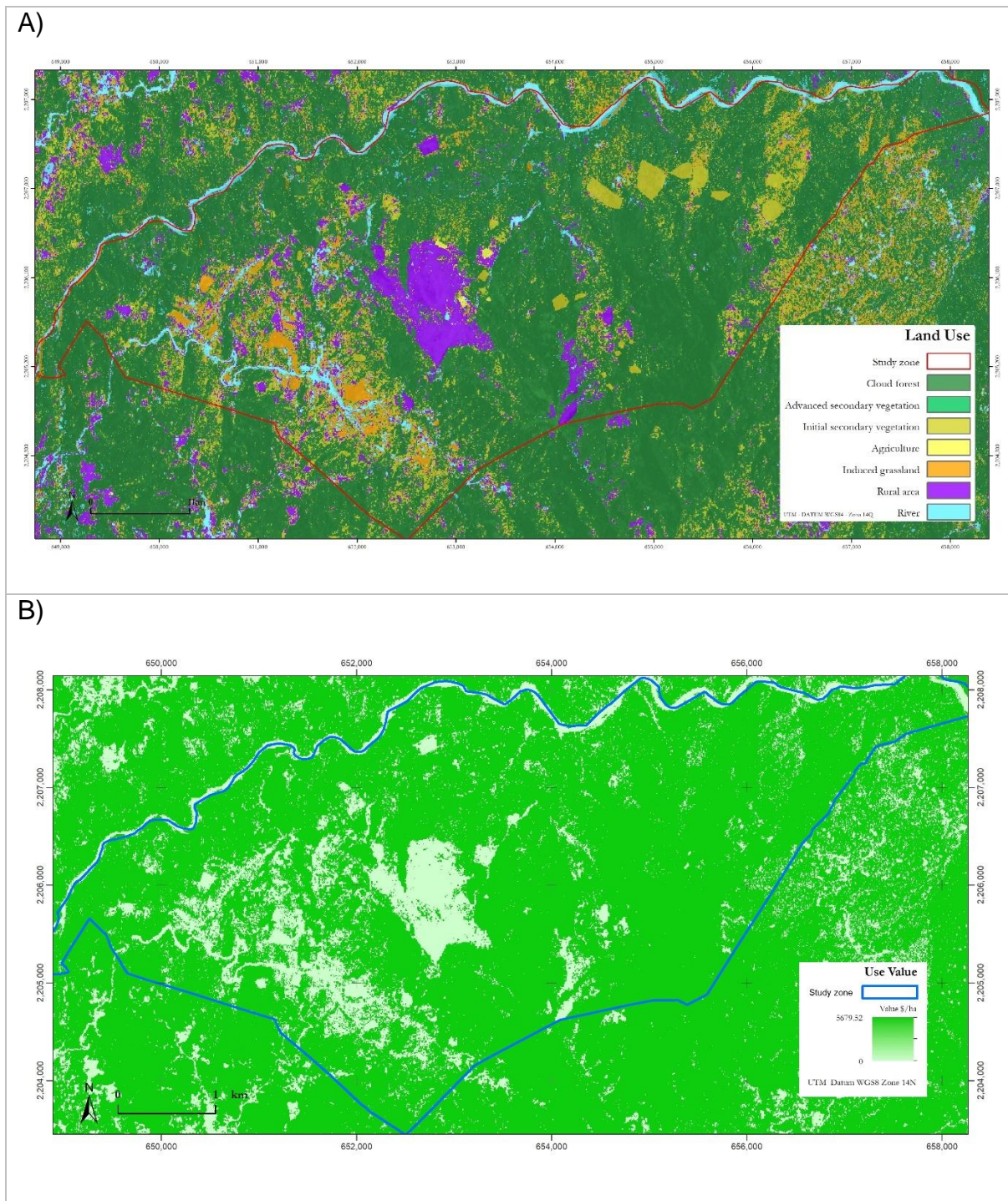


Figure 3.4. (A): Land use in the study area; (B): Use value

### 3.4.3. Non-use value

All the people interviewed consider as "very important" the conservation of the forests in their locality, and that future generations can enjoy their presence and use. Similarly, the

entire sample stated that the negative environmental effects on the forests should be compensated, except for the damage caused by the change of land use to agriculture (corn and beans) or coffee. The most chosen type of compensation was planting trees.

According to the model obtained from the choices made in the experiment (Table 3.3) it is observed that the variables of "High species richness" and "Compensation" are significant. The species richness coefficients, as well as the size of the trees, have positive signs and the characteristics that represent healthy forests (i.e., high richness and large trees) present the highest values. On the contrary, the accessibility coefficients have negative signs.

**Table 3.3. Coefficients obtained in the LOGIT model. (\*\*) significant variables**

	<b>Coefficient</b>	<b>Pr(&gt; z )</b>
<b>High number of species</b>	5.50	0.009658**
<b>Medium number of species</b>	1.49	0.168311
<b>Big trees</b>	2.37	0.142997
<b>Medium trees</b>	0.78	0.350072
<b>High accessibility</b>	-0.34	0.464203
<b>Medium accessibility</b>	-0.23	0.776388
<b>Compensation</b>	0.00023	0.004933**

These coefficients indicate that people prefer to protect the greatest species richness, over the biomass of the forest, and that in case of accepting an affectation, this should preferably be in less accessible places. These preferences show a greater concern for the permanence of the species, not only in the short term, but also in the future, since people stated that the biomass could be recovered, but that the loss of species was permanent. This valuation allows clearly visualizing the value of existence and inheritance. Similar patterns of choice were reported by Moreno-Sánchez et al. (2013) for fishery resources in Colombia, and Ambrey & Fleming (2014) for ecosystem diversity in Australia.

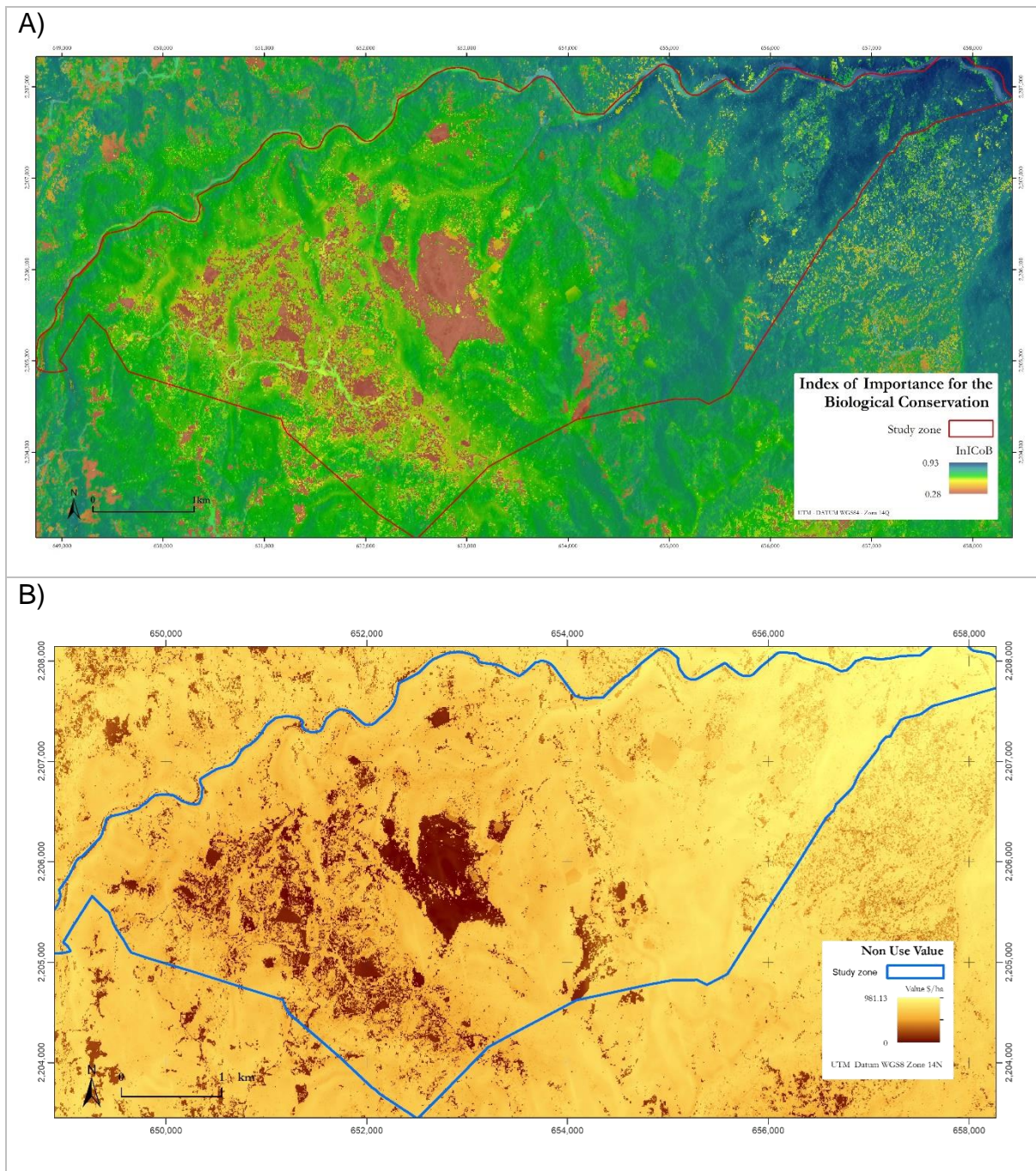
The WTA estimated (Table 3.4) shows that the number of species has a higher value than biomass, and accessibility has the lowest value. The total non-use value represents the amount that must be compensated to all the community.

**Table 3.4. Willingness to accept for the different attributes, total non-use value for each attribute.**

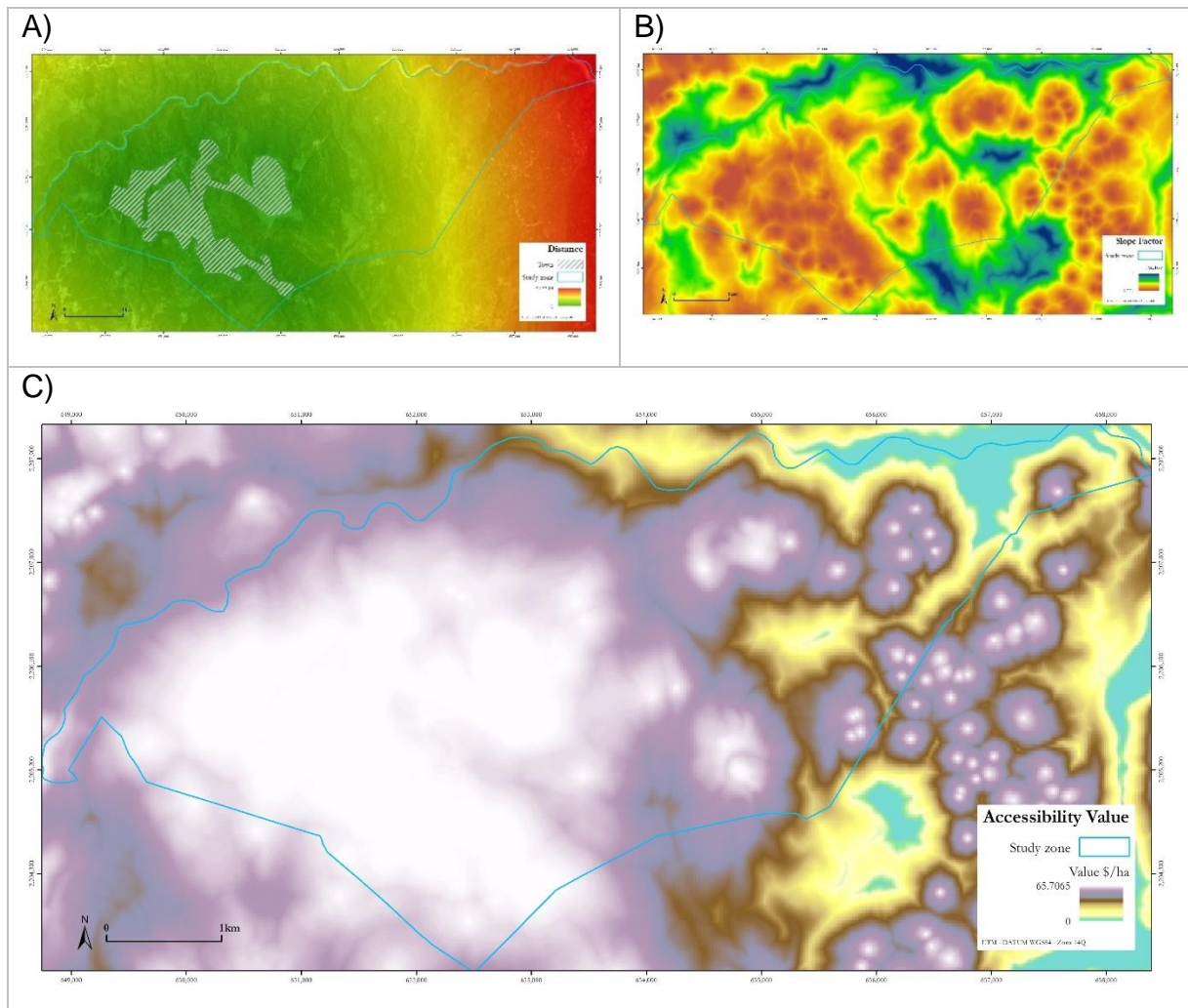
	<b>WTA (US\$ year<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> family<sup>-1</sup>)</b>	<b>Total compensation (US\$ year<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) (530 families INEGI, 2010)</b>
<b>High number of species</b>	1048.49	555701.39
<b>Big trees</b>	452.42	239782.83
<b>High accessibility</b>	65.71	34824.47

Figure 3.5 shows that areas with high quality forest (high number of species, high presence of climax and protected species, and a complex structure with many trees and epiphytes) have the highest non-use economic value. These forests usually cover areas far from the center of the population or sites with steep slopes. Sites with secondary vegetation present a lower value, they are conformed by climax and non-climax species, less or any protected species, and their structure is simple. These forests are easy to find near the town or around the areas used for agriculture or other activities.

However, the value of resources also depends on their accessibility (Moreno-Sánchez et al., 2013); in this case, lineal distance to the town center and slope were used to estimate the value of this attribute (Figure 3.6). Far sites and with steep slopes have the lowest value, these sites are located in the northeast corner of the study area, and nearby areas with soft slopes have the highest ones.



**Figure 3.5. (A): InCoB (Index of Importance for the Biological Conservation) (1= High importance, 0= No importance); (B) Non-use value**



**Figure 3.6. (A): Distance to the center of the town; (B) Slope factor (steep slope =1, soft slope = 0); (C): Accessibility value.**

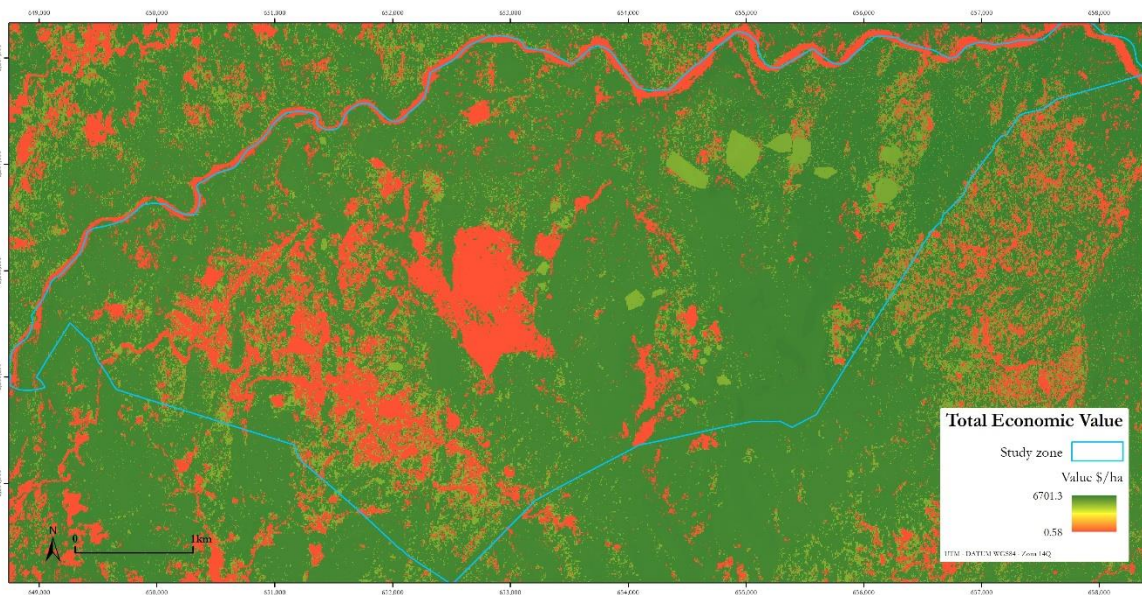
### 3.4.4. Total economic value

Figure 3.7 shows the total value that considers the value of use, non-use, and accessibility. The non-use value determines a large part of the total economic value on a spatial scale, because it is the most valuable attribute; therefore, areas with high-quality forests have a high economic value. Nevertheless, it can be seen that sites with greater accessibility, although with medium biological quality, also have high total values.

Areas without forest cover, even in very accessible sites, present the lowest values because the asset valued in this work (flora diversity of CF) is practically absent in these sites.

This type of economic valuation can be applied to any type of natural systems. Its application and spatial projection facilitate land management and evaluate the feasibility of development projects. It should be noted that these studies evaluate the perception of society, the people who live there, or those who have a non-use value towards biodiversity.

The foregoing would prevent social problems and, together with environmental information of the biotic and abiotic components, would allow decision-making in an integral way (Riera, 1994; Sarukhán et al., 2015).



**Figure 3.7. Total economic value (Use Value + Non-Use Value + Accessibility).**

### 3.5. CONCLUSIONS

The non-use value of flora diversity exists for the people in the locality, in the form of 'existence value' and 'inheritance value'. Despite the lack of knowledge of compensation actions, the population considers that these measures should be required if an environmental damage to forest systems occur, unless it is a change in land use from forestry to agriculture, because they use corn and beans for self-consumption.

The choice experiment shows the following preferences: people prefer the Status Quo (high species richness and large trees) even though there is no trade-off; in case of

accepting an affectation, it is preferred to be on the biomass and in less accessible places. The population is concerned on species conservation in the present and long term.

The method used allows evaluating non-use values, as well as attributes with different objectives to be met.

Establishing spatial attributes and having a geographical projection of the economic valuation will facilitate the visualization of the generated information, its exchange and addition, as well as decisions making for the land use planning and integral management of the areas.

## CONCLUSIONES GENERALES

En este estudio se determinaron áreas prioritarias para la conservación de la diversidad de plantas en la localidad de San Juan Tahitic, Puebla. Para ello se estableció un índice para evaluar el estado actual y la calidad de las comunidades vegetales que cubren la localidad, se analizaron las tendencias de cambio de la ocupación del suelo y se estimó el valor de uso y no uso de estas áreas. Esta información es base para establecer un ordenamiento territorial en la zona de estudio y fomentar políticas que tengan como finalidad el manejo de los recursos forestales y su conservación.

Este capítulo describe las conclusiones generales de los diferentes apartados que conforman el trabajo, las fortalezas y debilidades detectadas en cada fase realizada y, finalmente las oportunidades de investigación y trabajo a futuro.

### Conclusiones

- (1) Índice para evaluar espacialmente la aptitud para la conservación de la diversidad de plantas vasculares

Las variables de la composición y estructura de la vegetación funcionan como indicadores de la aptitud para la conservación de la diversidad de flora; se observó que estos califican acertadamente y asignan, de manera general, valores más altos a la vegetación primaria que a las asociaciones secundarias e inducidas. Lo anterior se debe a que la vegetación primaria contiene mayor cantidad de especies de importancia biológica (especies clímax, nativas y bajo un estatus de protección) y está conformada por una estructura más compleja.

Estos indicadores sirvieron para proponer el Índice de Importancia para la Conservación Biológica de la vegetación (InIcOB). El índice es útil para generar un diagnóstico base de las condiciones presentes de alguna localidad o región, y también puede funcionar para el monitoreo de esta.

Adicionalmente, la proyección cartográfica de la información diagnóstica sobre el estado de conservación e importancia biológica permite generar insumos para robustecer un sistema de información geográfica y generar resultados útiles para la gestión ambiental.



## (2) Reconocimiento de las áreas con amenaza al cambio de ocupación de la tierra en la localidad

La localidad estudiada presentó del 2005 al 2018 patrones y tendencias ya observadas en sitios de la región, con respecto a los cambios de ocupación de la tierra. Los principales cambios fueron la disminución de las superficies forestales y aumento de los núcleos habitacionales, que ocurrieron preferentemente en áreas aledañas a zonas que ya carecen de bosque.

Se estima que para el año 2031 esto seguirá sucediendo; sin embargo, la pérdida de superficies forestales se proyecta que será de forma dispersa; es decir, en pequeños puntos, principalmente alrededor de áreas agrícolas, habitacionales o con pastizal.

A pesar de ser pequeños puntos dispersos, 81 ha corresponden a sitios con “muy elevada importancia” para la conservación y otras 42 ha son áreas con “elevada importancia”, lo que las convierte en áreas prioritarias. Estos puntos se ubican principalmente en el extremo este y central-este de la localidad, áreas que actualmente están cubiertas por bosques que resguardan una gran cantidad de especies propias de los sistemas mesófilos y presentan una elevada complejidad estructural.

La información generada permitiría que el consejo regente en la localidad, en conjunto con la comunidad en general, establezca un ordenamiento territorial de los terrenos, que considere zonas de conservación en estos sitios (zona este), áreas de aprovechamiento de recursos forestales en aquellas regiones donde la calidad de los bosques ha disminuido (zonas cercanas a las áreas habitacionales) y sitios destinados a las actividades intensivas (agricultura, pastizales y agroforestales).

## (3) Estimación del valor económico de la diversidad de flora de la localidad

Los habitantes de la localidad reconocen y dan un valor de uso directo y de no uso (de existencia y herencia) a la flora de su localidad. El método de experimentos de elección permitió valorar tres atributos diferentes de la flora y se observó que las personas confieren un valor mayor a la conservación de la diversidad de especies que a la biomasa, esto bajo el principio que la biomasa se puede recuperar, pero la pérdida de

una o varias especies es irremediable. También se observó que las personas consideran importante la accesibilidad del terreno y confieren un valor menor a los sitios menos accesibles.

Los sitios con mayor biomasa y cantidad de individuos arbóreos tuvieron el mayor valor de uso, debido a que la madera y la leña son los bienes de precio más elevado. Los sitios con mayor riqueza, cantidad de especies típicas del bosque mesófilo de montaña y altos valores de diversidad y complejidad estructural que fueron calificados con Índice de Importancia para la Conservación (InIcOB) elevados, tuvieron el mayor valor de no uso.

### **Fortalezas**

- (1) Índice para evaluar espacialmente la aptitud para la conservación de la diversidad de plantas vasculares

La priorización de áreas para la conservación requiere de un análisis que permita evaluar la aptitud de los sitios para este fin. Al respecto, se han propuesto diversos índices, conformados por distintos indicadores, algunos de los cuales son subjetivos, requieren de información especializada, o bien, evalúan de manera parcial los componentes de la vegetación. Por ello, surgió la necesidad de establecer indicadores objetivos basados en información obtenida durante la caracterización y diagnóstico ambiental de la vegetación de la localidad.

De esta forma, se propuso el InIcOB (Índice de Importancia para la Conservación Biológica de la Vegetación), cuyos indicadores son variables cuantitativas de la composición y estructura de la vegetación, lo cual evita la subjetividad para calificar los atributos observados. Las primeras son conteos de especies con ciertas cualidades y las segundas son índices previamente establecidos por otros autores, basados en la abundancia de las especies, variables dasométricas y de presencia-ausencia. Es un índice que también ofrece flexibilidad, si bien depende de datos obtenidos en unidades muestrales delimitadas, puede prescindir de algunos de ellos (por ejemplo, de la información dasométrica). Además, es fácil de interpretar ya que puede adquirir valores en un intervalo de 0 a 1; el 0 se interpreta como baja importancia para la conservación y el 1 contrariamente.

El modelo ajustado mostró que el InCoB se correlaciona con variables biofísicas y sociales; de esta manera, pudo ser interpolado a toda la localidad y ser proyectado espacialmente. Por tanto, el InCoB puede ser una herramienta de apoyo para la gestión y ordenamiento de los recursos forestales.

## (2) Reconocimiento de las áreas con amenaza al cambio de ocupación de la tierra en la localidad

Para analizar los cambios y proyectar las tendencias hacia el futuro se generaron capas de la ocupación del suelo para el año 2005 y 2018; esta última fue obtenida a partir de la clasificación de una imagen SPOT 7, misma que fue realizada mediante el entrenamiento del algoritmo Random Forest con datos de campo y observaciones actuales. Por lo que esta capa representa información cartográfica de alta calidad sobre el estado actual de la ocupación del suelo.

La detección de áreas prioritarias se basó en dos cualidades, son áreas con actual ocupación forestal y con riesgo de cambio, y que además presente una elevada importancia para la conservación. Las superficies con riesgo de cambio resultaron ser puntos dispersos en el polígono estudiado, que se ubican principalmente adyacentes a superficies sin cobertura forestal. Sin embargo, el uso del InCoB para establecer su prioridad facilita el ordenamiento de la región, ya que muestra un patrón claro, donde la región central-este y extremo este de la localidad son los de mayor importancia.

## (3) Estimación del valor económico de la diversidad de flora de la localidad

Los datos obtenidos para la caracterización de la vegetación permitieron realizar estimaciones sobre las existencias de los recursos forestales presentes en los diferentes tipos de comunidades vegetales que cubren la localidad. Con ello y la información recabada durante las entrevistas sobre los precios de los productos se pudo hacer una estimación fiable del valor de uso por unidad de área de la vegetación.

Las entrevistas realizadas permitieron tener el panorama general de las condiciones socioeconómicas de los habitantes de la localidad, los cuales demuestran en promedio un bajo nivel de escolaridad y de ingresos, así como las actividades económicas que

realizan, entre las cuales destacan, la mano de obra por parte de la población masculina que realiza fuera de la localidad y las actividades agrícolas que se desarrollan para el autoconsumo dentro de la misma.

El método usado (experimento de elección) permite, con el mismo esfuerzo de muestreo, estimar el valor económico de más de un atributo, en comparación con el comúnmente empleado “método de valoración contingente”.

El reconocer la percepción y forma de valorar la diversidad de flora y algunos de sus atributos asociados, por parte de los habitantes de la localidad, así como tener un valor económico estimado, brinda información útil para la gestión y opciones factibles del manejo del territorio.

Muestra de ello, es que en las primeras entrevistas realizadas para calibrar el cuestionario se propusieron precios que resultaron muy bajos en la percepción de los entrevistados y todos rechazaban la oferta del escenario hipotético. Posteriormente, se aumentó la oferta y el escenario hipotético fue aceptado en diferentes niveles. Por lo que los resultados obtenidos representan una línea base sobre el valor económico que tiene el bosque (no del terreno, sino del vuelo) para los habitantes de una localidad de la Sierra Norte de Puebla.

Otra aportación importante en este trabajo fue la proyección geográfica de los diferentes tipos de valor y el valor económico total, así como la generación de cartografía temática con esta información. Estas capas alimentan a los sistemas de información geográfica, los cuales al ser más robustos (junto con capas de información física, biológica y social) son una herramienta valiosa para la toma de decisiones.

## **Debilidades**

- (1) Índice para evaluar espacialmente la aptitud para la conservación de la diversidad de plantas vasculares

La aplicación del InCoB en tipos de vegetación distintos al bosque mesófilo requiere de un ajuste de los indicadores basados en cualidades de las especies, el cual dependerá de la comunidad vegetal evaluada, ya que esto determina el tipo de especies

representativas. Por otro lado, la flexibilidad del InCoB para ajustarse al tipo de datos recolectados puede restar a la integridad con que se pretende evaluar al sistema vegetal. Adicionalmente, la ponderación requerida para sopesar las variables de composición, estructura y unicidad depende de las observaciones, experiencia y objetivos del evaluador, lo que representa una decisión subjetiva para establecer el índice.

## (2) Reconocimiento de las áreas con amenaza al cambio de ocupación de la tierra en la localidad

La generación de la capa de ocupación del uso del suelo para el primer periodo (2005) representó complicaciones que pueden derivar en una capa con errores, esto debido a la calidad de la imagen de origen. Se utilizó la imagen SPOT 5, ya que no se cuenta con una de mejor resolución y calidad para ese año. Además, las condiciones biofísicas de la zona de estudio también representan un reto para la obtención de una buena imagen, ya que muchas eran descartadas por estar cubiertas de nubes.

La proyección de la ocupación del suelo para el año 2031 también representó complicaciones, ya que los modelos se basan en las tendencias observadas en los cambios del pasado y utilizan variables correlacionadas. Sin embargo, en la zona de estudio, algunos de los cambios en la ocupación del suelo del periodo 2005 al 2018 fueron azarosos y no ocurren de forma constante, tal es el caso de la deforestación de 300 ha para establecer pastizal inducido, el cual fue realizado por una sola persona de la localidad, de forma ilegal y por decisión del dueño de ese terreno. Este cambio generó un modelo sesgado hacia esa tendencia.

Otros factores difíciles de incorporar al modelo son los de mercado o programas sociales, ya que la presión sobre las superficies forestales, o bien, su recuperación, en la localidad dependen del precio del café, o bien del programa social vigente. Si el precio es bajo, los terrenos agroforestales son abandonados y se recuperan hacia una vegetación secundaria avanzada o incluso bosques; pero si el precio aumenta ocurre lo contrario. En este estudio faltó incorporar estos factores a los modelos de predicción de cambio.

## (3) Estimación del valor económico de la diversidad de flora de la localidad

Dado el tipo de propiedad, el tipo de uso que se le da a los recursos forestales de la localidad y condiciones socioeconómicas de sus habitantes, se decidió estimar la Disponibilidad a Aceptar. Es sabido y está documentado que esta variable tiende a sobreestimar el valor económico del activo ambiental evaluado, por lo que probablemente los resultados obtenidos estén por encima a lo valorado en un escenario o negociación real.

Para aplicar el método de experimentos de elección fue necesario crear un mercado o escenario hipotético; en este caso, fue la compensación que estaría dispuesto a aceptar a cambio de provocar daños en el bosque. Este escenario puede ser diferente en una situación real o incluso como modelo de estudio, lo que podría ocasionar que la valoración económica estimada fuera diferente.

### **Oportunidades de investigación y recomendaciones**

- (1) Índice para evaluar espacialmente la aptitud para la conservación de la diversidad de plantas vasculares

El InCoB puede ser aplicado a otros tipos de vegetación y probar su asertividad; para realizar los ajustes requeridos en sus indicadores de composición es necesario revisar información sobre las cualidades representativas de las especies esperadas en cada comunidad vegetal, que pueden ser consultadas en Rzedowski (1991), Challenger y Soberón (2008) y Rzedowski (2006). El índice también puede ser probado y comparado, utilizando alguno o ninguno de los indicadores de la estructura (para lo cual se requieren de datos dasométricos), así como diferentes valores de ponderación de las variables de composición, estructura y unicidad.

- (2) Reconocimiento de las áreas con amenaza al cambio de ocupación de la tierra en la localidad

Se recomienda hacer análisis de cambio de ocupación del suelo en periodos más cortos (3 años) y correlacionarlos con el precio del café, acuerdos o programas para el cultivo de café y otros programas sociales. Esto permitiría generar modelos de cambio más certeros ante factores que particularmente afectan a la localidad y a la región de estudio.

### (3) Estimación del valor económico de la diversidad de flora de la localidad

Dado que la estimación del valor económico del valor de no uso se realiza con métodos de mercados simulados, se pueden aplicar diferentes métodos o variables de estos, otros escenarios hipotéticos, e incluso, crear escenarios que permitan obtener la Disposición a Pagar, para analizar el comportamiento de los resultados, su media y su rango de variación.

Lo anterior con la finalidad de contar con información que permita la gestión del territorio, la negociación, el establecimiento de programas de conservación, o bien, el desarrollo de infraestructura u otros proyectos sociales en la localidad y región.

## LITERATURA CITADA

- Ambrey CL, Fleming CM. (2014). Valuing ecosystem diversity in South East Queensland: A life satisfaction approach. *Social indicators research*, 115 (1): 45-65.
- Asafu-Adjaye J. (2005). *Environmental Economics for Non-Economists: Techniques and Policies for Sustainable Development Second Edition*: World Scientific Publishing Company.
- Ávila S, Saad L, Benitez D, Vega E, Peña A. (1998). Valuación de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en México. In: "Aspectos Económicos sobre la Biodiversidad de México" CONABIO-INE, Ciudad de México, México, pp. 123-143.
- Azqueta D. (2007). *Introducción a la economía ambiental (2° ed.)*. Madrid, España: McGraw-Hill, Interamericana de España S.A.U.
- Balvanera P, Pfisterer AB, Buchmann N, He JS, Nakashizuka T, Raffaelli D, Schmid B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology letters*, 9 (10): 1146-1156.
- Barreto L, Ribeiro M, Veldkamp A, Van Eupen M, Kok K, Pontes E. (2010). Exploring effective conservation networks based on multi-scale planning unit analysis. A case study of the Balsas sub-basin, Maranhão State, Brazil. *Ecological Indicators*, 10 (5): 1055-1063.
- Bordenave BG, De Granville J-J, Steyn K. (2011). Quantitative botanical diversity descriptors to set conservation priorities in Bakhuis Mountains rainforest, Suriname. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167 (1): 94-130.
- Buendía-Rodríguez E, Treviño-Garza EJ, Alanís-Rodríguez E, Aguirre-Calderón OA, González-Tagle MA, Pompa-García M. (2019). Estructura de un ecosistema forestal y su relación con el contenido de carbono en el noreste de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10 (54): 4-25.
- Camacho-Sanabria JM, Juan-Pérez JI, Pineda-Jaimes NB. (2015). Modeling of land use/cover changes: prospective scenarios in the Estado de Mexico. Case study – Amanalco de Becerra. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21 (2): 203-220.
- Carpenter, S. R., DeFries, R., Dietz, T., Mooney, H. A., Polasky, S., Reid, W. V., & Scholes, R. J. (2006). Millennium ecosystem assessment: research needs. *Science*, 314(5797), 257-258.
- Carvajal-Hernández CI, Krömer T, Vázquez-Torres M. (2014). Riqueza y composición florística de pteridobiontes en bosque mesófilo de montaña y ambientes asociados en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (2): 491-501.



- Castelán Vega R, Ruiz Careaga J, Linares Fleites G, Pérez Avilés R, Tamariz Flores V. (2007). Dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. *Investigaciones geográficas* (64): 75-89.
- Challenger A, Soberón J. (2008). Los ecosistemas terrestres. In: "Capital natural de México" CONABIO Ed., CONABIO, México, Vol. 1, pp. 87-108.
- Chávez-González H, González-Guillén MdJ, Hernández de la Rosa P. (2015). Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6 (27): 8-23.
- Christie M, Hanley N, Warren J, Murphy K, Wright R, Hyde T. (2006). Valuing the diversity of biodiversity. *Ecological economics*, 58 (2): 304-317.
- Cielo-Filho R, Gneri MA, Martins FR. (2007). Position on slope, disturbance, and tree species coexistence in a seasonal semideciduous forest in SE Brazil. *Plant Ecology*, 190 (2): 189-203.
- CITES [Convention on International Trade]. (2019). Appendices I, II and III. Available from Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. URL: <https://www.cites.org/eng/app/appendices.php>
- Colwell RK, Coddington JA. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345 (1311): 101-118.
- CONABIO [Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad]. (2010). *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. México D.F., México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAPO [Consejo Nacional de Población]. (2010). Índice de Marginación por Localidad. Available from Consejo Nacional de Población, Secretaría de Gobernación URL: [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice\\_de\\_Marginacion\\_por\\_Localidad\\_2010](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010)
- CONEVAL [Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social] (2012). Informe de pobreza y evaluación en el estado de Puebla. Available from Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social URL: [http://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202010-2012\\_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202012\\_Puebla.pdf](http://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202010-2012_Documentos/Informe%20de%20pobreza%20y%20evaluaci%C3%B3n%202012_Puebla.pdf)
- Cordero-Macedo C. (1998). La bioprospección como fuente de recursos para la conservación de la biodiversidad. In: "Aspectos económicos sobre la biodiversidad de México" CONABIO-INE, Ciudad de México, México, pp. 113-121.

- Cotler H, Andrés-López C, Martínez-Trinidad S. (2011). ¿ Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México. *Investigación ambiental ciencia y política pública*, 3 (2).
- Council NR. (2005). *Valuing ecosystem services: toward better environmental decision-making*: National Academies Press.
- Cruz-Huerta C, González-Guillén MJ, Martínez-Trinidad T, Escalona-Maurice MJ. (2015). Modeling land-use change and future deforestation in two spatial scales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21 (2): 137-156.
- Dale VH, Beyeler SC. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1 (1): 3-10.
- Dale VH, Beyeler SC, Jackson B. (2002). Understory vegetation indicators of anthropogenic disturbance in longleaf pine forests at Fort Benning, Georgia, USA. *Ecological Indicators*, 1 (3): 155-170.
- Dale VH, Peacock AD, Garten Jr CT, Sobek E, Wolfe AK. (2008). Selecting indicators of soil, microbial, and plant conditions to understand ecological changes in Georgia pine forests. *Ecological Indicators*, 8 (6): 818-827.
- Denslow JS. (2000). *Patterns of structure and diversity across a tropical moist forest chronosequence*. Paper presented at the Vegetation Science in Retrospect and Perspective. Proceedings IAVS Symposium, Opulus Press, Uppsala.
- EEA [European Environment Agency] (2020). CICES V5.1. Available from European Environment Agency, . URL: <https://cices.eu/>
- Espejo-Serna A. (2014). Las plantas vasculares del Bosque Mesófilo de México. In: "Los bosques mesófilos de montaña de México, diversidad, ecología y manejo" (Gual-Díaz M, Rendón-Correa A eds.), CONABIO, México, pp. 189-195.
- Espinal Monsalve NE, Gómez Zapata JD. (2011). Experimentos de elección: una metodología para hacer valoración económica de bienes de no mercado. *Ensayos de Economía*; 21 (38): 211-242.
- Evangelista-Oliva V, López-Blanco J, Caballero-Nieto J, Martínez-Alfaro MÁ. (2010). Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la sierra norte de Puebla. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* (72): 23-38.
- Ezquerro M, Pardos M, Diaz-Balteiro L. (2019). Integrating variable retention systems into strategic forest management to deal with conservation biodiversity objectives. *Forest Ecology and Management*, 433: 585-593.
- Flores-Palacios A, Valencia-Díaz S. (2007). Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation*, 136 (3): 372-387.

- Flores-Xolocotzi R, Torres-Rojo JM. (2000). Cambio de uso del suelo entre los sectores forestal, agrícola y pecuario. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 25 (87): 5-24.
- Gallardo-Cruz JA. (2004). Efecto de la orientación y la altitud sobre la heterogeneidad vegetal en el Cerro Verde, Nizanda (Oaxaca), México. (Biólogo), Universidad Nacional Autónoma de México, México. URL: <http://132.248.9.195/ppt2004/0334648/Index.html>
- Garcia, S., Harou, P., Montagné, C., & Stenger, A. (2011). Valuing forest biodiversity through a national survey in France: a dichotomous choice contingent valuation. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 7(2), 84-97.
- Garrod GD, Willis KG. (1997). The non-use benefits of enhancing forest biodiversity: a contingent ranking study. *Ecological Economics*, 21 (1): 45-61.
- Geburek T, Milasowszky N, Frank G, Konrad H, Schadauer K. (2010). The Austrian forest biodiversity index: all in one. *Ecological Indicators*, 10 (3): 753-761.
- Gordon A, Simondson D, White M, Moilanen A, Bekessy SA. (2009). Integrating conservation planning and landuse planning in urban landscapes. *Landscape and urban planning*, 91 (4): 183-194.
- Gual-Díaz M, González-Medrano F. (2014). Los bosques mesófilos de montaña en México. In: "Los bosques mesófilos de montaña de México, diversidad, ecología y manejo" (Gual-Díaz M, Rendón-Correa A eds.), CONABIO, México, pp. 27-68.
- Guevara Romero ML, Montalvo Vargas R. (2015). Cambio de uso de suelo y vegetación derivados de la dotación de infraestructura: Sierra norte del Estado de Puebla. *Nova scientia*, 7 (13): 314-336.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática] (2000). Síntesis geográfica del estado de Puebla. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática] (2004). Guía para la interpretación de cartografía edafológica. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática] (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Zacapoaxtla, Puebla Clave geoestadística 21207. . México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática] (2010). Sistema para la Consulta de Información Censal 2010. Available from Instituto Nacional de Estadística y Geografía URL: <http://gaia.inegi.org.mx/scince2/viewer.html>

- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática] (2013). Continuo de Elevaciones Mexicano. Available from Instituto Nacional de Estadística y Geografía URL: <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática] (2015). Guía para la interpretación de cartografía : uso del suelo y vegetación : escala 1:250, 000 : serie V. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Ingram JC, Redford KH, Watson JE. (2012). Applying ecosystem services approaches for biodiversity conservation: benefits and challenges. SAPI EN. S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society (5.1).
- IUCN [International Union for Conservation of Nature]. (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Available from International Union for Conservation of Nature. URL: <https://www.iucnredlist.org/>
- Krasilnikov P. (2020). Montane Cloud Forests. In Goldstein MI, DellaSala DA (Eds.), Encyclopedia of the World's Biomes, Vol. 3, pp. 138-145 USA: Elsevier.
- Kruskal WH, Wallis WA. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American statistical Association, 47 (260): 583-621.
- Landres PB. (1992). Ecological indicators: panacea or liability? In: "Ecological Indicators" (McKenzie DH, Hyatt, D.E., McDonald, V.I Ed., Elsevier Applied Scientific Publishers, Amsterdam, Vol. 2, pp. 1295-1318.
- Lele S, Springate-Baginski O, Lakerveld R, Deb D, Dash P. (2013). Ecosystem services: origins, contributions, pitfalls, and alternatives. Conservation and Society, 11 (4): 343-358.
- Llorente-Bousquets J, Ocegueda S. (2017). Estado del conocimiento de la biota. In: "Capital natural de México" (Sarukhán J, Koleff P, Carabias J, Soberón J, Dirzo R, Llorente-Bousquets, Halffter G, González R, March I, Mohar A, Anta S, de la Maza J, Pisanty I, Urquiza-Haas T, Ruiz-González S, García Méndez G eds.), CONABIO, México, pp. 283-322.
- Locatelli B, Brockhaus M, Buck A, Thompson I. (2010). Forests and adaptation to climate change: challenges and opportunities. In: "Forests and Society - Responding to Global Drivers of Change " (Mery G, Katila P, Galloway G, Alfaro RI, Kanninen M, Lobovikov M, Varjo J eds.), UIFRO, Vantaa, Finland, pp. 509.
- Lomas PL, Martín B, Louit C, Montoya D, Montes C, Álvarez S. (2005). Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas. Fundación Interuniversitaria Fernanda González Bernáldez. España.
- López C, Chanfón S, Segura G. (2005). La riqueza de los bosques mexicanos: mas allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. México, D.F.: SEMARNAT, CECADESU, CONAFOR, PROCYMAF II, CIFOR.

- Lot A, Chiang F. (1986). Manual de herbario: administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos: Consejo Nacional de la flora de México México, DF.
- Luis-Martínez JC, Luna-Cavazos M, Vibrans H, Flores-Cruz M. (2020). Atributos ecológicos y de hábitat de las especies suculentas del área natural protegida monumento natural Yagul, Oaxaca, México. *Botanical Sciences*, 98 (1): 36-49.
- Malik ZH, Hussain F, Malik NZ. (2007). Life form and leaf size spectra of plant communities Harbours Ganga Chotti and Bedori Hills during 1999-2000. *International Journal of Agriculture & Biology*, 9 (6): 833-838.
- Margules CR, Pressey R, Williams P. (2002). Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *Journal of biosciences*, 27 (4): 309-326.
- Marín AI, Malak DA, Bastrup-Birk A, Chirici G, Barbati A, Kleeschulte S. (2021). Mapping forest condition in Europe: Methodological developments in support to forest biodiversity assessments. *Ecological Indicators*, 128: 107839.
- Martínez-Cruz J, Ibarra-Manríquez G. (2012). Áreas prioritarias de conservación para la flora leñosa del estado de Colima, México. *Acta botánica mexicana* (99): 31-53.
- Martínez-Meyer E, Sosa-Escalante JE, Álvarez F. (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista mexicana de biodiversidad*, 85: 1-9.
- Martínez MÁ, Evangelista V, Basurto F, Mendoza M, Cruz-Rivas A. (2007). Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78 (1): 15-40.
- MEA [Millennium Ecosystem Assessment]. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. (Institute WR Ed.). Washington, DC. USA: Millennium Ecosystem Assessment.
- Mendieta J. (2005). *Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercadeables: Aplicaciones de las Técnicas de Valoración No Mercadeable y el Análisis Costo Beneficio y Medio Ambiente (2° edición ed.)*. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes, .
- Miranda F, Hernández-X E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences* (28): 29-179.
- Mora F. (2019). The use of ecological integrity indicators within the natural capital index framework: The ecological and economic value of the remnant natural capital of México. *Journal for nature conservation*, (47): 77-92.
- Muñiz-Castro MA, Williams-Linera G, Martínez-Ramos M. (2012). Dispersal mode, shade tolerance, and phytogeographical affinity of tree species during secondary succession in tropical montane cloud forest. *Plant Ecology*, 213 (2): 339-353.

- Naeem S, Chapin III F, Costanza R, Ehrlich PR, Golley FB, Hooper DU, Sala OE. (1999). Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes. *Issues in ecology*, 4 (11).
- Nijkamp P, Vindigni G, Nunes PA. (2008). Economic valuation of biodiversity: A comparative study. *Ecological economics*, 67 (2): 217-231.
- NOM-059-SEMARNAT-2018. Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Diario Oficial de la Federación.
- Norgaard RB. (2010). Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecological economics*, 69 (6): 1219-1227.
- Noss RF. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4 (4): 355-364.
- Nunes PA, Van den Bergh JC. (2001). Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense? *Ecological economics*, 39 (2): 203-222.
- Opdam P, Verboom J, Pouwels R. (2003). Landscape cohesion: an index for the conservation potential of landscapes for biodiversity. *Landscape ecology*, 18 (2): 113-126.
- Peña-Claros M. (2003). Changes in forest structure and species composition during secondary forest succession in the Bolivian Amazon. *Biotropica*, 35 (4): 450-461.
- Pressey R, Taffs K. (2001). Scheduling conservation action in production landscapes: priority areas in western New South Wales defined by irreplaceability and vulnerability to vegetation loss. *Biological Conservation*, 100 (3): 355-376.
- R-Core-Team (Producer). (2019). The R Project for Statistical Computing. URL: <http://www.r-project.org/>
- RAE [Real Academia Española]. (2020). Diccionario de la lengua española. Available from Real Academia Española URL: <https://www.rae.es/>
- Raju VS, Krishna PG, Suthari S. (2014). Environmental assessment of climate of a habitat through floristic life-form spectra, a case study of Warangal north forest division, Telangana, India. *Journal of Natural Sciences*, 2 (1): 77-93.
- Ramírez-Prieto J, Koch-Olt S, Balleza-Cadengo JdJ, Adame-González M, Romero-Nápoles J. (2016). Flora de la cima de la Mesa Alta, Jerez, Zacatecas, México. *Botanical Sciences*, 94 (2): 357-375.
- Reyers B, Polasky S, Tallis H, Mooney HA, Larigauderie A. (2012). Finding common ground for biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 62 (5): 503-507.

- Rial A. (2006). Un índice de evaluación de la vegetación con fines de conservación en áreas privadas de los Llanos del Orinoco, Venezuela. *Interciencia*, 31 (2): 130-135.
- Ricardo-Nápoles NE. (2016). Indicadores ecológicos que evalúan el estado de antropización-conservación de las formaciones vegetales, ecosistemas, paisajes y territorios. *Acta Botánica Cubana*, 215 (3): 328-335.
- Riera Micaló P, Amorós JM. (2006). Una aplicación de los experimentos de elección a la valoración de la multifuncionalidad de los bosques. *Interciencia*, 31 (2): 110-115.
- Riera P. (1994). Manual de valoración contingente. Madrid, España: Instituto de Estudios Fiscales.
- Rivera-Hernández JE. (2015). Flora, vegetación y priorización de áreas de conservación del Parque Nacional Cañón del Río Blanco, Veracruz, México. (Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo), Universidad Nacional, Universidad Estatal a Distancia, San Carlos, Costa Rica.
- Rodrigues AS, Gaston KJ. (2002). Maximising phylogenetic diversity in the selection of networks of conservation areas. *Biological Conservation*, 105 (1): 103-111.
- Romero A, Luna M, García E. (2014). Factores físicos que influyen en las relaciones florísticas de los piñonares (Pinaceae) de San Luis Potosí, México. *Revista de Biología Tropical*, 62 (2): 795-808.
- Romo-Lozano JL, López-Upton J, Vargas-Hernández JJ, Ávila-Angulo ML. (2017). Economic valuation of the forest biodiversity in Mexico, a review. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23 (1): 75-90.
- Rüdisser J, Tasser E, Tappeiner U. (2012). Distance to nature—a new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators*, 15 (1): 208-216.
- Rzedowski J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta botánica mexicana* (14): 3-21.
- 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). *Vegetación de México* (Edición digital ed.). México: CONABIO.
- Sánchez-Cordero V, Cirelli V, Munguía M, Sarkar S. (2005). Place prioritization for biodiversity content using species ecological niche modeling. *Biodiversity Informatics*, 2: 11-23.
- Sánchez-Ramos G, Dirzo R. (2014). El bosque mesófilo de montaña: un ecosistema prioritario amenazado. In: "Los bosques mesófilos de montaña de México, diversidad, ecología y manejo" (Gual-Díaz M, Rendón-Correa A eds.), CONABIO, México, pp. 109-139.

- Sánchez-Uzcátegui JM. (2014). Valoración contingente y experimentos de elección aplicados en el Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela. Estudio Piloto. *Natura@economía*, 2 (1): 43-69.
- SEDESOL [Secretaría de Desarrollo Social]. (2013). Catálogo de localidades. Available from Secretaría de Desarrollo Social URL: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=212070017>
- Simpson EH. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688-688.
- SMN [Servicio Meteorológico Nacional]. (2019). Información Estadística Climatológica. Available from Comisión Nacional de Agua, Servicio Meteorológico Nacional. URL: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>
- Song Q, Wang B, Wang J, Niu X. (2016). Endangered and endemic species increase forest conservation values of species diversity based on the Shannon-Wiener index. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9 (3): 469.
- Stenger A, Harou P, Navrud S. (2009). Valuing environmental goods and services derived from the forests. *Journal of forest economics*, 15 (1-2): 1-14.
- Suárez-Mota ME, Téllez-Valdés O. (2014). Red de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad del Eje Volcánico Transmexicano analizando su riqueza florística y variabilidad climática. *Polibotánica* (38): 67-93.
- Tropicos.org. (2020). The Tropicos. Available from Missouri Botanical Garden URL: <http://www.tropicos.org>
- Vane-Wright RI, Humphries CJ, Williams PH. (1991). What to protect?—Systematics and the agony of choice. *Biological conservation*, 55 (3): 235-254.
- Villaseñor JL. (2004). The genera of vascular plants flora of Mexico. *Botanical Sciences* (75): 105-135.
- Villaseñor JL. (2010). El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares. México, DF.: CONABIO - UNAM.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(3): 559-902.
- Villaseñor JL, Espinosa-García F. (2004). The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and distributions*, 10 (2): 113-123.
- Wang G, Zhou G, Yang L, Li Z. (2002). Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology*, 165 (2): 169-181.



- Williams-Linera G, Manson RH, Vera EI. (2002). La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 8 (1): 73-89.
- Woda C, Huber A, Dohrenbusch A. (2006). Vegetación epífita y captación de neblina en bosques siempreverdes en la Cordillera Pelada, sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*, 27 (3): 231-240.
- Zak DR, Holmes WE, White DC, Peacock AD, Tilman D. (2003). Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem function: are there any links? *Ecology*, 84 (8): 2042-2050.
- Zeileis A, Cribari-Neto F, Gruen B, Kosmidis I, Simas AB, Rocha AV. (2020). Package 'betareg'. R package. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/betareg/betareg.pdf>
- Zhao CM, Chen WL, Tian ZQ, Xie ZQ. (2005). Altitudinal pattern of plant species diversity in Shennongjia Mountains, Central China. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47 (12): 1431-1449.

## ANEXOS

### Anexo 1 – Listado florístico de la localidad de San Juan Tahitic

**Forma de Vida:** Árbol (A), Arbusto (C), Subarbusto (Sa), Hierba perenne (HP), Hierba anual (HA), Parásita (P), Epífita (E), Liana (L).

**Distribución:** Endémica regional (E-L), Endémica de México (M), Amplia distribución dentro del continente americano (AD), Cosmopolita (Cos)

**Indicador:** Planta propia de la región (Nat), Acuática (Acu), Páludica- propia de sitios con el sustrato húmedo (Pal), Cultivadas (Cul), Plantas que crecen en zonas deforestadas (Dis)

**NOM-059:** Protección Especial (Pr), Amenazada (A), Peligro de extinción (P), endémica (\*)

**IUCN:** Preocupación menor (LC), Riesgo bajo (LR), Casi Amenazado (NT), Vulnerable (VU), En Peligro (EN)

**CITES:** Apéndice II (A II)

**Presencia en las diferentes comunidades vegetales (+):** Áreas agrícolas (AGR), Bosque mesófilo de montaña (BMM), Pastizal inducido (PAS), Vegetación secundaria avanzada y cafetales (VSA/CAF)

No aplica (NA)

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<b>LYCOPODIIDAE</b>											
LYCOPODIACEAE											
<i>Huperzia taxifolia</i> (Sw.) Trevis.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
Lycopodiaceae sp.	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	No				+
<b>SELAGINELLACEAE</b>											
<i>Selaginella hoffmannii</i> Hieron.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No			+	
<i>Selaginella martensii</i> Spring	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No			+	
<i>Selaginella porphyrospora</i> A. Braun	HP	AD	Nat	Nativo	P	No	No	+			+
<i>Selaginella silvestris</i> Aspl.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Selaginella</i> sp.	HP	NA	Nat	Nativo	NA	NA	No		+		+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Selaginella stellata</i> Spring	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<b>POLYPODIIDAE</b>											
<b>ASPLENIACEAE</b>											
<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Asplenium monodon</i> Liebm.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<b>ATHYRIACEAE</b>											
<i>Diplazium franconis</i> Liebm.	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Diplazium</i> sp.	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<b>BLECHNACEAE</b>											
<i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.	E/HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Blechnum polypodioides</i> Raddi	HP/E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Blechnum serrulatum</i> Rich.	HP	AD	Pal	Nativo	No	No	No				+
<i>Woodwardia martinezii</i> Maxon ex Weath.	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<b>CYATHEACEAE</b>											
<i>Alsophila firma</i> (Baker) D.S. Conant	A	AD	Nat	Nativo	P	No	No		+		+
<i>Cyathea</i> sp.	A	AD	Nat	Nativo	Pr	No	A II		+		+
<i>Cyathea bicrenata</i> Liebm.	A	AD	Nat	Nativo	Pr	No	A II		+		+
<i>Cyathea divergens</i> var. <i>tuerckheimii</i> (Maxon) R.M. Tryon	A	AD	Nat	Nativo	Pr	No	A II		+		+
<i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée	A	AD	Nat	Nativo	Pr	No	A II				+
<b>CYSTOPTERIDACEAE</b>											
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	HP	Cos	Nat	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
DENNSTAEDTIACEAE											
<i>Hypolepis nigrescens</i> Hook.	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>feei</i> (W. Schaffn. ex Fée) Maxon	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		
<i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
DICKSONIACEAE											
<i>Lophosoria quadripinnata</i> (J.F. Gmel.) C. Chr.	SA	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
DRYOPTERIDACEAE											
<i>Arachniodes denticulata</i> (Sw.) Ching	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Dryopteris futura</i> A. R. Sm.	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Dryopteris patula</i> (Sw.) Underw.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Elaphoglossum guatemalense</i> (Klotzsch) T. Moore	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Elaphoglossum muelleri</i> (E. Fourn.) C. Chr.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Elaphoglossum paleaceum</i> (Hook. & Grev.) Sledge	HP/E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Elaphoglossum peltatum</i> (Sw.) Urb.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Elaphoglossum sartorii</i> (Liebm.) Mickel	E/HP	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Elaphoglossum vestitum</i> (Schltdl. & Cham.) T. Moore	E	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Phanerophlebia nobilis</i> (Schltdl. & Cham.) C. Presl	SA	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Polystichum hartwegii</i> (Klotzsch) Hieron.	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
EQUISETACEAE											
<i>Equisetum</i> sp.	SA	AD	Acu	Nativo	No	No	No		+		
GLEICHENIACEAE											
<i>Gleichenella pectinata</i> (Willd.) Ching	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
Gleicheniaceae sp.	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		
HYMENOPHYLLACEAE											
<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.	E	Cos	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Trichomanes capillaceum</i> L.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Trichomanes reptans</i> Sw.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
LOMARIOPSIDACEAE											
<i>Lomariopsis recurvata</i> Fée	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
MARATTIACEAE											
<i>Marattia weinmanniifolia</i> Liebm.	SA	AD	Nat	Nativo	Pr	No	No		+		
NEPHROLEPIDACEAE											
<i>Nephrolepis pectinata</i> (Willd.) Schott	HP/E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
OPHIOGLOSSACEAE											
<i>Botrychium decompositum</i> M. Martens & Galeotti	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Botrychium virginianum</i> (L.) Sw.	HP	Cos	Dis	Nativo	No	No	No				+
POLYPODIACEAE											
<i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée	E/HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Campyloneurum tenuipes</i> Maxon	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Campyloneurum xalapense</i> Fée	E/HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Cochlidium linearifolium</i> (Desv.) Maxon ex C. Chr.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Cochlidium serrulatum</i> (Sw.) L.E. Bishop	E/HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Melpomene leptostoma</i> (Fée) A.R. Sm. & R.C. Moran	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Niphidium crassifolium</i> (L.) Lellinger	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Pecluma sursumcurrens</i> (Copel.) M.G. Price	E	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger	E/HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Pleopeltis crassinervata</i> (Fée) T. Moore	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Pleopeltis fallax</i> (Schltdl. & Cham.) Mickel & Beitel	E/HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Polypodium eatonii</i> Baker	E	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Polypodium echinolepis</i> Fée	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Polypodium fraternum</i> Schltdl. & Cham.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Polypodium furfuraceum</i> Schltdl. & Cham.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Polypodium guttatum</i> Maxon	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Polypodium lepidotrichum</i> (Fée) Maxon	E	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Polypodium plebeium</i> Schltdl. & Cham.	E/HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Polypodium puberulum</i> Schltdl. & Cham.	E	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Polypodium subpetiolatum</i> Hook.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Polypodium villagranii</i> Copel.	E	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
PSILOTACEAE											
<i>Psilotum complanatum</i> Sw.	E	Cos	Nat	Nativo	A	No	No		+		
PTERIDACEAE											
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Mildella intramarginalis</i> (Kaulf. ex Link) Trevis	H	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Pityrogramma ebenea</i> (L.) Proctor	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Pteris orizabae</i> M. Martens & Galeotti	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Pteris quadriaurita</i> Retz.	HP	Cos	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Vittaria bradeorum</i> Rosenst.	E/HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
THELYPTERIDACEAE											
<i>Amauropelta pilosohispida</i> (Hook.) A.R. Sm.	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		
<i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching	SA	Cos	Dis	Introducido	No	No	No		+		+
<i>Thelypteris cheilanthoides</i> (Kunze) Proctor	HP	AD	Pal	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Thelypteris oligocarpa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Ching	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Thelypteris pilosula</i> (Klotzsch & H. Karst. ex Mett.) R.M. Tryon	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	
<i>Thelypteris puberula</i> (Baker) C.V. Morton	HP	AD	Pal/Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Thelypteris</i> sp.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
WOODSIACEAE											

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<b>PINIDAE</b>											
PINACEAE											
<i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen	A	AD	Nat	Nativo	Pr*	LC	No				+
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	A	M	Cul	Nativo	No	LC	No				+
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No				+
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl. var. <i>oocarpa</i>	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		
<i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+	+	+
<i>Pinus</i> sp.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Pinus pseudostrobus</i> Brongn.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		+
PODOCARPACEAE											
<i>Podocarpus matudae</i> Lundell	A	AD	Nat	Nativo	Pr	VU	No		+		
<b>MAGNOLIIDAE</b>											
ACTINIDIACEAE											
<i>Saurauia scabrida</i> Hemsl.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
ADOXACEAE											
<i>Viburnum caudatum</i> Greenm.	A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Viburnum microcarpum</i> Schltdl. & Cham.	A	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
ALSTROEMERiaceae											
<i>Bomarea acutifolia</i> (Link & Otto) Herb.	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
ALTINGIACEAE											



SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
AMARANTHACEAE											
<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+			+
ANACARDIACEAE											
<i>Toxicodendron radicans</i> (L.) Kuntze	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
ANNONACEAE											
<i>Annona cherimola</i> Mill.	A	AD	Nat/Dis	Introducido	No	No	No				+
<i>Rollinia mucosa</i> (Jacq.) Baill.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
APIACEAE											
<i>Sanicula liberta</i> Cham. & Schltldl.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
APOCYNACEAE											
<i>Asclepias curassavica</i> L.	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	
<i>Gonolobus</i> sp.	H-trepador	NA	NA	Nativo	No	No	No				+
AQUIFOLIACEAE											
<i>Ilex condensata</i> Turcz.	A	E-L	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Ilex discolor</i> Hemsl.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		
ARACEAE											
<i>Anthurium scandens</i> (Aubl.) Engl.	E	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Monstera acuminata</i> K. Koch	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Philodendron inaequilaterum</i> Liebm.	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Philodendron sagittifolium</i> Liebm.	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Syngonium neglectum</i> Schott	H-trepador	M	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Syngonium podophyllum</i> Schott	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Xanthosoma robustum</i> Schott	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No	+	+		+
ARALIACEAE											
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Hydrocotyle mexicana</i> Schlttdl. & Cham.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Oreopanax echinops</i> (Schlttdl. & Cham.) Decne. & Planch.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	VU	No		+		
<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
ARECACEAE											
<i>Chamaedorea microspadix</i> Burret	SA	M	Nat	Nativo	A*	LC	No		+		+
<i>Chamaedorea oblongata</i> Mart.	SA	AD	Nat	Nativo	A*	VU	No				+
<i>Chamaedorea pinnatifrons</i> (Jacq.) Oerst.	SA	AD	Nat	Nativo	A	LC	No		+		+
<i>Chamaedorea schiedeana</i> Mart.	SA	E-L	Nat	Nativo	A*	No	No		+		+
<i>Chamaedorea</i> sp.	SA	NA	Nat	Nativo	A*	NA	No		+		+
ASPARAGACEAE											
<i>Echeandia reflexa</i> (Cav.) Rose	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
ASTERACEAE											
<i>Acmella repens</i> (Walter) Rich.	HP	AD	Pal	Nativo	No	No	No			+	
<i>Ageratina cardiophylla</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Ageratina conspicua</i> R.M. King & H. Rob.	HP	M	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Ageratina choricephala</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	SA	M	Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Ageratina ligustrina</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Ageratina pazcuarensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	C	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Ageratina pichinchensis</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Ageratina riparia</i> (Regel) R.M. King & H. Rob.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Ageratina rivalis</i> (Greenm.) R.M. King & H. Rob.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Ageratum corymbosum</i> Zuccagni	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+		+	+
<i>Aldama dentata</i> La Llave	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+			
<i>Alloispermum integrifolium</i> (DC.) H. Rob.	C	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Archibaccharis intermedia</i> (S.F. Blake) B.L. Turner	C	E-L	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Baccharis conferta</i> Kunth	C	M	Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Baccharis inamoena</i> Gardner.	C	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Baccharis serrifolia</i> DC.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
<i>Bartlettina oresbia</i> (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob.	C/A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Bidens odorata</i> Cav.	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+		+	
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Hemsl.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No			+	
<i>Clibadium arboreum</i> Donn. Sm.	A/C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+			

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Critonia morifolia</i> (Mill.) R.M. King & H. Rob.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	HP	Cos	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Fleischmannia pycnocephala</i> (Less.) R.M. King & H. Rob.	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pav.	HA	Cos	Dis	Nativo	No	No	No	+			
<i>Gnaphalium americanum</i> Mill.	HA	Cos	Dis	Nativo	No	No	No			+	
<i>Hieracium abscissum</i> Less.	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+			
<i>Koanophyllon gracilicaule</i> (Sch.Bip. ex B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Lactuca graminifolia</i> Michx.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Leiboldia serrata</i> (D. Don) Gleason	C	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Lepidaploa tortuosa</i> (L.) H. Rob.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		
<i>Mikania cordifolia</i> (L. f.) Willd.	C-trepador	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Mikania pyramidata</i> Donn. Sm.	L	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Neomirandea araliifolia</i> (Less.) R.M.King & H. Rob.	E	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Neurolaena lobata</i> (L.) Cass.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Podachaenium eminens</i> (Lag.) Sch. Bip.	A/C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Roldana petasitis</i> (Sims) H. Rob. & Berttell	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Schistocarpha bicolor</i> Less.	C	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Schistocarpha eupatorioides</i> (Fenzl) Kuntze	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Sinclairia deppeana</i> (Less.) Rydb.	L	M	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Stevia ovata</i> Willd.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Symphotrichum bullatum</i> (Klatt) Nesom	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Telanthophora grandifolia</i> (Less.) H.Rob. & Brettell var. <i>grandifolia</i>	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Verbesina turbacensis</i> Kunth	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No			+	+
BEGONIACEAE											
<i>Begonia glabra</i> Aubl.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Begonia fusca</i> Liebm.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Begonia incarnata</i> Link & Otto	HA	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Begonia manicata</i> Brongn. ex F. Cels	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Begonia oaxacana</i> A. DC.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Begonia wallichiana</i> Lehm.	HA	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
BETULACEAE											
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LR/LC	No		+	+	+
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	A	AD	Nat	Nativo	A	LC	No		+		
<i>Ostrya virginiana</i> (Mill.) K. Koch	A	AD	Nat	Nativo	Pr	LC	No		+		+
BORAGINACEAE											
<i>Cordia spinescens</i> L.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No				+
<i>Tournefortia acutiflora</i> M. Martens & Galeotti	C/A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No				+
BROMELIACEAE											
<i>Catopsis sessiliflora</i> (Ruiz & Pav.) Mez	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Pitcairnia</i> sp.	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	No		+		
<i>Tillandsia filifolia</i> Schldt. & Cham.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Tillandsia kirchhoffiana</i> Wittm.	E	E-L	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Tillandsia leiboldiana</i> Schldt.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Tillandsia multicaulis</i> Steud.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Tillandsia punctulata</i> Schldt. & Cham.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Tillandsia</i> sp.	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	No		+		+
<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
BRUNELLIACEAE											
<i>Brunellia mexicana</i> Standl.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
BURSERACEAE											
<i>Protium copal</i> (Schldt. & Cham.) Engl.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
CACTACEAE											
<i>Rhipsalis baccifera</i> (Sol.) Stearn	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
CALCEOLARIACEAE											
<i>Calceolaria mexicana</i> Benth.	HA	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
CAMPANULACEAE											
<i>Lobelia gruina</i> Cav.	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No	+			
<i>Lobelia laxiflora</i> Kunth	SA	M	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+
CANNABACEAE											
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	A	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
CANNACEAE											

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Canna indica</i> L.	SA	Cos	Dis	Introducido	No	No	No		+		+
CAPRIFOLIACEAE											
<i>Valeriana candolleana</i> Gardner	L	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Valeriana scandens</i> L.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
CARYOPHYLLACEAE											
<i>Stellaria ovata</i> Willd. ex D.F.K. Schltld.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No	+	+	+	+
<i>Stellaria prostrata</i> Baldwin	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
CELASTRACEAE											
<i>Euonymus benthamii</i> Lundell	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Zinowiewia integerrima</i> (Turcz.) Turcz.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
CLEOMACEAE											
<i>Andinocleome magnifica</i> (Briq.) Iltis & Cochrane	HP/C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
CLETHRACEAE											
<i>Clethra mexicana</i> DC.	A	M	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+	+	+
cf. <i>Clethra pringlei</i> S. Watson	A	M	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
COMMELINACEAE											
<i>Callisia multiflora</i> (M.Martens & Galeotti) Standl.	HA	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	HP	AD	Dis	Nativo	No	LC	No	+	+	+	
<i>Commelina erecta</i> L.	HP	AD	Nat	Nativo	No	LC	No			+	
Commelinaceae sp.	HP	NA	NA	Nativo	No	NA	No		+		+
Commelinaceae sp. 1	HP	NA	NA	Nativo	No	NA	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
Commelinaceae sp. 2	HP	NA	NA	Nativo	No	NA	No				+
Commelinaceae sp. 3	HP	NA	NA	Nativo	No	NA	No				+
Commelinaceae sp. 4	HP	NA	NA	Nativo	No	NA	No				+
<i>Gibasis pellucida</i> (M. Martens & Galeotti) D.R. Hunt	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No	+	+		+
<i>Tradescantia commelinoides</i> Schult. & Schult. f.	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Tradescantia zanoniana</i> (L.) Sw.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Tripogandra serrulata</i> (Vahl) Handlos	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
CONVOLVULACEAE											
<i>Dichondra sericea</i> Sw	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+		+	+
<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No	+		+	+
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G. Don	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+			
<i>Turbina corymbosa</i> (L.) Raf.	L	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
COSTACEAE											
<i>Costus pictus</i> D. Don	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
CUCURBITACEAE											
<i>Peponopsis adhaerens</i> Naudin	H-trepador	M	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	H-trepador	M	Cul	Nativo	No	No	No	+			
<i>Sicydium tamnifolium</i> (Kunth) Cogn.	H-trepador	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
CYPERACEAE											



SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Cyperus hortensis</i> (Salzm.) Dorr	HP	Cos	Nat	Nativo	No	No	No	+		+	
<i>Cyperus tenuis</i> Sw.	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Rhynchospora radicans</i> (Schltdl. & Cham.) H. Pfeiff.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+	+	+
DIOSCOREACEAE											
<i>Dioscorea convolvulacea</i> Schltdl. & Cham.	H-trepador	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Dioscorea floribunda</i> M. Martens & Galeotti	H-trepador	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Dioscorea remotiflora</i> Kunth	H-trepador	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
DIPENTODONTACEAE											
<i>Perrottetia longistylis</i> Rose	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Perrottetia ovata</i> Hemsl.	C	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
ERICACEAE											
<i>Agarista mexicana</i> (Hemsl.) Judd	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Comarostaphylis discolor</i> (Hook.) Diggs	A	M	Nat	Nativo	Pr	No	No		+		+
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		
<i>Lyonia squamulosa</i> M. Martens & Galeotti	A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Vaccinium leucanthum</i> Schltdl.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
EUPHORBIACEAE											
<i>Acalypha arvensis</i> Poepp.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Acalypha microphylla</i> Klotzsch	HA	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Adelia barbinervis</i> Schltdl. & Cham.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Bernardia dodecandra</i> (Sessé ex Cav.) McVaugh	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Cnidocolus multilobus</i> (Pax) I.M. Johnst.	A	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Croton draco</i> Schltld. & Cham.	A	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Euphorbia graminea</i> Jacq.	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Ricinus communis</i> L.	C/A	Cos	Dis	Introducido	No	No	No				+
FABACEAE											
<i>Amphicarpaea bracteata</i> (L.) Fernald	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Calliandra houstoniana</i> (Mill.) Standl.	C/A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
<i>Chamaecrista glandulosa</i> (L.) Greene	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Chamaecrista nictitans</i> (L.) Moench	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Chamaecrista</i> sp.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	NA	NA	No				+
<i>Crotalaria bupleurifolia</i> Schltld. & Cham.	HP	M	Dis	Nativo	No	No	No			+	
<i>Desmodium affine</i> Schltld.	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Desmodium caripense</i> Kunth	HA	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Desmodium nicaraguense</i> Oerst.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Desmodium plicatum</i> Schltld. & Cham.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Desmodium procumbens</i> (Mill.) Hitchc.	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	
<i>Desmodium</i> sp.	NA	NA	NA	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Erythrina berenices</i> Krukoff & Barneby	A	E-L	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Erythrina coralloides</i> DC.	A	M	Nat	Nativo	A	No	No		+		

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Erythrina</i> sp.	A	NA	Nat	Nativo	NA	NA	NA		+		+
<i>Inga inicuil</i> Schltdl. & Cham. ex G. Don.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No				+
<i>Inga punctata</i> Willd.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		
<i>Inga sapindoides</i> Willd.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Inga</i> sp.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Mimosa</i> sp.	C	NA	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Phaseolus coccineus</i> L.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No	+			
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	HA	AD	Cul	Nativo	No	No	No	+			
<i>Rhynchosia longeracemosa</i> M. Martens & Galeotti	H-trepador	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Trifolium repens</i> L.	HP	Cos	Dis	Introducido	No	No	No			+	
FAGACEAE											
<i>Quercus acutifolia</i> Née	A	AD	Nat	Nativo	No	VU	No		+		+
<i>Quercus candicans</i> Née	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Quercus conspersa</i> Benth.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Quercus corrugata</i> Hook	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		
<i>Quercus cortesii</i> Liebm.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Quercus furfuracea</i> Liebm.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Quercus lancifolia</i> Schltdl. & Cham.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	A	M	Nat	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	A	M	Nat	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham.	A	AD	Nat	Nativo	No	NT	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Quercus sapotifolia</i> Liebm.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Quercus sartorii</i> Liebm.	A	AD	Nat	Nativo	No	NT	No				+
<i>Quercus</i> sp.	A	AD	Nat	Nativo	NA	NA	No		+		+
GESNERIACEAE											
<i>Columnea schiedeana</i> Schldtl.	E	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Moussonia deppeana</i> (Schldtl. & Cham.) Hanst.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
HELICONIACEAE											
<i>Heliconia schiedeana</i> Klotzsch	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
HYPOXIDACEAE											
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
IRIDACEAE											
<i>Crocoshia × crocosmiiflora</i> (Lemoine) N.E. Br.	HP	Cos	Dis	Introducido	No	No	No		+		+
<i>Sisyrinchium micranthum</i> Cav.	HA	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
JUGLANDACEAE											
<i>Carya palmeri</i> W.E. Manning	A	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
LAMIACEAE											
<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B. Pastore	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+		+	
<i>Hyptis brevipes</i> Poit.	HP	Cos	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Ocimum carnosum</i> (Spreng.) Link & Otto ex Benth.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Salvia</i> sp.	SA	NA	Nat	Nativo	NA	NA	NA				+
<i>Salvia roscida</i> Fernald	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No	+		+	+
<i>Stachys agraria</i> Schltld. & Cham.	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	+
LAURACEAE											
<i>Damburneya salicifolia</i> (Kunth) Trofimov & Rohwer	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
cf. <i>Ocotea disjuncta</i> Lorea-Hern.	A	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Ocotea macrophylla</i> Kunth	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Ocotea psychotrioides</i> Kunth	A/C	E-L	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	A/C	AD	Nat	Nativo	No	LC	No				+
<i>Persea americana</i> Mill.	A	AD	Nat/Cul	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Persea schiedeana</i> Nees	A	AD	Nat	Nativo	No	EN	No				+
LENTIBULARIACEAE											
<i>Pinguicula moranensis</i> Kunth	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
LORANTHACEAE											
<i>Struthanthus quercicola</i> (Schltld. & Cham.) Blume	P	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
LYTHRACEAE											
<i>Cuphea salicifolia</i> Schltld. & Cham.	C	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
MALPIGHIACEAE											
<i>Bunchosia lindeniana</i> A. Juss.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
MALVACEAE											
<i>Hampea integerrima</i> Schltld.	A	E-L	Nat	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	A	AD	Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	A	AD	Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Heliocarpus terebinthinaceus</i> (DC.) Hochr.	A	M	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Hibiscus</i> sp.	C	NA	NA	Nativo	No	No	No				+
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No			+	
<i>Sida acuta</i> Burm. f.	C	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Sida rhombifolia</i> L.	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+		+	+
<i>Tilia caroliniana</i> Mill.	A	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Trichospermum grewiifolium</i> (A. Rich.) Kosterm.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Triumfetta galeottiana</i> Turcz.	C	M	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Triumfetta grandiflora</i> Vahl	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Triumfetta semitriloba</i> Jacq.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+	+	
MELASTOMATACEAE											
<i>Arthrostemma primaevum</i> Almeda	HP	M	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
<i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don ex DC.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		+
<i>Heterocentron elegans</i> (Schltdl.) Kuntze	SA	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Heterocentron subtriplinervium</i> (Link & Otto) A. Braun & C.D. Bouché	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Leandra cornoides</i> (Schltdl. & Cham.) Cogn.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Miconia</i> cf. <i>affinis</i> DC.	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No				+
<i>Miconia</i> cf. <i>sylvatica</i> (Schltdl.) Naudin	C	M	Nat	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Miconia lonchophylla</i> Naudin	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC	C	AD	Nat	Nativo	No	LC	No				+
<i>Miconia moorei</i> Wurdack	C	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Miconia oligotricha</i> (DC.) Naudin	C/A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Miconia</i> sp.	C	NA	NA	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Topobea laevigata</i> (D. Don) Naudin	A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
MELIACEAE											
<i>Guarea grandifolia</i> DC.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
MENISPERMACEAE											
<i>Cissampelos pareira</i> L.	H-trepador	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
MORACEAE											
<i>Ficus turrialbana</i> W.C. Burger	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No				+
<i>Trophis mexicana</i> (Liebm.) Bureau	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		+
MUSACEAE											
<i>Musa ornata</i> Roxb.	A	Cos	Cul	Introducido	No	No	No		+		+
MYRICACEAE											
<i>Morella cerifera</i> (L.) Small	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
MYRTACEAE											
<i>Eugenia capuli</i> (Schltdl. & Cham.) Hook. & Arn.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	LC	No		+		
<i>Eugenia karwinskyana</i> O. Berg	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Psidium guajava</i> L.	A	AD	Cul	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	A	Cos	Dis	Introducido	No	LC	No		+		+
NYSSACEAE											
cf. <i>Nyssa sylvatica</i> Marshall	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		
OLEACEAE											
<i>Forestiera reticulata</i> Torr.	A	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
ONAGRACEAE											
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No	+			+
ORCHIDACEAE											
<i>Brassia verrucosa</i> Lindl.	E	AD	Nat	Nativo	No	LC	A II		+		+
<i>Cyclopogon cranichoides</i> (Griseb.) Schltr.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	A II				+
<i>Dichaea glauca</i> (Sw.) Lindl.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		+
<i>Dichaea neglecta</i> Schltr.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		
<i>Dichaea</i> sp.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		+
<i>Dinema polybulbon</i> (Sw.) McVaugh	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II				+
<i>Gongora galeata</i> (Lindl. ex G. Lodd.) Rchb. f.	E	M	Nat	Nativo	No	No	A II		+		
<i>Habenaria odontopetala</i> Rchb. f.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	A II				+
<i>Habenaria</i> sp.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		
<i>Isochilus major</i> Schltld. & Cham.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		+
<i>Isochilus</i> sp.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		+
<i>Jacquinilla</i> sp.	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II				+
<i>Lycaste</i> sp.	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II		+		



SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Malaxis fastigiata</i> (Rchb. f.) Kuntze	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	A II				+
<i>Maxillaria</i> sp.	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II		+		+
<i>Maxillaria variabilis</i> Bateman ex Lindl.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		
<i>Mormodes maculata</i> (Klotzsch) L.O.Williams var. <i>unicolor</i> (Hook.) L.O.Williams	E	M	Nat	Nativo	A*	No	A II		+		+
<i>Nidema boothii</i> (Lindl.) Schltr.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II				+
Orchidaceae sp.1	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II		+		
Orchidaceae sp.2	HP	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II				+
Orchidaceae sp.3	HP	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II				+
Orchidaceae sp.4	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II		+		
<i>Prosthechea pseudopygmaea</i> (Finet) W.E. Higgins	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		+
<i>Prosthechea rhynchophora</i> (A. Rich. & Galeotti) W.E. Higgins	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		+
<i>Prosthechea</i> sp.	E	AD	Nat	Nativo	NA	NA	A II		+		+
<i>Prosthechea vitellina</i> (Lindl.) W.E. Higgins	E	AD	Nat	Nativo	Pr*	No	A II		+		+
<i>Sobralia macrantha</i> Lindl.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II		+		
<i>Stanhopea</i> sp.	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II		+		+
<i>Stelis platystylis</i> (Schltr.) Solano & Soto Arenas	E	E-L	Nat	Nativo	No	No	A II		+		
<i>Stelis</i> sp.	E	NA	Nat	Nativo	NA	NA	A II		+		
<i>Trichosalpinx blaisdellii</i> (S.Watson) Luer	E	AD	Nat	Nativo	No	No	A II				+
OROBANCHACEAE											
<i>Castilleja arvensis</i> Schldl. & Cham.	HA	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No	+			

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
OXALIDACEAE											
<i>Oxalis alpina</i> (Rose) Rose ex R. Knuth	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Oxalis corniculata</i> L.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+		+	+
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
PAPAVERACEAE											
<i>Bocconia frutescens</i> L.	C/A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
PASSIFLORACEAE											
<i>Passiflora alata</i> Curtis	H-trepador	AD	Dis	Introducido	No	No	No		+		
<i>Passiflora biflora</i> Lam.	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Passiflora rugosissima</i> Killip	H-trepador	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
PENTAPHYLACACEAE											
cf. <i>Cleyera theaeoides</i> (Sw.) Choisy	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
PHYTOLACCACEAE											
<i>Phytolacca icosandra</i> L.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
PIPERACEAE											
<i>Peperomia arboricola</i> C. DC.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Peperomia</i> cf. <i>blanda</i> (Jacq.) Kunth	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Peperomia</i> cf. <i>collocata</i> Trel.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Peperomia consoquitlana</i> C. DC.	E/HP	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Peperomia glabella</i> (Sw.) A.Dietr.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Peperomia lanceolata</i> C. DC.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Peperomia pseudoalpina</i> Trel.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Peperomia</i> sp.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Peperomia tenerrima</i> Schltl. & Cham.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Peperomia tetraphylla</i> Hook & Arn.	E	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Piper amalago</i> L.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Piper auritum</i> Kunth	SA	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Piper fraguanum</i> Trel.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Piper lapathifolium</i> (Kunth) Steud.	A	E-L	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Piper schiedeana</i> Steud.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Piper</i> sp. novo	C	E-L	Nat	Nativo	NA	NA	No		+		
<i>Piper umbellatum</i> L.	SA	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
PLANTAGINACEAE											
<i>Plantago australis</i> Lam.	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No	+		+	
<i>Plantago major</i> L.	HP	Cos	Dis	Introducido	No	No	No			+	
PLATANACEAE											
<i>Platanus mexicana</i> Moric.	A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
POACEAE											
<i>Andropogon bicornis</i> L.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	
<i>Cenchrus bambusiformis</i> (E. Fourn.) Morrone	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+			
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	HP	Cos	Dis	Introducido	No	No	No	+			
<i>Dichantherium viscidellum</i> (Scribn.) Gould	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	HP	Cos	Dis	Introducido	No	No	No			+	
<i>Lasiacis divaricata</i> (L.) Hitchc.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Lasiacis procerrima</i> (Hack.) Hitchc.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Oplismenus compositus</i> (L.) P. Beauv.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Paspalum conjugatum</i> P.J. Bergius	HP	Cos	Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Paspalum prostratum</i> Scribn. & Merr.	HA	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No			+	
<i>Paspalum</i> sp.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Paspalum squamulatum</i> E. Fourn.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	
<i>Peyritschia deyeuxioides</i> (Kunth) Finot	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+			
<i>Pseudechinolaena polystachya</i> (Kunth) Stapf	HP	M	Dis	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No	+		+	
<i>Zeugites americanus</i> Willd.	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
POLEMONIACEAE											
<i>Cobaea baurita</i> Standl.	H-trepador	E-L	Nat	Nativo	No	No	No		+		
POLYGONACEAE											
<i>Persicaria capitata</i> (Buch.-Ham. ex D. Don) H. Gross	HP	Cos	Dis	Introducido	No	No	No		+		
PRIMULACEAE											
<i>Ardisia compressa</i> Kunth	A	AD	Dis	Nativo	No	LC	No				+
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	A	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Parathesis psychotrioides</i> Lundell	C	M	Nat	Nativo	No	No	No				+
RANUNCULACEAE											

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Clematis grossa</i> Benth.	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Ranunculus petiolaris</i> Humb., Bonpl. & Kunth ex DC.	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No	+	+	+	+
<i>Thalictrum gibbosum</i> Lecoy.	HP	M	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
RHAMNACEAE											
<i>Frangula capreifolia</i> (Schltdl.) Grubov	A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Frangula longistyla</i> (C.B. Wolf) A. Pool	A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
cf. <i>Rhamnus pompana</i> M.C. Johnst. & L.A. Johnst.	C/A	M	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
ROSACEAE											
<i>Agrimonia pringlei</i> Rydb.	HP	E-L	Dis	Nativo	No	No	No				+
cf. <i>Prunus samydoides</i> Schltdl.	A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	A	Cos	Cul	Introducido	No	No	No				+
<i>Rubus coriifolius</i> Liebm.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Rubus eriocarpus</i> Liebm.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Rubus schiedeanus</i> Steud.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Rubus</i> sp.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+	+	+
RUBIACEAE											
<i>Arachnothryx capitellata</i> (Hemsl.) Borhidi	A	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Coccocypselum hirsutum</i> Bartl. ex DC.	HP	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Coffea arabica</i> L	A	Cos	Cul	Introducido	No	EN	No		+		+
<i>Crusea calocephala</i> DC.	HP	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No			+	+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Galianthe brasiliensis</i> (Spreng.) E.L. Cabral & Bacigalupo	C	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Hoffmannia nicotianifolia</i> (M. Martens & Galeotti) L. O. Williams	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Hoffmannia konzattii</i> B.L. Rob.	C	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Oldenlandia microtheca</i> (Schltdl. & Cham.) DC.	HP	M	Nat/Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Palicourea padifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) C.M. Taylor & Lorence	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Palicourea tetragona</i> (Donn. Sm.) C.M. Taylor & Lorence	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Psychotria simiarum</i> Standl.	A/C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Sommeria arborescens</i> Schltdl.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Spermacoce confusa</i> Rendle	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Spermacoce remota</i> Lam.	HP	Cos	Dis	Nativo	No	No	No		+	+	+
RUTACEAE											
<i>Citrus × aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	A	Cos	Cul	Introducido	No	No	No				+
<i>Citrus aurantium</i> L.	A	Cos	Cul	Introducido	No	No	No		+		+
<i>Citrus medica</i> L.	A	Cos	Cul	Introducido	No	No	No				+
<i>Citrus</i> sp.	A	Cos	Cul	Introducido	No	No	No				+
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	A/C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
SABIACEAE											
<i>Meliosma alba</i> (Schltdl.) Walp.	A	Cos	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		
SALICACEAE											
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Xylosma flexuosa</i> (Kunth) Hemsl.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Xylosma panamensis</i> Turcz.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
SAPINDACEAE											
<i>Billia hippocastanum</i> Peyr.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Serjania racemosa</i> Schumach.	C-trepador	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
SCHISANDRACEAE											
<i>Illicium floridanum</i> J. Ellis	A	AD	Nat	Nativo	No	LC	No		+		
SMILACACEAE											
<i>Smilax aristolochiifolia</i> Mill.	L	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Smilax aspera</i> L.	L	Cos	Dis	Introducido	No	No	No				+
<i>Smilax glauca</i> Walter	L	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Smilax mollis</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	L	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Smilax</i> sp.	L	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
SOLANACEAE											
<i>Brugmansia candida</i> Pers.	C	AD	Dis	Introducido	No	No	No				+
<i>Cestrum fasciculatum</i> (Schltdl.) Miers	C	E-L	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Cestrum nocturnum</i> L.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Cestrum</i> cf. <i>racemosum</i> Ruiz & Pav.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Cestrum</i> sp.	C/A	NA	NA	Nativo	NA	NA	No				+
<i>Lycianthes geminiflora</i> (M. Martens & Galeotti) Bitter	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+

SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Solanum aphyodendron</i> S. Knapp	A/C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Solanum betaceum</i> Cav.	A	AD	Cul	Introducido	No	No	No				+
<i>Solanum capsicoides</i> All.	C	Cos	Dis	Introducido	No	No	No			+	
<i>Solanum chrysotrichum</i> Schltdl.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Solanum erianthum</i> D. Don	A	Cos	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Solanum lanceolatum</i> Cav.	C	AD	Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Solanum myriacanthum</i> Dunal	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Solanum nigricans</i> M. Martens & Galeotti	C/A	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Solanum nudum</i> Dunal	A/C	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+	+	+
<i>Solanum schlechtendalianum</i> Walp.	C	AD	Nat	Nativo	No	No	No				+
<i>Solanum skutchii</i> Correll	H-trepador	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Witheringia solanacea</i> L'Hér.	C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
STAPHYLEACEAE											
<i>Turpinia insignis</i> (Kunth) Tul.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
SYMPLOCACEAE											
<i>Symplocos coccinea</i> Bonpl.	A	M	Nat	Nativo	Pr*	VU	No		+		
ULMACEAE											
<i>Ulmus mexicana</i> (Liebm.) Planch.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
URTICACEAE											
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	A	AD	Dis	Nativo	No	LC	No		+		+



SUBCLASE / FAMILIA / Especie	Forma de vida	Distribución	Indicador	Origen	NOM-059	IUCN	CITES	AGR	BMM	PAS	VSA/CAF
<i>Laportea canadensis</i> (L.) Wedd.	A	AD	Nat	Nativo	No	No	No		+		
<i>Pilea pubescens</i> Liebm.	HA	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	A/C	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Urtica mexicana</i> Liebm.	HP	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		+
VERBENACEAE											
<i>Lantana camara</i> L.	C	AD	Dis	Nativo	No	No	No			+	+
<i>Lippia myriocephala</i> Schlttdl. & Cham.	A	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		+
<i>Phyla scaberrima</i> (A. Juss. ex Pers.) Moldenke	HP	AD	Dis	Nativo	No	No	No				+
VITACEAE											
<i>Vitis tiliifolia</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	L	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No				+
<i>Vitis popenoei</i> J.L. Fennell	L	M	Nat	Nativo	No	No	No		+		
ZINGIBERACEAE											
<i>Hedychium coronarium</i> J. Koenig	SA	Cos	Dis	Introducido	No	No	No		+		
<i>Renalmia mexicana</i> Klotzsch ex Petersen	SA	AD	Nat/Dis	Nativo	No	No	No		+		

## **Anexo 2 – Características de los sensores de donde se obtuvieron las imágenes empleadas**

- 1) Imagen del Año: 2005  
Fuente: SPOT 5  
Órbita: Heliosincrónica  
Altitud: 832 km  
Revisita: 26 días  
Ángulo de observación: Máximo +/- 27° en rolido  
Resolución espacial: 10m  
Resolución espectral: Multiespectral
  - verde: 0,50 - 0,59  $\mu\text{m}$  (B1)
  - rojo: 0,61 - 0,68  $\mu\text{m}$  (B2)
  - infrarrojo cercano (NIR): 0,78 - 0,89  $\mu\text{m}$  (B3)
  - infrarrojo medio (MIR): 1,58 - 1,75  $\mu\text{m}$  (B4)Nivel de procesamiento: L2A - correcciones radiométricas y geométricas, con proyección cartográfica (UTM WGS84) y ortorectificada  
Sistema de coordenadas: Datum WGS84 y sistema de proyección UTM (EPSG: 32719 / 32720 / 32721)  
Formato de la imagen: DIMAO GeoTIFF
  
- 2) Imagen del Año: 2018  
Fuente: SPOT 7  
Órbita: Heliosincrónica  
Altitud: 694 km  
Revisita: 26 días  
Ángulo de observación: Estándar +/- 30° en rolido  
Ampliado +/- 45° en rolido  
Resolución espacial: 6m

Resolución espectral: Multiespectral

azul: 0,45 - 0,52  $\mu\text{m}$  (B3)

verde: 0,53 - 0,59  $\mu\text{m}$  (B2)

rojo: 0,625 - 0,695  $\mu\text{m}$  (B1)

infrarrojo cercano: 0,76 - 0,89  $\mu\text{m}$  (B4)

infrarrojo medio (MIR): 1,58 - 1,75  $\mu\text{m}$  (B4)

Nivel de procesamiento: L2A - correcciones radiométricas y geométricas, con proyección cartográfica (UTM WGS84) y ortorectificada

Sistema de coordenadas: Datum WGS84 y sistema de proyección UTM  
(EPSG: 32719 / 32720 / 32721)

Formato de la imagen: DIMAO GeoTIFF

### Anexo 3 – Encuesta

Este cuestionario tiene la finalidad de registrar los costos, bienes sustitutos o gastos de recolección de diferentes productos derivados de las especies de flora en la localidad de San Juan Tahitic. Forma parte del proyecto de investigación de los estudios de doctorado en Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados que la encuestadora realiza. Sus respuestas son confidenciales y sólo serán utilizadas con los fines antes descritos.

El cuestionario está dividido en dos partes:

- 1) Características socioeconómicas de la persona entrevistada. La persona debe de vivir en la localidad o en el área de influencia y ser económicamente activa, o bien, jefe(a) de familia
- 2) Valor de uso directo de consumo. Esta sección pretende obtener información sobre el valor que tiene la flora utilizada de manera habitual por la persona entrevistada, este valor puede ser monetario (si la persona lo compra, lo vende o paga por su recolección); o bien, si lo recolecta para autoconsumo, en este caso, el valor se pretende obtener de manera indirecta mediante el tiempo que se gasta en su recolección o a través del valor de un bien sustituto.

#### DATOS GENERALES

- |                          |           |                                |                             |
|--------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. Edad                  |           |                                | <input type="checkbox"/> N1 |
| 2. Sexo                  | 1) Hombre | 2) Mujer                       | <input type="checkbox"/> L1 |
| 3. Estado civil          |           |                                | <input type="checkbox"/> L2 |
| 1) Soltero(a)            |           | 4) Divorciado(a)               |                             |
| 2) Unión libre           |           | 5) Separado(a)                 |                             |
| 3) Casado(a)             |           | 6) Viudo(a)                    |                             |
| 4. Escolaridad           |           |                                | <input type="checkbox"/> L3 |
| 1) Sin instrucción       |           | 8) Licenciatura trunca         |                             |
| 2) Primaria trunca       |           | 9) Licenciatura completa o más |                             |
| 3) Primaria completa     |           |                                |                             |
| 4) Secundaria trunca     |           |                                |                             |
| 5) Secundaria completa   |           |                                |                             |
| 6) Preparatoria trunca   |           |                                |                             |
| 7) Preparatoria completa |           |                                |                             |

5. ¿Su ingreso mayoritario proviene de alguna actividad realizada dentro de la comunidad?  **L4**

- 0) No (Pase a Pregunta 6)
- 1) Sí (Pase a Pregunta 7)
- 2) Sin ingreso (Pase a Pregunta 12)

6. ¿De dónde proviene su ingreso? (señale y ordene de acuerdo con la importancia de cada fuente: 1=fuente más importante; 4= menos importante)

- 1) Mi familia trabaja fuera del pueblo  **L5**
- 2) Yo trabajo fuera del pueblo  **L6**
- 3) Remesas de EUA  **L7**
- 4) Programas sociales  **L8**
- 5) Otro (especifique) \_\_\_\_\_  **L9**

7. ¿De dónde proviene su ingreso? (señale: 1=fuente más importante; 2, 3= menos importante)

- 1) Actividades agrícolas  **L10**
- 2) Actividades pecuarias  **L11**
- 3) De comercio  **L12**
- 4) De brindar servicios  **L13**
- 5) Programas sociales  **L14**
- 6) Venta de leña u otros productos no maderables  **L15**
- 7) Renta de tierra o casa  **L16**
- 8) Otro (especifique) \_\_\_\_\_  **L17**

8. ¿Le pagan o paga por un jornal?

- 0) No (Pase a Pregunta 10)
- 1) Sí (Pase a Pregunta 9)  **L18**

9. ¿Cuánto se paga por el jornal en la comunidad?  **N2**

10. Los ingresos que usted percibe por la(s) actividades que realiza son suficientes para cubrir

- |                 |       |       |                                     |
|-----------------|-------|-------|-------------------------------------|
| a) Alimentación | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L19</b> |
| b) Salud        | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L20</b> |
| c) Vestido      | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L21</b> |
| d) Vivienda     | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L22</b> |
| e) Otros        | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L23</b> |

11. ¿Qué porcentaje ahorra?  **N3**



Actividad / Tipo	Propiedad	Ejido	Otro	Total
Agrícola	N79	N80	N81	N82
Pecuario	N83	N84	N85	N86
Agroforestal	N87	N88	N89	N90
Forestal	N91	N92	N93	N94
Sin uso	N95	N96	N97	N98
<b>Renta para uso:</b>				
Agrícola	N99	N100	N101	N102
Pecuario	N103	N104	N105	N106
Agroforestal	N107	N108	N109	N110
Forestal	N111	N112	N113	N114

19. En caso de la venta ¿cuánto cuesta algún terreno?

Actividad / Tipo	Tamaño	Distancia al pueblo (hrs)	Precio
Agrícola	N115	N116	N117
Pecuario	N118	N119	N120
Agroforestal	N121	N122	N123
Forestal	N124	N125	N126
Sin uso	N127	N128	N129

## VALORACIÓN DEL USO DIRECTO

20. ¿Usted usa plantas o leña del bosque?

0) No (Fin del cuestionario)    1) Sí (Pase a Pregunta 21)

L25

21. ¿De las siguientes hierbas o árboles del bosque para cubrir sus necesidades? Contestar las siguientes preguntas:

- ¿Con qué frecuencia lo recolecta o manda recolectar?  
1) Diario, 2) Cada tercer día, 3) Cada 8 días, 4) Cada 15 días, 5) Mensual, 6) Cada 2 ó 3 meses, 7) Cada medio años, 8) Una vez al año
- ¿Cuánto se tarda en recolectarlo?
- ¿Cuánto paga por mandar recolectarlo?
- ¿Cuánto recolecta? (Unidad de medida y cantidad)
- ¿Lo utiliza para autoconsumo o lo vende?
- ¿En cuánto lo vende?
- ¿Dónde lo vende?  
1) Con los vecinos, 2) En tiendas del pueblo, 3) Hasta el centro de Zacapoaxtla
- Si lo necesita comprar ¿Cuánto cuesta?
- Si no hay disponibilidad ¿Qué usa en su lugar? (Producto sustituto)

- ¿Dónde lo consigue? (Producto sustituto)  
1) Con los vecinos, 2) En tiendas del pueblo, 3) Hasta el centro de Zacapoaxtla
- ¿Cuánto cuesta y cuánto es la medida (Producto sustituto)

<b>Tipo de uso</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Especie</b>
Alimento	aguakat, aguacate	<i>Persea americana</i>
Alimento	checheleh	<i>Bomarea acutifolia</i>
Alimento	ixot/ ixote	<i>Yucca sp.</i>
Alimento	pesmat/pesma test (sic)	<i>Marattia weinmanniifolia</i>
Alimento	michpa	<i>Meliosma alba</i>
Alimento	xa:lkapolin	<i>Ardisia sp.</i>
Alimento	xlokapolin	<i>Prunus serotina</i>
Alimento	xokoyolin /agrio en el centro/yekxokoyolin	<i>Begonia multistaminea</i>
Alimento	chirimolla //	<i>Annona cherimola</i>
Alimento	guayaba//	<i>Psidium guajava</i>
Artesanal	chichik takot/ amarga vara	<i>Ageratina cardiophylla</i>
Cerca	colorín	<i>Erythrina coralloides</i>
Cerca	ixot/ ixote	<i>Yucca sp.</i>
Cerca	coyopalin	<i>Lyonia sp.</i>
Combustible	a:wa:t	<i>Quercus spp.</i>
Combustible	akal ocot	<i>Pinus chiapensis</i>
Combustible	chilillo	<i>Myrsine sp.</i>
Combustible	i:li:t	<i>Alnus acuminata</i>
Combustible	ista:wa:t	<i>Saurauia cana</i>
Combustible	kakasakani/ palo amarillo	<i>Frangula capreifolia</i>
Combustible	kiowiskowit	<i>Meliosma alba</i>
Combustible	ma:ahalax	<i>Dendropanax arboreus</i>
Combustible	ocot	<i>Pinus spp.</i>
Combustible	okotsokowit	<i>Liquidambar styraciflua .</i>
Combustible	escolin	<i>Gaultheria erecta</i>
Combustible	kwawtah teswat	<i>Miconia oligotricha</i>
Combustible	pa:pa:lo:kwowit	<i>Platanus mexicana</i>
Combustible	teswat	<i>Conostegia icosandra</i>
Combustible	tamahmalwa:s	<i>Clethra schlehtendalii</i>



Combustible	tepe ilit/ Cerro ilit	<i>Carpinus tropicalis</i>
Combustible	to:to:kowit/ta:pa:t kowit/	<i>Brunellia mexicana</i>
Combustible	xo:no:t	<i>Heliocarpus spp</i>
Construcción	a:wa:t	<i>Quercus spp.</i>
Construcción	akal ocot	<i>Pinus chiapensis</i>
Construcción	ocot	<i>Pinus spp.</i>
Construcción	pesmakowit/ista:k pesmakowit/kowpesma	<i>Cyatheaceae spp.</i>
Construcción	pesmatsi:n	<i>Diplazium sp.</i>
Construcción	pa:pa:lo:kwowit	<i>Platanus mexicana</i>
Especia	nakastekilit / tekelite	<i>Peperomia peltimba</i>
Especia	laurel	<i>Litsea glaucescens</i>
Especia	nakas burro/ oreja burro	<i>Peperomia maculosa</i>
Especia	xokoyo:lin	<i>Begonia cf. multistaminea</i>
Forraje	ma:talin	<i>Tinantia erecta</i>
Forraje	pesmat tsitsi	<i>Asplenium sphaerosporum</i>
Forraje	witstoloh	<i>Triumfetta sp.</i>
Instrumento de trabajo	coyopalin	<i>Lyonia sp.</i>
Jabón	po:potoxiwit	<i>Salvia longispicata</i>
Lazo	barba de chivo/istak Kumekat/	<i>Clematis grossa</i>
Lúdico	kekexkil- akat	<i>Ageratina rivalis</i>
Medicinal	a:wa:t/borreguillo	<i>Quercus obtusata</i>
Medicinal	cola de caballo	<i>Equisetum spp.</i>
Medicinal	garrapata xiwit	<i>Valeriana cf. candolleana</i>
Medicinal	kalawa:lah /kalawasah	<i>Phlebodium pseudoaureum</i>
Medicinal	o:mekilit	<i>Piper auritum</i>
Medicinal	caña del venado	<i>Costus sp.</i>
Medicinal	cha:ntsi:n	<i>Salvia roscida</i>
Medicinal	chichi:ktako:t	<i>Ageratina ligustrina</i>
Medicinal	cordoncillo	<i>Piper umbellatum</i>
Medicinal	kwowtah sila:ntroh	<i>Thalictrum strigillosum</i>
Medicinal	xo:me:t	<i>Sambucus nigra</i>
Ornamental	chomoki	<i>Heliconia bourgaeana</i>

Ornamental	cola de gato/kopach	<i>Lycopodium/ Lycopodiella spp.</i>
Ornamental	kowtah xiwa:ntsi:n	<i>Coelia macrostachya</i>
Ornamental	ohjpal Xochit / nopal flor	<i>Disocactus spp.</i>
Ornamental	pe:pesma/pe:pesmatsitsi:n	<i>Dryop. Patu /Selag. stellata</i>
Ornamental	aretillo	<i>Hydrocotyle sp.</i>
Ornamental	canela xiwit	<i>Hedychium coronarium</i>
Ornamental	flor de mayo	<i>Zephyranthes carinata</i>
Ornamental	itsmit	<i>Sedum confusum</i>
Ornamental	kuouta chamaki	<i>Heliconia schiedeana</i>
Ornamental	semanasa:ntah xo:chit	<i>Heterocentron elegans</i>
Ornamental	sisipotsitsin	<i>Sedum jurgensenii</i>
Ornamental	texi:lo:t	<i>Chamaedorea cf. oblongata</i>
Ornamental	xochi maxal, flor ramado	<i>Tillandsia spp.</i>
Ornamental	tate:mpancho:kani	<i>Sobralia macrantha</i>
Ornamental	tepe xochit /cerro flor	<i>Pitcairnia sp.</i>
Ornamental	tepezin / tepezintle	<i>Ceratozamia sp.</i>
Ornamental	wiwilakani/wilaka xo:chit	<i>Malvaviscus arboreus</i>
Temazcal	o:mekilit	<i>Piper auritum</i>
Temazcal	pesma para ika se: mote:ma	<i>Lophosoria quadripinnata</i>

VALORACIÓN DE NO USO

22. ¿Considera importante conservar el bosque en su comunidad?

0) No (Pase a Pregunta 24)      1) Sí

**L26**

23. ¿Por qué?

1) Es fuente de recursos

0) No      1) Sí

**L27**

2) Da aire limpio

0) No      1) Sí

**L28**

3) Provee agua

0) No      1) Sí

**L29**

4) Evita deslaves

0) No      1) Sí

**L30**

5) Contiene especies de flora y fauna

0) No      1) Sí

**L31**

6) Es importante para las futuras generaciones

0) No      1) Sí

**L32**

7) Otro (especifique) \_\_\_\_\_

**L33**

ESTABLECER IMPORTANCIA DEL BIEN AMBIENTAL EVALUADO:

1) Presentar diapositivas (en una tableta electrónica) con imágenes que refieran la importancia del bosque mesófilo en cuanto al resguardo de diversidad vegetal

2) Presentar diapositivas sobre la problemática de extinción de especies locales

24. Del 1 al 10 ¿Qué tan importante considera que las especies de plantas de su comunidad sigan existiendo? (1= Nada importante, 10=Muy importante)  **L34**

25. Del 1 al 10 ¿Qué tan importante considera que las generaciones futuras tengan la oportunidad de tener las plantas que actualmente existen? (1= Nada importante, 10=Muy importante)  **L35**

26. ¿Considera que el bosque de su localidad puede ser desmontado, sin ninguna acción de compensación (dar un pago en dinero, en especie o realizar actividades a cambio del desmonte)?

0) No

1) Sí

2) Tal vez

**L36**

27. ¿Qué tan grande debe ser la superficie de bosque desmontada para que se requiera de una compensación?  **L37**

0) Ninguna      1) Cualquier tamaño      2) 1 ha      3) 100 ha      4) más de 100 ha

28. En la superficie elegida ¿Qué actividades requerirían de compensación?

Cualquier actividad	0) No (pasar a los siguientes puntos) 1) Sí	<b>L38</b>
Establecer potreros	0) No      1) Sí	<b>L39</b>
Construcción de una mina	0) No      1) Sí	<b>L40</b>
Cultivos de café	0) No      1) Sí	<b>L41</b>

Establecer campos agrícolas	0) No	1) Sí	<b>L42</b>
Construcción de una presa hidroeléctrica	0) No	1) Sí	<b>L43</b>
Extracción de madera	0) No	1) Sí	<b>L44</b>
Construcción de una fábrica o bodega	0) No	1) Sí	<b>L45</b>

\*\*En caso de contestar todas las opciones NO o NADA desde la pregunta 17, terminar el cuestionario

29. Las personas que desmontan estas superficies, ¿qué deberían hacer para compensar el impacto al bosque? (puede haber más de una opción)

- |  |       |       |                                     |
|--|-------|-------|-------------------------------------|
| 1) Hacer faenas para la comunidad            | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L46</b> |
| 2) Hacer un pago en dinero a las autoridades | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L47</b> |
| 3) Hacer un pago en dinero a la comunidad    | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L48</b> |
| 4) Hacer un pago en especie a la comunidad   | 0) No | 1) Sí | <input type="checkbox"/> <b>L49</b> |
| 5) Otro (especifique) _____                  |       |       | <input type="checkbox"/> <b>L50</b> |

---

ESTABLECER MERCADO SIMULADO:

*Status quo (escenario 1)*

Actualmente, la localidad de San Juan cuenta con tierras cubiertas por bosque de buena calidad y que aún resguardan un importante número de plantas.

En una superficie de 400 m<sup>2</sup> cubierta por estos bosques es posible encontrar 70 especies de plantas, árboles grandes (mayores a 25 m de alto) y abundantes. Para llegar a ellos es necesario caminar 1 ½ horas en promedio desde el centro de la localidad.

*Escenarios alternativos*

Suponiendo que se practicaran actividades como las mencionadas en este cuestionario (pregunta 19), que trajeran como consecuencia una afectación a los bosques a cierta distancia del centro de la población, que implica:

- menor cantidad de especies de plantas,
- árboles más pequeños y menos abundantes

¿Usted aceptaría la afectación? De los siguientes escenarios, incluyendo el número 1 (estado actual sin afectación), elija cuál sería el de su preferencia considerando las condiciones del bosque ante una afectación, su distancia al centro del pueblo y el valor de una compensación que se daría a cada familia, de forma anual, por 20 años.

# Anexo 4 – Diapositivas y combinaciones presentadas para establecer el mercado simulado y el experimento de elección

## A) Diapositivas utilizadas para establecer el mercado simulado

1) 

2) **Riqueza de especies**  


Grupo	Cantidad de especies	Lugar mundial
Plantas	27 704	5º lugar mundial
Mamíferos	525	2º lugar mundial
Reptiles	904	2º lugar mundial
Anfibios	361	4º lugar mundial
Aves	1 282	11º lugar mundial

3) 

Bosque Mesófilo de Montaña

Bosque con mayor riqueza (cantidad) de especies de plantas

















































4) **SAN JUAN TAHITIC = BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA**  































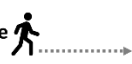















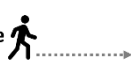


5) **Especies en peligro**  


6) 

B) Combinaciones presentadas para los juegos de elección

<p><b>ESCENARIO 1</b></p> <p>Número de especies: <b>350</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Grandes y abundantes</b></p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b></p> <p>Sin compensación</p>	<p><b>ESCENARIO 29</b></p> <p>Número de especies: <b>150</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Grandes y abundantes</b></p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>	<p><b>ESCENARIO 31</b></p> <p>Número de especies: <b>350</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b></p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>
<p><b>ESCENARIO 32</b></p> <p>Número de especies: <b>150</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b></p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>	<p><b>ESCENARIO 33</b></p> <p>Número de especies: <b>35</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b></p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>	<p><b>ESCENARIO 35</b></p> <p>Número de especies: <b>150</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b></p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>
<p><b>ESCENARIO 36</b></p> <p>Número de especies: <b>35</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b></p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>	<p><b>ESCENARIO 38</b></p> <p>Número de especies: <b>150</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Grandes y abundantes</b></p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>	<p><b>ESCENARIO 40</b></p> <p>Número de especies: <b>350</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b></p> <p>Distancia: <b>150 min a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>
<p><b>ESCENARIO 41</b></p> <p>Número de especies: <b>150</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b></p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>	<p><b>ESCENARIO 42</b></p> <p>Número de especies: <b>35</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b></p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>	<p><b>ESCENARIO 44</b></p> <p>Número de especies: <b>150</b></p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b></p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b></p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b></p>

<p><b>ESCENARIO 45</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b> </p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 47</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Grandes y abundantes</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 49</b></p> <p>Número de especies: 350 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b> </p>
<p><b>ESCENARIO 50</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 51</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 53</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b> </p>
<p><b>ESCENARIO 54</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$5,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 56</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Grandes y abundantes</b> </p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 58</b></p> <p>Número de especies: 350 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>
<p><b>ESCENARIO 59</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 60</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 62</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b> </p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>

<p><b>ESCENARIO 63</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b> </p> <p>Distancia: <b>1.5hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 65</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Grandes y abundantes</b> </p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 67</b></p> <p>Número de especies: 350 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>
<p><b>ESCENARIO 68</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 69</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 72</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b> </p> <p>Distancia: <b>40 min a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>
<p><b>ESCENARIO 74</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Grandes y abundantes</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 76</b></p> <p>Número de especies: 350 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 77</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>
<p><b>ESCENARIO 78</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Medianos y regulares</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 80</b></p> <p>Número de especies: 150 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>	<p><b>ESCENARIO 81</b></p> <p>Número de especies: 35 </p> <p>Tamaño y abundancia: <b>Pequeños y escasos</b> </p> <p>Distancia: <b>2.5 hrs a pie</b> </p> <p>Compensación: <b>\$1,000 anuales</b> </p>