



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE GEOGRAFÍA**

**CARACTERIZACIÓN DEL GRADO DE  
CONSERVACIÓN DE LOS BOSQUES DE CONÍFERAS  
EN EL PARQUE NACIONAL PICO DE ORIZABA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**LICENCIADO EN GEOGRAFÍA**

**PRESENTA:**

**JESUS ALEJANDRO JARAZO OCAMPO**

**ASESOR:**

**DR. SERGIO FRANCO MAASS**

**REVISORES:**

**DR. ANGEL ROLANDO ENDARA AGRAMONT**

**DRA. CLARITA RODRÍGUEZ SOTO**



**TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO**

## Índice

<b>I. Introducción</b> .....	7
<b>I.1 Justificación</b> .....	8
<b>I.2 Problemática</b> .....	9
<b>I.3 Objetivos</b> .....	9
I.3.1 Objetivo general.....	9
I.3.2 Objetivos específicos .....	9
<b>I.4 Hipótesis</b> .....	9
<b>I.5 Antecedentes</b> .....	10
I.5.1 Sobre el tema de investigación.....	10
I.5.2 Sobre la zona de estudio.....	12
<b>II. Marco Teórico</b> .....	16
<b>II.1 Los bosques de coníferas de México</b> .....	16
II.1.1 Características generales.....	16
II.1.2 Distribución .....	17
II.1.3 Problemáticas para su conservación .....	18
<b>II.2 La conservación de los ecosistemas forestales</b> .....	22
II.2.1 Que se entiende por conservación forestal .....	22
II.2.2 Aspectos que se deben considerar para caracterizar el grado de conservación forestal .....	23
II.2.3 Problemáticas que inciden en la conservación de los ecosistemas forestales.....	26
II.2.4 La fragmentación de los bosques como indicativo del grado de conservación .....	29
II.2.5 Metodologías para determinar el grado de conservación de los bosques .....	32
<b>II.3 El papel de las comunidades locales en la conservación o deterioro de los bosques de coníferas</b> .....	35
<b>II.3.1 Factores antrópicos que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas</b> .....	35
i. Extracción de recursos forestales maderables .....	35
ii. Extracción de recursos forestales no maderables .....	37
iii. Deforestación y cambio de uso de suelo .....	39
iv. Las actividades pecuarias dentro del bosque .....	43
v. Los incendios forestales .....	45
<b>II.3.2 El papel de la conciencia ambiental para la conservación de los bosques</b> .....	46
I. El conocimiento de la población local de los impactos antrópicos negativos.....	46
II. El conocimiento y participación comunal en acciones de conservación de los bosques.....	47

<b>III. Metodología</b> .....	49
<b>III.1 La zona de estudio</b> .....	49
III.1.1 Parque Nacional Pico de Orizaba .....	49
<b>III.2 Los métodos de investigación</b> .....	51
III.2.1 Caracterización de los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba.....	52
III.2.2 Identificación de los procesos de cambio de ocupación del suelo de los bosques de coníferas del Pico de Orizaba. ....	53
III.2.3 Caracterización de las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas de la zona de estudio.....	55
<b>IV. Resultados</b> .....	70
IV.1 Cobertura forestal del Parque Nacional Pico de Orizaba en los años 2010 y 2021. ....	70
IV.2 Cambio de ocupación del suelo.....	73
IV.3 Conservación forestal en el Parque Nacional Pico de Orizaba a partir del análisis y evaluación multicriterio.....	76
IV.4 Información documental de tipo social, testimonios de habitantes de las comunidades originarias aledañas al Parque Nacional Pico de Orizaba sobre sus actividades relacionadas con sus bosques .....	82
<b>REFERENCIAS</b> .....	89
<b>Anexos</b> .....	97
<b>Estructura de formato de entrevista aplicada;</b> .....	98
<b>Formatos de levantamiento de datos en campo.</b> .....	99

### Índice de cuadros.

<b>Cuadro 1.</b> Esquema metodológico general. Elaboración propia. ....	51
<b>Cuadro 2.</b> Esquema metodológico, etapa 1.....	52
<b>Cuadro 3.</b> Esquema metodológico, etapa 2. Elaboración propia. ....	53
<b>Cuadro 4.</b> Esquema metodológico, etapa 3. Elaboración propia. ....	55
<b>Cuadro 5.</b> Matriz de comparación de criterios, variables de perturbación. Elaboración propia. ....	56
<b>Cuadro 6.</b> Matriz de comparación por pares normalizada. ....	57

### Índice de tablas.

<b>Tabla 1.</b> Matriz de cambio de ocupación del suelo 2010-2021.....	54
<b>Tabla 2.</b> Variables asociadas a intervención humana.....	55

## Índice de figuras.

<b>Figura 1.</b> Ubicación del Parque Nacional Pico de Orizaba. Elaboración propia.....	50
<b>Figura 2.</b> Áreas de muestreo. Elaboración propia .....	60
<b>Figura 3.</b> Distribución de áreas muestreadas con presencia de muérdago amarillo. Elaboración propia...	66
<b>Figura 4.</b> Cobertura forestal del PNPO, año 2010. Elaboración propia .....	71
<b>Figura 5.</b> Cobertura forestal del PNPO, año 2021. Elaboración propia .....	72
<b>Figura 6.</b> Cambio de ocupación del suelo. Elaboración propia .....	74
<b>Figura 7.</b> Pérdidas, ganancias y superficie sin cambios en la ocupación del suelo. Elaboración propia....	75
<b>Figura 8.</b> Grado de intervención humana sobre las áreas muestreadas del PNPO. Elaboración propia.....	78
<b>Figura 9.</b> Perturbación asociada a intervención humana e incidencia de <i>Aceuthobium globosum</i> (muérdago amarillo). Elaboración propia.....	81

## Índice de fotografías

<b>Fotografía 1.</b> Zona de estudio. Parque Nacional Pico de Orizaba.....	15
<b>Fotografía 2.</b> <i>Pinus Hartwegii</i> o pino de las alturas del Parque Nacional Pico de Orizaba.....	16
<b>Fotografía 3.</b> Día nublado en el Parque Nacional Pico de Orizaba.4000 msnm. ....	17
<b>Fotografía 4.</b> Plantas parásitas en <i>pinus hartwegii</i> . ....	24
<b>Fotografía 5.</b> Hongos en bosque de oyamel. PNPO. Cornetitas ( <i>turbillenus floccosus</i> ). ....	37
<b>Fotografía 6.</b> Don Abelino, actor local de la comunidad de Atzitzintla, Puebla en trabajo de campo.....	48
<b>Fotografía 7.</b> Bosque de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba. ....	52
<b>Fotografía 8.</b> Actores locales de la comunidad de Tlachichuca. ....	57
<b>Fotografía 9.</b> Muérdago amarillo ( <i>Arceuthobium globosum</i> ) en <i>pinus hartwegii</i> . Bosque del PNPO. ....	63
<b>Fotografía 10.</b> Individuo con gran nivel de infestación por muérdago amarillo. ....	64

## I. Introducción

Vivimos en un mundo cada vez más interconectado e interdependiente, en que es difícil delimitar las fronteras y los efectos económicos, sociales, ambientales y culturales de los bienes y servicios ambientales. En este contexto de bienes comunes de la humanidad, los bosques representan un recurso natural verdaderamente singular, que cubre casi el 30% de la superficie terrestre de nuestro planeta. Ayudan a contrarrestar el cambio climático, proteger la biodiversidad y garantizar los medios de vida de miles de millones de personas (McAlpine, 2012).

Los bosques cumplen con múltiples funciones ambientales y socioeconómicas importantes a nivel global, nacional y local. No sólo proporcionan beneficios recreativos o son resguardos para la diversidad biológica o grandes depósitos de carbono, sino que también proveen productos forestales maderables y no maderables que constituyen fuentes de ingreso para el sostenimiento de distintas comunidades (Serra et al., 2014).

La presente investigación hace referencia a la caracterización de la conservación forestal en los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba, en relación a las funciones ambientales a nivel local y regional que este Parque Nacional representa para las comunidades aledañas. Cuyo objetivo principal es determinar la relación existente entre el grado de conservación de estos bosques de coníferas y las actividades humanas que ejercen una fuerte presión provocando el deterioro ambiental. A partir de una caracterización de los bosques del Parque Nacional para identificar las necesidades de los habitantes por obtener beneficios económicos en torno a los recursos forestales.

Con miras al desarrollo y la búsqueda de beneficios económicos existe una evidente contradicción con respecto al sentido de pertenencia, identidad y conservación forestal por parte de las comunidades hacia su espacio. Ante este panorama, resulta interesante el desarrollo del actual estudio, pues la situación que se presenta en estos bosques no ha sido plenamente estudiada.

Parte de la metodología se basa en el trabajo de campo, realizado con la finalidad de determinar el nivel de conservación que están sufriendo los bosques en el Pico de Orizaba. Conformado por dos etapas, el establecimiento de sitios de muestreo para evaluar las condiciones ambientales presentes y una segunda etapa que consta de la aplicación de entrevistas a informantes clave sobre los principales motores que los motivan a explotar el bosque, haciendo énfasis en aspectos económicos, educativos y culturales.

## I.1 Justificación

Las prácticas y aprovechamiento sustentables en relación a los ecosistemas forestales involucran una serie de cuestiones de distinta índole, desde culturales hasta políticas. En este sentido, el uso sustentable de los recursos forestales resulta una tarea compleja de llevar a cabo por parte de los actores locales, que, en la mayoría de los casos ejercen una fuerte presión a estos espacios naturales. Lo que conlleva al deterioro ambiental y a una serie de problemáticas y consecuencias que derivan de la falta de cultura y educación ambiental, que se ve reflejado en la salud y estructura de los ecosistemas. Al respecto, (Carmona, 2020) manifiesta que;

“Los bosques del Pico de Orizaba, en los pasados diez años, perdieron al menos seis millones de árboles en al menos 12 mil hectáreas entre ellas las del parque nacional, el imparable crecimiento de la tala ilegal y clandestina dañaron irreversiblemente la conservación de las áreas verdes; el deterioro ambiental ya se resiente: una serie de cambios en el clima de la zona central del estado, el agravamiento de la escasez de agua en municipios de la región”.

Bajo este esquema, el estudio no cuenta con antecedentes que manifiesten la problemática antes mencionadas ni el contexto medioambiental en el que el Parque Nacional se encuentra en la actualidad. La metodología desarrollada permite cartografiar el fenómeno a través de las coberturas forestales y del análisis de perturbaciones tales como la deforestación, fragmentación y presiones, mediante la aplicación de modernas tecnologías para la gestión de información geográfica y sistemas de información geográfica. Dando como resultado productos cartográficos del fenómeno con la finalidad de que sea puntalmente atendido por las autoridades competentes.

El propósito principal es brindar información geográfica que permita la gestión sustentable de los recursos forestales. Lo que beneficiaría a las comunidades y actores locales vinculados a los espacios forestales, que para dichas comunidades el Parque Nacional Pico de Orizaba representa una fuente importante de recursos, de ahí la importancia de su adecuada gestión y fomento de una cultura y educación ambiental. El estudio brinda la posibilidad de identificar espacialmente las zonas más afectadas y vulnerables para la intervención inmediata de los tomadores de decisiones y de las autoridades competentes y con ello evitar pérdidas ecológicas y económicas.

## **I.2 Problemática**

Las masas forestales del Parque Nacional Pico de Orizaba, desempeñan importantes funciones ambientales a nivel local, regional y extra regional. La persistente intervención humana en la región, con miras al aprovechamiento económico de los ecosistemas está generando problemas de deterioro ambiental, induce la presencia de agentes biológicos que afectan la salud de los árboles degradando los ecosistemas. La situación que se presenta en estos bosques no ha sido plenamente estudiada por lo cual resulta un elemento fundamental para plantear estrategias de aprovechamiento sustentable.

Existe una evidente contradicción entre la necesidad de los habitantes por obtener beneficios económicos y el sentido de pertenencia e identidad hacia sus bosques y el conocimiento que hacia ellos tienen. Las comunidades que conocen su espacio y lo tienen muy arraigado, ejercen una fuerte presión antrópica sobre el sistema natural generando procesos de deterioro forestal.

## **I.3 Objetivos**

### **I.3.1 Objetivo general**

Determinar la relación existente entre el grado de conservación de los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba y las presiones antrópicas en sus inmediaciones.

### **I.3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba.
- Identificar los procesos de deforestación y cambios de ocupación del suelo de los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba.
- Caracterizar las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas en el Parque Nacional Pico de Orizaba.

## **I.4 Hipótesis**

Los bosques de coníferas en el Parque Nacional Pico de Orizaba se encuentran sometidos a intensos procesos de degradación ambiental como resultado de la intervención humana y de diversos factores naturales como lo son la presencia de plagas, enfermedades e incendios forestales debido al aumento de la temperatura en la temporada de estiaje que en los últimos años han incrementado su incidencia y que afectan la salud de los árboles. El grado de conservación del bosque, por tanto, se encuentra relacionado con las comunidades asentadas en sus proximidades y estos agentes

naturales, pues son determinantes en la conservación o deterioro del bosque en la medida en que los recursos son aprovechados.

En este sentido, el estudio del comportamiento social y económico en este espacio es fundamental. Haciendo énfasis en variables que coadyuben a identificar y caracterizar puntualmente aquellos procesos naturales y antrópicos que incidan en la conservación o deterioro forestal.

En relación a cuestiones sociales la presión sobre los recursos forestales de este Parque Nacional se agrava debido a que muchos de los pobladores sólo cuentan como fuente de trabajo en sus comunidades a la agricultura, además de que ven la montaña como su fuente de sustento y extracción de productos forestales. Las labores agrícolas, el pastoreo irracional, los incendios forestales, la extracción clandestina de productos forestales maderables y no maderables son los factores que más prevalecen.

## **I.5 Antecedentes**

### **I.5.1 Sobre el tema de investigación**

Los bosques son elementos naturales que están presentes en el entorno que rodea al ser humano, los cuales le proveen de recursos para su subsistencia. En ese sentido resulta una tarea importante su cuidado y conservación, son diversos los beneficios que provee el bosque para satisfacer nuestras necesidades, desde materias primas para la construcción de viviendas hasta la presencia de elementos vitales para la vida como lo son agua, aire y suelo. Es necesaria una buena gestión de los recursos forestales presentes en nuestro espacio, pues estos no permanecerán para toda la vida, si no se mantiene en equilibrio su ciclo.

Partiendo de lo anterior es necesario conocer los siguientes argumentos en relación a los bosques y los recursos forestales.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2018a: 17) menciona que;

“Los bosques cubren muchas de nuestras necesidades: desde el agua, el aire y el suelo saludable hasta alimentos, un hogar para los animales y las personas, y madera para construcciones. También son fuente de energía, por ejemplo, para hacer fuego para cocinar o calentar las casas. Y esto es solo el principio. Es importante tener presente

que estos recursos no son infinitos. Se necesitan conocimientos, fuerza de voluntad y coordinación para gestionarlos bien y que permanezcan en buen estado, y para que nosotros podamos disfrutar y beneficiarnos durante muchos años más”.

En palabras de Chapela (2012: 6);

“Los bosques de un país son relevantes por su producción maderable, pero también son de una importancia que puede ser mayor para las comunidades locales y para la población en general. Por su potencial de producción maderable y no maderable, los bosques y selvas son fuente importante de empleo e ingreso para la población localizada dentro o cerca de las áreas arboladas. En México, dicho potencial ha sido aprovechado muy poco”.

Es evidente la importancia que estos recursos forestales tienen para el ser humano, para las comunidades que habita. De ellos se obtienen muchos beneficios que contribuyen al desarrollo humano. Sin embargo, ese potencial que los bosques ofrecen no ha sido gestionado de la mejor manera, y se está desaprovechando de forma desmedida. Se carece de una conservación forestal en gran parte de estos espacios, aunado a la necesidad de obtener ingresos gracias a la producción maderable y no maderable que en ellos se encuentra. Cifras de extracción que cada vez van aumentando con el paso del tiempo.

La conservación forestal es un tema muy importante, involucra múltiples tareas de distinto ámbito, social y cultural principalmente. Si bien se busca aprovechar al máximo la riqueza natural con la que cuenta nuestro país, es preciso seguir criterios de sostenibilidad. Con la finalidad de obtener los beneficios que estos espacios naturales nos brindan para subsistir se requiere promover una cultura de conservación forestal entre las comunidades. Se busca lograr una gestión de los recursos que se obtiene del medio, disminuyendo los efectos negativos que impactan al bosque y promoviendo una conciencia ambiental en miras hacia la conservación.

Por su parte la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2014: 6) declara que;

“México es un país de gran riqueza forestal y su aprovechamiento genera beneficios que principalmente se distribuyen en el sector social, pues ocho de cada diez hectáreas arboladas se ubican en ejidos y comunidades. Sin embargo, la gestión de esa riqueza económica requiere de una visión integral del ecosistema pues los bosques son a su vez

el hábitat y sustento de una buena parte de la biodiversidad con que cuenta nuestro país”.

En este sentido, los recursos obtenidos a partir de los bosques son parte de las dinámicas que se ven inmersas dentro de sus espacios. También involucra cuestiones culturales y sociales de los habitantes como participantes dentro de sus comunidades en la manera en que conciben sus bosques. Que con el paso del tiempo se va adquiriendo y adoptando un conocimiento ambiental en cuanto a conservación y los impactos que sus prácticas socioeconómicas en la vida cotidiana afectan el equilibrio ambiental y el entorno. La conservación forestal requiere de la participación de todos los sectores de la población.

Como lo señalan González et al. (2018: 21);

“Las condiciones geológicas y climáticas han permitido una rica diversificación de ecosistemas boscosos como los bosques templados, bosques tropicales o selvas, bosques nublados o mesófilos de montaña, bosques de mezquite, de galería y otros. La superficie territorial del país es de 196.4 millones de hectáreas, de la cual una gran parte tiene potencial forestal”.

Las condiciones geográficas de nuestro país favorecen la presencia de una diversidad de elementos que nos identifican, en este caso se habla de una riqueza ambiental con características peculiares de cada uno de estos ecosistemas. La presencia de un gran potencial forestal nos involucra a formar parte de una cultura de conservación y conciencia ambiental. Promoviendo la preservación de los elementos que nos provee de sustento. De esta forma se puede seguir gozando de los elementos que la naturaleza nos otorga. Es una gran responsabilidad fomentar en las comunidades una cultura de conservación, eliminando todas aquellas presiones que como seres humanos ejercemos en el espacio.

### **1.5.2 Sobre la zona de estudio**

El Parque Nacional Pico de Orizaba, Orizaba, México ha sido estudiado desde muy diversos enfoques. Desde el punto de vista ecológico hasta el cultural. Dentro de aspectos ecológicos destacan los estudios de Serna et al. (2019). En la obra “Diversidad de mamíferos medianos en el Parque Nacional Pico de Orizaba”, estos autores retoman la importancia de analizar la riqueza de mamíferos de talla mediana en la época de secas y de lluvias en el PNPO, además de evaluar su

estado de conservación e identificar los gremios tróficos de los mamíferos registrados. Por otra parte, en su trabajo de investigación Martínez (2000) aborda la necesidad de la realización de un inventario de mamíferos silvestres que se encuentran en la parte occidental del Parque Nacional Pico de Orizaba, con la finalidad de identificar las áreas en donde exista riqueza de especies y endemismos, pero sobre todo conocer cuáles son las especies que requieren atención para su conservación.

En cuestiones biológicas Varo et al. (2016) habla sobre la existencia de plagas y enfermedades en el Parque Nacional Pico de Orizaba, específicamente documentando la existencia del muérdago enano sobre las especies de *Pinus hartwegii*. En donde se llevó a cabo un muestreo estratificado para evaluar el nivel de infestación sobre el bosque de *Pinus hartwegii*, además de relacionar dichos niveles de infestación con factores de disturbio y fragmentación del bosque en la cara sur del Parque Nacional. Dentro del ámbito de conservación en México y en especial del Parque Nacional Pico de Orizaba resulta importante mencionar lo establecido por la Comisión Nacional Forestal CONAFOR: (2014).

En cuyo artículo expone;

“La biodiversidad nos provee de alimento, oxígeno, materias primas que favorecen el desarrollo económico, produce energía que utilizamos como combustible, es el origen de muchos medicamentos y nos regala belleza escénica. En ella los ambientes naturales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, sin embargo, requieren ser preservadas, restauradas y conservadas”.

Son evidentes los beneficios que las ANP proporcionan al ser humano, en este caso el Parque Nacional Pico de Orizaba, de aquí la importancia de su conservación y preservación. Cuyos valores y elementos naturales presentes forman parte de las dinámicas socioculturales que en ella se llevan a cabo. Involucra también una serie de conocimientos necesarios para entender su equilibrio, pues de ello dependen las actividades desarrolladas por parte de las comunidades que necesitan de los servicios que les proporciona este Parque Nacional. Por otro lado, un aspecto fundamental a considerar es entender el proceso administrativo bajo el cual se rige este espacio natural, con la finalidad de tener conocimiento sobre las medidas de conservación que se pudieran implementar para preservar su equilibrio ecológico.

Según el Programa de Manejo Parque Nacional Pico de Orizaba, (2015).

“Es considerado como una importante área de captación para la recarga de acuíferos y el mantenimiento de la red hidrológica superficial de una de las cuencas más importantes del país, la del Papaloapan. El Pico de Orizaba que es volcán y nevado, es a la vez uno de los más portentosos y elevados del sistema volcánico de México que se admira cual majestuoso faro por los navegantes del Golfo de México”.

Por estas razones se establecen actividades, acciones y lineamientos básicos y fundamentales para el buen manejo y administración del Parque Nacional, en donde se persigue el objetivo esencial de esta administración el cual es la sustentabilidad ambiental y conservación forestal. Es una prioridad la conservación de este espacio natural. En donde la participación social de diversos sectores es importante, debe ser una tarea incluyente que va en búsqueda de los intereses que se pretenden. Tomando en cuenta aquellos aspectos culturales y biológicos los cuales pertenecen a los habitantes que conforman las comunidades alrededor de este espacio natural.



*Fotografía 1.* Zona de estudio. Parque Nacional Pico de Orizaba.

## II. Marco Teórico

### II.1 Los bosques de coníferas de México

#### II.1.1 Características generales

Como lo establece Ramírez y Galindo (2012:7) los bosques de coníferas en México presentan las siguientes características;

“Árboles robustos y altos, de hasta 30 metros de altura, de corteza gruesa y agrietada. Sus hojas son finas y delgadas, que agrupadas en numerosos y pequeños conjuntos cubren sus ramas. Otorgándoles una forma cónica. Además, los árboles que conforman estos bosques de coníferas ayudan a conservar los ecosistemas, producen el oxígeno que respiramos y son fuente de alimento y refugio para muchos animales”.

Los bosques de coníferas ofrecen grandes atribuciones que los vuelven indispensables para los seres vivos que se desarrollan alrededor de estos espacios naturales. Su buen estado ecológico y de conservación permite gozar de condiciones favorables para los ecosistemas presentes, pues esa conservación ayuda a mantener su equilibrio al proporcionar alimento a las especies de flora y fauna. Desde pequeños organismos hasta los más grandes. Además de ser el hábitat de estos seres vivos, sin el cual su sobrevivencia no sería posible.

Por su parte, Gernandt y Pérez de la Rosa (2013:126), mencionan que;

“Las coníferas (Pinophyta o Coniferophyta) son

árboles o arbustos dioicos o monoicos con la corteza rugosa o lisa, en placas grandes y gruesas con fisuras o en tiras largas y delgadas. Las ramas laterales están bien desarrolladas. Las hojas son simples y pueden ser en forma de aguja, escama, lineares, lanceoladas, a veces oblongas o falcadas. Por lo general las hojas son persistentes por más de un año, pero a veces son deciduas. La mayor concentración de diversidad de géneros de coníferas se localiza en Hidalgo, Veracruz, Puebla y Oaxaca”.



**Fotografía 2.** *Pinus hartwegii* o pino de las alturas del Parque Nacional Pico de Orizaba.

Ramírez y Galindo (2012:17) argumentan también sobre las características de los bosques de coníferas que, generalmente se agrupan en grandes comunidades y cubren montañas completas, pero hay algunas zonas donde viven entremezclados con otros árboles como los encinos y cedros. Mantienen una relación recíproca con los hongos que viven en el suelo, ya que las raíces de estos árboles que conforman los bosques de coníferas reciben los nutrientes de esos hongos, y a cambio, dichos árboles les proporcionan azúcares que los hongos necesitan.

### II.1.2 Distribución

En cuanto a la distribución de los bosques de coníferas, González et al. (2018:40) señala lo siguiente;

“En altitudes entre 2,000 y 3,400 m. los bosques de coníferas ocupan actualmente el 16% del territorio mexicano (323,300 km<sup>2</sup>). Su clima se desarrolla en zonas con temperaturas promedio entre 12 y 23°C, aunque en invierno la temperatura puede llegar hasta por debajo de cero grados. Son ecosistemas de subhúmedos a templado húmedos, con una precipitación anual entre 600 y 1,000 mm.”



*Fotografía 3.* Día nublado en el Parque Nacional Pico de Orizaba.4000 msnm.

Por otro lado, González et al. (2018:40) habla sobre la diversidad de los bosques de coníferas. Donde las condiciones edafológicas que permiten el crecimiento de estos bosques son en los suelos limosos a arenosos y moderadamente ácidos, con condiciones favorables en cuanto a la presencia de materia orgánica y hojarasca. En cuanto a la diversidad de árboles en los bosques de coníferas dominan las especies de pinos, en algunas regiones crecen también el abeto.

Como se aprecia, los bosques de coníferas presentan peculiaridades en cuestión de su distribución y características. Conforman un ciclo en el que todos los componentes y elementos se encuentran interrelacionados. Los bosques de coníferas sirven de sustento para la sobrevivencia de otras especies tanto vegetales como animales, y estas a su vez sirven a dichos bosques para su crecimiento. En este sentido, resulta de vital importancia su cuidado y preservación, pues las condiciones geográficas permiten la presencia de estos espacios naturales, pero las condiciones humanas y antrópicas en algunos casos deterioran estas atribuciones.

Al respecto se tiene lo siguiente;

“Se encuentran en zonas montañosas de clima templado y frío y a diferentes altitudes, desde zonas cercanas al nivel del mar hasta en regiones muy altas. Los árboles que viven en los bosques de coníferas a la altura de los volcanes tienen formas achaparradas y a veces retorcidas debido a los fuertes vientos y a las bajas temperaturas. De las 157 especies de pinos y oyameles que conforman los bosques de coníferas que existen en el mundo 54 se encuentran en México y de estas, 22 son solo de este país”. Ramírez y Galindo (2012:13).

### **II.1.3 Problemáticas para su conservación**

Según la (FAO 2018:17).

“Los productos forestales están presentes en nuestras vidas de múltiples formas: dependemos de ellos para alimentarnos, cuidar nuestra salud o para trabajar, e incluso para obtener prendas de vestir, disfrutar de actividades recreativas y para la creación artística. Pero el bosque es algo más que solo una utilidad para los humanos. Todos los productos forestales fueron en un principio parte de un sistema en el que cada elemento de vida dependía de los otros”.

Es importante tener en cuenta estos argumentos, los bosques en general benefician a los componentes que integran la dinámica de la vida en sus espacios. Otorgan equilibrio a los ecosistemas y a las relaciones que se mantienen dentro. Los bosques proporcionan productos de vital importancia para el uso de los seres vivos, especialmente para el uso del ser humano. En su búsqueda de satisfacer sus necesidades, desde las más básicas como el vestido hasta las más complejas como el disfrute de la recreación o en el empleo de actividades económicas forestales que le permitan su sustento.

Sin embargo, esa interrelación de elementos y componentes que se da dentro de los bosques obliga a ser cuidadosos y asumir las responsabilidades que involucra la conservación y conciencia ambiental que como seres humanos debemos considerar. Los recursos forestales son más que eso, implican la participación dentro de un sistema que se encuentra en equilibrio, en donde la falta o falla de alguno de sus elementos pone de manifiesto un problema de conservación, ya sea de tipo natural o antrópico. Parte de esto depende la vida, la salud de los seres vivos que habitan allí, incluso de costumbres y tradiciones de las comunidades.

Tal es el caso de los bosques de coníferas en México, en donde las problemáticas de conservación para estos bosques no son la excepción. Ante este panorama, Ramírez y Galindo (2012:15), exponen lo que a continuación se menciona;

“Lamentablemente, muchas de las zonas que eran ambientes naturales de los bosques de coníferas se han deforestado para actividades agrícolas, ganaderas y para asentamientos humanos, por lo que el área en donde se ubican es cada vez menor. Otro peligro que se corre es que están expuestos a incendios forestales y al ataque de plagas que se alimentan de su follaje, semillas y también de las raíces de los árboles jóvenes”.

Es evidente el nivel de deterioro de las masas forestales en general, las actividades antrópicas juegan un papel importante para esta problemática. Desde un primer momento se considera la intervención humana en la realización de actividades económicas de extracción de recursos forestales y de emplazamiento para asentamientos humanos como los principales detonantes de la degradación forestal que atenta contra todo intento de conservación. Transformando estos espacios naturales en aquellos adaptados para realizar actividades y trabajos de aprovechamiento económico gracias a los recursos obtenidos.

Bajo este esquema, Sánchez et al. (2003:17) expone que;

“La preocupación moderna por conservar el medio ambiente empezó en el siglo XIX con la revolución industrial de los imperios europeos. Esa revolución, por un lado, ha sido responsable de producir contaminación urbana en grandes cantidades y, por el otro, de transformar vastos territorios naturales en zonas agropecuarias y mineras que amenazaron con la desaparición de paisajes enteros”.

Las problemáticas de conservación forestal, en este caso específicamente de los bosques de coníferas comienzan a partir del surgimiento de las actividades económicas del hombre, al establecerse la industria y todas aquellas actividades en las ciudades en las cuales se empleaba para obtener ingresos y sustento. En donde también se afectó a estos espacios naturales, que ha ido provocando la desaparición de los hábitats de los seres vivos que conviven estrechamente con estos recursos forestales. Lo cual de igual forma se induce a la presencia de fenómenos provocados directa o indirectamente por el hombre como lo son los incendios, o bien por el aumento de la temperatura del planeta debido a estas actividades humanas.

“Ante ese panorama, y en medio de una creciente crisis de transformación ambiental y biodiversidad amenazada, en 1970 surgió un nuevo concepto de ANP promovido por la ONU y diseñado para lograr tres objetivos: establecer una red global de ANP bajo criterios comunes que representarían los ecosistemas principales del planeta; hacer más compatible el desarrollo socioeconómico con la conservación; y proveer una respuesta científica ante la evidencia de que para preservar las especies hay que conservar su hábitat”. Sánchez et al. (2003:19)

A partir de las problemáticas que implica la conservación forestal, especialmente de los bosques de coníferas, se implementan estos mecanismos de las ANP como iniciativa para fomentar la conciencia ambiental y la conservación forestal y de los ecosistemas. Cuyos objetivos se encuentran encaminados hacia un bien común como respuesta a las transformaciones ambientales propiciadas por las actividades del hombre en su deseo de satisfacer sus necesidades a partir del impulso de actividades que aprovechan los recursos naturales de manera desmedida. Lo más destacado es que a través de estos mecanismos se persigue que la búsqueda del desarrollo socioeconómico sea amigable con la conservación.

Esta relación entre el desarrollo socioeconómico perseguido por el hombre como actor principal y modificante dentro de sus comunidades en la búsqueda de un sustento que le permita sobrevivir y entre la conservación resulta muy interesante. Implica una cultura de conocimiento ambiental, pero sobre todo de conocer como es la dinámica dentro de estos espacios naturales, pues a pesar de la extracción de recursos y de especies de flora y fauna que en la mayoría de los casos esto se aprecia en mayor medida si se comprende esta dinámica es posible mantener en equilibrio el sistema y los ecosistemas presentes. Por otro lado, se sabrá cuanto aprovechar y se tendrá conocimiento acerca del tiempo, es decir, cuanto y cada cuando.

Desde la posición de Gual y Rendón (2014:19) sobre las problemáticas para la conservación de los bosques, en especial de los bosques de coníferas refieren que;

“En la actualidad, además del impacto de los cambios naturales, la biodiversidad se encuentra amenazada por numerosas actividades antropogénicas, a tal punto que se ha entrado en una era distinta que debería reconocerse como el Antropoceno. Entre las causas más importantes de impacto antropogénico están la pérdida de hábitat, la fragmentación de ecosistemas, la introducción de especies exóticas invasoras, la sobreexplotación de recursos, la contaminación del aire, tierras, ríos y mares”.

Como se aprecia, las principales problemáticas que aportan al deterioro de los bosques de coníferas son de tipo antropogénicas, es decir, el ser humano tiene mucha relación con el deterioro de estos espacios naturales al vincular sus actividades económicas y de recreación o esparcimiento como se mencionó en un momento con los recursos que el medio le provee. Evidentemente se está adentrando a una era como lo menciona el autor en sus ideas anteriormente citadas en la que cada vez más el impacto del hombre se ve reflejado en las condiciones en cuanto a conservación de los bosques, en sus múltiples expresiones, ya sea por la emisión de contaminantes de estos cuerpos naturales o por la introducción de especies invasoras que alteran el equilibrio.

## **II.2 La conservación de los ecosistemas forestales**

### **II.2.1 Que se entiende por conservación forestal**

Es una labor muy importante la del ser humano la de conservar los recursos que el medio le ofrece para su desarrollo. En este sentido surgen diversas perspectivas alrededor del concepto y de lo que significa la conservación forestal y ambiental, en especial de los bosques de coníferas, en este caso del Área Natural Protegida de la Malinche. Diversas definiciones sobre este término existen, así como es aplicada a diversos contextos que involucra cuestiones económicas, políticas, culturales, sociales, ecológicas y, por su puesto, ambientales. Un término que es complejo y que su aplicación en la realidad no es tan sencilla.

En este sentido, con base a Yam (2008: 4), se entiende que conservación forestal es;

“El mantenimiento de las condiciones que propician la persistencia y evolución de un ecosistema forestal sin degradación del mismo, ni pérdida de sus funciones. Se da como resultado de su protección, fomento y aprovechamiento”.

A pesar de la evidente necesidad del ser humano de satisfacer sus necesidades con lo que el medio natural le ofrece, a partir de actividades desarrolladas en función de los recursos forestales presentes se debe tomar en cuenta el daño que se le ocasiona al medio, a los recursos naturales y forestales al momento de esa búsqueda de desarrollo. Es una prioridad el mantener en buenas condiciones los ecosistemas que viven en torno a estas áreas naturales. El término de conservación forestal involucra una protección de las condiciones naturales presentes y el fomento del aprovechamiento que permita la persistencia del equilibrio ecológico y ambiental.

Por otro lado, Aguirre (2015: 17) menciona que conservación forestal es;

“La conservación forestal comprende las decisiones y actividades encaminadas al aprovechamiento de los recursos forestales de manera ordenada, procurando satisfacer las necesidades de la sociedad actual, sin comprometer la provisión de bienes y servicios presentes”.

Ideas que van encaminadas a los mismos fines, lo que se pretende con esta conservación forestal es la preservación de las funciones ambientales que mantienen el equilibrio ecológico. Más allá de las decisiones y actividades desarrolladas para satisfacer nuestras necesidades como seres humanos transformantes del espacio. Es necesario aprovechar al máximo estos recursos evitando poner en

situaciones de riesgo y deterioro su presencia dentro del medio natural. Servicios que están ahí presentes para nuestro beneficio, siempre y cuando esta labor ecológica se lleve a cabo adecuadamente. Permitir el crecimiento y evolución de los ecosistemas mientras nos desarrollamos nuestras actividades equilibradamente es conservar los bosques.

### **II.2.2 Aspectos que se deben considerar para caracterizar el grado de conservación forestal**

La conservación forestal, como ya se estableció anteriormente, involucra el mantenimiento de las condiciones ambientales presentes a pesar de la interrelación que se mantiene en estas áreas forestales en búsqueda del desarrollo socioeconómico. En este sentido, es necesario tener en cuenta aquellos elementos inherentes a los bosques que revelen el grado de conservación forestal producto de esa interrelación humana y el medio, que directa o indirectamente va deteriorando el espacio con el paso del tiempo. Dichos elementos de evaluación como lo son las características intrínsecas de las masas forestales, es decir, las condiciones que reflejan la salud del bosque, en aspectos como ausencia de plagas y enfermedades. Al respecto se menciona que;

“Preservar la capacidad de los ecosistemas forestales para generar servicios ambientales esenciales para todos los seres vivos y para el sustento y el bienestar humanos, capacidad que depende del papel de la biodiversidad en el funcionamiento de los ecosistemas y sus procesos esenciales. Proteger elementos o atributos de las áreas forestales que representan valores del patrimonio natural o cultural, esto es, altos valores para la conservación (Avc)” Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2015: 13).

En base a estos argumentos la FAO (2018b: 13) sostiene que;

“Los insectos y los agentes patógenos son parte integrante de los ecosistemas forestales y están presentes normalmente en densidad relativamente baja, causando pocos daños y teniendo un impacto insignificante sobre el crecimiento y el vigor de los árboles. Sin embargo, esporádicamente en el tiempo y en el espacio, algunas especies se pueden desarrollar rápidamente, provocando numerosos daños y desarrollando brotes que pueden persistir por un período de tiempo variable antes de debilitarse. Estas grandes poblaciones pueden tener repercusiones negativas sobre los bosques”.



*Fotografía 4.* Plantas parásitas en pinus hartwegii.

La presencia de estos patógenos y plagas determinan en gran medida el estado de conservación de los bosques. Este indicador natural de conservación forestal debe considerarse indudablemente, pues determina la salud de los individuos y por ende, de los ecosistemas que ahí se desarrollan. Condicionan el crecimiento de los árboles y la calidad de estos. Un bosque con presencia de estos patógenos deja dudas en cuanto a su conservación, en donde será necesaria la intervención de los especialistas para erradicar esta problemática y así evitar el deterioro ambiental y forestal que pone en riesgo a todo el ecosistema.

En cuanto al efecto que tiene la presencia de plagas y enfermedades en los bosques que condicionan su conservación la FAO (2018a: 10) menciona que;

“Una plaga forestal es cualquier organismo vivo que puede causar daños a las plantas, los árboles o los bosques o a los productos forestales. Tales organismos pueden ser insectos, arañas, nematodos, hongos, bacterias, virus, malas hierbas (incluso malas hierbas leñosas), mamíferos y otro tipo de vida silvestre, así como plantas parásitas como el muérdago. Las plagas pueden incidir negativamente en el crecimiento, el vigor y la supervivencia de los árboles”.

Como se menciona, dentro del bosque existen componentes que condicionan la conservación forestal, en este caso como lo argumenta la FAO, dichos componentes son de carácter natural. La presencia de patógenos como las plagas y los virus son un aspecto que merece ser evaluado para conocer cuál es el estado que guardan los bosques en cuanto a su conservación y para saber sobre las medidas que se deben realizar para mitigar los efectos de estos patógenos que modifican y condicionan la salud de los ecosistemas. Los daños causados por las plagas pueden degradar el

hábitat silvestre, reduciendo así la biodiversidad local, y pueden tener además efectos negativos importantes en valores recreativos, estéticos y socioculturales.

En este caso para el presente estudio resulta de gran relevancia hacer énfasis en variables que ayuden a determinar la conservación forestal. Variables como lo son la abundancia de plantas parasitas en los bosques de coníferas de la zona de estudio, presencia y abundancia de extracción de recursos forestales y a través de los tocones encontrados en campo, por último, finalmente la existencia de intervención humana, en cuestiones como incendios forestales inducidos, ganadería y actividades de pastoreo. Siendo estas variables de tipo antrópicas y que de igual manera ayudan a determinar el estado de conservación de los bosques del Parque Nacional Pico de Orizaba.

Entendidos los tocones como los cortes realizados en los árboles a la altura de la base, que indican una extracción forestal, ya sea maderable o no maderable, lo cual en grandes volúmenes involucran una falta de conservación forestal.

Un aspecto más para determinar el grado de conservación forestal es la intervención humana dentro del bosque en relación a la extracción de recursos forestales maderables y no maderables, que de igual forma inciden en de deterioro forestal y en la falta de conservación, promoviendo la presencia de tocones. Que son una variable indispensable para analizar en este estudio. Como se aprecia estos aspectos se encuentran interrelacionados, en su conjunto muestran cómo se encuentra el estado de conservación forestal, siendo la extracción de recursos un aspecto considerable para la conservación.

Bajo este este esquema sobre el aprovechamiento forestal y la falta de conservación debido a la práctica de esta actividad, la FAO (2018a: 14) menciona que;

“El aprovechamiento forestal es una de las causas más importantes de la degradación, e incluye el aprovechamiento industrial a gran escala y el aprovechamiento informal. La degradación fue mayor fuera de los límites de las concesiones. Por otro lado, las causas directas de deforestación y de degradación del bosque tienen sus raíces en distintas causas subyacentes, divididas en cuatro categorías: factores políticos e institucionales, factores económicos, factores tecnológicos y factores sociodemográficos”.

### **II.2.3 Problemáticas que inciden en la conservación de los ecosistemas forestales.**

#### **a. Naturales.**

Una de las problemáticas de tipo natural que inciden en la conservación de los ecosistemas forestales es la presencia de plagas y enfermedades, que afectan la salud de los individuos forestales presentes. Impidiendo su crecimiento y degradando su calidad, además de provocar daños a las especies de seres vivos que conforman los ecosistemas forestales. De esta forma no se puede apreciar una conservación de los bosques, debido a que la presencia de estos patógenos reduce la salud y vigor de los árboles, promoviendo una serie de enfermedades haciendo que mueran y sean blanco perfecto para los incendios forestales, que, en temporada de sequía, especialmente en otoño las altas temperaturas propicien estos fenómenos.

Los actores locales, las comunidades aledañas a los recursos forestales, son los principales modificantes del entorno natural, a pesar de la presencia de agentes patógenos que son un problema que inciden en la conservación de los ecosistemas forestales, pues las actividades humanas son detonantes en cierta medida de la propagación de estos patógenos que nos afectan a todos por igual. Pues juegan un rol importante en la modificación de las condiciones climáticas y naturales del medio. La eliminación de los servicios ambientales provocada por la presencia de estas problemáticas de igual forma implica un deterioro para los elementos que se encuentran fuera de las áreas forestales.

Ante este panorama Endara y Herrera (2015: 4) explican que;

“El estado fitosanitario actual es el reflejo de extracciones inmoderadas en años pasados, así como una fuerte presión de actividades agropecuarias, sobre todo en el bosque de pino. Aunado a esto, la biología del descortezador de los pinos de montaña (*Dentroctonus adjunctus*) parece haber sufrido cambios importantes, como lo es el aparente traslape de sus generaciones, debido a que en la actualidad se observan brotes durante todo el año, además de encontrar en un mismo árbol al insecto en todas sus etapas de desarrollo”.

Se mantiene una relación directa de nuestras actividades con respecto al comportamiento de la dinámica de los ecosistemas presentes en los bosques. En algunos casos incluso modificando la naturaleza de las especies haciendo que se adapten a nuevas condiciones de vida, siendo más resistentes a los cambios que sufren con el tiempo. Tal como lo argumentan los autores anteriores,

las condiciones patógenas de las plagas y enfermedades que afectan a los individuos arbóreos se están presentando cada vez más con mayor frecuencia, producto de nuestras actividades, haciendo que aparezcan con mayor facilidad y en mayor número, así como en temporalidades atípicas.

#### **b. Antrópicas.**

Las principales problemáticas antrópicas que inciden en la conservación de los ecosistemas forestales en la mayor parte de estos espacios naturales en la búsqueda de un desarrollo por parte de las comunidades que se alojan en sus inmediaciones son la agricultura, el pastoreo, los incendios forestales provocados, la deforestación. Tales actividades humanas provocan un deterioro forestal irreversible, que tiene como consecuencia la pérdida del hábitat de las especies que allí se desarrollan, siendo este tipo de problemáticas las de tipo humano las más frecuentes que atentan contra los bosques.

Como lo establecen Merino et al. (1997: 2).

“En México, la explotación forestal se ha caracterizado por ser una actividad ampliamente depredadora de los recursos naturales y poco equitativa en la distribución de los beneficios económicos. Paradójicamente, las comunidades y ejidos agrarios que actualmente viven en condiciones de marginación y extrema pobreza, al mismo tiempo son los poseedores de la mayor parte de los recursos forestales del país”.

En cuanto a cuestiones de deforestación Endara y Herrera (2015: 249) argumentan que;

“La extracción continua se convierte en un factor importante en la reducción de la masa forestal principalmente en actividades para el autoconsumo como la leña, aunque esto no signifique una amenaza para la conservación del bosque; sin embargo, sí lo es cuando se comercializa, ya que se extraen grandes volúmenes con fines de explotación masiva. La extracción de madera para el mercado no sigue un sistema de manejo controlado, lo cual se ha corroborado en campo cuando se encuentran tocones”.

Referente a términos de extracción y aprovechamiento maderable los autores mencionan que las actividades de autoconsumo de igual forma juegan un rol importante para la reducción de la masa forestal. Pues no se tiene un control que impida la extracción maderable en grandes volúmenes, sean los fines que sean. A pesar de vivir en condiciones de marginación las comunidades aledañas a las áreas forestales poseen una gran riqueza natural, que es devastada principalmente por este

consumo forestal desmedido producto de la explotación en búsqueda también de beneficios económicos. Lo cual, esta riqueza natural no es protegida por sus mismos actores locales.

Evidentemente es una situación preocupante, primeramente, la extracción forestal continua a grandes volúmenes para fines de comercialización sigue significando la principal causa de deterioro de los bosques dentro de las problemáticas que inciden en la conservación de los ecosistemas forestales. Ante este panorama es necesario implementar un sistema de manejo controlado dentro de las comunidades, que conozcan la dinámica que sigue sus bosques para saber cuándo y cuánto extraer para hacerle frente al sistema que maneja el mercado y a la cultura que se tiene en los actores locales de extracción en grandes volúmenes.

Las actividades humanas realizadas en el espacio y la interacción constante que se mantiene con los recursos naturales modifican las condiciones ambientales, por el simple hecho de esa interrelación se ven inmersos fenómenos que transforman y modifican esas condiciones presentes en estos espacios naturales. Actividades que se ven influenciadas por las políticas de mercado, de las instituciones, por el mismo gobierno y por las políticas públicas a diferentes escalas, desde nivel local hasta el regional. Este panorama manifiesta una serie de problemáticas antrópicas derivadas de estas condiciones socioculturales que determinan el camino de los procesos naturales.

Tal como lo menciona Beraud (2018: 1);

“La interacción de los seres humanos con los recursos naturales ha sido, desde su origen, un promotor de modificación de la biodiversidad y de los procesos en los ecosistemas. Si se considera que dos de las terceras partes de la superficie de la Tierra se utilizan para agricultura, agostaderos, áreas de aprovechamiento forestal y asentamientos humanos, es claro que la biodiversidad interactúa a escala global, continental, regional y local”.

Esta interacción del hombre naturaleza es irremediable, es inevitable, desde un principio el hombre busco un lugar en el cual poder subsistir y establecerse, a partir de los recursos presentes que le satisficían de alimento y vestido. Ahora, en la búsqueda de un desarrollo económico es el primer modificante de la diversidad y de los recursos naturales. Transformando para su beneficio las condiciones del espacio que se encuentran, fomentando un aprovechamiento forestal masivo, más allá de lo que el medio puede ofrecer superando la capacidad de equilibrio de los ecosistemas a

grandes escalas. Un panorama que necesita ser atendido para reducir los efectos de nuestras actividades cotidianas que indirecta o indirectamente perjudica el equilibrio ambiental y provocan la reducción de las masas forestales.

Por otro lado, dentro del terreno agrícola y ganadero se tienen problemáticas relacionadas directamente con los ejidatarios y comuneros, su finalidad es el aprovechamiento encaminado al desmonte de la cubierta forestal para abrir nuevas tierras destinadas al cultivo y a la ganadería, con la creación de áreas de pastoreo para alimentar el ganado, cuyo impacto de igual manera producto de la actividad humana es irreversible. Un ámbito social en el que los actores locales de alguna manera desconocen su entorno, y de esta forma dicho desconocimiento propicia cambios de uso de suelo generando un deterioro ambiental.

“En el ámbito de las comunidades rurales, las prácticas socioculturales de aprovechamiento y manejo de la tierra han jugado un papel fundamental en la conservación y/o deterioro de la cubierta forestal. Por ejemplo, la quema de la vegetación que cada ciclo agrícola realizan los ejidatarios y comuneros favorece el rebrote de pasto tierno para alimentar el ganado y la germinación de las semillas de algunas especies de árboles; sin embargo, su finalidad última es el desmonte para abrir más tierras al cultivo y a la ganadería”. Beraud (2018: 3).

#### **II.2.4 La fragmentación de los bosques como indicativo del grado de conservación**

La conservación forestal, como ya se mencionó con anterioridad involucra el análisis de problemáticas naturales y antrópicas que ejercen su influencia dentro de los ecosistemas forestales. Tales problemáticas que van a determinar el estado de conservación forestal, según las actividades realizadas en torno a los recursos forestales en el caso de las presiones antrópicas que se ejercen a dichos recursos, y, por otro lado, la presencia de patógenos y enfermedades que alteran la salud de los árboles y del ecosistema en general. Dichas situaciones conjugadas se enmarcan en un fenómeno denominado fragmentación, lo que es un indicativo para determinar el grado de conservación de los bosques.

Bajo este esquema, Ortega et al. (2005: 135), señalan que la fragmentación forestal consiste en lo siguiente;

“Es reconocida mundialmente como una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad. Este concepto se suele utilizar para describir cambios que se producen cuando grandes segmentos de vegetación se eliminan por completo, quedando numerosos segmentos más pequeños separados unos de otros. Entre los efectos negativos producto del proceso de la fragmentación se puede mencionar la reducción de la cubierta original de los bosques, la exposición de los organismos residentes en los fragmentos a condiciones diferentes con respecto a su ecosistema original”.

Evidentemente la fragmentación es un indicativo directo de la situación de conservación que guardan los bosques. Un fenómeno que propicia la pérdida del hábitat de las especies que habitan sobre estas zonas naturales. Lo que produce cambios dentro del ecosistema en mayor medida a causa de nuestras actividades y presiones que como seres humanos ejercemos sobre los recursos forestales. Cuyos efectos reducen la cubierta forestal eliminando las condiciones de vida para las especies y exponiéndolas a condiciones totalmente diferentes para su sobrevivencia, lo que en la mayoría de los casos no es posible. Un fenómeno que indica sin lugar a dudas el estado de conservación forestal. Que vale la pena ser medido y analizado para saber cuál es la realidad que viven los bosques ante este panorama desolador pues;

Ortega et al. (2005: 135), también argumenta que la fragmentación forestal para el caso de México ha sido poco estudiada.

“En los países en vías de desarrollo, el fenómeno de la fragmentación es producto de una presión demográfica sobre los recursos naturales. La fragmentación de los ecosistemas es entonces un problema ambiental, hasta hoy en día, poco abordado en México.

La fragmentación es un proceso que implica tiempo, el cual en mayor medida está determinado por la actividad humana. Aunque también está determinado por situaciones naturales, que como ya se argumentó, las plagas y enfermedades que atacan la salud de las especies que habitan los ecosistemas también juegan un papel determinante de la conservación, por ende, de la fragmentación. La problemática es la pérdida de la biodiversidad y el cambio en la dinámica de los ecosistemas que provoca esta fragmentación forestal. Que involucra un análisis de las

características intrínsecas de las masas forestales, en cuanto a sanidad y abundancia, es decir, de la estructura forestal para conocer cuál es el grado de conservación.

Ante este panorama Martínez et al (2011: 55) con respecto al impacto negativo de la actividad humana sobre los recursos forestales sostiene que;

“La pérdida de biodiversidad constituye una de las principales preocupaciones medioambientales de la sociedad en nuestros días. En este contexto, una de las causas que, en mayor o menor medida, compromete la supervivencia de las especies es la fragmentación y destrucción de los hábitats como consecuencia de la actividad humana”.

Actividades humanas que involucran prácticas tales como la agricultura, la ganadería, el pastoreo y la extracción de recursos forestales maderables y no maderables que poco a poco deterioran las condiciones ambientales de los bosques reduciendo su cobertura forestal. Es importante la reducción de estas prácticas dentro de los bosques para reducir los efectos de la fragmentación y así evitar la destrucción de los hábitats de las especies que sobreviven gracias a lo que el medio les ofrece. Conocer el medio en donde se llevan a cabo estas actividades en búsqueda del desarrollo por parte de las comunidades permite saber cómo aprovechar los recursos y el espacio a utilizar.

Por otra parte, referente a la fragmentación y lo que implica este fenómeno Martínez et al. (2011: 54) manifiestan que;

“A lo largo de la historia, al menos en buena parte del planeta, muchos de los ecosistemas forestales han sido destruidos o alterados convirtiéndose en paisajes fragmentados. La fragmentación de bosques implica una reducción de su superficie, un aumento del aislamiento de sus fragmentos, una pérdida de la calidad del hábitat y cambios en las condiciones bióticas y abióticas”.

Este fenómeno de la fragmentación expone las condiciones de deterioro ambiental que se vive en los bosques y que afectan la vida de los seres vivos que conforman el ecosistema. Hablar de fragmentación forestal es hablar de aislamiento, de destrucción, de unos cuantos sitios de bosque y de ecosistema en un espacio determinado y nada más. Las comunidades juegan un papel importante bajo el esquema de este fenómeno, fomentar una conciencia medioambiental para con

los actores locales sobre los efectos negativos que provoca la fragmentación de sus bosques es una verdadera preocupación, para que, lejos de reducir la superficie forestal, promover acciones que potencialicen las condiciones forestales para el ecosistema.

Franco et al. (2020: 105) mencionan acerca de la fragmentación que;

“La fragmentación de los bosques es una de las principales consecuencias de la creciente intervención humana que conduce a cambios de la cobertura del suelo, la estructura de los bosques y su capacidad de regeneración. La pérdida área forestal afecta procesos importantes como la polinización y producción de semillas”.

Dentro de este aspecto, el cambio de uso de suelo en los bosques además de reducir la cubierta forestal impide la regeneración de nuevos árboles que mantengan la dinámica del ecosistema. Impidiendo la producción y crecimiento de semillas bajo condiciones desfavorables para su desarrollo. En ese sentido resulta de gran utilidad el análisis de variables tanto naturales como antrópicas que determinen la fragmentación forestal y que sean un indicativo para determinar el grado de conservación. Esta situación pone de manifiesto el uso de tecnologías de la información geográfica para la representación espacial de este fenómeno.

### **II.2.5 Metodologías para determinar el grado de conservación de los bosques**

Ante la creciente tendencia del aumento del proceso de fragmentación en los bosques resulta necesario estudiarlo con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este panorama expone la necesidad de utilizar ciertas variables que ayuden a establecer las características de la fragmentación en las zonas de estudio. Siguiendo una metodología que conlleva el análisis de estas variables dependiendo de las perspectivas del estudio. A través de técnicas cartográficas y de procesos cuyos componentes son variados, como, por ejemplo, la utilización de técnicas como métricas de paisaje, densidad de borde índice de forma etc.

Tal es el caso del estudio realizado por Franco et al. (2020: 103). En donde su zona de estudio es el Nevado de Toluca. Para llevar a cabo la aplicación de índices del paisaje para el análisis de la fragmentación de los bosques, el caso del Nevado de Toluca.

Cuyo trabajo de investigación;

“Analiza datos de fragmentación del bosque utilizando mapas de cobertura del suelo (2000-2009). El análisis incluye considerar: la densidad forestal por tipo de cobertura (denso, semi-denso y abierto o fragmentado) y; el tipo de bosque por género (Abies, Pinus, Alnus [aile] y Quercus). El objetivo fue analizar la aplicabilidad de las métricas de paisaje en el ambiente SIG para determinar los patrones de distribución y cambio del proceso de fragmentación de los bosques”.

Categorías de análisis que según los autores permite la aplicación de métricas de paisaje dentro del ambiente SIG. Lo cual permitió la caracterización de los procesos de fragmentación en el Nevado de Toluca, cuyo análisis realizado mostro como los bosques densos y semidensos están sujetos a procesos continuos de fragmentación. Apreciando un aumento de las zonas agrícolas y de los pastizales tanto en área como en fragmentación, este incremento está acompañado por la reducción de la diversidad. Resultados obtenidos a partir de datos de cobertura forestal, a partir de esto se conocen los cambios a nivel de paisaje, cambios entre zonas forestales y no forestales, cambios en la densidad forestal y cambios en el tipo de cobertura.

“El módulo Patch Analyst en ArcGIS 10.1 permitió aprovechar los datos vectoriales para el cálculo de las diferentes métricas del paisaje desde la perspectiva de: área, densidad y tamaño de las parcelas, borde y forma”. Franco et al. (2020: 105).

Métricas de paisaje que en la metodología descrita en este estudio fueron utilizadas como, por ejemplo.

- Área por clase.
- Numero de parcelas.
- Tamaño medio de parcela.
- Densidad de borde.
- Índice medio de forma ponderado por el área.

Para el caso de la presente investigación del estado de conservación de los bosques de coníferas en el Parque Nacional Pico de Orizaba el análisis de lleva a cabo a través de la realización del índice de forma. Lo cual implica la obtención de una serie de polígonos para establecer el grado de fragmentación. Entre más grande es un polígono mayor tendencia a fragmentarse tendrá. Muchos polígonos pequeños indican que la fragmentación está presente, que posteriormente esa

fragmentación se ve reflejada en el grado de conservación de los bosques de coníferas en el Pico de Orizaba.

En este sentido, mencionan que el índice medio de forma ponderado es;

“Índice medio de forma ponderado por el área (AWMSI): métrica de forma que mide la complejidad geométrica (composición espacial). Es un índice que mide la diversidad del paisaje y la sensibilidad de las parcelas a la fragmentación (un decremento en el tiempo indica que la forma de las parcelas se ha vuelto más simple)”. Franco et al. (2020: 105).

Dicho índice fue utilizado en el estudio de Franco et al. (2020:8), para calcular la diversidad y sensibilidad de las parcelas a la fragmentación, a través de la obtención de polígonos. Cuyo análisis se lleva a cabo a partir de estos polígonos en cuanto a la complejidad geométrica de las formas. Dicho análisis determina la composición espacial del fenómeno de interés en la zona de estudio.

“El módulo Patch Analyst en ArcGIS 10.1 permitió aprovechar los datos vectoriales para el cálculo de las diferentes métricas del paisaje desde la perspectiva de: área, densidad y tamaño de las parcelas, borde y forma”.

Software utilizado por los autores anteriores mencionados como parte de su metodología que para el caso de estudio del Área Natural Protegida de la Malinche resultara de gran utilidad este mismo módulo de ArcGIS para determinar el grado de conservación de los bosques de coníferas del ANP de la Malinche a partir de las variables mencionadas en un principio y de los datos obtenidos como parte del trabajo de campo. Derivados de las problemáticas de tipo natural y antrópico para la conservación forestal.

## **II.3 El papel de las comunidades locales en la conservación o deterioro de los bosques de coníferas**

### **II.3.1 Factores antrópicos que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas**

#### **i. Extracción de recursos forestales maderables**

Sin duda alguna uno de los factores más determinantes que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas es la actividad humana en cuanto al aprovechamiento de los recursos forestales. En este sentido, la actividad humana que en mayor medida incide en ese deterioro forestal es la extracción y aprovechamiento de recursos forestales maderables. Ya sea con fines de autoconsumo o bien comerciales, la extracción de recursos maderables en los bosques es una actividad que genera buenas ganancias para los dedicados a esta actividad y también es la que mayor impacto tiene para favorecer la fragmentación forestal impidiendo la conservación.

Según, Puertas et al. (2013: 5), el aprovechamiento forestal y la extracción de recursos forestales maderables se denomina;

“En el contexto forestal se denomina aprovechamiento forestal a la técnica de extracción de madera del bosque y su transporte, hasta los lugares de transformación forestal. En términos más generales, se entiende por aprovechamiento forestal, a la utilización racional de los productos del bosque (madera y productos diferentes de la madera) para ser transformado, a fin de satisfacer las crecientes necesidades de los seres humanos”.

La técnica de extracción de recursos forestales maderables que implica todo un proceso y técnicas que conllevan desde el transporte de dichos recursos forestales a su lugar de destino hasta la transformación y obtención de diversos productos a partir de los recursos forestales maderables. Tal es el caso de la madera misma para la fabricación de muebles y artesanías, resinas para barnices y la producción de papel, o combustibles como la leña. Todo esto para satisfacer las necesidades del hombre, una transformación de la materia prima como lo es en este caso la madera, en donde no se toma en cuenta la racionalidad.

Por otra parte, dichos recursos que en la mayoría de los casos no se recuperan, lo que incide a la pérdida de la cubierta forestal, y, por ende, a la fragmentación. Más allá de nuestras necesidades pensar sustentablemente podrá promover una conservación forestal que conlleve a una relación

amigable con el medio que nos provee de recursos, al mismo tiempo que aprovechamos todo lo necesario para poder subsistir y dándole tiempo al ecosistema para recuperarse de lo que se le despoja en un tiempo determinado. Una labor que si involucra una cultura racional ante la creciente demanda de las comunidades y de los actores locales por sacar provecho de los recursos a fin del desarrollo socioeconómico. Que no únicamente esta actividad tiene consecuencias dentro de los bosques, el medio ambiente y el aire se ven afectados por igual.

Tal como lo establece, Monjardín et al. (2017:8);

“También se ha estimado que la extracción aporta aproximadamente entre diez y veinte por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial lo que afecta negativamente al funcionamiento global del medio ambiente y produce un conjunto de cambios que interfieren en el clima, en el ciclo de carbono, en la pérdida de biodiversidad, el sumidero de agua potable, entre otros sistemas naturales”.

Es una serie de problemáticas la que desencadena la extracción de recursos forestales, ya sea maderables o no maderables. Un ciclo en el que una problemática deriva en otra, tal como lo manifiesta el comportamiento del ecosistema, en donde todo se encuentra interrelacionado, con la falla de un componente o elemento provoca el desequilibrio de otro. Como se aprecia, la extracción forestal, en especial dentro de los bosques de coníferas tiene grandes impactos a nivel global, al ser una de las actividades que las comunidades y actores locales de los bosques explota masivamente. Provocando la fragmentación, la cual a raíz de esta actividad va incrementando gradualmente con daños irreversibles ante la necesidad de los comuneros y ejidatarios del desarrollo y sustento socioeconómico para sus familias y para la comunidad.

Con base en, Salgado (2014:31);

“Las operaciones madereras comerciales, que proporcionan productos de pulpa de papel y madera al mercado mundial, también participan en la tala de innumerables bosques cada año. Los leñadores, incluso de forma furtiva, también construyen carreteras para acceder a bosques cada vez más remotos, lo que conlleva un incremento de la deforestación. Los bosques y selvas también caen víctimas del crecimiento urbano constante”.

## ii. Extracción de recursos forestales no maderables

Pero no solamente los recursos forestales maderables son de interés para la extracción por parte de los actores locales y de las comunidades, sino también los recursos forestales no maderables. Como, por ejemplo, especies de hongos para ser utilizados como remedios para enfermedades y padecimientos dentro de la medicina natural, o bien, los comestibles, como parte de la gastronomía tradicional. Por otro lado, resulta de interés por igual las especies vegetales para uso medicinal y



Fotografía 5. Hongos en bosque de oyamel. PNPO. Cornetitas (*turbillenus floccosus*).

para la creación de diversas artesanías. Extracción de recursos forestales no maderables que de igual forma se ven involucrados en una actividad que determina la conservación o deterioro de los bosques, en este caso de los bosques de coníferas. Y que fomenta una fragmentación por igual.

Estos recursos forestales no maderables según como lo establece Tapia y Reyes (2008:96);

“Los Productos Forestales No Maderables (PFNM), también llamados Beneficios Forestales No Madereros, son Todos los productos y servicios vegetales y animales, excluida la madera rolliza industrial y la madera para energía, derivados de los bosques y otras tierras forestadas y de árboles fuera del bosque”.

“Es decir, los PFNM constituyen una colección de recursos biológicos que incluye una gran variedad de beneficios, como, por ejemplo: frutas, nueces, semillas, aceites, especias, resinas, gomas, plantas medicinales y muchos otros, específicos de las áreas donde son recolectados”

Los beneficios que otorgan los recursos forestales no maderables son bastos, como se aprecia, van desde productos vegetales hasta semillas que son recolectadas para autoconsumo o para su comercialización. En el papel, estos beneficios o recursos forestales no maderables no representan un significado considerable en cuanto a la extracción que pudiesen presentar en un área

determinada, sin embargo, el impacto de su extracción para los fines antes mencionados de igual manera impacta en la conservación o deterioro de los bosques, en este caso de los bosques de coníferas. En donde las comunidades y los actores locales son determinantes y juegan un papel fundamental para la conservación de sus bosques en la medida en que extraen los recursos para su sobrevivencia.

Por su parte Anastasio et al. (2016:22), en torno a los recursos forestales argumentan que;

“Los Recursos Forestales No Maderables (RFNM) son las especies vegetales de las zonas forestales susceptibles de aprovechamiento, en función de su posible utilidad. Los Productos Forestales No Maderables (PFNM), se refieren a cualquier parte de dichas especies que está siendo aprovechada, a través de su extracción o por el servicio ambiental que presta”

Los recursos forestales no maderables representan un sustento para las comunidades y para los actores locales, especialmente para los más pobres o de bajos recursos. Debido a la extracción de todo tipo de recursos los cuales les sirven de alimento y para cualquier tipo de tratamiento medicinal para algún padecimiento. Además de formar parte de los modos de vida de las comunidades con cierto grado de marginación, en donde los habitantes de estas comunidades se encuentran dedicados principalmente a actividades como la recolección de semillas, de frutos, de hongos etc. Beneficios que ponen de manifiesto la diversidad biológica presente en las comunidades.

“La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018:22) menciona que en México el aprovechamiento de los PFNM supera las 70.5 mil toneladas; de ellas, prevalece la comercialización de tierra de monte (62 %), resinas (17.4 %) y las plantas medicinales, hongos comestibles y arbustos (19.1 %). En el Estado de México se recolectan, principalmente, plantas medicinales y hongos comestibles, seguidos por resinas y tierra de monte”.

Con base en López (2008:224);

“Es evidente que los PFNM han desempeñado y desempeñarán un papel fundamental en la vida de millones de personas, siendo prioritario identificar aquellas variables que

generan un impacto (positivo o negativo) sobre estos recursos, buscando el uso sostenible y la conservación de los bosques”.

Como todo recurso forestal, ya sea maderable o no maderable representa una fuente de sustento para las comunidades originarias y para los actores locales, además de formar parte de su cultura. Lo cual su uso y aprovechamiento representa una amenaza para el medio ambiente, por ende, para los bosques, bajo este esquema es necesario aplicar una cultura de sostenibilidad que promueva la conservación forestal. Pues como se ha apreciado, los recursos o productos forestales no maderables son variados, y su extracción de igual forma que los recursos forestales maderables se llevan a cabo masivamente. Identificar los impactos de esta extracción podrá tener un mayor control sobre esta actividad.

De igual forma López (2008: 218), sobre la demanda y consumo de estos productos forestales no maderables menciona que;

“La demanda y el consumo de diversos productos del bosque vienen provocando su agotamiento a un ritmo alarmante, siendo una de las causas subyacentes de la pérdida de biodiversidad”.

Como se aprecia, las comunidades locales juegan un papel importante en estas actividades extractivas de recursos forestales maderables y no maderables. En la conservación o deterioro de sus bosques. Esto implica la necesidad de conocer nuestras necesidades y extraer lo que realmente se necesita, más allá de las ganancias que se persiguen debido a la explotación de estos recursos. Sin embargo, la necesidad de las comunidades con cierto grado de marginación son las que en mayor medida dependen de estas actividades, pues de ellas viven en el día a día, una cultura sostenible sin duda, hará ver los efectos que genera este tipo de actividades y lograra extraer solamente lo suficiente para poder subsistir.

### **iii. Deforestación y cambio de uso de suelo**

El papel de las comunidades locales para la conservación o deterioro de los bosques de coníferas en cuanto a la deforestación y el cambio de uso de suelo en estas zonas naturales es uno más de los factores determinantes para la conservación forestal. Una problemática que involucra severas consecuencias que derivan en la fragmentación y en el deterioro forestal, ya sea por actividades de extracción de recursos forestales maderables y no maderables masivamente o por la reducción de

la cobertura forestal para la apertura de nuevos espacios dedicados a actividades agrícolas y ganaderas. Siendo estas de igual manera actividades generadoras de desarrollo y de deterioro forestal.

Bajo este esquema en base a Leija (2016: 3), se entiende que deforestación es;

“La deforestación es la transformación de las coberturas naturales con fines de uso forestal, agrícola o ganadero. Este fenómeno es considerado el más importante con relación a los problemas ambientales globales y está asociado principalmente al aumento de la densidad poblacional. A lo largo de muchos años, la deforestación se ha incrementado debido a las revoluciones agrícolas que han intensificado el uso de la tierra”.

Esta transformación que tiene diversos fines, pero que persigue el mismo objetivo, reducir la cobertura forestal para actividades destinadas a la agricultura o ganadería principalmente. La deforestación es una problemática social y ambiental bastante amplia, cuyos impactos son a nivel global, lo cual, la cultura que prevalece de explotar al máximo la tierra para la producción agrícola y ganadera ha intensificado los procesos de deforestación en los últimos tiempos, aunado al crecimiento demográfico que cada vez exige mayores demandas, principalmente de alimento. En donde el papel de los actores locales bajo esta problemática está muy relacionado, pues permiten la apertura de la frontera agrícola y ganadera en sus espacios que son netamente forestales.

Según Salgado (2014:31), la deforestación es;

“La deforestación es la destrucción a gran escala de los bosques por la acción humana. Millones de hectáreas se degradan o destruyen anualmente. Estas son taladas o quemadas, aproximadamente el equivalente a la superficie de un campo de fútbol cada dos segundos. La deforestación tiene muchos efectos negativos para el medio ambiente. El impacto más dramático es la pérdida del hábitat de millones de especies”.

La deforestación, una actividad más que impacta al ecosistema de forma severa. Debido a la actividad humana en su afán de obtener múltiples ganancias a costa de los beneficios que el medio le otorga. Explotándolo al máximo sin considerar los ecosistemas presentes, en el que los daños ocasionados y la pérdida de los hábitats para las especies son irreparables. Como ya se mencionó

con anterioridad, los fines son netamente socioeconómicos, provocando la expansión de actividades económicas como la agricultura y la ganadería, o como el pastoreo en zonas que no son aptas para este tipo de actividades. Lo que conlleva a un problema que va de la mano con la deforestación como lo es el cambio de uso de suelo.

Que en la mayoría de los casos ese cambio de uso de suelo provoca la pérdida de nutrientes de dicho suelo con el paso del tiempo, evitando la regeneración para una posible restauración posterior una vez acabado el ciclo agrícola. O bien, una vez migrado el ganado hacia otras zonas debido a la escasez de alimento. De igual forma, la deforestación como el cambio de uso de suelo provocan el deterioro forestal, una vez más, dentro de estos aspectos el papel de las comunidades locales es importante, a través de esto determinan el grado de conservación o deterioro forestal de sus bosques dependiendo del grado de deforestación que lleven a cabo y en la medida en que cambian su uso de suelo para destinarlo a otras actividades productivas.

Por otra parte, Salgado (2014:31), habla sobre los motivos de la deforestación.

“Los motivos de la tala indiscriminada son muchos, pero la mayoría están relacionados con el dinero o la necesidad de los comuneros de mantener a sus familias. Un inductor subyacente de la deforestación es la agricultura, los agricultores talan los bosques con el fin de obtener más espacio para sus cultivos o para el pastoreo de ganado”.

Ante la necesidad de los ejidatarios y comuneros de no solamente aprovechar los recursos forestales maderables y no maderables sino de sacar provecho de diversas actividades productivas y forestales en búsqueda de la sobrevivencia se ven obligados a recurrir a este tipo de prácticas de deforestación. En donde aprovechar la tierra para fines agrícolas y ganaderos es la única salida ante las demandas demográficas y de las comunidades. Incluso llevando a cabo la deforestación para espacios de infraestructura habitacional para nuevos asentamientos humanos ante el crecimiento poblacional, en zonas no aptas para ese uso de suelo.

Por su parte la FAO (2018:15) señala que;

“El desarrollo de infraestructuras se ha identificado como causa principal de la deforestación y como un impulsor significativo de la degradación forestal. Existe sin embargo un riesgo importante de deforestación y degradación indirecta en torno a las

infraestructuras ya construidas, debido a que facilitan el acceso al bosque y el desarrollo de actividades productivas”.

De una u otra forma la deforestación realizada para la búsqueda de actividades productivas o de desarrollo de infraestructuras impacta para la conservación forestal, las comunidades locales determinan el grado de conservación de sus bosques. Asumiendo el papel de conservadores o deterioradores forestales del espacio que les provee de recursos. Un rol protagonista que deben asumir en función de promover una cultura de conservación que impida la fragmentación forestal, más allá de lo que se obtiene económicamente, pues los beneficios naturales siempre están presentes. Determinados en cuanto a su abundancia por el grado de extracción que se realiza continuamente, dependiendo de las demandas demográficas.

La deforestación implica un cambio de uso de suelo, un cambio de uso de la tierra. Dichos cambios impactan de manera negativa en la conservación forestal, provocando que los bosques sufran una fragmentación, la disminución de su cobertura forestal. En donde las actividades realizadas por las comunidades locales en zonas no aptas debido al cambio de uso de suelo dentro de la poca cobertura forestal que queda propicia el deterioro. Como tal, el cambio de uso de suelo no representa una actividad directa desarrollada por las comunidades que impacta a la conservación, sin embargo, las actividades realizadas en esas zonas no aptas si lo representan.

En base a Galicia et al. (2007:51).

“La deforestación y otros cambios de uso de suelo son las principales causas de pérdida de los recursos forestales y degradación ambiental en escalas locales, regionales y globales. Estos procesos son causados por factores tecnológicos, económicos, políticos, sociales y culturales. La pérdida de la vegetación natural influye directamente en la pérdida de hábitat y de especies, la pérdida de valores culturales y estéticos, la reducción de los recursos forestales, el incremento en la erosión y la pérdida de la fertilidad del suelo”.

Cuestiones económicas, políticas, económicas y culturales se ven involucradas en el manejo forestal de la tierra y de los recursos que el bosque provee. Decisiones políticas con miras a obtener ganancias económicas ponen de manifiesto la necesidad de implementar acciones que implican un cambio de uso de suelo. Migrando de zonas destinadas para un uso a otras zonas mayormente

rentables destinadas a otras actividades. Lo cual involucra una pérdida de valores por parte de las comunidades y el despojo del valor estético que el paisaje forestal presenta. En términos generales, aportando a la erosión, y con el paso del tiempo a la pérdida de nutrientes del suelo dejándolo infértil e inservible para las futuras generaciones.

Por otro lado, Leija (2016:3), sobre el proceso de fragmentación menciona que;

“Los procesos de la deforestación son multifactoriales y determinan la fragmentación y pérdida de la biodiversidad de los biomas naturales a través del incremento de la demanda por los recursos naturales y del uso irracional que se hace de los ecosistemas. El aumento en la densidad de la población obliga a incrementar espacios para su asentamiento, lo que provoca una mayor intensificación en el uso de la tierra y la expansión de la frontera agrícola y ganadera”.

En palabras de Galicia et al. (2007:53) sobre la deforestación argumentan lo siguiente;

“La deforestación y otros cambios negativos de uso del suelo no sólo tienen implicaciones negativas en la cantidad de recursos, sino en su arreglo espacial en el paisaje. En este sentido, la principal consecuencia de la deforestación es la fragmentación, la cual se caracteriza por una disminución en la superficie del área restante, su mayor aislamiento, y un aumento asociado en los efectos del borde”.

#### **iv. Las actividades pecuarias dentro del bosque**

Un aspecto clave en la conservación o deterioro de los bosques y en el papel que juegan las comunidades en este sentido son las actividades que se realizan en torno a los recursos forestales. Tal como ya se mencionó con la extracción de recursos forestales maderables y no maderables, con la deforestación y cambio de uso de suelo, las actividades pecuarias dentro del bosque de igual forma determinan el grado de conservación o deterioro forestal. Estas problemáticas determinan el camino de los recursos forestales. Lo cual sus impactos son evidentes con el paso del tiempo, cuya identificación de estas problemáticas permitirán caracterizar las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas.

Ante esto Hernando et al. (2009:79) menciona que;

“Se comprobó que las prácticas agropecuarias causan un efecto negativo sobre las propiedades del suelo. Entre las consecuencias, se destacan la compactación del suelo, el incremento de la densidad aparente y la disminución de la retención de humedad. Respecto a las propiedades químicas alteradas, se detectaron que las diversas intervenciones del hombre alteran los niveles de nitrógeno, de fósforo y la relación de bases, que influye negativamente en las condiciones naturales. Se observa, en general, que la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria hace que el suelo se compacte”.

Los efectos de las actividades pecuarias dentro del bosque son notorios, impactan severamente al suelo en donde se lleva a cabo este tipo de actividad. Altera las propiedades físicas y químicas de la superficie impidiendo su regeneración. Este aspecto es uno más de los claros ejemplos de la búsqueda de desarrollo socioeconómico por parte de las comunidades ante las crecientes demandas de la población. La crianza de animales conlleva un proceso largo, en el que deben existir en el espacio condiciones abundantes en cuanto a recursos de alimentación para alimentar al ganado manteniéndolo en buenas condiciones. La demanda de recursos para mantener a estas especies es grande.

En palabras de Mora et al. (2017: 2);

“El panorama de la actividad pecuaria, a través de los tiempos, ha generado una serie de efectos ambientales nocivos para el conjunto de los seres de la naturaleza, y por consiguiente ha degradado el suelo, es así que según estudios de Gerber et al (2013) agrega que esta situación, se plantea como uno de los dos o tres sectores con repercusiones más graves en los principales problemas medioambientales a todos los niveles, desde el ámbito local hasta el mundial”.

Así como el cambio de uso de suelo, por naturaleza la presencia de actividades pecuarias degrada al suelo. Al ser una actividad económica muy demandada en cuanto a producción requiere de grandes extensiones de terreno o de superficie. Lo que provoca la expansión de la frontera tanto agrícola, como pecuaria que albergue los grandes productores de ganado para la comercialización, en la búsqueda de alimento para los animales, así como en la búsqueda de mejores condiciones, en donde se tengan los recursos necesarios para poder subsistir. Promoviendo la deforestación, por

ende, la degradación y fragmentación forestal. Llegando a zonas en donde no se tenía planeado permanecer.

Sosa et al. (2016: 31), argumentan que;

“La economía mexicana ha impulsado su crecimiento principalmente por las actividades terciarias, relegando a las actividades primarias a un último lugar de importancia. A pesar de esto, la producción primaria continúa siendo muy importante para el desarrollo de otros sectores, ya que es un fuerte impulsor de la actividad económica”.

Al igual que la agricultura, las actividades pecuarias determinan el grado de conservación de los bosques. El papel de las comunidades en cuanto a esta situación es determinante, las presiones que se ejercen al suelo son inmensas para esta actividad, a la vez que se produce cierto número de ganado, se produce alimento para su nutrición. La demanda de estos productos es basta, para el caso de México en donde su base económica y productiva se basa en las actividades primarias, siendo el sector pecuario integrante de este sector. Tanto en el proceso de explotación de los recursos hasta el último proceso de la cadena, el de la transformación para brindar servicios.

#### **v. Los incendios forestales**

Los incendios forestales son un factor más que incide en el deterioro o conservación de los bosques de coníferas, en donde las comunidades de igual forma juegan un papel fundamental para prevenir o provocar este tipo de problemáticas en sus bosques. En sí, el problema que generan los incendios forestales por si solos no es de gran impacto, lo impactante son los efectos que dejan dentro del ecosistema, tanto para los individuos arbóreos, como para las especies vegetales y animales. Cuyos efectos producidos hace vulnerable al ecosistema y con el tiempo susceptible a diversos factores que deterioran su salud.

En torno a los incendios forestales la SEMARNAT (2018: 1) sostiene que;

“Un incendio forestal trae consigo más afectaciones de las que se perciben a simple vista, pues hay otros daños que son difíciles de cuantificar. Plantas y árboles quedan más desprotegidos ante las plagas y enfermedades, además de que se daña su capacidad de crecimiento. Suelos expuestos y susceptibles a la erosión. No hay plantas que

retengan el agua para que se filtre al subsuelo y forme o recupere mantos freáticos. Desaparece el hábitat de la fauna silvestre”.

Cabe destacar los efectos que un incendio forestal deja a su paso, a simple vista los daños no se pueden cuantificar, sin embargo, una vez terminado, se aprecia lo devastador que ha sido por muy sencillo que parezca. Las condiciones ambientales que deja un incendio forestal no se recuperan, con el paso del tiempo aparecen los daños que ha provocado, lo que desencadena una serie de problemáticas que posteriormente afectan a la conservación forestal. Lo que atrae plagas y enfermedades que afectan la salud de los árboles y que afectan a su crecimiento. Pues no hay especie dentro del ecosistema que resista tales efectos de un incendio.

En palabra de González (2017: 2), sobre los impactos de los incendios forestales manifiesta que;

“Los impactos de los incendios van a depender de la intensidad, recurrencia y duración del incendio forestal. Estos efectos pueden ser directos tales como pérdida de animales, pérdida de la vegetación y degradación del suelo. Los efectos indirectos, por su parte, van desde la erosión del suelo y la contaminación del agua hasta el ensuciamiento de represas y deslizamientos de tierra. Los efectos en el suelo van a depender de la topografía del lugar, intensidad del proceso de erosión, intensidad y duración del fuego”.

Las condiciones ambientales de los bosques después de un incendio no serán las mismas por muy mínimo que haya sido, los efectos que deja a su paso son complejas, derivado de un incendio se tiene la pérdida de especies que habitan el ecosistema. La erosión de suelo y la disminución de la cubierta vegetal provocando la fragmentación. Esto indica que la labor de las comunidades es fundamental para controlar este tipo de eventos, que en la mayoría de los casos los actores locales tienen mucho que ver. Como se aprecia, se ha sumado un aspecto más que determina el grado de conservación o deterioro de los bosques de coníferas, en el que el papel de las comunidades originarias es fundamental para prevenir y mitigar los incendios.

### **II.3.2 El papel de la conciencia ambiental para la conservación de los bosques**

#### **I. El conocimiento de la población local de los impactos antrópicos negativos**

El papel que juegan las comunidades en cuanto a la conservación o deterioro de sus bosques, en este caso de los bosques de coníferas es determinante en función de las actividades que realizan en

torno a los recursos naturales que el medio les otorga. En este sentido, es necesario tener el conocimiento de las dinámicas ambientales que se llevan a cabo dentro de los bosques y de los ecosistemas para saber cómo actuar a la hora de aprovechar dichos recursos. Esto por parte de los actores locales, quienes tienen el contacto directo con su medio, como participantes dentro de sus comunidades.

Un conocimiento que le permita a la población identificar cuáles son los impactos negativos que ocasionan las actividades humanas dentro del bosque. Actividades antrópicas que determinan el futuro de las especies y de los ecosistemas que habitan allí. Lejos de una justificación basada en una educación ambiental la cual se tenga o no, el conocimiento ambiental se gesta de esta manera, un conocimiento ambiental que hará que las problemáticas antes mencionadas se erradiquen, lo cual posteriormente con el tiempo traerá una cultura ambiental con miras a la sustentabilidad y a un manejo forestal por parte de estos actores locales.

Es necesario comprender a que se refiere el término conciencia ambiental. Según, SEMARNAT (2020: 17), la conciencia ambiental es;

“Es una filosofía y un movimiento social relacionado con la conservación y mejora del medio ambiente, y esa forma de pensamiento busca influir mediante el activismo y la educación con el fin de proteger los recursos naturales y los ecosistemas”.

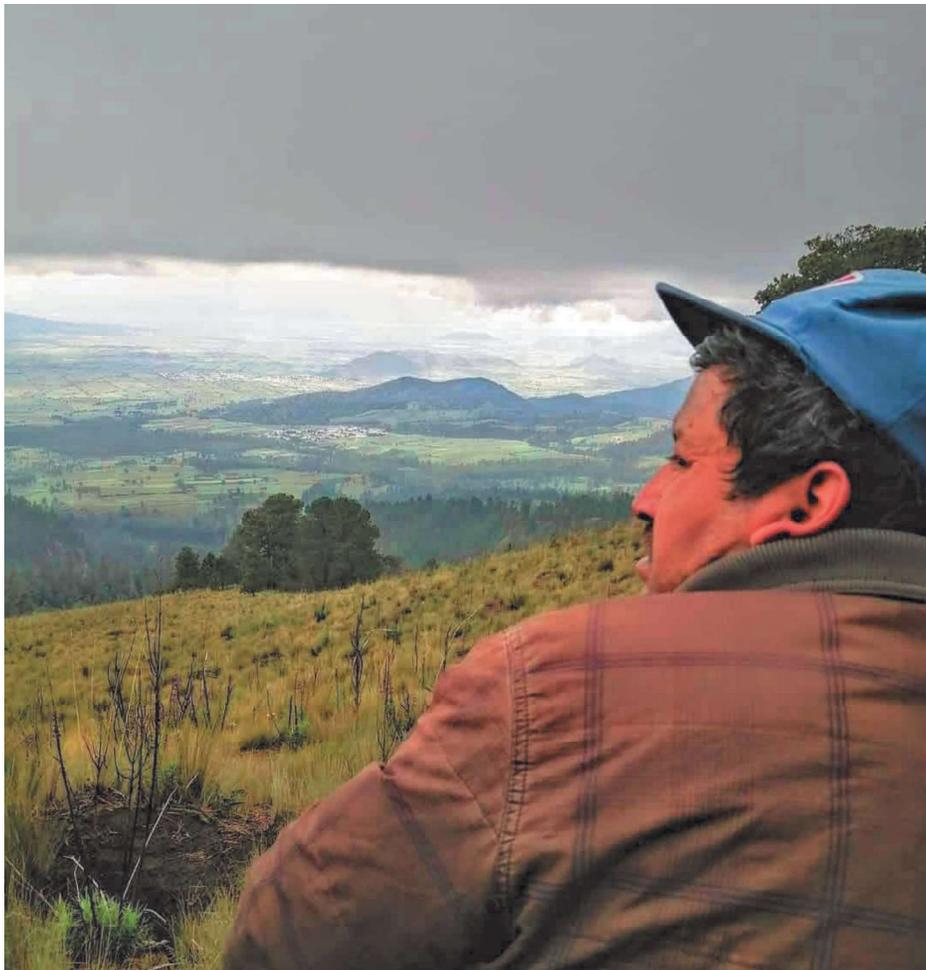
Los actores locales como participantes de sus comunidades son los principales modificantes de su entorno, es por eso que se ven involucrados en las dinámicas socioeconómicas que se llevan a cabo en los bosques y de las actividades que se desarrollan en torno a los recursos naturales, las cuales ejercen cierta presión sobre el ecosistema. Una conciencia ambiental muy importante que se debe asumir para lograr erradicar los impactos que estas actividades antrópicas están generando sobre las zonas forestales. Lo cual la población en cierta medida desconoce pues realiza estas actividades a pesar del deterioro que se ocasiona. Pues no se aprovechan estos recursos, sino que se explotan de manera desmedida.

## **II. El conocimiento y participación comunal en acciones de conservación de los bosques**

La participación social y comunal para la conservación de los bosques es muy importante, fomentar acciones que lleven a una cultura de conservación y de sustentabilidad es en buena medida un parte aguas para lograr un desarrollo dentro de las comunidades. Que a partir de las actividades realizadas

en la vida cotidiana de los actores locales se persigue sin tomar en cuenta el impacto que las actividades antrópicas ejercen sobre las zonas forestales. Los actores sociales que se ven involucrados en todo aquello que rodea a su espacio, lo cual conocen muy bien, se sabe del sistema que provee de recursos para la mayoría de nuestras actividades.

Es necesaria la integración del conocimiento y participación comunal para de esta manera implementar acciones en virtud de la mejora de las condiciones forestales presentes en el espacio, en este caso en el Área Natural Protegida de la Malinche. Solo de esta forma se llega a un cambio radical en el que el beneficio será para las comunidades en general, especialmente para los actores locales. Sin duda alguna, estas acciones integrativas mediante talleres y sesiones de educación ambiental en las comunidades para lograr una conciencia ambiental fomentaran un logro bastante bueno en cuanto a cuestiones ambientales, mejorando la salud de los bosques, evitando la fragmentación forestal y todas las problemáticas que conlleva el deterioro forestal.



*Fotografía 6.* Don Abelino, actor local de la comunidad de Atzitzintla, Puebla en trabajo de campo.

### III. Metodología

#### III.1 La zona de estudio

##### III.1.1 Parque Nacional Pico de Orizaba

“El Parque Nacional Pico de Orizaba, en conjunto con los parques nacionales Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Malinche o Matlalcuéyatl y el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, brinda protección a los ecosistemas de las más altas montañas de México. El Pico de Orizaba o Citlaltépetl, con una altura de 5 mil 636 msnm, es la montaña más elevada del territorio nacional, y está ubicada en los límites entre los estados de Puebla y Veracruz. Citlaltépetl proviene del náhuatl y significa “el cerro de la estrella”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2015:11).

“En el estado de Veracruz se encuentra uno de los sistemas volcánicos de mayor elevación (5636 msnm). Citlaltépetl o Pico de Orizaba, cuya parte más alta está ocupada por el Parque Nacional Pico de Orizaba. Donde se distribuyen bosques de encino, encino-pino, pino y oyamel. En la parte alta del bosque se desarrolla la especie de *Pinus hartwegii*”. Varo et al. (2016:13).

De aquí la importancia de la preservación de este espacio natural, el cual, como lo argumenta el autor, representa un gran valor sociocultural y ambiental para las comunidades asentadas en sus inmediaciones. Población que requiere de los recursos para poder subsistir pero que en ocasiones se desconoce del sistema natural que provee dichos recursos, lo cual incide al deterioro de las especies naturales y de los ecosistemas ahí presentes, en específico de los bosques de coníferas, objeto de estudio de la presente investigación. Que, desde épocas remotas, como parte de su cultura las comunidades rinden culto a los elementos naturales esenciales para la vida, tal como es el caso del agua.

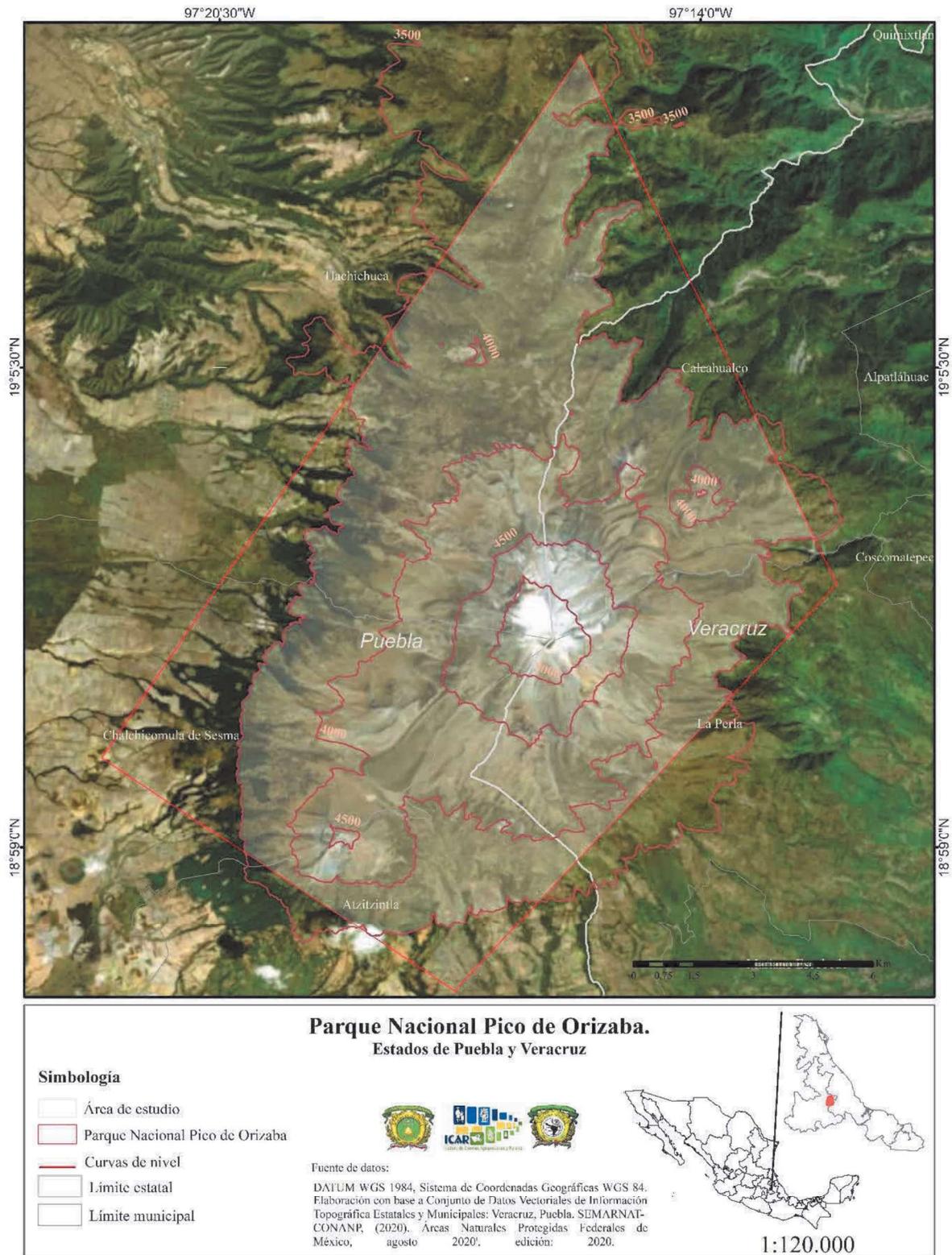
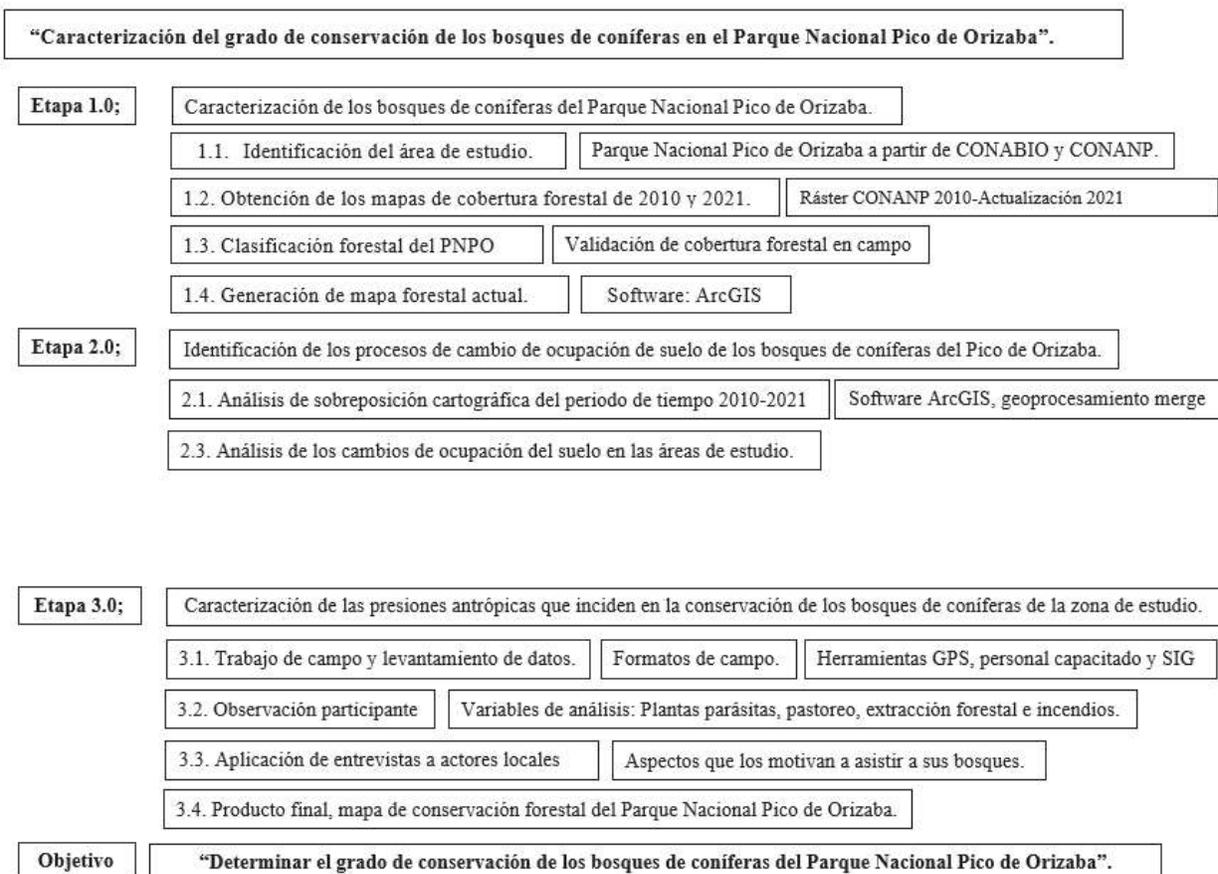


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Pico de Orizaba. Elaboración propia

### III.2 Los métodos de investigación

La metodología contempla tres etapas generales, la primera tiene como objetivo principal caracterizar los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba a través del procesamiento de imágenes satelitales de los años 2010 y 2021. La segunda consiste en identificar los procesos de cambio de ocupación del suelo de los bosques de coníferas del Parque Nacional en base a una sobreposición cartográfica de las imágenes satelitales que permitirá identificar las superficies de pérdida y ganancia de la cubierta forestal en el periodo de tiempo establecido. La tercera etapa tiene como objetivo principal caracterizar las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas de la zona de estudio, mediante el levantamiento de entrevistas en campo a informantes clave sobre las actividades que las comunidades asisten a realizar al bosque en torno a los recursos forestales.

En el cuadro 1, se muestra el diagrama general correspondiente a la metodología de la investigación.



Cuadro 1. Esquema metodológico general. Elaboración propia.

### III.2.1 Caracterización de los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba



*Fotografía 7.* Bosque de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba.

El cuadro 2 muestra la primera etapa del proceso metodológico.

<b>Etapa 1.0;</b>	Caracterización de los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba.	
	1.1. Identificación del área de estudio.	Parque Nacional Pico de Orizaba a partir de CONABIO y CONANP.
	1.2. Obtención de los mapas de cobertura forestal de 2011 y 2021.	Ráster CONANP 2011-Actualización 2021
	1.3. Clasificación forestal del PNPO	Validación de cobertura forestal en campo
	1.4. Generación de mapa forestal actual.	Software: ArcGIS

*Cuadro 2.* Esquema metodológico, etapa 1.

**Etapa 1:** Obtención de los mapas de cobertura forestal de los años 2010 y 2021. Para la obtención de estos productos, es necesario realizar de primera mano la delimitación de la zona de estudio correspondiente. Para el caso de esta investigación se toma en cuenta el área del Parque Nacional Pico de Orizaba. Esto con la finalidad de tener un seguimiento de forma puntual y en específico en

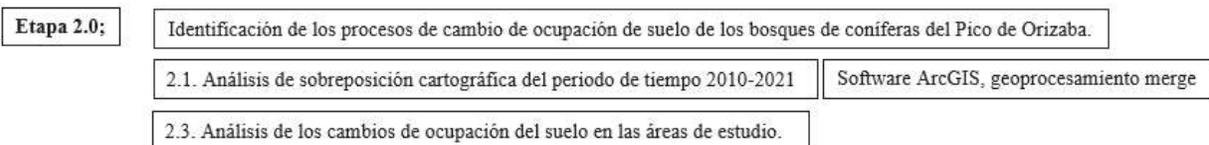
función del problema de investigación. Posteriormente se evalúan y analizan todas aquellas fuentes de información que son de utilidad para la realización de esta primera etapa.

Por otro lado, se encuentra un aspecto muy importante que es el trabajo de campo, que permite la obtención de datos para el procesamiento y obtención de nueva información más exacta sobre el Parque Nacional Pico de Orizaba de forma puntual y a través del ejercicio de la observación participativa. Trabajo de campo para la verificación de información obtenida en gabinete, y para una posterior clasificación de los componentes cartográficos de las temáticas requeridas, para finalmente llegar a la obtención del mapa de cobertura forestal.

Como lo establece la primera etapa de la metodología de esta investigación, resulta fundamental conocer de primera mano la cobertura forestal del PNPO para el año 2010 y, posteriormente del año 2020. Con la finalidad de identificar los procesos de pérdida y ganancia de dicha cobertura forestal y de esta manera conocer a grandes rasgos como se encuentra la conservación en este espacio, lo que corresponde al análisis específico de estos procesos de pérdida y ganancia en la etapa dos de la metodología.

### III.2.2 Identificación de los procesos de cambio de ocupación del suelo de los bosques de coníferas del Pico de Orizaba.

El cuadro 3 hace referencia a los pasos a seguir en la segunda etapa metodológica de la presente investigación, la cual hace énfasis en el análisis de sobreposición cartográfica para identificar los procesos de cambio de ocupación del suelo en el periodo que comprenden los años 2010 a 2021.



*Cuadro 3.* Esquema metodológico, etapa 2. Elaboración propia.

**Etapa 2:** Identificación de los procesos de cambios de ocupación del suelo. Para determinar los cambios se hará un análisis de sobreposición cartográfica que permitirá identificar las superficies de pérdida y ganancia de las masas forestales y, con ello, calcular la tasa de deforestación para el periodo estudiado.

Los cambios de ocupación del suelo en el Parque Nacional Pico de Orizaba, se determinaron con base en la cartografía previamente procesada, en relación a los mapas de ocupación del suelo de 2010 y 2021. Empleando la técnica de análisis espacial de sobreposición cartográfica, lo cual consistió en retomar dichas coberturas para analizar los procesos de pérdidas y ganancias de la cubierta forestal entre dicho periodo de tiempo. Con una serie de geoprosesamientos en el software ArcGis. Se obtuvo la matriz de cambio de ocupación del suelo (tabla 1), lo que permitió establecer una relación numérica a las distintas categorías que integran la cobertura forestal para ambos años. Estas coberturas son; cobertura agrícola, bosque de pino, bosque de oyamel, pastizal, pradera de alta montaña y la superficie desprovista de vegetación.

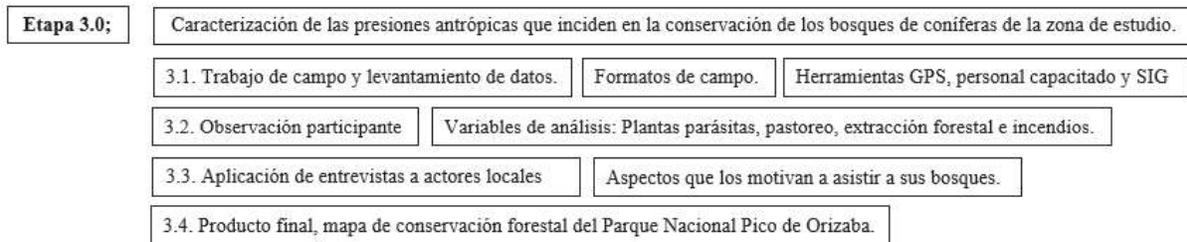
Las categorías fueron agrupadas de tal forma que se les asignó un valor, tomando en cuenta la superficie ocupada por cada una de ellas en el año 2010 y en el año 2021. La matriz permite observar las pérdidas y ganancias de los distintos tipos de cobertura, así como las superficies sin cambio.

**Tabla 1. Matriz de cambio de ocupación del suelo 2010-2021.**

2010	2021						Total, año 2010
	Agricultura	Bosque de Oyamel	Bosque de Pino	Desprovisto de vegetación	Pastizal	Pradera	
<b>Agricultura</b>	4.46	1.76	16.44	13.21	2.31	15.2	<b>53.38</b>
<b>Bosque de Oyamel</b>	7.8	123.51	523.63	7.59	38.63	22.67	<b>723.83</b>
<b>Bosque de Pino</b>	10.21	22.24	1972.2	35.34	196.8	184.27	<b>2421.06</b>
<b>Desprovisto de vegetación</b>	20.24	15.3	75.81	67.67	0.53	35.21	<b>214.76</b>
<b>Pastizal</b>	1.81	2.57	552.54	33.29	304.72	41.81	<b>936.74</b>
<b>Pradera</b>	0.85	11.2	455.2	25.05	85.06	514.55	<b>1091.91</b>
<b>Total, año 2021</b>	<b>45.37</b>	<b>176.58</b>	<b>3595.82</b>	<b>182.15</b>	<b>628.05</b>	<b>813.71</b>	<b>5441.68</b>

### III.2.3 Caracterización de las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas de la zona de estudio.

El cuadro 4 presenta las etapas de trabajo de campo que metodológicamente corresponden a la caracterización de las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba.



*Cuadro 4.* Esquema metodológico, etapa 3. Elaboración propia.

**Etapas 3:** Caracterización de las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas en la zona de estudio a través de la técnica de evaluación multicriterio.

A través del proceso analítico jerarquizado (AHP) por sus siglas en inglés propuesto por Saaty y mediante una evaluación multicriterio fue realizada una matriz de comparación por pares que permitió establecer una correlación entre las variables de perturbación que son consideradas en los formatos de campo. Dichas variables correspondientes son; pastoreo, extracción, camino, brecha corta fuego, zanja de infiltración, tina ciega y cerca. Las variables fueron numeradas y acomodadas de acuerdo al grado de afectación que pudiesen reflejar en el espacio. Es decir, se consideró el impacto que estas prácticas tienen en el bosque de tal forma que el pastoreo ocupa el lugar número 1, debido a que es la variable con mayor impacto en la superficie forestal seguido por la extracción y los caminos.

**Tabla 2. Variables asociadas a intervención humana.**

Variable	Número
Pastoreo	1
Extracción	2
Camino	3
Brecha	4
Zanja	5

Tina ciega	6
Cerca	7

De acuerdo con el proceso analítico jerarquizado y la matriz de comparación por pares, el método de comparación se realiza para asignar un valor a cada una de las variables a utilizar, que en este caso son un total de 7. Resulta necesario conocer cuantitativamente el valor numérico de esas variables que le son asignados al momento de realizar las comparaciones. 1 con 1, 2 con 2, 3 con 3, 4 con 4, 5 con 5, 6 con y 7 con respecto a 7 da igual a 1. Debido a que guardan igual importancia por lo que el valor correspondiente para este tipo de relaciones siempre será 1. Posteriormente se realizan las correlaciones sucesivamente con los demás números.

La matriz resultante quedó conformada de la siguiente manera.

Matriz de comparación de criterios								
Criterio	Orden jerárquico	1	2	3	4	5	6	7
Pastoreo	1	1	2	3	4	5	7	9
Extracción	2	1/2	1	2	3	4	5	8
Camino	3	1/3	1/2	1	2	3	4	7
Brecha corta fuego	4	1/4	1/3	1/2	1	2	3	5
Zanja de infiltración	5	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3
Tina ciega	6	1/7	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2
Cerca	7	1/9	1/8	1/7	1/5	1/3	1/2	1
<i>n=7</i>								
<b>Total</b>		<b>2.5373016</b>	<b>4.4083333</b>	<b>7.2261905</b>	<b>11.033333</b>	<b>15.833333</b>	<b>22.5</b>	<b>35</b>

Cuadro 5. Matriz de comparación de criterios, variables de perturbación. Elaboración propia.

En donde:

1= igual de importantes. 3= Moderada importancia. 5= Fuerte importancia. 7=Muy fuerte importancia y, 9= extrema importancia.

Criterio	Orden Jerárquico	Matriz normalizada							Eigen Vector
		1	2	3	4	5	6	7	
Pastoreo	1	0.3941195	0.4536862	0.4151565	0.3625378	0.3157895	0.3111111	0.2571429	0.36
Extracción	2	0.1970597	0.2268431	0.276771	0.2719033	0.2526316	0.2222222	0.2285714	0.24
Camino	3	0.1313732	0.1134216	0.1383855	0.1812689	0.1894737	0.1777778	0.2	0.16
Brecha corta fuego	4	0.0985299	0.0756144	0.0691928	0.0906344	0.1263158	0.1333333	0.1428571	0.11
Zanja de infiltración	5	0.0788239	0.0567108	0.0461285	0.0453172	0.0631579	0.0888889	0.0857143	0.07
Tina ciega	6	0.0563028	0.0453686	0.0345964	0.0302115	0.0315789	0.0444444	0.0571429	0.04
Cerca	7	0.0437911	0.0283554	0.0197694	0.0181269	0.0210526	0.0222222	0.0285714	0.03
<b>Total</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Cuadro 6. Matriz de comparación por pares normalizada.

Posteriormente se realizó la normalización de la matriz para obtener sus ponderaciones finales, es decir, el eigen vector (cuadro 6). Fue necesario realizar la sumatoria de todas y cada una de las columnas de las relaciones establecidas para cada uno de los criterios, que como se aprecia en la figura anterior, las sumatorias se encuentran enmarcadas en color rojo para cada orden jerárquico de la matriz. Después, cada celda del cuadro, fue dividida por columna entre la sumatoria total de la columna, hasta obtenerse los números decimales que se encuentran en la figura posterior. Dichas columnas también se van a sumar y todas deben completar el 1, que es el entero, finalmente, los valores decimales obtenidos para cada criterio, es decir, ahora por fila se van a promediar para obtener el cálculo eigen vector.

Y mediante el levantamiento de datos en campo a través de formatos de campo y de la aplicación de entrevistas a actores locales, que como lo mencionan Endara y Herrera (2015:252). Los actores locales son:



Fotografía 8. Actores locales de la comunidad de Tlachichuca.

“Aquellos habitantes y agentes externos con poder de decisión y de acción individual o colectiva sobre el control, dominio y opinión sobre los recursos naturales en un contexto territorial de carácter microregional, cuya funcionalidad también está

regulada por diversas instituciones y leyes gubernamentales como las ya mencionadas”.

Actividades que ejercen los actores locales y que determinan las características ecológicas y de conservación forestal a través de la identificación de como zonas con ganado, actividades de pastoreo, zonas con tocones, extracción de recursos forestales maderables y no maderables, lo cual arroja como resultado un mapa del grado de conservación del bosque. Por otro lado, se toman en consideración aspectos culturales y sociales que determinan los motores de la población para asistir al bosque, es decir, que van a hacer las comunidades a este espacio natural.

Con base en estudios previos se determinó la necesidad de conocer cuál ha sido la cobertura forestal en los bosques de coníferas del Pico de Orizaba en el año 2010 y en el año de 2020. Con la finalidad de poder comparar los cambios que ha sufrido la cubierta forestal en este periodo de tiempo comprendido de diez años, a través de imágenes satelitales sentinel y cartas topográficas para generar como producto final un mapa forestal a través de la serie VI de INEGI 2016 por medio de una agrupación de las temáticas más relevantes sobre los principales tipos de bosque.

Posteriormente se caracterizaron las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas en la zona de estudio mediante el levantamiento de datos en campo y trabajo de campo con la aplicación de entrevistas a informantes clave. Encuesta realizada sobre cuestiones clave sobre los motivos que impulsan a las comunidades a asistir al bosque, y sobre qué actividades van a realizar en torno a los recursos forestales. Con ayuda de la observación participativa en sitios de muestreo en campo a través de los formatos que incluyen variables que miden la conservación forestal, como presencia de tocones, incendios forestales y pastoreo se va obtener el mapa del grado de conservación del bosque.

Para el desarrollo de la encuesta se definen los ejes de interés a partir de la caracterización de los informantes clave. Es decir, las preguntas que conforman la encuesta se encuentran estructuradas a partir de datos como lo son en primera instancia la edad y sexo del informante clave, así como sobre el tiempo que el encuestado tiene viviendo en su comunidad, pues lo relevante para el estudio son los habitantes de origen de las comunidades en la zona de estudio. Encuesta bajo el método de aplicación en casa, con la finalidad de tener mayor atención por parte de encuestado al contestar las preguntas y en condiciones de tranquilidad sin interferencia que altere la interacción entre el encuestado y el encuestador.

Los puntos de interés y lo más relevante sobre lo cual se encuentran estructuradas las cuestiones que conforman la entrevista son sobre las circunstancias que motivan a los actores locales a asistir a los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba, así como averiguar cuáles son las principales actividades que los actores locales asisten a realizar al bosque en torno a los recursos forestales. Por otro lado, un aspecto muy importante a considerar es la conciencia y educación ambiental.

Dichas entrevistas se encuentran conformadas de 10 cuestiones, sobre la percepción de los actores locales sobre sus conocimientos y perspectivas hacia la conservación de los bosques. Cuyos aspectos antes mencionados arrojan información sobre este punto de la percepción en relación a la conservación forestal. Lo cual, posteriormente, sirve para estructurar una base de datos para el análisis de la información obtenida en campo a través de estas entrevistas.

El trabajo de campo consistió en dos etapas.

- Una primera etapa enfocada a la caracterización de las presiones antrópicas que inciden en la conservación de los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba. Para esta etapa de trabajo de campo se realizó el recorrido en la zona de estudio con un procesamiento previo del Parque Nacional en ArcMap obteniendo su polígono y delimitación del área de estudio. En donde se establecieron sitios de muestreo a una distancia de uno y otro de entre 250 y 300 metros, tomando como referencia las curvas de nivel, realizando el muestreo a partir de la curva de los 3600 a 4100 msnm. Muestreándose un total de 519 puntos, en la cara norte del Parque Nacional y otros más en la cara suroeste y sureste.

Dichos puntos se cargaron al GPS y con ayuda de este instrumento se lograron ubicar en campo, también resultó necesario el uso de aparatos como la brújula para una mejor y rápida orientación en el espacio y de la cinta diamétrica, útil para la medición de los diámetros de los individuos, así como del clinómetro para medir la pendiente y la exposición del sitio de muestreo. Obteniendo áreas de muestreo tal y como se aprecian en la figura 2.

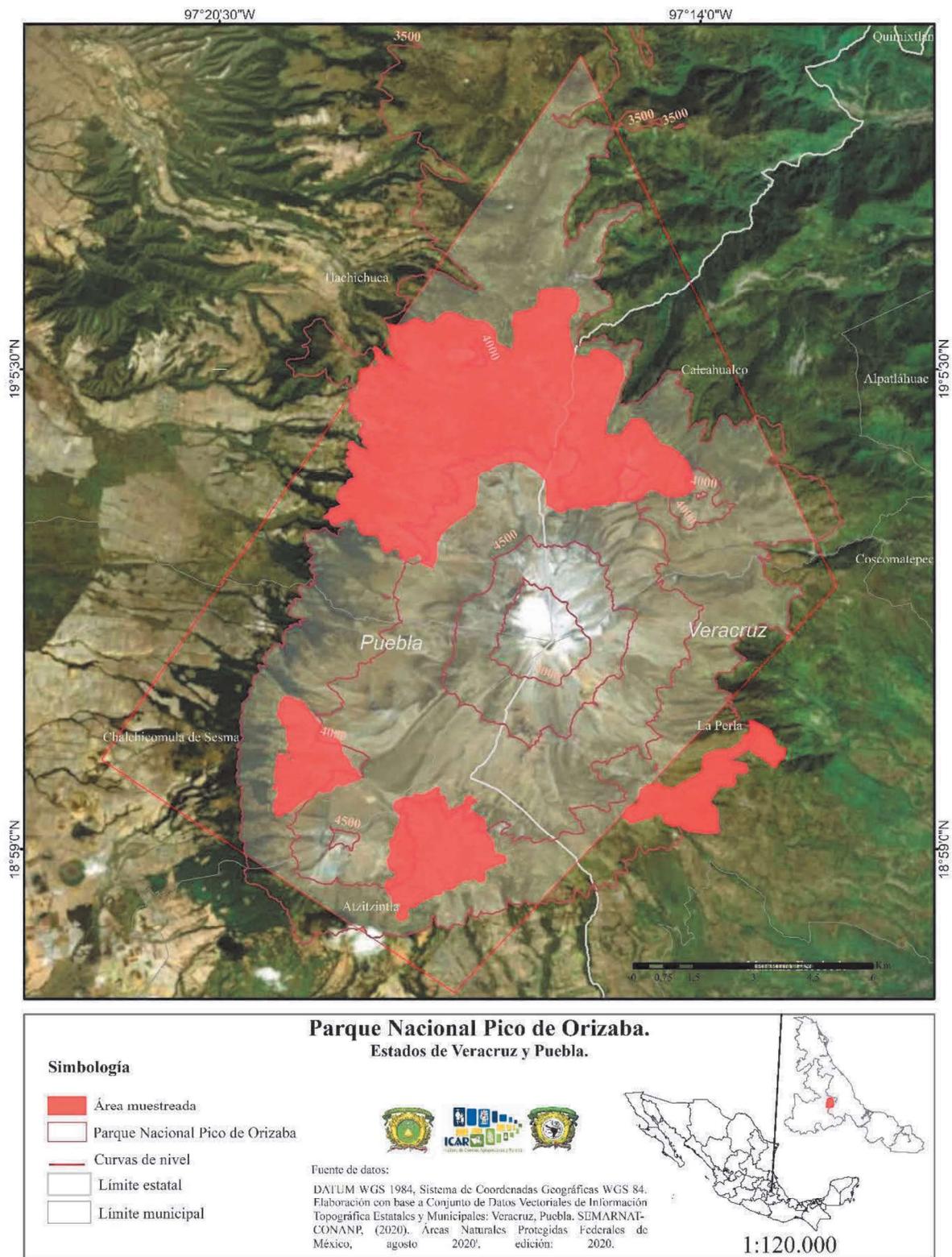


Figura 2. Áreas de muestreo. Elaboración propia

### **Los formatos de campo.**

Los formatos de campo se destinaron al trabajo de campo. Divididos en dos partes. Una primera parte para el levantamiento de datos referente a las características físico geográficas como lo son, numero de sitio, datos de referencia, asociación arbórea, tocones,  $x$ ,  $y$ , altitud, exposición, pendiente, % de copa, incendio, % de roca, árboles caídos, fauna, excretas, pendiente, % herbáceo y % arbustivo, perturbación % de musgo y suelo desnudo y regeneración enfocada en tres apartados, plántulas, menores a 30 centímetros de altura, brinzales de entre 30 centímetros a 1.5 metros de altura y latizales, de 1.5 metros de altura a más, pero menores a 2.5 centímetros de diámetro. Formato base de levantamiento de datos en campo para el proyecto “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noreste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala)”.

Sin embargo, para la presente investigación fue necesaria una depuración de los formatos, omitiendo ciertos registros como lo son datos de referencia, % de copa, % de roca, fauna, excretas, % herbáceo, % arbustivo, así como la parte de regeneración, tocones y árboles caídos. Debido a que no son relevantes para el resultado final, que es determinar el grado de conservación forestal. Pero, por otro lado, fue necesario incorporar en la base de datos columnas como grado de infestación y una para la ponderación total de perturbación.

Por otra parte, en el apartado de individuo, se registra el número de sitio, la especie de cada uno de ellos, de igual manera su categoría, diámetros, calidades, altura total, fuste limpio, tipo de muérdago, y, en caso de presentarse se encuentra una serie de columnas para indicar en que tercio del individuo se presenta y con qué grado de infestación. Una más para descortezador, también para indicar si están muertos, quemados, ocoteados, resistentes, clave, semillero, trampa, senil, sin ápice y un apartado para registrar observaciones.

Pero, tal y como sucedió con el formato por sitio, hubo casillas de registro que para esta investigación no resultaron relevantes debido al tipo de objetivo que se persigue. Haciendo énfasis únicamente a las casillas y columnas de registros de, sitio, especie, categoría, diámetro, altura total, altura comercial, fuste limpio, tipo de muérdago presente, grado de infestación por muérdago y por último la columna de individuos muertos y quemados.

- Una segunda etapa que consta de la aplicación de entrevistas a los actores locales, sobre el papel de las comunidades en la conservación o deterioro de los bosques de coníferas. Sobre información relevante en cuestiones como las que se mencionaron con anterioridad.

Una vez aplicada la entrevista como parte del trabajo de campo se procesará la información obtenida en una base de datos, analizando las variables, y capturando lo recopilado en los formatos, tanto de sitio como por individuo, y sobre lo que los actores locales respondieron a las cuestiones.

### **Estructura de la basa de datos.**

La base de datos contiene un total de 518 sitios de muestreo. El formato que conforma la numeración considera en primer lugar el número de montaña, el cual el Parque Nacional Pico de Orizaba en el proyecto “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noreste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala)” es la montaña número 3, seguido con dos dígitos que representan la cota con las curvas de nivel. Posteriormente los últimos tres dígitos que siguen una numeración normal. Dicha base de datos contiene información de sitio, así como por individuo de cada uno de los sitios y de regeneración.

En el apartado de sitio la información que se levantó para cada uno de ellos es la siguiente; Se encuentran las coordenadas  $x$ ,  $y$ , altitud, pendiente topográfica, ubicación físico geográfica, asociación arbórea, una columna del total de individuos y una más que contabiliza el total de fustales, es decir, aquellos individuos de más de 7 centímetros de DAP, así como una columna con el cálculo de la densidad, es decir, individuos por hectárea. Una columna correspondiente al tipo de muérdago en caso de presentarse en el sitio, así como el grado de infestación causada por esta planta parásita. También una columna de incendios en donde se registra si es reciente o histórico, a su vez que se registra el número de individuos que resultaron quemados.

Posteriormente se encuentra la columna de perturbación, aquí se registran las prácticas que afectan los sitios muestreados, así como la columna de ponderación de perturbación realizada en base a la matriz de comparación por pares que se mencionó anteriormente.

En la tabla de registro por individuo se encuentran datos sobre todos y cada uno de los árboles muestreados en los sitios. Empezando por la especie del individuo, su categoría, si es juvenil o

fustal, seguido del registro de sus diámetros, así como de su calidad, alturas totales y fuste limpio. Posteriormente el tipo de muérdago en caso de que presente, con su correspondiente grado de infestación y finalmente el registro de todos aquellos que están muertos o quemados en el caso de incendio. Dicha información capturada en esta base de datos se encuentra registrada en los formatos de campo.

Con esto se determina la caracterización de las presiones antrópicas que inciden en el deterioro de los bosques de coníferas del Parque Nacional Pico de Orizaba, con la finalidad de tomar decisiones y proponer alternativas para fomentar el conocimiento y participación comunal en acciones que encaminen a la conservación forestal y a una cultura de conciencia ambiental.

La conservación forestal puede ser medida en términos de las características intrínsecas de las



**Fotografía 9.** Muérdago amarillo (*Arceuthobium globosum*) en pinus hartwegii. Bosque del PNPO.

masas forestales, es decir, todo aquello que determina la salud de los bosques, por ejemplo, la presencia de plagas y enfermedades. Por otro lado, medida mediante la abundancia, es decir, los factores determinantes de la estructura del bosque, los individuos arbóreos, lo cual indica que la estructura de un bosque sano contiene en su superficie árboles de todas las edades.

En el presente estudio la conservación forestal se encuentra medida en torno a tres variables fundamentales que incluyen las dos formas de medir la conservación, tanto por las características intrínsecas como por la abundancia haciendo referencia a la

estructura del bosque. Dichas variables consideradas son; abundancia de plantas parasitas, presencia y abundancia de extracción a través de tocones y existencia de intervención humana mediante la evaluación de incendios forestales, actividades de pastoreo, zonas con ganado y la

presencia de caminos y brechas cortafuego. Últimas tres variables que de igual forma aportan a la medición de la presión antrópica.



**Fotografía 10.** Individuo con gran nivel de infestación por muérdago amarillo.

### Abundancia de plantas parásitas

La variable de plantas parásitas dentro de la categoría biótica es importante a considerar, pues muestra un panorama claro de cómo se encuentra la conservación forestal en la zona de estudio en cuanto a las características intrínsecas del bosque se refiere. En este sentido, se tienen registros de la presencia de dichas plantas parásitas en el Parque Nacional Pico de Orizaba, que impiden la conservación y propician el deterioro forestal. Al respecto, Varo et al. (2016:13), en relación a las plantas parásitas en el Pico de Orizaba argumenta que;

“A pesar de ser un Parque Nacional, los bosques sufren degradación y deforestación

por diferentes factores, antropogénicos y naturales, como la plaga del muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*), una hemiparásita que toma el agua y los nutrientes de otro organismo conocido como hospedero para realizar su ciclo de vida, debilitándolo hasta llegar a ocasionarle la muerte. Se ha documentado la existencia del muérdago enano en los bosques de *P. Hartwegii* en el lado norte del PNPO”.

Es evidente lo fundamental que resulta el estudio de esta variable para conocer el estado de conservación forestal, pues las plantas parásitas están presentes en este espacio, y nada mejor que evaluar el impacto que genera este tipo de agente perturbador para determinar el grado de conservación en la zona de estudio. Pues es una de las principales variables que dan muestra de cómo se encuentra el bosque en cuanto a salud se refiere. A su vez no solamente plantas parásitas se manifiestan en el Parque Nacional Pico de Orizaba sino también plagas y enfermedades.

Por su parte Reyes (2020:2) menciona que:

“Como si se tratara de un paciente con enfermedades crónicas degenerativas, a la tala inmoderada que impacta al Parque Nacional Pico de Orizaba se suma el efecto devastador de las plagas que, beneficiadas por el cambio climático, afectan al 40% de árboles. En fechas recientes se identificaron agentes descortezadores, como el mayate o escarabajo barrenador y el tizón de coníferas o defoliador de pinos a una altura superior a los 3,200 msnm”.

Problemáticas que ponen de manifiesto una falta de conservación forestal y que sin duda alguna aportan al deterioro ambiental y a una serie de consecuencias que se reflejan en la salud de los individuos y de los ecosistemas que habitan los espacios forestales. Es por estas razones que derivó el interés por enfatizar en la variable de plantas parásitas para el estudio de la conservación, pues al igual que las plagas y enfermedades se presentan sin precedentes en los bosques de manera natural pues son parte del ecosistema y también derivado de las actividades humanas. Que constituyen una de las variables fundamentales para medir la conservación forestal.

Asumiendo el impacto que implica la presencia de estos agentes patógenos como determinantes de la conservación forestal, y derivado del trabajo de campo se logró identificar la presencia de muérdago amarillo en varios sitios de muestreo. Un total de 182 sitios de los 519 totales fueron los que registraron presencia de esta planta parásita. Mientras que el resto no presentó. A partir del cálculo del grado de infestación que consistió en sumar las calificaciones de nivel de infestación por individuo, es decir, la suma de los valores obtenidos en los tres tercios del individuo cuyo valor máximo a obtener es 6 dividido entre el número total de fustales muestreados por sitio, es decir, aquellos individuos cuyo diámetro es mayor o igual a 7.5 cm.

De esta manera se determinaron los promedios de infestación por sitio, cuyo valor máximo fue de 4.8 en un sitio, y cuyo promedio de infestación de todos los sitios que presentaron muérdago amarillo fue de 0.43. Sin embargo, la figura 3 presenta la distribución espacial únicamente de los sitios muestreados con presencia de muérdago amarillo, estableciendo categorías de nivel de infestación que van de bajo, medio y alto. Como se aprecia, la mayor área de muestreo se ubica en la cara norte del PNPO y también es el sector de este espacio que presenta el nivel más alto de infestación. Asumiendo un rol importante y relacionando el alto grado de infestación a la cercanía de la comunidad de Tlachichuca. Posteriormente, el área muestreada en la parte sur corresponde a un nivel de infestación medio y bajo.

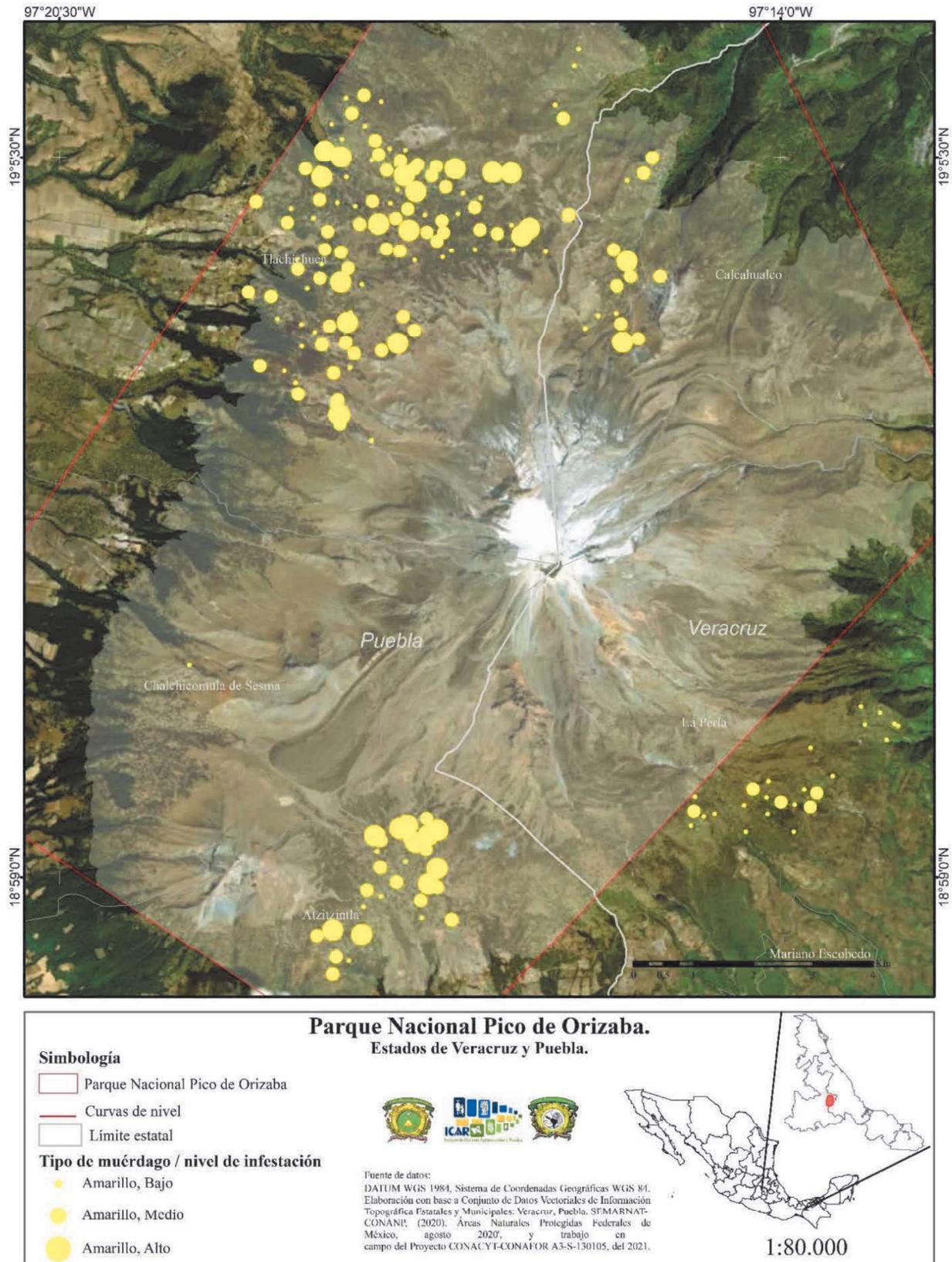


Figura 3. Distribución de áreas muestreadas con presencia de muérdago amarillo. Elaboración propia

En general, la conservación forestal en el Parque Nacional Pico de Orizaba en términos de la variable de plantas parásitas, se encuentra en mejores condiciones en la cara sur y sureste del parque. Por lo que se recomienda dar seguimiento y monitoreo oportuno para la cara norte, pues el problema en este sector es mayor, ubicándose individuos con un alto nivel de infestación.

### **Presencia y abundancia de extracción a través de tocones**

Una variable más a considerar para evaluar la conservación forestal en el Parque Nacional Pico de Orizaba es la presencia y abundancia de extracción a través de tocones dentro de una categoría físico-geográfica. Que, de igual forma, es una variable muy completa y compleja para determinar la conservación, pues la extracción pone de manifiesto un serio problema que aqueja la estructura del bosque impidiendo su sanidad y dejando vulnerables a las especies a otro tipo de problemáticas como lo son plagas y enfermedades que en su conjunto desencadenan un deterioro ambiental.

Al respecto, Carmona (2020:2) establece que;

“Los bosques del Pico de Orizaba, en los pasados diez años, perdieron al menos seis millones de árboles en al menos 12 mil hectáreas entre ellas las del parque nacional, el imparable crecimiento de la tala ilegal y clandestina dañaron irreversiblemente la conservación de las áreas verdes; el deterioro ambiental ya se resiente. Se calcula que, en los últimos diez años, "el Parque Nacional perdió más de 6 millones de árboles y la madera comentan los lugareños, terminó convertida en tablas para la fabricación de muebles, destinada a la construcción, tarimas comerciales y embalaje”.

Por otro lado, en relación a las actividades extractivas realizadas en el Parque Nacional Pico de Orizaba Murillo (2021:2) comenta;

“La tala ilegal, el robo de madera, el uso incorrecto de las guías forestales y los aprovechamientos simulados o excesivos son las otras “plagas” que están acabando con los bosques veracruzanos la situación forestal en Veracruz es “crítica” y las actividades ilegales de extracción de madera en estas zonas han aumentado no sólo en el Cofre de Perote sino también en el Pico de Orizaba, Huayacocotla, Los Tuxtlas y el Uxpanapan”.

A su vez La comisión de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático (2021) sobre los ecosistemas del Pico de Orizaba argumenta;

“Uno de los ejemplares más importantes y emblemáticos del Pico de Orizaba es el *pinus hartwegii*. Los riesgos y amenazas que enfrenta este ecosistema continúan siendo los mismos, pero con una mayor voracidad de los intereses económicos. Actualmente el Parque Nacional Pico de Orizaba se encuentra en niveles alarmantes de degradación, desertificación, invasiones agrícolas, cambios de uso de suelo y deforestación. Ante esta situación es imprescindible que el estado mexicano emprenda acciones”.

Con base a estos antecedentes en cuanto a las actividades extractivas y la presencia de tocones en los ecosistemas forestales es posible determinar un parte aguas para determinar la conservación en relación a esta variable. En donde evidentemente un ecosistema forestal con altos índices de extracción da pie al deterioro forestal y a una posible fragmentación del mismo. Un espacio con estas características carece de valor ecológico, por lo que las actividades extractivas con fines comerciales o de autoconsumo por parte de las comunidades aledañas a este espacio natural va en contra de una conservación forestal, cuya presencia es evidente en el Parque Nacional Pico de Orizaba.

### **Existencia de intervención humana**

La intervención humana impacta negativamente para la conservación forestal, propiciando a su vez incendios forestales, actividades de pastoreo, actividades agrícolas, caminos y brechas corta fuego que degradan las condiciones naturales. Evitando la conservación y dejando sin posibilidades de sobrevivencia a las especies que habitan este tipo de ecosistemas, las actividades humanas son las que en mayor medida reducen lo que en el espacio natural se presenta, es por estas razones que la variable de existencia de intervención humana es considerada en el estudio como indicativo de conservación en el Parque Nacional Pico de Orizaba.

Bajo este esquema Protección civil Atzitzintla (2021) argumenta que;

“El primer incendio que se registra en el Parque Nacional Pico de Orizaba, en el polígono del ejido Atzitzintla, Puebla que siniestro dos hectáreas de zona de matorral y reforestada con pinos jóvenes que está en peligro de extensión, lo provoco una fogata de excursionistas que violaron la prohibición emitida por la CONANP, pues no hay acceso a la montaña. Los excursionistas no respetan la indicación y continúan poniendo en riesgo tanto su vida como el entorno de la montaña.”

Por otro lado, Zamudio (2021) en seguimiento a los registros de incendios en el Pico de Orizaba reporta que;

“Casi 200 hectáreas de las faldas del Pico de Orizaba han sufrido afectaciones por tres incendios que se registran en Veracruz, según informaron autoridades que se encuentran en la atención de las llamas. La Secretaría de Protección Civil en Veracruz informó que se reporta como liquidado el incendio en el predio Plan del Cura, en la localidad de Potrero Nuevo del municipio de La Perla, donde la estimación preliminar es de 47 hectáreas afectadas”.

Siniestros como lo son los incendios forestales que en la mayoría de las veces son provocados precisamente por las actividades humanas. Y que con base en esta variable de igual forma se conoce el grado de conservación de los espacios forestales dependiendo de la frecuencia con que se presentan estos eventos y de la magnitud de los mismos. Que van de la mano con las practicas humanas desarrolladas en relación a actividades extractivas y a la apertura de caminos, lo cual provoca que estos incendios forestales se extiendan a superficies cada vez más extensas en zonas desprovistas de vegetación.

En otros temas, las actividades de pastoreo y ganaderas dentro de los ecosistemas forestales juegan un rol determinante para la conservación, debido a que es un factor más que degrada las condiciones naturales presentes en los bosques. Lo que indica que la presencia de este tipo de prácticas es sinónimo de falta de conservación.

En cuanto a actividades de pastoreo Zamudio (2014) manifiesta;

“Incendios forestales, pastoreo, desforestación, cambios de cultivos y tala ilegal llevaron en solo 25 años a la pérdida del 87 por ciento de la vegetación en el Pico de Orizaba, lo que pone en riesgo de que en una década más, los habitantes de la zona metropolitana más poblada del estado de Veracruz no tengan agua La producción ganadera mediante pastoreo y la práctica de "roza, tumba y quema" de los campesinos en sus cultivos, propician los cientos de incendios que anualmente se registran en la zona”.

## **IV. Resultados**

### **IV.1 Cobertura forestal del Parque Nacional Pico de Orizaba en los años 2010 y 2021.**

Se realizó una agrupación de todas las especies forestales para resumirlas de tal forma que se incluyeran en las principales especies de coníferas como lo son, pino, oyamel y encino, tomando en cuenta también la superficie cubierta por pastizal y de uso agrícola, así como la desprovista de vegetación. Pues constituyen también un aporte importante de información cartográfica al momento de la sobreposición para contrastarla con respecto al año 2021. Esta cobertura forestal del PNPO para el año 2010 se encuentra distribuida de la siguiente manera, tal como se aprecia en la figura 4.

Posteriormente se realizó el mismo procedimiento, pero ahora para el año 2021. De igual manera se obtuvo la cobertura forestal presente hasta ese año, figura 5. En donde los cambios son muy notorios. Y, en base al mapa obtenido que se muestra a continuación se aprecia que, el bosque de oyamel disminuyó considerablemente en las partes bajas del PNPO. Por otro lado, el bosque de pino aumentó su superficie hacia las partes altas. Sin embargo, la superficie ocupada por el pastizal también aumentó para este año con respecto a lo que representaba en el 2010. Mientras que asociaciones como las de encino-pino y pino-encino mantuvieron su superficie.

Se realizó un análisis de sobreposición cartográfica dentro del periodo comprendido de 2010 a 2021. Con lo cual se calcula la tasa de deforestación que permitió identificar la superficie de ganancia y de pérdida de las masas forestales.

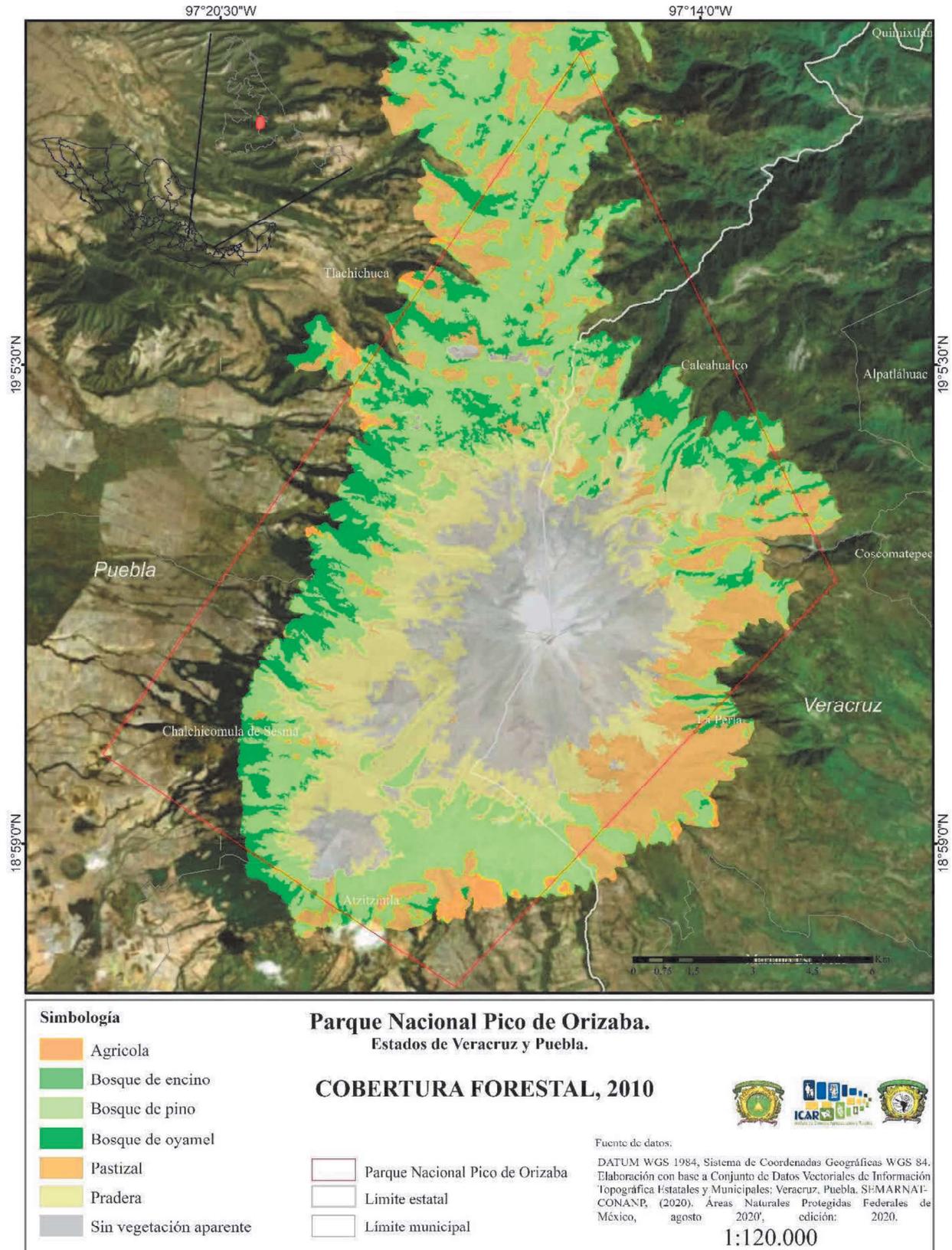


Figura 4. Cobertura forestal del PNPO, año 2010. Elaboración propia

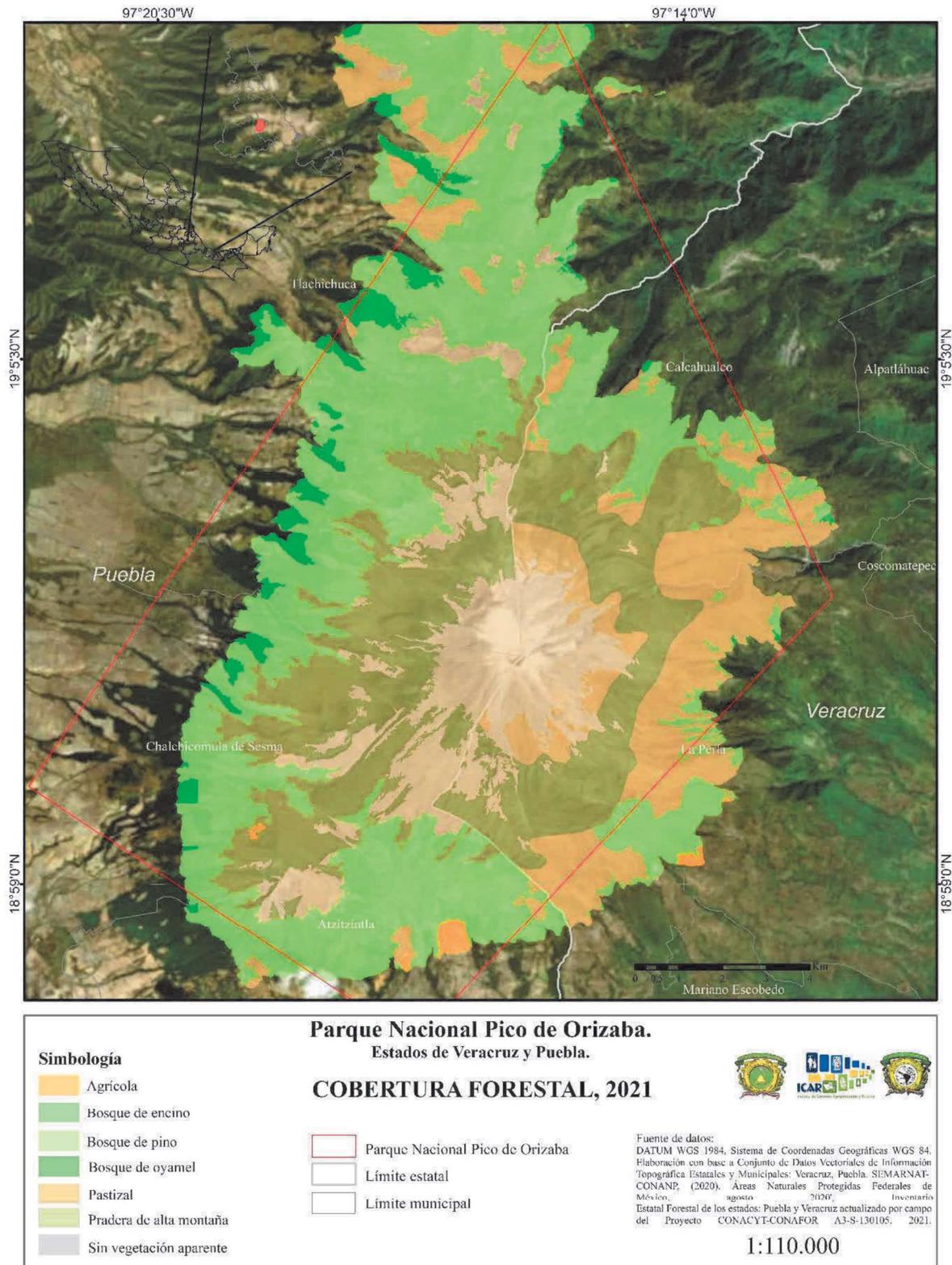


Figura 5. Cobertura forestal del PNPO, año 2021. Elaboración propia

## **IV.2 Cambio de ocupación del suelo.**

La figura 6 permite observar los cambios de ocupación del suelo en el periodo estudiado. Destacan la disminución considerable del bosque de pino en la ladera norte del volcán en más del 50% de su superficie, pasando a ser agricultura y pastizal. Por otra parte, hay una recuperación del bosque de pino en la ladera sureste.

Las áreas de muestreo corresponden a un total de 5441 hectáreas, de las cuales para el año 2010, 53.30 hectáreas corresponden a agricultura. El bosque de oyamel es representado por 723.83 hectáreas, el bosque de pino contiene un total de 2421.06, el área desprovista de vegetación 214.76, mientras que el área de pastizal 936.74 y las áreas conformadas por pradera 1091.91 hectáreas. Por su parte, en comparación con el año 2021, la cobertura forestal que tuvo cambios significativos fue el bosque de oyamel, disminuyendo su superficie de 723.83 hectáreas a 176.58 en este periodo de tiempo para pasar a ser bosque de pino. Por tales motivos es un cambio positivo el que se presenta para el bosque de pino, pasando de 2421.06 hectáreas a 3595.82 hectáreas. La superficie que no tuvo cambios significativos es el área desprovista de vegetación, teniendo para el año 2021 un área total de 214.76 hectáreas, disminuyendo a 182.15 hectáreas para el año 2010. También, la superficie de pastizal y pradera disminuyeron, debido al aumento de la superficie del bosque de pino hacia las partes altas del volcán, reemplazando las áreas desprovistas de vegetación y pastizal hacia este bosque. El cual ganó 1174 hectáreas en este periodo de tiempo.

El porcentaje de cambios es de 55%, el 45% restante se mantuvo sin cambios, lo cual refleja que los procesos ambientales que está viviendo el Parque Nacional están afectando severamente la dinámica de los ecosistemas, aunado a la intervención humana con las diversas prácticas que se realizan que como se establece, los cambios se relacionan a los aprovechamientos que se llevan a cabo en relación a los recursos naturales. Un panorama más claro es el que refleja la figura 7 que representa la superficie con cambios, y la contraparte, la que se ha mantenido sus condiciones. La superficie que mantiene una mejor conservación es la sureste. Situándose en las colindancias con la comunidad de La Perla.

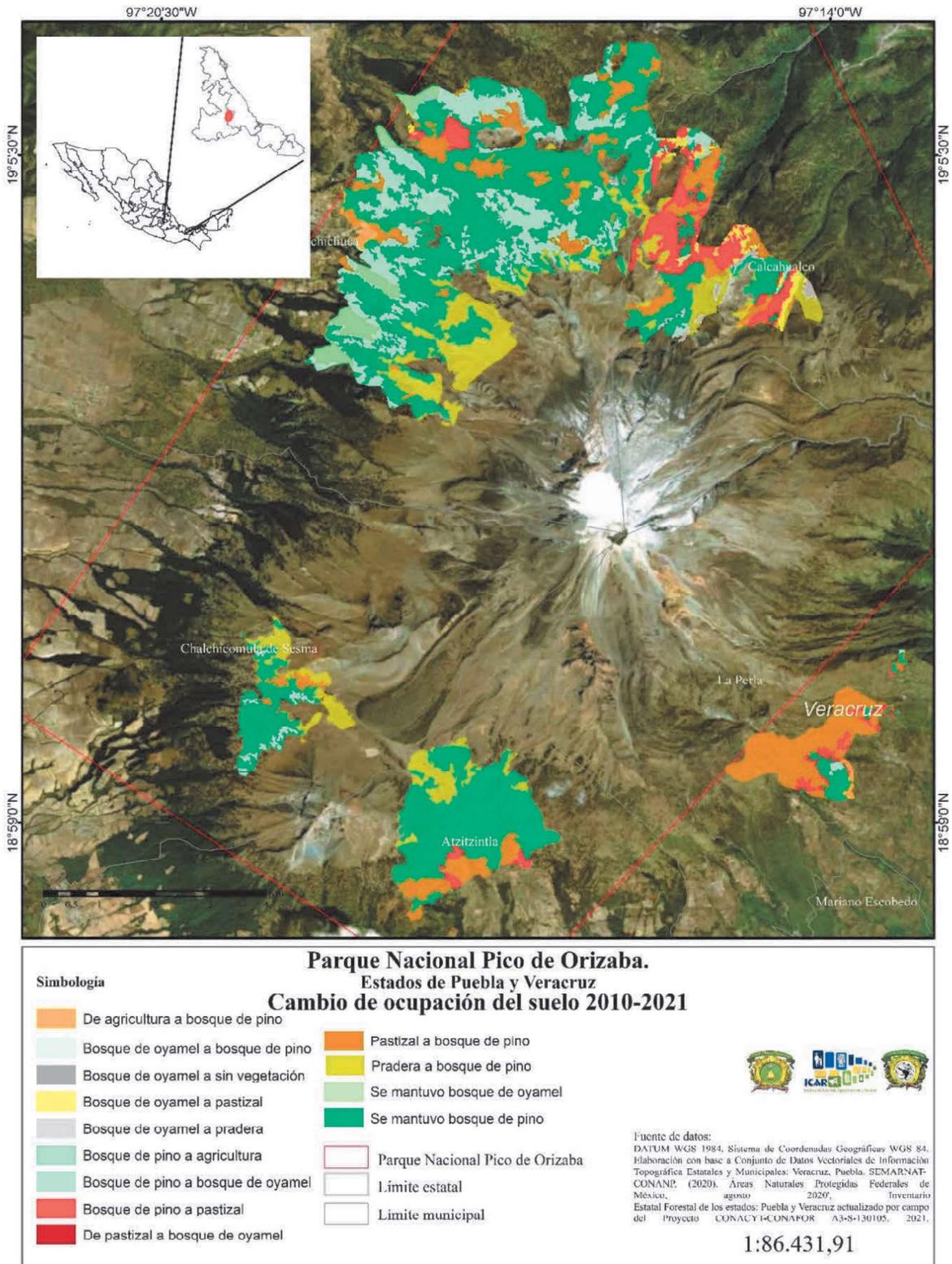


Figura 6. Cambio de ocupación del suelo. Elaboración propia

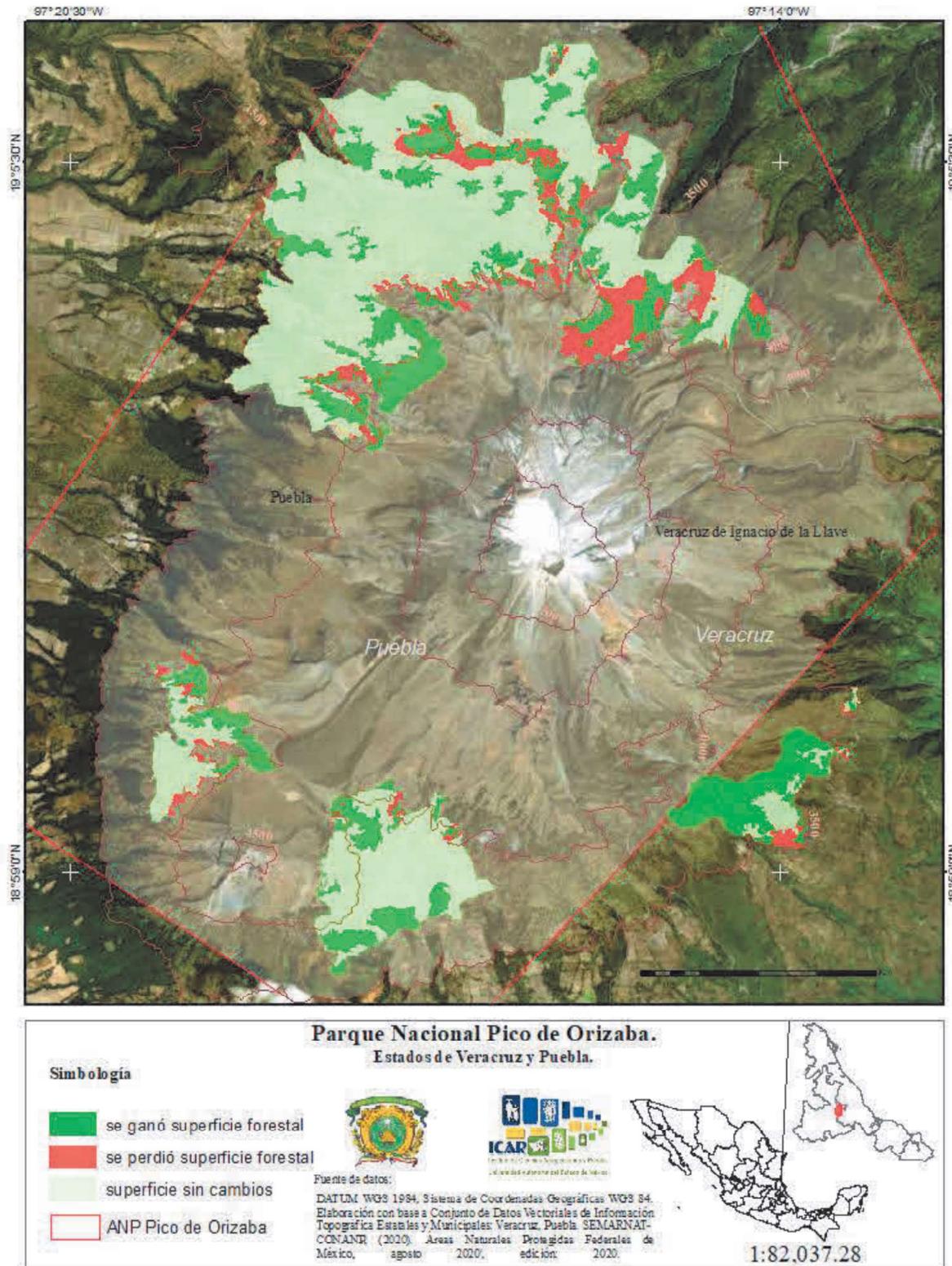


Figura 7. Pérdidas, ganancias y superficie sin cambios en la ocupación del suelo. Elaboración propia

### **IV.3 Conservación forestal en el Parque Nacional Pico de Orizaba a partir del análisis y evaluación multicriterio**

La variable de intervención humana que tuvo el valor más alto en la ponderación es el pastoreo con un valor de 0.36 debido a que es la variable que en mayor medida impacta al bosque al ocupar la posición número 1. Después la variable 2 que es extracción tiene un valor de 0.24, seguido de camino con 0.16, brecha corta fuego con 0.11 y finalmente zanja de infiltración con 0.07, tina ciega con 0.04 para cerrar y completar el total de 1 con la variable cerca con 0.03. Es decir, entre más cercanas se encuentren los valores de las variables al número 1 mayor incidencia humana presentan. Contrariamente de una perturbación leve o moderada, que indica una relación relativamente más cercana al 0, es decir, entre más cercano se encuentre del valor 0, la perturbación será baja o nula.

En la base de datos de los sitios de muestreo se encuentran sitios en donde la casilla de intervención humana presenta dos a más variables, en este caso se realizan las sumas correspondientes, por ejemplo, sitios donde existe pastoreo, extracción y caminos la suma será de 0.36, 0.24 y 0.16 respectivamente.

El valor más bajo en la ponderación de las variables es 0.03 correspondiente a cerca. El cual está presente en 18 sitios de muestreo. Posteriormente la variable tina ciega con 0.04 presente en 55 sitios de muestreo. Seguido de la variable zanja de infiltración con 0.07 en 5 sitios de muestreo. Después se ubica la brecha corta fuego con 0.11 en un sitio solamente. Por otro lado, la variable camino presente en 25 sitios con 0.16 de valor en la ponderación. La variable extracción con 0.24 presente en 2 sitios y finalmente, pastoreo con 0.36 de ponderación en 102 sitios de muestreo. Estas cifras solamente representan la presencia de una única variable como se aprecia con anterioridad con su respectiva ponderación.

Sin embargo, se encuentran sitios con más de una variable habiendo un sitio con el valor más alto de perturbación con 0.83, habiendo caminos, cerca, extracción, pastoreo y tina ciega, que corresponde al sitio 35025. Seguido del sitio 3627 con 0.80 de ponderación al tener de presencia de caminos, extracción, pastoreo y tina ciega. La ponderación 0.79 se presenta en 2 sitios, habiendo caminos, cerca, extracción y pastoreo en ambos, que corresponden a los números 335151 y 339235 respectivamente. Siendo estas las ponderaciones más altas de perturbación, en donde el promedio de los sitios restantes va de los 0.40 a 0.70 de ponderación.

A continuación, la figura 8 presenta la distribución espacial del grado de intervención humana que impacta la superficie forestal del PNPO derivado del análisis multicriterio realizado, lo que asociado a la presencia y abundancia de plantas parásitas en las áreas de estudio deriva en el grado de perturbación. Cuyo cálculo del grado de intervención humana a través de la evaluación multicriterio propuesto por Saaty, como se expresó con anterioridad permitió establecer a través de rangos de ponderación el nivel de perturbación por sitio. Dichos rangos fueron establecidos de tal manera que el entero 100, es decir, el valor 1 quedara distribuido en tres niveles, alto, medio y bajo. Tomando en cuenta la idea de que entre más cercano se encuentre el valor a 0, menor intervención humana tendrá el sitio, y entre más cercano a 1, el nivel de intervención es considerable. Por tal motivo fue dividido en tres partes iguales, para ser distribuidos en estos tres niveles.

De esta manera los rangos se establecieron con valores de 0 a 0.33 para un nivel bajo de perturbación, de 0.34 a 0.66 que corresponde a un nivel medio de intervención humana y, finalmente, de 0.67 a 1 correspondiente a un nivel alto. Presentándose niveles de intervención humana altos principalmente en la cara sureste del PN del lado del estado de Veracruz. Debido también a la cercanía de la comunidad de La Perla, la cual, dicha comunidad de alguna manera asiste a realizar prácticas silvícolas mal encaminadas y actividades de aprovechamiento poco reguladas. Pues un punto interesante es que de acuerdo con el mapa de presencia y niveles de infestación por muérdago para esta misma área muestreada es generalmente bajo, registrando presencia de este patógeno en un nivel medio para 5 sitios solamente. Por lo que la relación de este alto nivel de perturbación mantiene una moderada relación con la presencia de plantas parásitas. Atribuyendo que la perturbación está determinada principalmente por la actividad humana.

Para la cara norte del Parque Nacional el nivel prevaleciente de intervención humana es medio. Abarcando gran parte del área muestreada tonalidades amarillas a rojizas. Es decir, el nivel de perturbación promedio para esta área corresponde a valores de entre 0.34 a 0.66. Por lo que, implementar actividades de saneamiento, manejo forestal y atención inmediata es necesario para atender este sector del PNPO, cuya relación de este nivel de perturbación está asociado a la gran cantidad de presencia de muérdago amarillo. Lo cual indica también el impacto que genera la intervención humana con esta serie de prácticas. Dicho mapa se presenta a continuación.

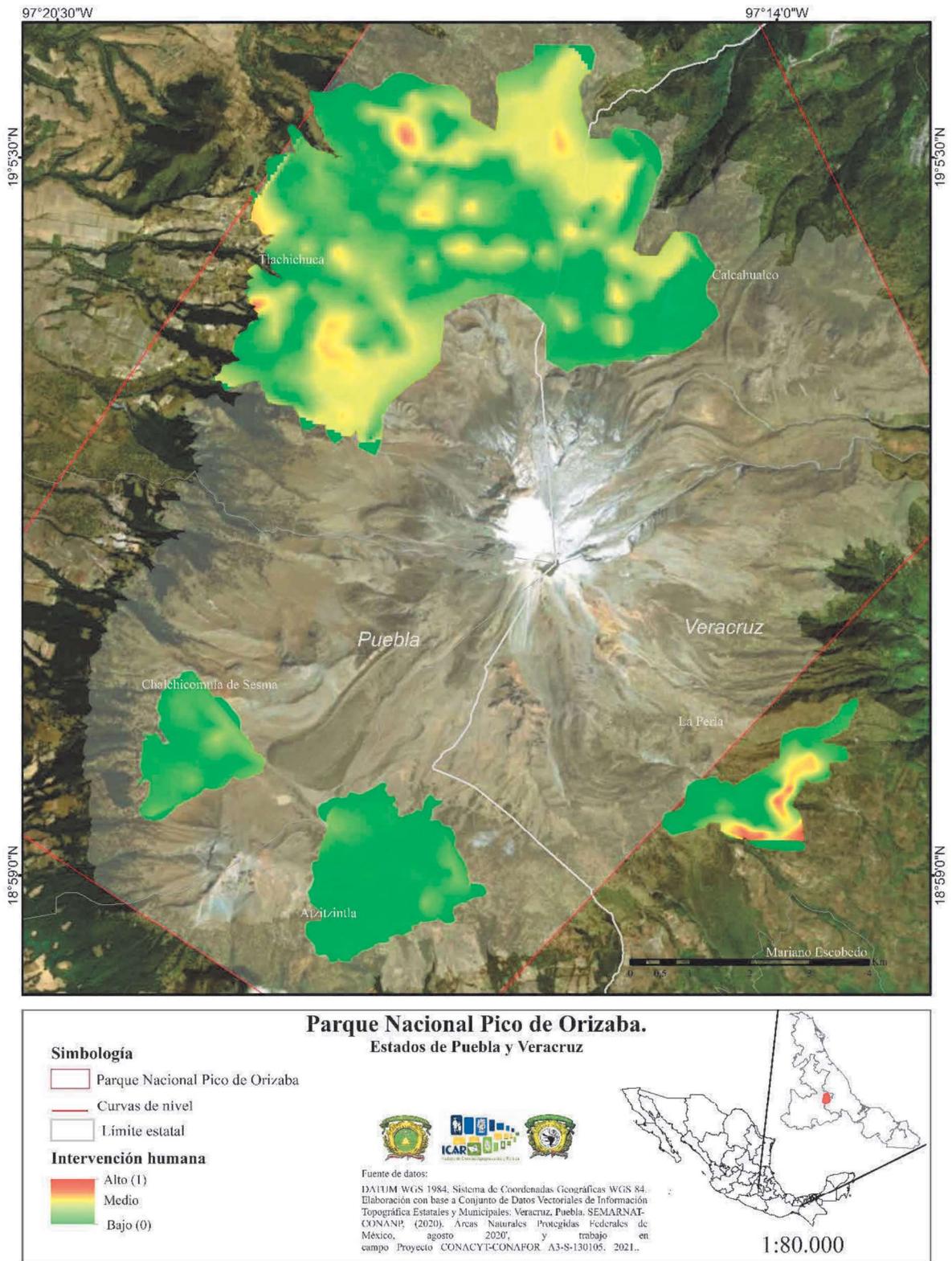


Figura 8. Grado de intervención humana sobre las áreas muestreadas del PNPO. Elaboración propia

La importancia de haber realizado esta matriz de comparación por pares radica en saber con exactitud cuantitativamente los valores correspondientes en cuanto a intervención humana para cada sitio, tanto con una sola variable como con más de una, para saber que sumar y que valores concretos sumar.

Sin embargo, la intervención humana no refleja por completo el grado de perturbación que se tiene en las áreas de estudio. En el mapa anterior se aprecia una única variable que muestra un acercamiento de la superficie impactada por presiones antrópicas, es decir, por intervención humana. Por lo que, el componente faltante para complementar el grado de incidencia por dicha intervención humana y así completar el grado de perturbación es la variable de plantas parásitas. Cuyas ponderaciones fueron estandarizadas en una escala que va de 0 a 10, al igual que la variable de intervención humana, en la cual se manejó la misma escala. Proceso realizado con la finalidad de tener ambas columnas homogéneas dentro de la base de datos y de esta manera poder sumar ambas variables para obtener el valor final del impacto que presentan, y de esta manera completar el mapa de perturbación.

El proceso por el cual se obtuvieron estos valores de estandarización a partir de la columna de grado de infestación por sitio dentro de la base de datos consistió en retomar el valor más alto de infestación por sitio, que en este caso es de 4.785714286. Resultados calculados a través de dividir el valor de infestación de todos los individuos dentro de cada uno de los sitios de muestreo entre el total de individuos que integran cada sitio. Posteriormente, los valores obtenidos en la columna de grado de infestación después de haber realizado este procedimiento fueron divididos entre 4.785714286, que es el valor más alto y, por último, fueron multiplicados por 10 para obtener la escala de 0 a 10.

Por otro lado, para obtener la estandarización de la columna de perturbación fue necesario retomar la columna de la sumatoria total de variables de intervención humana que se presentan por sitio, obtenidas a través de la matriz de comparación por pares a partir de la evaluación multicriterio, cuyo valor más alto es de 0.828397263. Todos los valores obtenidos en esta columna fueron divididos entre 0.828397263 y multiplicados por 10. Obteniendo de igual manera una escala de 0 a 10 para esta columna. De esta forma ambas columnas ya se encuentran estandarizadas y es posible sumarlas debido a la homogeneidad que presentan, y así obtener los valores para el grado total de perturbación. Cuyo mapa que se presenta a continuación refleja el grado de intervención humana,

que, a su vez muestra el grado de incidencia por plantas parásitas. Dando como resultado algunos sitios muy perturbados en la cara norte del PNPO y otros más en la cara sureste. Debido también a la presencia de gran cantidad de infestación por muérdago amarillo en los sitios muestreados y a la intervención humana que se presenta en gran magnitud, relacionado con la cercanía de las comunidades de La perla y Tlachichuca, cuyos actores locales de estas comunidades motivados por los recursos que se encuentran en el PNPO asisten con frecuencia a realizar aprovechamientos poco regulados.

Mientras tanto, las áreas de estudio que se encuentran en mejor estado de conservación son la cara sur y suroeste, comprendiendo las comunidades de Chalchicomula y Atzitzintla. Dichas áreas presentan un bajo grado de infestación por muérdago amarillo asociado a una poca intervención humana. Lo cual refleja que su estado de conservación es aceptable. El mapa maneja en la simbología la escala de 0 a 10. Clasificada en cuatro rangos, que van de 0 a 2.5, 2.5 a 5, 5 a 7.5 y de 7.5 a 10. Para obtener categorías en color verde que significa sin perturbación, en color amarillo para poca perturbación, anaranjado para perturbación media y color rojo que representa la superficie muy perturbada.

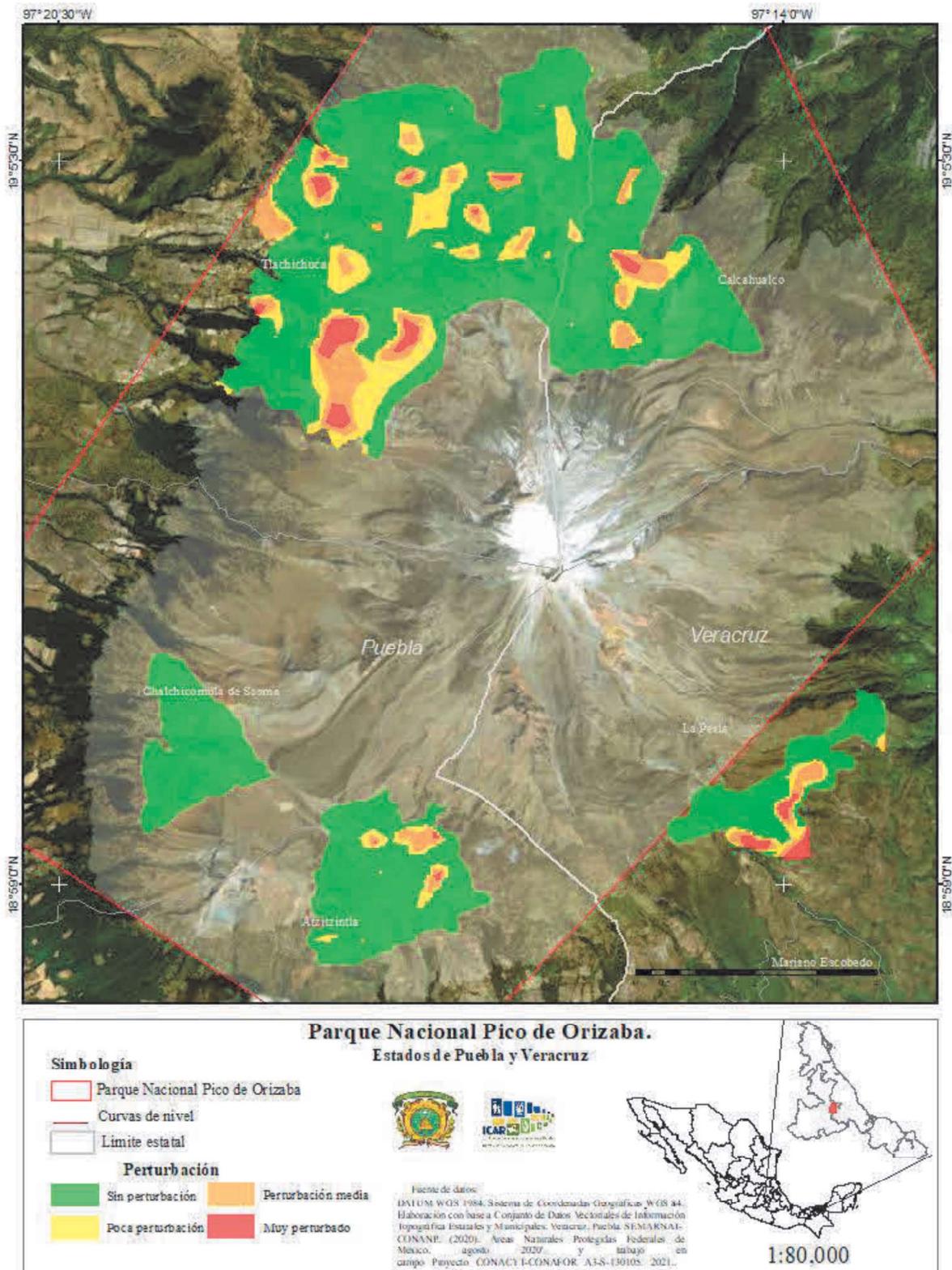


Figura 9. Perturbación asociada a intervención humana e incidencia de *Aceuthobium globosum* (muérdago amarillo).  
Elaboración propia