



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Ciencias Naturales

**Propuesta de manejo en la cuenca norte de Pinal del Zamorano  
para incrementar producción del bosque de piñonero (*Pinus  
cembroides*. Zucc).**

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de  
**Maestro en Gestión Integrada de Cuencas**

**Presenta:**

Edgar Pedro Méndez Vázquez

**Dirigido por:**

Dr. Víctor Hugo Cambrón Sandoval

**Co-Director:**

Dr. Erik Díaz Cervantes

Querétaro, Qro. 11 de enero del 2022



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

**Propuesta de manejo en la cuenca norte de Pinal del Zamorano para incrementar producción del bosque de piñonero (*Pinus cembroides*. Zucc).**

**Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de **Maestro en Gestión Integrada de Cuencas**

**Presenta:**

Edgar Pedro Méndez Vázquez

**Dirigido por:**

Dr. Víctor Hugo Cambrón Sandoval

**Co-Director:**

Dr. Erik Díaz Cervantes

Dr. Víctor Hugo Cambrón Sandoval  
Presidente

Dr. Erik Díaz Cervantes  
Co-Director

Dr. Raúl Francisco Pineda López  
Vocal

MGIC José Carlos Dorantes Castro  
Suplente

M. C. Hugo Luna Soria  
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro.  
Enero, 2022  
México

## Dedicatorias.

A mi familia, el motor de mi vida donde siempre encuentro aliento y apoyo. Zeltzín e Isabel son mi presente y futuro.

A Don Cipriano (qepd) y Doña Susana por darme la vida.

A mis hermanos y hermanas en quienes siempre encuentro respaldo y apoyo.

A mis hermanos de lucha por la conservación de los territorios y el desarrollo de las comunidades.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por adoptarme en mi retorno como estudiante y brindarme respaldo total todo el tiempo.

A la Universidad de Guanajuato, mi primer *alma mater* y desde donde me brindaron un gran soporte para el presente logro.

## **Agradecimientos**

Agradezco ampliamente al CONACyT por la beca otorgada durante el programa académico y que me permitió el soporte económico para desarrollar parte de los trabajos.

Al Dr. Victor Hugo Cambrón Sandoval por su apoyo incondicional y soporte moral para realizar todas las etapas del estudio.

Al Dr. Erik Díaz y el Dr. Raúl Francisco Pineda por sus recomendaciones y apoyo para obtener los datos en campo y la interpretación de ellos.

A los miembros de mi sínodo por su dedicación y aportes para mejorar el trabajo.

A los pobladores de los Ejidos El Roble, el Cajón y delegados de las comunidades que brindaron su apoyo. A Isabel, Lucy, Sergio, Guadalupe, Isidro, Omar, Agustín, Miguel, Maricela, Juan, Pancho y otras personas que apoyaron en el trabajo de campo.

A la coordinación del Centro Interdisciplinario del Noreste de la Universidad de Guanajuato y al Dr. Erik Díaz por el apoyo brindado para realizar parte de los análisis de laboratorio.

A mis compañeros de generación que me ayudaron a integrarme en mi retorno a las aulas.

# Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	5
1.2 Preguntas de investigación. ....	6
2. JUSTIFICACIÓN .....	6
3. OBJETIVOS.....	7
3.1 Objetivo general. ....	7
3.3 Objetivos específicos .....	7
4 MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL.....	7
4.1 Manejo de bosques y cuencas. ....	7
4.2 El pino piñonero ( <i>Pinus cembroides</i> . Zucc.).....	12
4.2.1 Producción y comercialización del piñón .....	13
4.3 La sanidad de los bosques como factor en la productividad .....	15
4.4 Reflexiones finales de la sección teórica.....	16
5 ANTECEDENTES.....	17
5.2 Como se han manejo los bosques y las cuencas.....	17
5.3 El aprovechamiento del piñón en México y el mundo. ....	20
5.4 Reflexiones de los antecedentes .....	23
6. MÉTODOGÍA.....	24
6.1 Área de estudio.....	24
6.1.1 Zonas funcionales de la Cuenca.....	28
6.2. Ruta metodológica.....	31
6.2.1 Indagar la valoración social del bosque y otros recursos de la cuenca.....	32
6.2.2 Diagnostico de la condición del suelo, agua, vegetación, funciones de la cuenca y del bosque de piñonero a nivel de unidades de escurrimiento. ....	33
6.2.3.    Evaluar la condición del bosque de piñonero y correlación con la condición de los elementos biofísicos usando tres unidades de escurrimiento con capacidad con niveles de producción diferentes.....	52
6.2.4 Diseño de estrategias de manejo de la cuenca con metodologías de investigación-participativa orientadas al incremento de la producción del bosque de pino piñonero ( <i>Pinus cembroides</i> . Zucc.).....	58
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
7.1 Valoración social del bosque y otros recursos de la cuenca. ....	59

7.1.1 Percepción y tendencias de la dinámica biofísica y socioeconómica en la cuenca. ...	62
7.1.2. Lectura del territorio desde la perspectiva de los actores locales. ....	69
7.1.3 Impresiones sobre la percepción social de la dinámica biofísica y socioeconómica en la cuenca.....	73
7.2 Evaluación de variables dasométricas, edáficas y correlación entre ellas.....	74
7.2.1. Aplicación de criterios de cobertura y morfométricos para la delimitación de las unidades de muestreo.....	74
7.2.2 Variables dasométricas y ambientales con diferencias significativas entre las unidades de estudio. ....	80
7.2.2.2 Diversidad, densidad y dominancia del arbolado .....	83
8. CONCLUSIÓN.....	115
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	116
10. ANEXOS.....	128

Dirección General de Bibliotecas UAO

## Índice de figuras

Figura 1. Zonas funcionales de la cuenca norte del Pinal del Zamorano. Fuente: elaboración con información base del Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013). .....	25
Figura 2. Zona baja o de emisión. Aquí se ubican aprovechamientos en pequeñas parcelas, comunidades humanas y el embalse que representa la salida de la cuenca de estudio.....	26
Figura 3. Zona media o de transición de la cuenca. Localidad Puerto del Madroño. Transición entre bosque de encino, pino, matorral, pastizales y zonas de cultivo. ....	26
Figura 4. Zona alta de la cuenca. Bosque de oyamel ( <i>Abies religiosa</i> ). Ésta cumbre denominada Pinal de Zamorano es el punto más alto en el Estado de Guanajuato. ....	27
Figura 5. Curva hipsométrica de la cuenca. Elaboración propia apoyándose en el Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013). ....	28
Figura 6. Zonas funcionales de la cuenca norte del Pinal del Zamorano. Fuente: elaboración propia apoyándose en el Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013).....	30
Figura 7. Diagrama de las fases del proyecto. ....	31
Figura 8. Imagen raster con la distribución espacial de los niveles de precipitación. ....	35
Figura 9. Raster con el cálculo del factor R.....	36
Figura 10. Imagen raster del Factor K.....	37
Figura 11. Raster del Factor LS.....	38
Figura 12. Ubicación de los puntos de muestreo. ....	40
Figura 13. Diseño del trazo del conglomerado para la obtención de las variables dasométricas y edafológicas. Fuente: CONAFOR (2015). ....	53
Figura 14. Percepción social de la relación hombre naturaleza, calidad de vida y diversos servicios y satisfactores en la cuenca. ....	64
Figura 15. Percepción social del valor de la producción en la cuenca y del precio del piñón.....	66
Figura 16. Principales fuentes de ingreso para el sustento familiar en la cuenca.....	67
Figura 17. Percepción sobre la salud del bosque y la relación con los árboles de piñonero. ....	68
Figura 18. Valoración de los esfuerzos institucionales y locales para la preservación del bosque. ..	69
Figura 19. Análisis NDVI de sección media de la cuenca de estudio. Elaboración propia a partir del análisis de imágenes satelitales. ....	75
Figura 20. Análisis de la cobertura de las unidades de estudio mediante el NDVI.....	76
Figura 21. Porcentajes de cobertura vegetal mediante el NDVI de las unidades de estudio. ....	77
Figura 22. Erosión potencial en la cuenca Pinal de Zamorano. La capa se extiende 1 km más allá del límite de la cuenca para observar el contexto inmediato. ....	78
Figura 23. Superficie en la cuenca con valores de potencial de erosión hídrica por unidad de muestreo.....	79
Figura 24. Unidades de escurrimiento seleccionadas para el estudio. ....	80
Figura 25. Altitud en las unidades de estudio (msnm). Elaboración propia.....	82
Figura 26. Rangos altitudinales de las unidades de estudio. ....	83
Figura 27. VIR de las especies en las unidades de análisis.....	85
Figura 28. Variables dasométricas y ambientales con diferencias significativas $p < 0.05$ en las unidades de análisis.....	87

Figura 29. Grado de infestación de paxtle en las unidades de análisis.....	88
Figura 30. Presencia de Dodonaea viscosa en las unidades de análisis. ....	88
Figura 31. Variables fisicoquímicas del suelo con diferencias significativas $p < 0.05$ en las unidades de análisis.....	90
Figura 32. Distribución espacial de los valores de profundidad de suelo a nivel de unidades de muestreo.....	92
Figura 33. Distribución espacial de los valores de pH en los suelos de las unidades de muestreo. ....	93
Figura 34. Comportamiento espacial de la concentración de calcio en las unidades de análisis.....	93
Figura 35. Comportamiento espacial de la concentración de hierro en las unidades de análisis.....	94
Figura 36. Distribución espacial de la concentración de sulfatos en las unidades de muestreo. ....	95
Figura 37. Variables evaluadas en el agua de los escurrimientos de las tres unidades de muestreo. ....	96
Figura 38. Fotografías tomadas durante el muestreo de agua. ....	96
Figura 39. Valores medios de variables de cobertura de suelo en las unidades de muestreo. ....	97
Figura 40. Valores medios de Conductividad Eléctrica a nivel de unidades de muestreo. ....	98
Figura 41. Distribución espacial de los valores de Conductividad Eléctrica en el suelo de las unidades de escurrimiento.....	99
Figura 42. Distribución espacial de las concentraciones de Ácidos Húmicos en las unidades de muestreo.....	100
Figura 43. Valores medios de concentración de fosfatos por unidad de análisis. ....	101
Figura 44. Valores medios de concentración de carbono orgánico total por unidad de análisis. ....	101
Figura 45. Distribución espacial de la concentración de fosfatos en el suelo de las unidades de muestreo evaluados.....	102
Figura 46. Distribución espacial del volumen de madera de acuerdo a la ecuación del Inventario Estatal Forestal y de Suelos para pino piñonero (m <sup>3</sup> /ha).....	104
Figura 47. Cobertura de Copa (m <sup>2</sup> /Ha) en las unidades de análisis. ....	104
Figura 48. Valores medios de cobertura de copa en las unidades de análisis. ....	105
Figura 49. Imagen ilustrativa de las terrazas individuales. Tomada de <a href="https://agronoticias2012.blogspot.com/2016/07/terrazas-individuales.html">https://agronoticias2012.blogspot.com/2016/07/terrazas-individuales.html</a> .....	109

## Índice de Tablas.

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca norte del Pinal de Zamorano. ....	27
Tabla 2. Categorías de acidez y basicidad. ....	42
Tabla 3. Ajuste de la conductividad en función de las soluciones de KCl. ....	44
Tabla 4. Factores de corrección de la conductividad eléctrica en función de la temperatura del extracto de saturación. ....	44
Tabla 5. Criterios de calidad de suelo por su contenido de fósforo. ....	47
Tabla 6. Variables dasométricas a evaluar en campo e instrumentos a utilizar. ....	54
Tabla 7. Ecuación para cálculo de volumen del IEFyS. ....	56
Tabla 8. Instrumentos de análisis cualitativo y cuantitativo para el trabajo con las comunidades humanas. ....	59
Tabla 9. Número de personas encuestadas por comunidad. ....	60
Tabla 10. Escala de valoración cualitativa empleada para las encuestas. ....	60
Tabla 11. Acrónimos para descripción de la encuesta. ....	61
Tabla 12. Principales problemáticas por eje. ....	71
Tabla 13. Priorización de problemáticas. ....	72
Tabla 14. Distribución de categorías de vegetación NDVI por Unidad de Escurrimiento. ....	75
Tabla 15. Variables ambientales, dasométricas y edáficas evaluadas en las unidades de estudio. ....	80
Tabla 16. Diversidad, frecuencia, dominancia y valor de importancia relativa de las especies arbóreas en las unidades de muestreo. ....	84
Tabla 17. Valores medios, menores y máximos para 6 variables fisicoquímicas del suelo. ....	89
Tabla 18. Correlaciones de Pearson entre variables dasométricas y edáficas a nivel de sitios. ....	103
Tabla 19. Estrategias para el E1. Eje Biofísico. ....	107
Tabla 20. Estrategias para el E2. Eje Social. ....	110
Tabla 21. Estrategias para el E2. Eje Económico. ....	111
Tabla 22. Estrategias para el E3. Eje de Gobernanza. ....	112

## Resumen

El manejo de bosques y cuencas han sido abordados de forma separada habiendo pocos esfuerzos académicos y sociales para integrarlas. La influencia de variables del suelo, morfométricos, de la estructura y composición de la vegetación son determinantes en la productividad forestal maderable y no maderable. En el Pinal de Zamorano, porción guanajuatense se analizaron 27 variables edáficas, dasométricas y ambientales en tres unidades de estudio, se consultó a la población sobre la valoración del bosque y se propusieron estrategias para una mejor intervención del territorio. Para las variables dasométricas y toma de muestras de suelo se empleó la metodología del inventario forestal y de suelos de CONAFOR, en el análisis de suelo la metodología de la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002) y en el trabajo con la población se emplearon instrumentos de consulta cualitativos y cuantitativos.

Se encontraron diferencias significativas entre las unidades de estudio para la altitud, concentración de calcio, fierro y sulfatos, pH, porcentajes de limo, arena y profundidad así como del porcentaje de cobertura de rocas en el suelo; para las variables dasométricas grosor de corteza, porcentaje de infestación por paxtle y edad en el arbolado así como con el número de individuos de *Dodonaea viscosa*. Se encontraron correlaciones entre la producción maderable, cobertura de copa y densidad arbórea, entre el grado de infestación por paxtle y mortalidad de ramas, así como entre el contenido de arena y limo con la altitud.

En la consulta a las comunidades de la cuenca se identificó una alta dependencia económica de las actividades de producción familiar y del aprovechamiento forestal. El espacio muestral consultado exhibe la percepción del deterioro biofísico en la cuenca y reportan poca intervención institucional así como deficiencias en las acciones que se vienen realizando.

Los resultados obtenidos permitieron identificar variables para el diseño de estrategias que propicien el incremento de la productividad y el establecimiento de redes necesarias para mejorar la dinámica social en el proceso productivo, organizativo, de comercialización y de manejo sostenible del bosque de pino piñonero y de la cuenca.

## **Abstract.**

Forest and watershed management have been approached separately, with few academic and social efforts to integrate them. The influence of soil variables, morphometrics, structure and composition of the vegetation are determining factors in timber and non-timber forest productivity. In the Pinal de Zamorano, portion of Guanajuato, 27 edaphic, dasometric and environmental variables were analyzed in three study units, the population was consulted on the valuation of the forest and strategies were proposed for a better intervention of the territory. For the dasometric variables and taking soil samples, the methodology of the forest and soil inventory of CONAFOR was used, in the soil analysis the methodology of NOM-021-RECNAT-2000 and in the work with the population, instruments of qualitative and quantitative query.

Significant differences were found between the study units for altitude, concentration of calcium, iron and sulfates, pH, percentages of limousine, sand and depth, as well as the percentage of rock cover on the ground; for the dasometric variables bark thickness, percentage of infestation by paxtle and age in the trees as well as with the number of individuals of *Dodonaea viscosa*. Correlations were found between timber production, canopy cover and tree density, between the degree of infestation by paxtle and branch mortality, as well as between sand and silt content with altitude.

In the consultation with the communities of the basin, a high economic dependence on family production activities and forest use was identified. The sample space consulted shows the perception of biophysical deterioration in the basin and reports little institutional intervention as well as deficiencies in the actions that are being carried out.

The results obtained allowed the identification of variables for the design of strategies that promote the increase in productivity and the establishment of the necessary networks to improve the social dynamics in the productive, organizational, commercialization and sustainable management process of the stone pine forest and the watershed.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La calidad y cantidad de los servicios generados por los ecosistemas en las cuencas están declinando rápidamente a nivel global (Farber *et al.*, 2002); es lamentable que aún hoy en día “la amplia gama de éstos beneficios ha tenido un limitado reconocimiento fuera de los círculos académicos” (Flotemersch *et al.*, 2015). Constante *et al.* (2019) afirman que los bosques y en particular en zonas semiáridas “el bosque de *Pinus cembroides* desempeña una función importante en el ecosistema y en el ciclo hidrológico al evitar la erosión, favorecer la infiltración del agua y restablecer los mantos acuíferos subterráneos; de la misma forma es hábitat natural (y provisor) de la fauna silvestre, dado que 90% del volumen de su semilla, constituye el alimento básico de muchas aves y mamíferos”. Como otros recursos naturales aprovechables por las comunidades humanas los piñoneros se encuentran amenazados por la sobreexplotación o el manejo deficiente del territorio. Esta situación requiere ser analizado con un enfoque mixto, cuantitativo y cualitativo, para abordar el estudio del ambiente biofísico y su interdependencia con las comunidades humanas, considerando que algunos factores clave de la degradación son la debilidad y la inestabilidad sociopolítica de las comunidades humanas (Merino, 2016).

En estudios de ecosistemas boscosos semiáridos en la región centro y norte de México, Pérez Suarez (2009) determinó que la transformación provocada por las actividades humanas en ecosistemas forestales semiáridos acarrea cambios en la estructura del dosel y subsecuentemente en la cobertura superficial del suelo alterando severamente los procesos del ecosistema y las funciones de la cuenca. Siendo el piñonero una especie que crece sobre laderas de montañas, lomeríos, al pie de cerros, con pendientes secas y rocosas, en suelos, por lo general, pobres en fertilidad y pedregosos, su hábitat presenta una gran vulnerabilidad al cambio de uso de suelo (Constante *et al.*, 2009 y SEMARNAT s/f).

*Pinus cembroides* domina los bosques en el centro del país y sus semillas son ampliamente recolectadas y consumidas (Luna-Cavazos *et al.*, 2008). En los Municipios de los Estados de Querétaro y Guanajuato que comparten la Sierra del Pinal de Zamorano los niveles de

desarrollo socioeconómico van de medio a muy alto nivel de marginación (CONAPO, 2010), en esta región el bosque dominado por ésta especie representa un valioso origen de recursos económicos para las comunidades humanas por la cosecha del piñón y otros recursos forestales. El bosque de piñonero, cubre gran parte del territorio de la Sierra de Pinal del Zamorano entre los Municipios de Tierra Blanca y San José Iturbide en el Estado de Guanajuato, así como de los Municipios de Colón, Tolimán y Peñamiller en el Estado de Querétaro, de dicho bosque se aprovechan varios recursos naturales como las semilla, madera, leña, especies aromáticas del sotobosque y varias recursos más, por la proximidad con poblaciones humanas en la zona funcional media y baja en la cuenca norte de Pinal de Zamorano. La zona también es el espacio donde se ubican las comunidades humanas y sus actividades productivas, ahí predomina el *Pinus cembroides* con toda su problemática, la región posee referentes culturales y étnicos muy importantes (CIATEC & IEG, 2011).

Para entender la dinámica, evolución y funcionalidad de la microcuenca es necesario delimitar sus zonas funcionales (Valdez-Carrera *et al.* 2020), cada zona funcional juega un papel hidro-ecológico distinto en la cuenca y presenta un grado de vulnerabilidad (y presión) diferente, la zona alta o cabecera de la cuenca está constituida por áreas donde inician los cursos de agua, su cobertura es fundamental para determinar los volúmenes de escurrimiento y/o infiltración por lo que es una zona de alta vulnerabilidad; la zona media o de captación-transporte es la zona donde concurren los cursos de agua transportando materiales, sedimentos y nutrientes y, finalmente la zona baja o de emisión, es el área de recepción de los cursos de agua que se encuentran en su estado más caudaloso y con mayor energía (Cotler y Priego, 2007). En otra escala “es factible evaluar por medio de la delimitación de unidades espaciales de menor superficie o unidades de paisaje físico-geográfico, para aumentar el detalle de estudio de las condiciones socio-ambientales, y así realizar un análisis puntual de las problemáticas y potenciales que presenta” (Valdez-Carrera *et al.*, 2020).

Como otros recursos naturales aprovechables por las comunidades humanas el piñón se encuentra amenazado por la sobreexplotación o el manejo deficiente del territorio (Constante *et al.*, 2009). Esta problemática es generalizada en amplias zonas del país en zonas áridas y semiáridas con escasos recursos forestales por tratarse de territorios afectados durante

siglos por las actividades humanas: incendios forestales, sobre-explotación, cambio de uso de suelo, depredación natural así como la recolección excesiva y otras prácticas de manejo inadecuadas (Carrillo, 2009 citado en: Granados-Victorino *et al.*, 2015); ante los usos del suelo actuales casi todos los territorios de clima semiárido y las franjas de vegetación caracterizada por bosques marginales de pino, y a veces encino, los suelos se encuentran en el umbral crítico entre el escurrimiento y la captación (infiltración) de acuerdo con lo observado en el vecino Estado de San Luis Potosí para éste tipo de ecosistemas (García de Alva-Verduzco, 2008).

Para proteger los ecosistemas la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) propone que del 10 al 12 % del territorio de los países pueda ser dedicado al establecimiento de áreas protegidas. Sin embargo, los criterios y mecanismos de protección de las áreas no siempre son asertivos en sus objetivos (Aguirre & Duveivoorden, 2010). El Estado de Guanajuato cuenta con 23 áreas naturales protegidas (ANP) de carácter estatal, 3 de orden federal (incluyendo 1 Reserva de la Biósfera) y 6 de carácter municipal que alcanzan el 20.55 % del territorio estatal (SMAOT, 2019); a nivel federal se cuenta con 166 ANP en diversas categorías abarcando el 12 % del territorio nacional (CONANP, 2009 en Aguirre y Duivenvoorden, 2010); Pinal de Zamorano esta decretada APN por el gobierno del Estado de Guanajuato desde el año 2000 en la categoría Reserva de Conservación (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2000). Aguirre y Duivenvoorden (2010) también comentan que son insuficientes los esfuerzos de conservación, particularmente con los *Pinus*, al asegurar que la red actual de ANP en México no protege adecuadamente a éste género.

En el territorio de Pinal de Zamorano no existe un Programa de Manejo orientado al aprovechamiento sustentable del piñonero, salvo un antecedente en el Ejido el Cajón para Aprovechamiento Forestal no Maderable del 2015 apoyado por PRONATURA México A. C. que no les ha sido posible ejecutar por falta de producción de semilla (Comunicación personal, 21 de Agosto, 2020), sin contar con autorización para su aprovechamiento en temporada de alta producción representa una derrama económica de casi un millón de pesos por semana para la población de apenas 237 habitantes en la comunidad de “La Estancia” del

Municipio de Tierra Blanca, Gto. (INEGI, 2020), de acuerdo a lo expuesto por un acaparador local (comunicación personal, Mayo 17, 2019).

En el contexto de la ANP la región tiene antecedentes de estudios ecológicos por parte del CIATEC (2011) para la Actualización del Programa de Manejo del Área Natural Protegida “Pinal de Zamorano”, en donde se aborda de manera generalista las condiciones del territorio sin ahondar en análisis para los bosques de piñonero, donde también se concentra la mayor presión antropogénica. La delimitación del territorio a nivel de cuenca hidrológica constituye un marco apropiado para el análisis de los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos suelo, agua y vegetación (Cotler y Priego, 2007). En otras regiones del Estado y del país se han realizado estudios para la caracterización, bajo enfoques un tanto reduccionistas, de distintos atributos del piñonero, por ejemplo, para entender las dinámicas paleoclimáticas con técnicas de dendrocronología en el Noroeste de Guanajuato (Cortés-Barrera *et al.*, 2012) o la evaluación en la captura de Carbono en el Estado de Nuevo León (Jiménez-Pérez *et al.* 2013). La mayor parte de los estudios se enfocan de manera reduccionista al estudio del bosque de piñonero sin considerar otros elementos del territorio como el humano, por lo que resulta necesario estudiar las implicaciones del manejo con un enfoque integral a nivel de la cuenca considerándola como una buena metáfora de lo que implica construir una sustentabilidad [...] considerando las complejas interacciones entre lo micro y lo macro, entre factores culturales, productivos, sociopolíticos y ambientales; y se hace patente la necesidad de sanear el tejido social como requisito para sanear la salud de la cuenca (Alatorre-Frenk, 2009). Dada la problemática socioambiental del territorio es necesaria la integralidad de disciplinas que permitan un manejo más asertivo resaltando la necesidad de involucrar el punto de vista y participación de las comunidades locales para el manejo y monitoreo de cuencas forestales, este es un enfoque novedoso en el ámbito forestal con experiencias valiosas en regiones como la Microcuenca Batuco en Chile donde se generó una Guía de Mejores Prácticas en Manejo de Cuencas Forestales con una amplia participación social en los procesos de análisis y diseño (Vargas *et al.*, 2019).

## **1.1 Planteamiento del Problema**

Esta región a pesar de contar con un Plan de Manejo (Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2002), mantiene procesos visibles de degradación de suelo, cuerpos de agua y vegetación (CIATEC & IEG, 2011) como si se tratase de una tóxica relación en que la pobreza y las estrategias de vida no sostenibles de las comunidades humanas contribuyen a la degradación de su cuenca, siendo necesario orientar a éstas comunidades al manejo sustentable como solución al deterioro y conservación de los recursos naturales, integrando planes que gestionen el manejo del territorio (FAO, 2007) para mantener la estructura y funcionalidad de la cuenca

Es así que, en la formulación de los planes de manejo no se han integrado los atributos biofísicos de la tierra y los factores socioeconómicos que en conjunto han afectado el desarrollo de las comunidades humanas.

Como principal zona de captación hídrica para el Municipio de Tierra Blanca y albergue de la principal zona forestal boscosa que incluye un relicto de bosque de oyamel único en el Estado de Guanajuato (CIATEC, 2011), la cuenca norte del Pinal de Zamorano ha disminuido considerablemente la producción de semilla de piñón, alargando los ciclos de cosecha hasta por siete años de acuerdo a lo observado en el Ejido “El Cajón” del Municipio de Tierra Blanca que en el 2015 alcanzó apenas una producción de cuatro toneladas en 702 hectáreas (comunicación personal, Junio 02, 2019), la condición productiva del bosque de piñonero, como principal recurso productivo, junto con otros factores socioeconómicos, provocan condiciones de alta y muy alta marginación social (CONAPO, 2010). La disminución de la productividad también se manifiesta en la degradación del suelo, el CIATEC (2011) reporta 10,047.024 hectáreas con alta susceptibilidad a la erosión hídrica y tasas de pérdida de suelo entre 50 a 200 ton/ha/año dentro del ANP Pinal de Zamorano.

Las investigaciones académicas del territorio han sido escasas y el proceso de investigación requiere un diagnóstico a profundidad para comprender la interacción de las variables biofísicas y sociales que hacen persistir problemáticas de degradación y de marginación.

## **1.2 Preguntas de investigación.**

1. ¿Qué valor social tienen el bosque de pino piñonero y otros recursos de la cuenca?
2. ¿Cómo se encuentra el bosque de pino piñonero en términos productivos y ecológicos?
3. ¿Cómo se correlacionan las funciones y estructura de la cuenca con la capacidad productiva del piñón?
4. ¿Qué manejo es el adecuado para mejorar la productividad del piñón, restaurar las funciones y estructura de la cuenca y mejorar los ingresos económicos de los habitantes?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Para las comunidades humanas de la cuenca Pinal de Zamorano la degradación de la cuenca es un riesgo para la sostenibilidad ambiental pero también para la economía social por la disminución de la productividad que en gran medida depende de recursos forestales como colecta de piñón. A pesar de la problemática productiva no existen investigaciones formales que aborden la problemática con perspectiva socioambiental que indaguen en el estado del medio biofísico bajo las condiciones de manejo del territorio actual o que propongan planes para producir sustentablemente con la base de recursos naturales presentes.

La política pública en el Estado de Guanajuato en la Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad enlista la necesidad de “realizar estudios de (...) especies silvestres nativas de interés económico, ecológico y social” con el objeto de promover aprovechamientos forestales no maderables sustentables alineado a la línea de acción 5.1.4 del eje estratégico 5: Uso sustentable (CONABIO – Instituto de Ecología de Guanajuato, 2015, p. 56, 69 y 85).

Con la presente propuesta se busca mejorar el manejo del territorio a través de un plan de manejo del territorio con enfoque de cuenca, donde sea activa la participación de los habitantes de la cuenca y con el que los tomadores de decisiones a nivel de Comisariados Ejidales, distintos órdenes de gobierno, ONG's y administradores de la ANP puedan tener elementos para orientar de manera efectiva las actividades que desarrollen en el territorio.

### **3. OBJETIVOS**

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

- Diseñar una propuesta de manejo en la cuenca norte del Pinal de Zamorano que permita el incremento de la producción del bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*. Zucc) en beneficio de las comunidades de la cuenca.

#### **3.3 Objetivos específicos**

- Indagar respecto a la valoración social del bosque y otros recursos de la cuenca.
- Diagnosticar la condición del -suelo, agua, vegetación, funciones de la cuenca y la capacidad productiva del bosque de piñonero a nivel de unidades de escurrimiento.
- Correlacionar la condición de los elementos biofísicos usando tres unidades de escurrimiento con niveles de producción diferentes.
- Diseñar estrategias de manejo de la cuenca con metodologías de investigación- acción participativa orientadas al incremento de la producción del bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*. Zucc).

### **4 MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL**

#### **4.1 Manejo de bosques y cuencas.**

Las nuevas corrientes ambientalistas reclaman vivamente la integración de la perspectiva socio-cultural en la investigación ambiental (Escalera y Ruiz, 2011), es por ello que al estudiar el bosque desde un enfoque de cuenca es posible observar relaciones socioecosistémicas muy estrechas. Los recursos forestales obtenidos en la cuenca son la principal fuente de recursos económicos para las comunidades humanas marginadas, pero son insuficientes para la subsistencia de la misma, manifestando índices de desarrollo humano catalogados en alta y muy alta marginación (CONAPO, 2010), pero al mismo tiempo los bajos niveles de desarrollo humano generan interacciones materiales inadecuadas que podríamos llamar mal manejo (Balvanera *et al.*, 2017).

Las actividades humanas en las cuencas hidrográficas sin planificación y manejo adecuado de los recursos naturales han generado situaciones adversas como la degradación de los

componentes de la cuenca con la consecuente baja de la productividad, pérdida de biodiversidad y de la capacidad de almacenamiento de agua en represas a causa de los sedimentos, inundaciones, sequías y deslizamientos entre otros aspectos de gran preocupación (Faustino-Manco, 2010).

La baja productividad de las cuencas motiva la asignación de otro tipo de aprovechamientos poco acertados que a la larga incrementan el deterioro de la estructura de la cuenca, manifestando desinversión, pérdida de recursos forestales, valor y productividad (Merino, 2016). Los efectos acumulativos (de la degradación) de la cuenca afectan también a los pobladores aguas abajo sobre todo por las diversas alteraciones del régimen hídrico y el traslado de sedimentos. La sociedad depende de los sistemas ecológicos para abastecerse de bienes y servicios del ecosistema y, a su vez, los sistemas ecológicos explotados dependen de la sociedad para mantenerlos de manera que garanticen su funcionamiento a largo plazo (Flotemersch *et al.*, 2015).

El paradigma central del presente trabajo es la búsqueda de la resiliencia socio-ecológica descrita por Escalera y Ruiz (2011) como “la capacidad de un socioecosistema sujeto a algún tipo de stress —en el sentido más básico del término— o de cambio profundo —no necesariamente negativo— para regenerarse a sí mismo sin alterar sustancialmente su forma y funciones, en una especie de conservación creativa” adaptándose fielmente a las condiciones actuales y deseables para el Pinal de Zamorano.

Para una mejor comprensión de los temas implícitos en el manejo del bosque de pino piñonero bajo el enfoque de cuenca se hace un análisis de la información por objeto de estudio de diversos autores:

Las actividades humanas sin planificación y manejo adecuado de los recursos naturales han generado situaciones adversas en las cuencas hidrográficas como “la degradación de los componentes de la cuenca, con la consecuente baja de la productividad, pérdida de biodiversidad y pérdida de la capacidad de almacenamiento de las represas (aguas abajo en la cuenca) a causa de los sedimentos, inundaciones, sequías y deslizamientos entre otros aspectos de gran preocupación” (Faustino-Manco, 2010). Por ésta razón el enfoque de

cuencas para la atención de problemas y manejo del territorio contribuye a enlazar los procesos de formación y de pérdida de suelo con otros componentes como el agua y la vegetación, y posibilita la planeación de acciones que conserven todos los elementos de una cuenca, incluido el suelo (Cotler *et al.*, 2013). Éste enfoque es muy reconocido por la pertinencia de la cuenca como unidad territorial para la planeación, gestión y adaptación al cambio climático. La Estrategia Nacional de Cambio Climático propone “dar preferencia a medidas de gestión integral de la cuenca (...) para garantizar la seguridad alimentaria ante las amenazas climáticas; impulsar con énfasis en cuencas hidrográficas la gestión territorial integral para la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático de ecosistemas y, buscar desarrollar programas de adaptación para mantener e incrementar la disponibilidad del agua superficial y subterránea, con un enfoque de manejo integral de cuencas hidrográficas”. (SEMARNAT/INECC, 2013, p. 38 y 40).

Las cuencas hidrográficas al ser consideradas como la unidad territorial básica para la planeación y el manejo de los recursos naturales, así como una dimensión espacial y temporal fundamental para la adaptación ante el cambio climático (Biestroek *et al.*, 2009; Cotler *et al.*, 2013) toman un papel protagónico en el manejo del territorio que junto al concepto de resiliencia nos ayuda a cambiar la perspectiva de análisis desde modelos simples de relación causa-efecto, a sistemas complejos y relaciones no lineales, siempre considerando la dimensión escalar del tiempo y el espacio (Escalera y Ruiz, 2011). El enfoque de cuencas es integrador y permite analizar, planear y actuar sobre el conjunto de componentes (suelo, agua, biodiversidad, gente) para buscar la mejora de sus funciones, esperando lograr así tener mejor calidad y cantidad de agua, conservar nuestros suelos y su capacidad productiva, y favorecer la conservación de un capital natural para un futuro común (Cotler *et al.*, 2013), al mismo tiempo el manejo desde el enfoque de cuencas “se identifica como un proceso que permite y promueve el desarrollo y la gestión del agua, la tierra y los recursos asociados con el propósito de maximizar el bienestar económico y social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas” (Martínez-Valdez y Villalejo-García, 2020).

Las comunidades de *Pinus cembroides* son importantes para el ambiente por su participación en el régimen hidrológico de las cuencas y con ello del microclima local, además de otros servicios ambientales (Romero-González, 2005), en las cuencas se proveen una serie muy amplia de servicios ecosistémicos a la sociedad de soporte, provisión, regulación y culturales (Flotemersch *et al.*, 2015). Sin embargo, ante los usos del suelo actuales casi todos los territorios de clima semiárido y las franjas de vegetación caracterizada por bosques marginales de Pino-encino los suelos se encuentran en el umbral crítico entre el escurrimiento y la captación (infiltración) de acuerdo con lo observado en el vecino Estado de San Luis Potosí (García de Alva-Verduzco, 2008).

En muchas regiones del mundo se acepta que el manejo forestal constituye un gran apoyo para la conservación de los diversos ecosistemas forestales y para mejorar la productividad económica de los bosques (von-Gadow *et al.*, 2004). Con diversas metodologías a nivel nacional y regional, algunos autores refieren la variabilidad en los criterios de manejo de las masas forestales en el territorio nacional resaltando algunas metodologías a nivel nacional como el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM) de 1951 y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) de 1980 (Hernández-Díaz *et al.*, 2008). El manejo forestal con bases científicas reconoce ecosistemas forestales y necesidades económicas, emplea metodologías adecuadas de obtención de datos y desarrolla estrategias efectivas para la planificación y análisis, como las descritas por von-Klaus *et al.* (2004): diseño de opciones forestales, demostración del manejo, análisis del evento silvícola, que es adecuado para micro y meso escalas espaciales.

El manejo forestal comprende las decisiones y actividades encaminadas al aprovechamiento de los recursos forestales de manera ordenada aunque en el pasado el aprovechamiento se realizó en forma excesiva ocasionando fuertes presiones hacia su protección, provocando la pérdida de importantes superficies de bosques, selvas y matorrales en México (Aguirre-Calderón, 2015), el mismo autor asevera que “las prácticas de aprovechamiento se desarrollaron principalmente como respuesta a la demanda del mercado nacional e internacional, básicamente de maderas, ignorando en muchos casos otros aspectos muy

importantes de los ecosistemas forestales como los ambientales y ecológicos, los bienes y servicios que brindan (principalmente la captura de carbono y los servicios hidrológicos), así como las implicaciones sociales, económicas, ambientales e institucionales de los ecosistemas forestales y su manejo.”

Es hasta el siglo XXI que el manejo forestal en México volteo los ojos hacia el manejo forestal sustentable y se fortaleció jurídicamente hacia éste manejo con la publicación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2018). Sin embargo, es de considerar que en muchas regiones las aproximaciones al manejo del territorio se aíslan en la actividad meramente técnica y económica excluyendo a las comunidades locales observando inclusive propuestas de enajenación como el expuesto por von-Klaus *et al.* (2004) para contrarrestar los patrones típicos del agotamiento del bosque: “se puede solucionar mediante la privatización o controlando el acceso al recurso y mediante mecanismos reguladores o incentivos”. Tal pareciera que el manejo forestal reduce el manejo a cuestiones meramente técnico-económicos. Sin embargo, de acuerdo a Aguirre-Calderón (2015) el concepto moderno de manejo forestal sustentable se concibe como un sistema de toma de decisiones multi-objetivo que atiende los factores ecológico, económico y social dejando lejos el concepto de considerar como único bien aprovechable la madera y como indicador de buen manejo el minimizar los impactos ambientales de la cosecha.

Siguiente a Alatorre-Frenk (2009) quien afirma que “la cuenca es una buena metáfora de lo que implica construir una sustentabilidad planetaria: nos muestra claramente las complejas interacciones entre lo micro y lo macro, entre factores culturales, productivos, sociopolíticos y ambientales; y se hace patente la necesidad de sanear el tejido social como requisito para sanear la salud hidrológica de la cuenca” resulta mucho más integral el enfoque de cuenca para manejar el manejo del territorio. Cotler *et al.* (2013) son concluyentes al afirmar que “la conservación y el buen manejo de nuestro patrimonio o capital natural es clave para aspirar a un desarrollo sustentable (en sus dimensiones ambiental, social, cultural y económica) en el futuro próximo. Por ello, debemos cambiar nuestra visión administrativa-política del territorio por una más ecosistémica (como la de cuenca), que permita volver a relacionar los

grupos humanos con el ambiente de manera más armónica y favorezca una visión integrada de los problemas y, por ende, una relación más justa entre los grupos sociales que habitamos en México.”

A partir de un enfoque integrado se puede estudiar la variabilidad espacial y temporal de factores climáticos como la intensidad de la lluvia así como el proceso de infiltración, la redistribución de la humedad en el suelo por áreas de escurrimiento y la dinámica de la cobertura vegetal del suelo en función de su manejo para estimar servicios ambientales y la integridad de la cuenca (Velázquez-Valle, 2017) y del bosque.

Hasta este momento no se han localizado estudios al respecto para el Pinal de Zamorano en su porción guanajuatense.

#### **4.2 El pino piñonero (*Pinus cembroides*. Zucc.)**

En México destaca la familia Pinaceae entre las coníferas por la diversidad de especies, del género *Pinus* se reconocen en el mundo entre 100 a 111 especies (López-Mata, 2001 y Sánchez-González, 2008), en México se pueden encontrar 46 especies, 35 de ellas son de distribución restringida al territorio nacional, es decir, endémicas. Nuestro país es centro secundario de diversificación de pinos piñoneros y contiene la más alta diversidad de la subsección *Cembroides*, albergando 12 de los 16 taxones conocidos en el mundo, 10 de ellos son endémicos (Barrera-Zubiaga *et al.*, 2018). Las poblaciones de piñonero ocupan zonas transitorias entre matorrales y bosques templados (Granados-Victorino *et al.*, 2015).

De los piñoneros, *Pinus cembroides* Zucc. está ampliamente distribuida y se considera calificado como el piñonero de mayor importancia económica en el país (Fuentes-Amaro *et al.*, 2019). En algunas regiones constituye el único recurso forestal presente, del cual los pobladores locales obtienen madera para leña o construcción, alimento y ganancias económicas por el aprovechamiento de la semilla conocida comúnmente como piñón (Rosas-Chavoya *et al.*, 2015).

García Aranda *et al.* (2018) describe la distribución potencial específica para *Pinus cembroides* basada en factores climáticos y topográficos, de acuerdo con la investigación, las características climáticas que más repercuten en el establecimiento de la especie es la temperatura del cuarto anual más seco, temperatura máxima del mes más cálido y la pendiente de los terrenos con 26.9 % como valor más adecuado para su establecimiento. En otro estudio, Granados Sánchez *et al.* (2011) ratifican que “el clima y la topografía son los principales agentes que definen la distribución espacial y temporal de la vegetación” en un estudio de pino piñonero en el desierto chihuahuense.

La especie *Pinus cembroides* presenta poca variabilidad intraespecífica, se describen 3 subespecies: *P. cembroides* Zucc. subsp. *Cembroides*, *P. cembroides* Zucc. subsp. *orizabensis* D. K. Bailey (Gernandt *et al.*, 2014) y *P. cembroides* subsp. *lagunae* ((Rob. – Pass) D. K. Bailey, 1983), también se reporta una variedad: *P. cembroides* var. *bicolor* (Little, 1968) estas dos últimas se incluyen en la categoría de protección especial (Pr) en el Anexo normativo III de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Modificación publicada en el DOF el 14 de noviembre de 2019). La subespecie *orizabensis* es el piñonero con distribución más al Sur de América habitando las cercanías de Tehuacán, Puebla y la llamada cuenca oriental, una cuenca endorreica que abarca el este del Estado de Tlaxcala, parte de Puebla y Veracruz (Granados-Victorino *et al.*, 2015). La especie presente en Pinal de Zamorano, *P. cembroides*. Zucc, no cuenta con algún estatus de protección en ésta Norma Oficial (NOM-059-SEMARNAT-2010).

A nivel de especie Fuentes-Amaro *et al.* (2019) describe un alto polimorfismo genético para *Pinus cembroides* (88.3 %) lo que quizá le confiere ser uno de los ecosistemas más productivos de las zonas áridas. Los bosques de *P. cembroides* hacen un gran aporte de servicios ecosistémicos en parte por su alta riqueza florística que les acompaña (Barrera Zubiaga *et al.*, 2018). El producto más apreciado del piñonero es su semilla que tiene un amplio uso para fines alimentarios (López-Mata, 2001)

#### **4.2.1 Producción y comercialización del piñón**

El piñón es muy apreciado en la confitería y gastronomía en países de Latinoamérica como de Europa; el mercado es variable con importantes oscilaciones en la oferta y los

precios (Loewe, 2011). El valor alimenticio del piñón es muy alto en comparación a otras semillas comerciales comestibles (López-Mata, 2001). La producción de semilla ocurre en las masas forestales silvestres predominantemente, los conos de *Pinus cembroides* presentan una longitud y diámetro promedio de 3.796 y 3.514 cm, sus semillas presenta largo, ancho y peso promedio de 1.274 cm, 0.717 cm y 0.375 mg respectivamente (Sánchez-Tamayo *et al.*, 2002) para poblaciones de *Pinus cembroides* ssp. *orizabensis*, con un potencial de producción de 29 semillas por cono y un 57.6 % de semillas desarrolladas (Sánchez-Tamayo *et al.*, 2005).

Actualmente “la demanda insatisfecha presenta interesantes posibilidades de expansión, la escases mundial de piñones de pino hace muy necesario revalorar la importancia económica y ecológica de los bosques de piñonero, considerando la posibilidad de establecer huertos especializados en sistemas frutícolas, agroforestales y forestales” (Loewe, 2011); el mismo autor afirma que en el mercado europeo los principales exportadores son España y Portugal con piñones de *Pinus pinea* y los mayores importadores son Italia y España siendo éstos los principales consumidores junto con EUA. Hernández-Anguiana *et al.* (2018) detectaron que “los productores de piñón obtienen mayor precio en semillas no negras”.

En este contexto de alta demanda de semilla, es muy importante los aportes al conocimiento sobre la productividad de semilla, que fue evaluada por García-Fernández *et al.* (2014) de la Universidad Veracruzana trabajando con *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* quienes reportaron hallazgos sobre la producción potencial de semilla de 26.8 semillas por cono, el promedio de semillas desarrolladas es de 11.8 con un porcentaje de semillas desarrolladas de 44.6 %, encontrando entre arboles diferencias significativas que pueden ser atribuibles a características genéticas de cada individuo, por su parte de la misma Universidad, Sánchez-Tamayo (2005) determinó en las Cuevas Alzayanca, Tlax. valores de 29 semillas por cono con un mínimo de 12 y un máximo de 52 semillas, observando que más del 50% de los árboles presentaron 50% o más de sus conos con un potencial por debajo de la media general. Márquez Ramírez *et al.* (2010) también de la misma institución, determinó 6 factores que contribuyen a inducir la floración de coníferas: a) la presencia de hormonas inductoras de floración; b) la relación adecuada de nutrientes; c) la humedad del suelo; d) la

calidad de la luz solar y el fotoperiodo; e) la temperatura; y f) estado fisiológico, tres de las variables están relacionados con el clima, por lo que el cambio climático tiene un gran efecto sobre el proceso; el estudio hace una propuesta de monitoreo a fin de determinar los impactos en éstas y otras especies.

Es muy necesaria también la intervención en otras áreas de la cadena de aprovechamiento y comercialización, así lo expone Espejel *et al.* (2017) al afirmar que “el problema central es la desarticulación y baja rentabilidad de la cadena productiva de piñón”, el mismo autor plantea en un trabajo expuesto en el XI Congreso de Economía Agraria en España (Septiembre de 2017) cuatro propuestas de mejora: (1) producción y aprovechamiento mejorado del piñón; (2) manejo del piñonal; (3) cosecha y comercialización; y (4) practicas sustentables. Así, de los 8 ejidos del Estado de Veracruz con quienes trabajó, tres reflejan ganancias y otros tres, pérdidas; en parte porque el precio del piñón lo fijan los compradores. Otra deficiencia en la cadena es la baja regulación institucional, hasta 1997 no se contaba con instrumentos, hoy el único que regula su comercio es la NOM-007-RECNAT-1997, sin embargo, a la fecha sigue sin atenderse los ámbitos de innovación y comercialización paralelos a los de investigación, tampoco se cuenta con una NOM que regule la calidad del piñón.

De acuerdo con Jiménez Martínez *et al.* (2009) *Pinus cembroides* también es susceptible de comercializar como árbol navideño en maceta por sus atributos de fragancia y follaje con una demanda estimada para el año 2015 de 52,556 árboles tan sólo en el Estado de Oaxaca donde se hizo el estudio.

#### **4.3 La sanidad de los bosques como factor en la productividad**

Uno de los problemas más fuertes en términos de degradación del bosque de piñonero lo representa los insectos descortezadores (*Dendroctonus spp*). De acuerdo con Yerena-Yamallel (2016) los bosques con menos diversidad de especies vegetales (hasta 98 % de *Pinus cembroides*) tienen 87.5 % de probabilidad de ser atacados por *Dendroctonus mexicanus*, esta probabilidad baja a 12.5 % cuando la pureza del bosque es menor a 98 %.

La probabilidad de ataque además está influenciada por factores de estrés y manejo del bosque. Respecto al diámetro cuadrático de los árboles, si éste es de 22.2 cm la probabilidad de ser atacado por descortezador es del 75 % en relación inversa, es decir a menor valor de diámetro cuadrático, mayor probabilidad de infestación tiene el rodal. Respecto al diámetro normal, la posibilidad de infestación es del 75 % en diámetros menores a 20 cm. Los tratamientos abarcan desde control cultural hasta los químicos. Vidal-Aguilar (2015) aporta también un componente social en el estudio de los bosques ante los descortezadores al estudiar el caso de un Ejido al Sur de Nuevo León del que afirma: “el Ejido ha fracasado en su obligación legal de asegurar la continuidad de la regeneración natural. La diversidad de intereses sociales y económicos de la población hace compleja la toma de acuerdos para el manejo del bosque, aunque en general se percibe el efecto negativo y las responsabilidades del Ejido en la atención del problema” pudiendo replicarse ésta situación en vastas zonas del territorio nacional.

Otro agente de riesgo sanitario para los bosques de piñonero es *Retinia arizonensis* (Heinrich) un defoliador que ha sido estudiado por Fernando Luis *et al.* (2015) en bosques de piñonero en el Municipio de Miquihuana, Tamps. encontrando un promedio de afectación de 10.5 % en brotes terminales de *Pinus cembroides*.

Respecto a las patologías fúngicas en las semillas de piñonero, enfermedad muy recurrente durante el almacenamiento, la eficiencia de tratamientos fitosanitarios es de hasta el 90 % usando fungicidas de amplio espectro como el Captan ® (Antonio-Bautista, 2008).

#### **4.4 Reflexiones finales de la sección teórica**

La atención a las problemáticas territoriales no se puede reducir a la intervención aislada de un elemento biótico, físico o social, se requiere el análisis desde la multidisciplina para entender los intrincados sistemas radicados en las regiones, nombrados por algunos autores como “sistemas socioecológicos”, por la fuerte interdependencia de las sociedades humanas y los ecosistemas. El enfoque de cuenca apoyado de los fundamentos emergentes de resiliencia socioecológica permite una intervención más acertada, plural y participativa para

la atención de los fenómenos degradantes del territorio y el diseño de mecanismos de gestión con las mismas características.

## **5 ANTECEDENTES**

El manejo de cuencas hidrográficas es un tema que se ha abordado en múltiples trabajos, teniendo al agua como protagonista en la mayor parte de ellos, que si bien es cierto tiene una gran relevancia como agente de movilidad en las cuencas, en muchos casos resta importancia o se trata de manera marginal a otros elementos del territorio como es el caso de los bosques. Por otro lado, los estudios sobre el manejo forestal reducen el enfoque a cuestiones meramente técnico-económicas llegando a ignorar cualquier otro elemento biofísico y el papel de las comunidades locales en el manejo del territorio. Ésta sección pretende hacer una revisión de los aportes que se han realizado en distintos momentos y lugares sobre éstos temas.

### **5.2 Como se han manejo los bosques y las cuencas.**

Faustino y Jiménez (2005) plantean la cogestión adaptativa de cuencas como un estilo de gestión compartida, de esfuerzos conjuntos y colaborativa basada en: intervención experimental, observación y reflexión de los resultados de las acciones, aprendizaje continuo, retroalimentación, reajuste de acciones y métodos a la luz del conocimiento adquirido por la acción reflexionada. Faustino-Manco (2010) propone algunos aspectos imprescindibles a considerar en el diseño de la gestión de la cuenca:

- Planteamiento de un objetivo común, en cuyo caso puede ser un recurso forestal apreciado en la cuenca como el piñón. Este planteamiento se basa en que toda gestión territorial en su nivel básico se facilita cuando existe un objetivo común.
- Toda gestión territorial tiene su base en los actores que la conforman; si no participan, ni toman decisiones y no asumen responsabilidades, es muy probable que los resultados no sean exitosos. También señala que la cogestión adaptativa está directamente relacionada con la gobernabilidad en el territorio.
- Una agenda común o plan de cogestión son la base para la concertación de una visión territorial colectiva que necesita lineamientos para su actuación. Esta agenda es

flexible y por tanto no es un instrumento de planificación oficial sino los acuerdos generados entre las organizaciones participantes en un arreglo de cogestión.

- Para que la plataforma de concertación haga operativas la agenda territorial común debe contar con condiciones mínimas de financiamiento, en forma descentralizada y autónoma o la disponibilidad financiera desde cada actor comunitario o institucional a lo interno de la misma.
- La implementación de arreglos, reglas de juego y prácticas para el manejo de los territorios donde participen las instituciones y los actores locales.
- La gestión territorial en sus mesas de concertación y otros mecanismos requiere de una alta transparencia a través de una comunicación permanente a los diferentes niveles para generar credibilidad y legitimidad; la rendición de cuentas y auditorías sociales son otras alternativas que se utilizan.

Un primer acercamiento a las comunidades vegetales de mediana y gran escala como lo es el contexto de una cuenca, son los métodos de percepción remota como los propuestos por López Pérez *et al.* (2015) con análisis del índice de vegetación normalizada diferenciada y parámetros morfométricos a fin de interpretar la salud de las cuencas y en su caso generar modelos de atención y prioridad o para establecer unidades de muestreo y análisis.

Algunos autores han analizado la relación de la materia orgánica aportada por los bosques para el mejoramiento del suelo en las cuencas como los realizados por Reyes-Carrera *et al.* (2013) en Arteaga, Coah. donde las comunidades de *P. cembroides* contribuyeron poco más de la tercera parte de hojarasca en bosque combinado con *Yucca carnerosa*, *Rhus virens* y *Juniperus deppeana*. Asimismo, se ha encontrado que la interacción de la hojarasca mezclada puede facilitar o inhibir los procesos bioquímicos ambientales responsables de la adición de nutrientes al suelo Combatt *et al.* (2005).

Estudios realizados en Finlandia determinaron que “una de las variables más fuertes que define la distribución de plantas es la relación Ca:Al (calcio:aluminio) en el suelo y que la

concentración de Ca define la diversidad de plantas, también determinaron que la humedad del suelo y la composición vegetal están poco relacionadas” (Närhi *et al.*, 2010).

Las asociaciones vegetales densas como los bosques tienen una gran relevancia para la preservación de las funciones de las cuencas principalmente en su interacción con el suelo; se ha documentado que la descomposición de la mezcla de hojarasca en los bosques semiáridos de la región Centro - Norte de México tiene una gran importancia para la conservación de las propiedades biofísicas y químicas de éste. Además del estudio de la materia orgánica, análisis como los de Combatt *et al.* (2005) exponen la situación de los suelos forestales sujetos a lixiviación de cationes, eluviación, traslocación y pérdida de contenido de bases, que ocasionan alta acumulación de Fe, Al y Mn reduciendo las tasas de asimilación de nutrientes; el Nitrógeno también es deficiente debido a la baja cantidad de materia orgánica en muchos de los bosques. Los bosques tienen un efecto positivo para la regeneración de los suelos así lo demuestran los estudios de Arres-Morales (2012) realizados en Perote, Veracruz.

El manejo forestal en México tiene antecedentes a varias generaciones atrás con el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM) de 1951 y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) de 1980, métodos que se han adoptado para el aprovechamiento y manejo de los bosques junto con metodologías validadas en ciertas regiones como en el Estado de Durango donde se emplean además de las dos anteriores el Sistema de Conservación y Desarrollo Silvícola (SICODESI), el Sistema Integral de Manejo de Bosques de la Unidad Santiago (SIMBUS), el Sistema de Manejo Integral Forestal de Tepehuanes (SMIFT) y el llamado Método Mixto (Hernández-Díaz *et al.*, 2008).

Pérez Suarez (2009) al estudiar la Sierra de San Miguelito, en San Luis Potosí encontró que la lluvia es un importante factor para la pérdida de masa forestal en las copas de pinos y encinos, controla la interacción de la hojarasca con el mezclado de nutrientes en el suelo y el arrastre de componentes solubles de la hojarasca.

En la región norte del país se han realizado propuestas de manejo de bosques como el realizado por Lujan-Álvarez *et al.* (2016) considerando el manejo de cuencas hidrológicas como una estrategia para lograr el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; el objetivo del trabajo fue diseñar y aplicar un modelo socioecológico participativo para generar estrategias orientadas a buscar el desarrollo forestal sustentable en la región, tomando como base la cuenca hidrográfica del río Papigochi, Chihuahua, México.

Para lograr la asertividad del modelo de desarrollo forestal se sustenta en que los conocimientos ecológicos deben ser económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente factibles alineados al concepto de Desarrollo Sustentable propuesto en el informe Bruntland, (ONU, 1987) por lo que para implementar tales alternativas es necesario promover el desarrollo integral de los ejidos y las comunidades agrarias, constituyendo un enfoque de desarrollo basado en el aprendizaje social y el fortalecimiento de las capacidades de los actores locales.

### **5.3 El aprovechamiento del piñón en México y el mundo.**

Cuatro de las seis familias de coníferas están presentes en México, pero sólo son 10 de los 71 géneros conocidos mundialmente, representando apenas un 0.4 % de las 23,000 especies del país (Gernandt y Pérez de la Rosa, 2014). Sánchez-González, A. (2008) hace un aporte desde una perspectiva genérica del estudio de los pinos en el mundo y en particular para la República Mexicana describiendo desde los antecedentes paleontológicos, la distribución actual y los eventos paleoclimáticos que modelaron esa distribución hace un aporte para describir la clasificación y presencia en México de 46 especies, 22 variedades y 3 subespecies del género *Pinus*, así mismo de su ecología mencionando que son especies de distribución altitudinal entre los 1,500 a los 3,000 msnm con tolerancia a temperaturas medias de ente 6 a 28° C y precipitación entre 350 a más de 1000 mm anuales. Hace el recuento de 20 especies consideradas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En un análisis en el Estado de San Luis Potosí mediante modelos para la predicción de la elasticidad y estabilidad florística de los piñoneros se observar una cierta estabilidad de éstos bosques para periodos de análisis de 6, 12 y 30 años en comparación con otras composiciones florísticas de coníferas (Romero-Manzanares *et al.*, 2002), y es que nuestro país es centro

secundario de diversificación de pinos piñoneros, contiene la más alta diversidad de la subsección *Cembroides* albergando 12 de los 16 taxones conocidos en el mundo, 10 de ellos endémicos (Barrera-Zubiaga *et al.*, 2018).

Las poblaciones de piñonero ocupan zonas transitorias entre matorrales y bosques templados (Granados-Victorino *et al.*, 2015). *Pinus cembroides*. Zucc. es una de las especies ampliamente distribuidas, es calificada como la especie de piñonero de mayor importancia económica en el país (Fuentes-Amaro *et al.*, 2019). En algunas regiones constituye el único recurso forestal presente, del cual los pobladores locales obtienen madera para leña o construcción, alimento y ganancias económicas por el aprovechamiento de la semilla conocida comúnmente como piñón (Rosas-Chavoya *et al.*, 2015).

El incremento de materia orgánica del suelo es un factor importante para la productividad de los piñoneros, su presencia se debe sobre todo al aporte de hojarasca de las plantas; en estudios para medir la deposición de hojarasca se tiene referencias de los estudios hechos en Arteaga, Coah. por Reyes-Carrera *et al.* (2013) donde encontraron que la producción (deposición) combinada de hojarasca en un bosque con *P. cembroides*, *Yucca carnerosa*, *Rhus virens* y *Juniperus deppeana* fue de 858.35 Kg/ha\*año. Las hojas de *P. cembroides* contribuyeron con el 33.9 %, ramas con el 22.4 % y otros con el 13.2 %. Aunque se sabe que *P. cembroides* produce hasta 3 veces menos hojarasca en comparación con otras especies de *Pinus*. Comparando las características de suelo antes y años después de establecida una plantación de *P. cembroides* subesp. *orizabensis*, de 1992 a 2012 la materia orgánica se incrementó de 0.43 a 0.98 % y el pH disminuyó de 6.66 a 6.1 lo que hace notar que la materia orgánica tiene un efecto acidificante en el suelo. Otro mecanismo de acidificación lo constituye la absorción de cationes K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> para emplearlos en la producción de biomasa.

Del usufructo del bosque de piñonero se tienen evidencias del aprovechamiento de los pinos en el noroeste de México en la cuenca de Cuatrociénegas, Coah. con vestigios de

poblamientos entre 7,240 y 10,550 años a. C. asociado a composiciones florísticas donde los pinos representaban más del 50 % de acuerdo a análisis con isótopos de Oxígeno-18 y Carbono-13 (Felstead et al., 2013), éste estudio aporta elementos para observar la importancia de la especie para los primeros pobladores de Aridoamérica.

En términos de comercialización de la semilla de piñonero Hernández-Moreno (2011) documentó precios de entre MX\$ 50.00 y MX\$90.00 por kg de semilla con cáscara en los mercados de las ciudades de México y Puebla, y entre MX\$ \$453.00 y MX\$ 760.00 para el piñón rosado limpio (sin cáscara); en la región de estudio el precio puede oscilar desde MX\$ 60.00 hasta más de MX\$200.00 por kilogramo de semilla con cascara. El coeficiente de transformación fue evaluado por Hernández Moreno (2011) para semillas de la subespecie orizabensis, el de conos a piñón fue de 33.01 % mientras que el de piñón con cascara a piñón limpio (descascarado) fue del 26.03 %, coincidiendo con los dichos de personas entrevistadas por Él mismo autor que afirman rendimientos de 4:1 en el descascarado. Los márgenes de ganancia relativa son 17.69 % para el intermediario, 19.80 % en la transformación y 40.39 % del comercializador, al recolector sólo obtiene un 22.12 % del valor final de mercado. El piñón también es importante a nivel de autoconsumo, actualmente se ha documentado su importancia en la alimentación en estudios como el de Martínez-de la Cruz (2015) en el Estado de México donde el piñón está incluido dentro de las 138 especies con frutos o semillas comestibles de mayor importancia.

Algunos análisis brindan marcos de referencia para propuestas de fertilización para incrementar su productividad como lo ensayó Tzanahua-Sánchez (2006) en plantas con fines de aprovechamiento comercial para pino navideño con la aplicación de bajas dosis de fertilizante Urea foliar (10gr/litro de agua) que pueden promover el crecimiento y el desarrollo del tallo de *P. cembroides* un 21.63 % respecto al diámetro basal de plantas sin fertilizar y el crecimiento del diámetro de copa hasta 20 % mayor en tratamientos con urea, respondiendo a dosis mayores (15gr/litro de agua).

Es notoria la falta de información específica para el piñonero en el Estado de Guanajuato o las regiones contiguas de Querétaro, a excepción de un trabajo para determinar la

paleoclimatología en San Felipe y Ocampo, un par de estudios con piñoneros en Querétaro para el manejo forestal y el monitoreo de *Dendroctonus frontalis* y *D. mexicanus*, no se encontraron más aportes al contexto local para el proyecto de investigación.

#### **5.4 Reflexiones de los antecedentes**

El manejo de cuencas con presencia de bosques representa una gran oportunidad de intervenir positivamente bajo éste enfoque, la intervención aislada hace varios años en diversas regiones de América, particularmente en Centro y Sudamérica no ha tenido el éxito. Para México el pino piñonero es una especie de gran importancia ecológica y social en la zona norte y centro del país; las zonas marginales donde subsiste coinciden en gran parte con las comunidades humanas socioeconómicamente también marginales; en este contexto el bosque de piñonero se debe observar como la fuente de recursos más inmediata para comunidades vulnerables, que también, están expuestos a una sobrecarga en el aprovechamiento. Tal situación urge a la generación de programas de manejo asertivos que coadyuven a contener la degradación y se restituya la productividad en beneficio de los bosques y la economía comunitaria de estas regiones.

Lo versátil del piñonero en su aprovechamiento desde los servicios ambientales de soporte y regulación que presta, hasta el aprovechamiento de sus productos y subproductos le reviste un gran valor. A pesar de ello considero ha sido un recurso subvalorado en la investigación y para el manejo de sus áreas particularmente en la región del noreste de Guanajuato.

Es necesario hacer notar que la mayoría de los trabajos sobre el pino piñonero se realizan o bien sobre cuestiones sociales o bien sobre variables biofísicas, poco esfuerzo se ha hecho en integrar ambas cuestiones, que sin duda están intrínsecamente ligadas y requieren ser estudiados con integralidad multidisciplinar y transdisciplinar. El buen manejo requiere una integralidad que preserve la calidad de suelo, bosque y agua con efectos a largo plazo en los servicios ambientales a escala de cuenca y los subsecuentes beneficios para la población humana.

Algo muy lamentable es la ausencia de trabajo en el tema de las instituciones de educación superior y de centros de investigación del Estado de Guanajuato, al menos en los medios consultados no se obtuvieron resultados de búsqueda.

Con el presente trabajo se busca generar un marco de atención a la problemática de productividad de la cuenca, particularmente del pino piñonero para restituir la integridad de cuenca definida como “la capacidad de un sistema (y sus subcomponentes) para soportar y mantener la gama completa de procesos del ecosistema y funciones esenciales para la sostenibilidad a largo plazo de su diversidad y recursos naturales” (Flotemersch *et al.*, 2015). El piñón se plantea como el objetivo común que cohesione los esfuerzos de las instituciones y pobladores para alcanzar objetivos de conservación y producción.

## **6. MÉTODOGÍA.**

La zona de estudio no cuenta con trabajos académicos previos para propiciar decisiones informadas, en otras regiones los aspectos biofísicos que regularmente se abordan en estudios forestales no concurren con atributos socioeconómicos del territorio y éstos tienen una gran significancia por la influencia del manejo social sobre las variables biofísicas, en este sentido el enfoque de cuenca soporta la lógica de manejo del territorio teniendo en el agua el elemento de conexión entre las zonas funcionales.

La amplitud de variables cualitativas y cuantitativas abordadas en el presente estudio permitió establecer un escenario de amplia visión para el diseño de estrategias y la toma de decisiones informada.

### **6.1 Área de estudio.**

La cuenca norte del Pinal de Zamorano, se ubica casi en su totalidad en el Municipio de Tierra Blanca, Guanajuato (Figura 1) en la porción Sur de éste, colindando con el Estado de Querétaro, alcanzando la cima del cerro Pinal de Zamorano a una elevación máxima de 3,362 msnm y un rango de elevación de 1,370.32 m, es de tipo exorreico, abarca tres unidades hidrológicas clasificadas por FIRCO como las Microcuencas 26DcBCA, 26DcBCB y

26DcBCC. Es un territorio con pendiente media de 12.37 %, es decir, un ascenso de 12.37 m cada 100 m horizontales que sin embargo ha acuñado una gran cantidad de cañadas (Figura 2), lomeríos (Figura 3) y laderas de media a pronunciada pendiente (CIATEC, 2011).

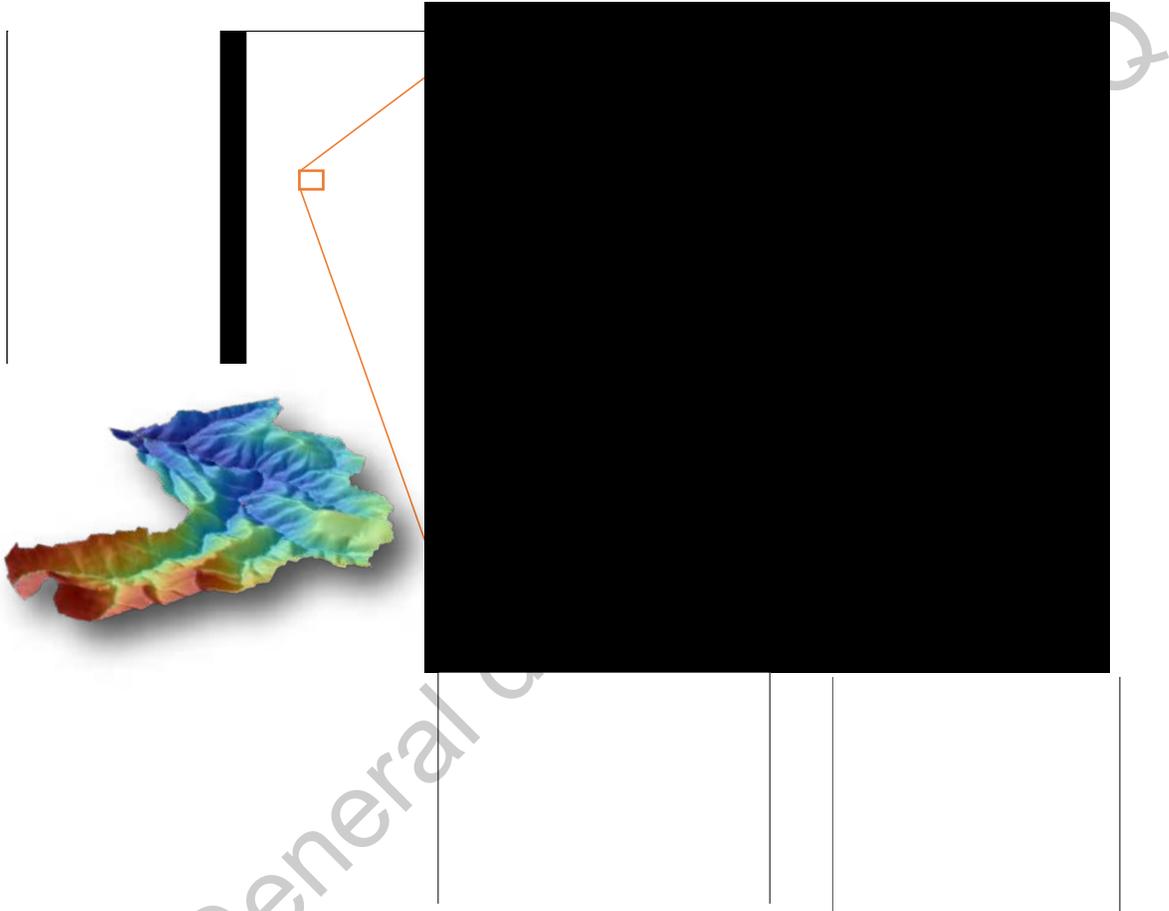


Figura 1. Zonas funcionales de la cuenca norte del Pinal del Zamorano. Fuente: elaboración con información base del Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013).

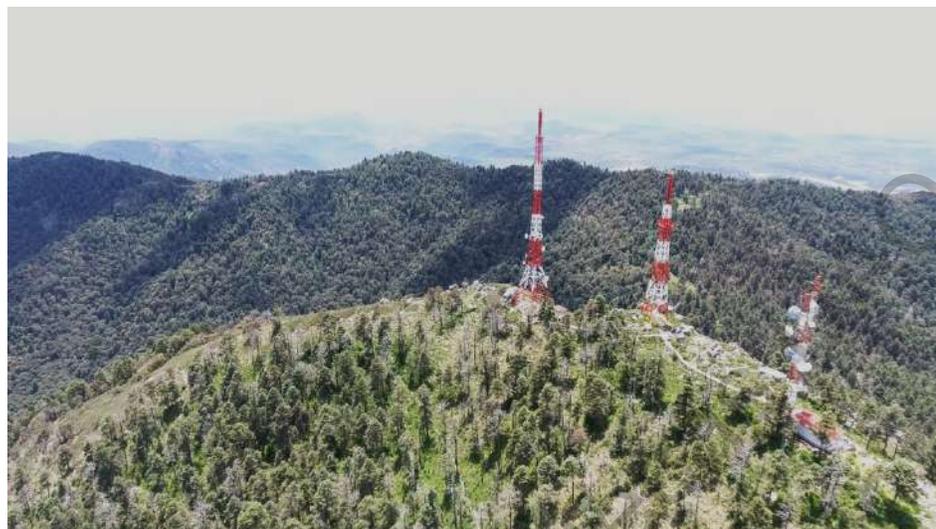
Figura 2. Zona baja o de emisión. Aquí se ubican aprovechamientos en pequeñas parcelas, comunidades humanas y el embalse que representa la salida de la cuenca de estudio.



Figura 3. Zona media o de transición de la cuenca. Localidad Puerto del Madroño. Transición entre bosque de encino, pino, matorral, pastizales y zonas de cultivo.



Figura 4. Zona alta de la cuenca. Bosque de oyamel (*Abies religiosa*). Ésta cumbre denominada Pinal de Zamorano es el punto más alto en el Estado de Guanajuato.



La cuenca presenta atributos morfométricos característicos de una cuenca poco longeva en términos geológicos (Tabla 1), ésta característica que permiten inferir las condiciones del territorio como el relieve, el perfil edáfico y la estabilidad de los taludes.

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca norte del Pinal de Zamorano.

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Coordenada boquilla X UTM	381,705	Coefficiente orográfico	1,595.358
Coordenada boquilla Y UTM	2,321,985	Coefficiente de masividad	11.431
Perímetro (m)	44,520	Long. Axial (Km)	8.725
Área (Km <sup>2</sup> )	38.946375	Factor Forma	0.512
Centroide X UTM	382,163.16	Long. Total Cauces (Km)	86.883
Centroide Y UTM	2,318,062.57	Número total cauces	191
Elevación media	2,492.66	Densidad de drenaje (Km/Km <sup>2</sup> )	2.230
Rango de elevación	1,370.32	Tipo de Drenaje	Relativ. baja
Longitud media	6,795.02	Densidad de corrientes (corr/km <sup>2</sup> )	4.904
Distancia del cauce principal	13,810.34	Relación bifurcación (corr/corr)	1.822
Tiempo de concentración (h)	1.22	Pendiente media del cauce (%)	12.37
Tipo de cuenca (Gravelius)	rectangular		

Rectángulo equivalente (A)	21,347.813
Rectángulo equivalente (B)	912.187

**Fuente:** Elaboración propia a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013).

Los parámetros morfométricos describen que la cuenca tiene una forma cuadrada con un índice de 0.512. De acuerdo a la curva hipsométrica (Figura 5) estamos ante una cuenca relativamente joven, con cuyo relieve le confiere un potencial morfodinámico para experimentar procesos erosivos y movimientos en masa altos (UANL, 1997) y un predominio de erosión vertical (Jardi, 1985). El comportamiento de la red de drenaje nos permite describir una cuenca con eficiente densidad de drenaje (1.049 Km/Km<sup>2</sup>) con una relativa baja densidad de corrientes (1.258 cauces/Km<sup>2</sup>).

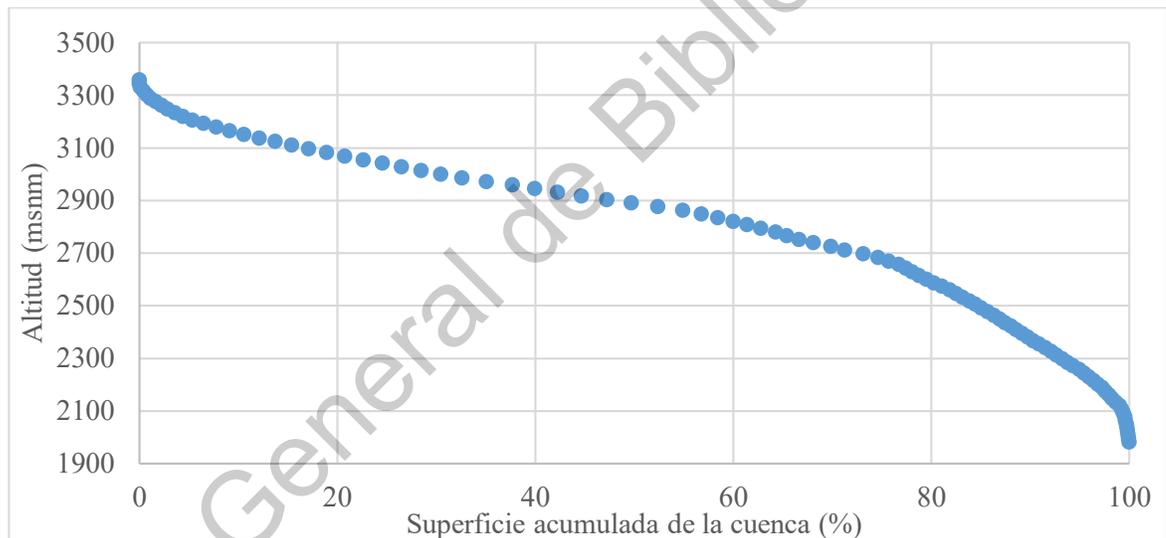


Figura 5. Curva hipsométrica de la cuenca. Elaboración propia apoyándose en el Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013).

### 6.1.1 Zonas funcionales de la Cuenca

La cuenca tiene una topografía muy abrupta que no permite diferenciar zonas funcionales tan explícitamente (Figura 6), sobre todo tratándose de una zona fisiográfica de gran escala. La **zona funcional baja** o zona de emisión está representada por un embalse construido hace más de dos décadas en una boquilla de apenas unos pocos metros de ancho. En esta zona que

se extiende sobre las abruptas cañadas donde se practican actividades agropecuarias como los cultivos de temporal, la ganadería estabulada y extensiva. Esta zona es de confluencia de servicios de transporte, educativos y comerciales. En esta zona se localizan las comunidades humanas más grandes de la cuenca: El Apartadero, El Cajón y El Xoconoshtle aunque también se tienen de otras localidades de menor tamaño como Los Ugaldes y La Loma, esta zona representa apenas un 17.39 % del territorio de la cuenca. La **zona funcional media** abarca casi dos terceras partes del territorio (63.98 %), está constituido en su mayoría por vegetación primaria y asociaciones secundaria, aunque también abarca áreas de agricultura de temporal, praderas para el pastoreo y comunidades humanas (Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VI, 2016). En esta zona se ubican las comunidades de Cerro Blanco, Ocotillos, La Silla, Puerto del Madroño, Mesa del Madroño y la Palma. La **zona funcional alta** se ubica hacia el Sur de la Cuenca, es la zona de mayor altura del Estado de Guanajuato, con un registro de 3,362 metros sobre nivel del mar en la cumbre del cerro del Zamorano; en esta zona no hay poblamientos humanos y está constituido por vegetación primaria predominando bosque de encino y bosque de oyamel (*Abies religiosa*. Kunth Schltdl. et Cham.), éste último de distribución restringida para el Estado de Guanajuato (Instituto de Ecología, 2002). Los aprovechamientos más usuales son pecuarios extensivos de ganado mayor, extracción de leña y otros productos forestales a escala de subsistencia.

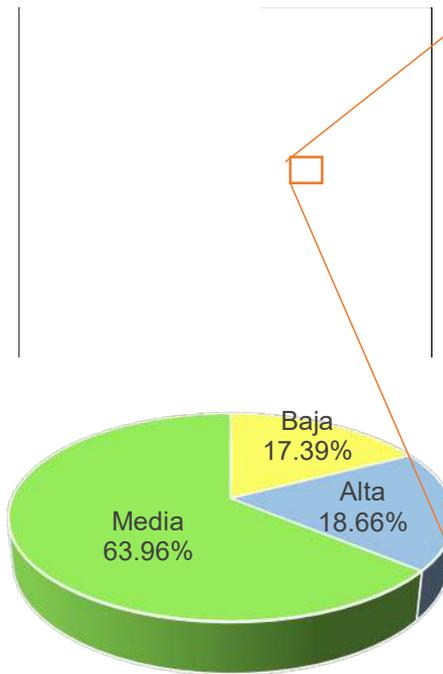


Figura 6. Zonas funcionales de la cuenca norte del Pinal del Zamorano. Fuente: elaboración propia apoyándose en el Continuo de Elevaciones Mexicano (INEGI, 2013)

## 6.2. Ruta metodológica.

En el presente trabajo se emplearon técnicas cualitativas y cuantitativas (Figura 7) para recabar información sobre los fenómenos socioterritoriales empleando metodologías de diversas disciplinas del conocimiento.

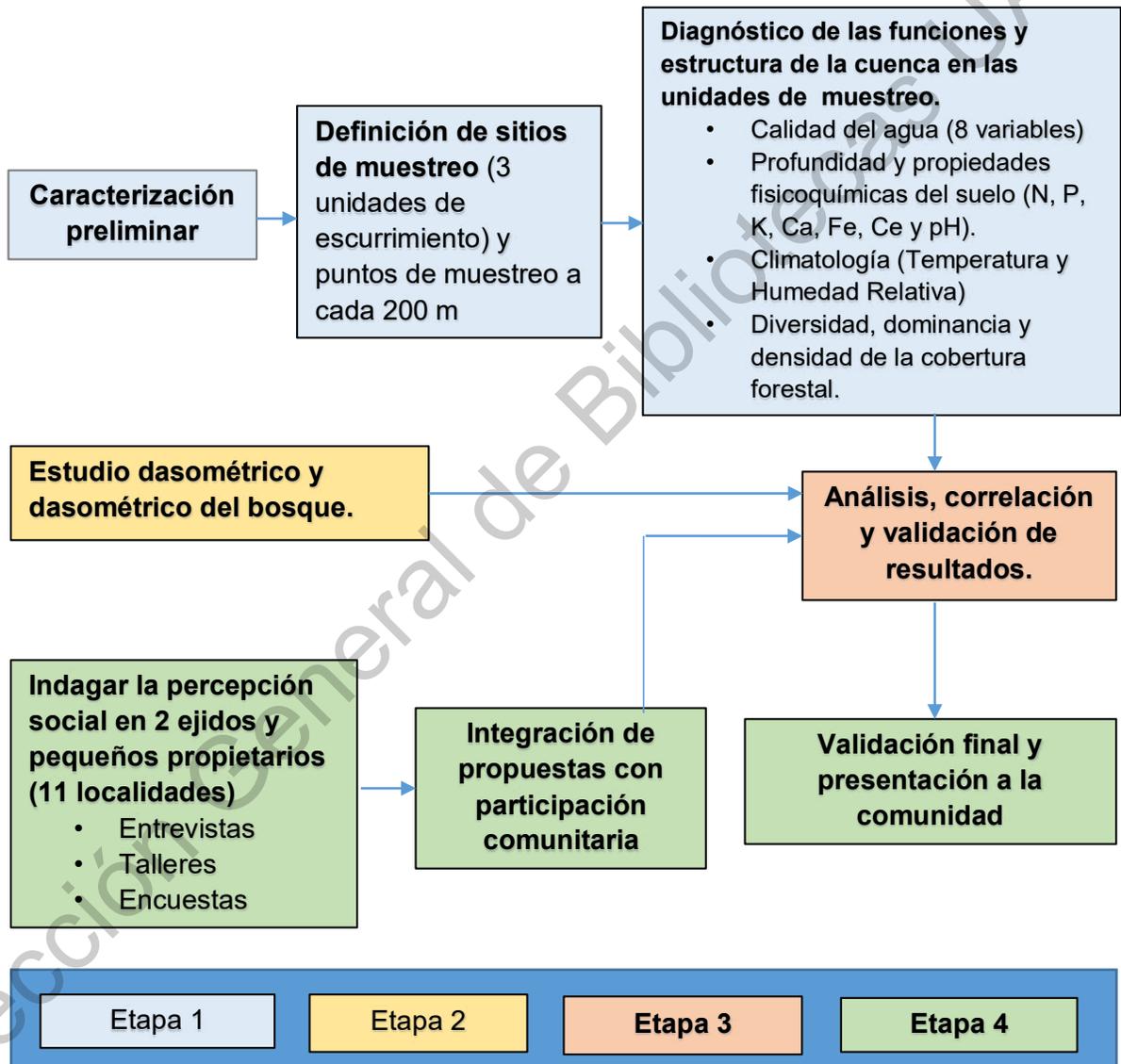


Figura 7. Diagrama de las fases del proyecto.

### **6.2.1 Indagar la valoración social del bosque y otros recursos de la cuenca.**

Para indagar sobre la percepción social se consultará con actores claves a fin de recopilar datos sobre la dinámica de aprovechamiento, comercialización, acciones de conservación y mantenimiento del bosque y la percepción social en general. Los actores clave incluyen recolectores, acaparadores locales, guardabosques, autoridades municipales, autoridades ejidales, delegados municipales y responsables del ANP.

Se aplicaran encuestas con una muestra de 81 personas, considerando un nivel de confianza de 95 % y 5 % de margen de error. Las encuestas se aplicarán en las 11 localidades dentro de la cuenca conforme al formato de encuesta anexo. El tamaño de la muestra para la encuesta se calculó mediante muestreo no probabilístico, también llamado muestreo determinístico (INEGI, 2011). La modalidad a emplear dada la dispersión geográfica de la población en la cuenca es el muestro convencional o accidental, útil en “procesos de estudios exploratorios con propósitos de orientar la definición de una investigación y no para la caracterización de estructuras o del comportamiento de una población objeto” (INEGI, 2011: p. 6). El cuestionario consta de 20 preguntas estructuradas que recaba datos de identificación básico: nombre, edad, sexo, comunidad y fecha de aplicación (Anexo 3), y que recaba en una escala del 1 al 5 su percepción sobre atributos de calidad de vida, calidad de los servicios, percepción sobre el costo del piñón, fuentes de ingreso familiar, salud del bosque, importancia del piñón, intervención de las comunidades y las autoridades en el cuidado del bosque y la cuenca así como la pertinencia del decreto de área natural protegida. La escala numérica se alinea a una escala subjetiva donde 1 = Muy Bajo, 2 = Bajo, 3 = Regular, 4 = Bueno y 5 = Muy bueno.

El tamaño muestral se definió para un intervalo de confianza de 95 % y error máximo de 10 % teniendo una población total de la cuenca de 471 personas (INEGI, 2020). Siendo necesarias la aplicación de 81 encuestas mediante la modalidad de muestreo convencional o accidental.

Los Talleres se realizarán conforme a la metodología “Hacer Talleres. Una visión práctica” para capacitadores de WWF (Candelo-Reina *et al.*, 2003) con la temática marcada en el programa de taller anexo al presente documento. Mediante la aplicación de instrumentos

cualitativos y cuantitativos se consultaron a las comunidades humanas respecto a diversos atributos de percepción de la convivencia humano – naturaleza, sobre los medios de sostenimiento económico y la intervención de instituciones de gobierno de los tres niveles a fin de realizar una radiografía sobre la situación del bosque y otros recursos naturales en el paradigma social de los habitantes de la cuenca.

El segundo instrumento consistió en una entrevista estructurada que se aplicó de forma selectiva a actores clave que incluye comisariados ejidales, acaparadores, propietarios de predios de grandes extensiones (mayores a 100 hectáreas), mayordomos de la Santa Cruz y el párroco local. La entrevista constó de once preguntas abiertas y comentarios libres, documentada en notas rápidas en guion de entrevista (Anexo 5). A partir de los comentarios vertidos se configurará un escenario de manejo e intervenciones.

El taller participativo es el último de los tres instrumentos, se empleó para recabar información mediante participativa colectiva. Se planearon dos talleres, el primero consta de tres actividades de participación colectiva: “el mapa de mi cuenca”, “matriz de priorización de problemáticas y árbol de problemas y soluciones” y, “crítica y autocrítica, mi papel en el manejo de la cuenca”. El taller se planeó para realizarse el mes de noviembre de 2020.

Para la aplicación de los instrumentos se propició un espacio para exponer los alcances y objetivos del programa así como las consideraciones éticas hacia los recursos biofísicos y las comunidades humanas, mismos que fueron expuestos y autorizados por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro

## **6.2.2 Diagnostico de la condición del suelo, agua, vegetación, funciones de la cuenca y del bosque de piñonero a nivel de unidades de escurrimiento.**

### **6.2.2.1 Selección de sitios de muestreo.**

Se seleccionaron sitios de muestreo con técnicas de percepción remota siguiendo a López-Pérez *et al.* (2015), quienes proponen una clasificación basados en dos criterios: el Índice Normalizado Diferencial de Vegetación (NDVI por sus siglas en inglés) y factores morfométricos de la cuenca; para la Cuenca del Zamorano se delimitarán tres unidades de

escurrimiento de mínimo 30 hectáreas cada una. El NDVI es una técnica para determinar la salud vegetal cuyo índice arroja valores estimados del “verdor” del bosque resultado del análisis de datos obtenidos mediante satélites (Meneses-Tovar, 2011). Las imágenes satelitales se obtendrán del programa Copérnico de la misión Sentinel-2 de la Agencia Espacial Europea que provee imágenes ópticas de alta resolución en formato JP2 para monitorizar la superficie de nuestro planeta. La descarga de datos abiertos se realizará desde la dirección electrónica <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>. Usando la herramienta Raster Calculator se obtendrá una capa tipo *raster* con valores NDVI a través de la ecuación

$$\text{NDVI} = (\text{B8}-\text{B4}) / (\text{B8}+\text{B4})$$

Donde:

NDVI: Índice de Vegetación Diferencial Normalizada,

B8: Banda 8 o Banda NIR (Near Infra Red – Infrarrojo cercano) correspondiente a al espectro electromagnético de 0.842  $\mu\text{m}$  de longitud de onda.

B4: Banda 4 o Banda Red (rojo) correspondiente a al espectro electromagnético de 0.665  $\mu\text{m}$  de longitud de onda.

Además del criterio de cobertura vegetal inferido con el análisis NDVI las unidades de muestreo se circunscribirán como unidades hidrológicas con un único punto de salida de los escurrimientos. Empleando la extensión Hawth's Tools se generará una malla de puntos de muestreo a cada 200 m para determinar los sitios. Los puntos serán exportados a un navegador GPS, teniendo disponibilidad actualmente de un dispositivo Garmin eTrex 30 para ubicar los puntos en el campo.

#### **6.2.2.2 Análisis de pérdida de suelo.**

Para la cuenca se hace un análisis de erosión potencial a fin de determinar la susceptibilidad del suelo al factor hídrico. Para ello se empleó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo conocida por sus siglas como EUPS o USLE en inglés (Wischmeier y Smith, 1978). Ésta ecuación calcula el efecto combinado de los factores causales de la erosión: lluvia, escurrimiento, suelo y topografía; este es un modelo empírico que incluye a un factor **R**:

potencial erosivo de la lluvia, un factor **K**: erosionabilidad del suelo, un factor **L**: longitud de pendiente, un factor **S**: grado de pendiente, un factor **C**: cobertura vegetal y un factor **P**: prácticas de conservación de suelos (Montes León *et al.*, 2011). Los cuatro primeros factores de la EUPS determinan el riesgo de erosión ó erosión potencial ( $A_p$ ) en un área determinada ( $A_p=RKLS$ ) y al incorporar los dos últimos factores podemos evaluar la erosión actual ( $A_a$ ) en condiciones de la cobertura vegetal y las prácticas en el territorio ( $A_a=RKLSCP$ ).



Figura 8. Imagen *raster* con la distribución espacial de los niveles de precipitación.

**Factor R.** De Montes León *et al.* (2001) anotamos que: el factor de erosividad de la lluvia,  $R$ , es el índice de erosividad presentado por Wischmeier y Smith (1978) y se define como la suma del producto de la energía cinética total y la intensidad máxima en treinta minutos por evento. Este producto también se le conoce como índice de Wischmeier, se expresa como:

$$EI_{30} = (Ec)(I_{30})$$

Donde:

$EI_{30}$  índice de erosividad para un evento en MJ mm / ha h

$Ec$  energía cinética total de la lluvia en MJ / ha

$I_{30}$  intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos en mm /h

El cálculo de la energía cinética requiere de la intensidad de la lluvia y esta última, de los registros pluviográficos, los cuales no se encuentran disponibles. Ante esta limitante, se utilizó la expresión generada por Becerra (1997, citado en Montes León *et al.*, 2011):

$$Y = 2.8959 P + 0.002983 P^2$$

Donde:

**Y** representa el índice anual de erosividad de la lluvia, en MJ\*mm / ha\*h

**P** representa la precipitación media anual, en mm

La cual permite conocer el factor R en función de la lluvia media anual. Un análisis de extrapolación espacial con base en 13 estaciones meteorológicas de la región cercana a la cuenca permitió la generación del mapa de erosividad que se muestra en la Figura 8.

A partir de éste análisis de distribución de lluvia en el entorno de la cuenca obtenemos el mapa del factor R con los cálculos descritos líneas atrás (Figura 9).

Figura 9. Raster con el cálculo del factor R.

**Factor K.** Este factor representa la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica. Su valor depende del contenido de materia orgánica, textura superficial, estructura del suelo y permeabilidad. Para el caso de la cuenca de Pinal de Zamorano, se empleará una metodología alternativa que consiste en la determinación de la unidad del suelo de acuerdo a la metodología FAO y la textura superficial. Valores de K en forma tabular pueden ser encontrados en Montes León *et al.* (2011). La representación espacial (Figura 10) se obtiene con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica procesando la capa digitalizada de suelos (Serie II del INEGI, 1990).

Figura 10. Imagen raster del Factor K.

**Factor LS.** El efecto de la topografía en la erosión está representado por los factores L y S para la longitud (L) y el grado (S) de la pendiente, a medida que ambas características de la topografía se incrementan, su efecto en la pérdida de suelo es mayor. A menudo estos factores son representados como un factor único: LS.

La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen de la escorrentía hasta cualquiera de los siguientes puntos:

- a) donde el gradiente de pendiente disminuye de manera tal que existe deposición de partículas o,
- b) donde el flujo de agua se encuentra con un canal bien definido (Wischmeier y Smith, 1978 citado por Montes-León *et al.*, 2011)

El **factor LS** relaciona la distancia en metros que recorre el agua sobre el terreno antes de cambiar de dirección y el grado de inclinación de dicho fragmento del terreno. Esta relación es importante puesto que se determina la velocidad del flujo. Pendientes más pronunciadas producen velocidades más altas del flujo superficial. Pendientes más largas acumulan escurrimientos de áreas más altas y también resultan a velocidades más altas del flujo superficial, ambos resultan en incremento a la erosión potencial, aunque no de una manera lineal (Montes León *et al.*, 2011).

Figura 11. Raster del Factor LS.

Para lograr el cálculo del factor LS se hace uso de las ecuaciones de Díaz (s/f) en la Raster Calculator, será necesario hacer uso de los factores parciales F y M en base a los valores de pendiente obtenidos de un modelo de elevación digital (slope):

**Factor F:**  $((\text{Sin}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745) / 0.0896) / (3 * \text{Power}(\text{Sin}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745), 0.8) + 0.56))$

**Factor M:**  $\text{"\%factor\_F.tif\%"} / (1 + \text{"\%factor\_F.tif\%"})$

**Factor L:**  $(\text{Power}(\text{"\%acumulation\%"} + 625, (\text{"\%factor\_M\%"} + 1)) -$

$\text{Power}(\text{"\%acumulation\%"}, (\text{"\%factor\_M\%"} + 1))) / (\text{Power}(25, (\text{"\%factor\_M\%"} + 2)) *$

$\text{Power}(22.13, \text{"\%factor\_M\%"}))$

**Factor S:**  $\text{Con}((\text{Tan}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745) - 0.09), (10.8 * \text{Sin}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745) + 0.03), (16.8 * \text{Sin}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745) - 0.5))$

**Factor LS:**  $\text{"\%factor\_L\%"} * \text{"\%factor\_S\%"}$

Los valores que se obtuvieron (Figura 11) de éste cálculo son adimensionales.

Finalmente, a partir de los factores R, K y LS obtenidos se calcula en la Raster Calculator la erosión potencial ( $A_p$ ) con la ecuación:

$$A_p = RKLS.$$

El análisis espacial permitirá estimar el potencial de pérdida de suelo expresada en las toneladas que se pueden perder por cada hectárea cada año (ton/ha\*año).

### 6.2.2.3 Selección de sitios de muestreo.

Con la delimitación de las unidades de muestreo hecha, se aplicó la extensión Hawth's tools para Arcgis® para crear una malla regular con puntos a cada 200 metros, mediante el geoproceso "Clip" se recortaron los puntos dentro de las unidades de muestreo obteniendo ocho puntos de muestreo circunscritos en la Unidad de Alta Productividad, igual número para la Unidad de Media Productividad y seis puntos para la de Baja Productividad; estos 22 puntos se cargaron en un navegador GPS Garmin eTrex 30 para ubicarlos en campo (Figura 12).

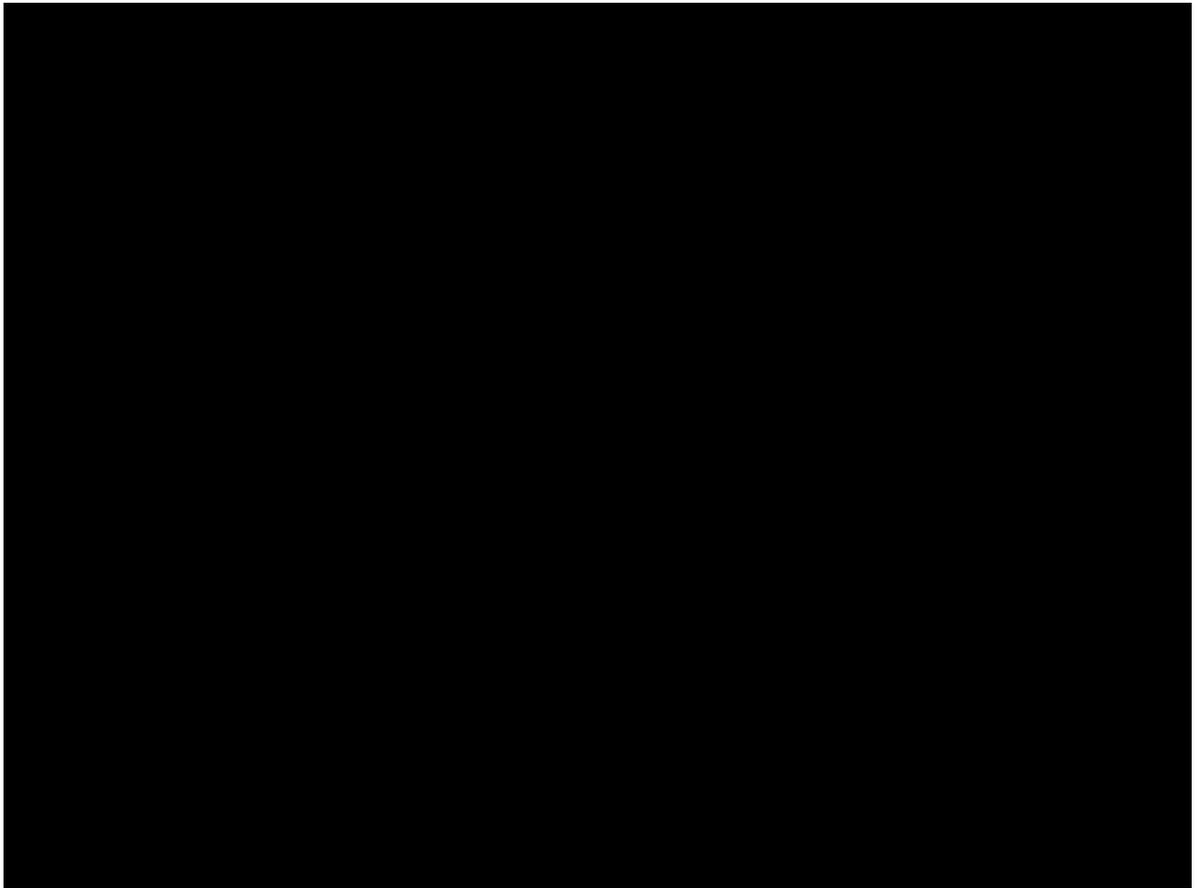


Figura 12. Ubicación de los puntos de muestreo.

### **6.2.2.3 Análisis de Suelo.**

#### **a) Toma de muestras.**

De los 88 sitios de muestreo se obtuvieron sólo 75 muestras, pues en 13 de los puntos no se encontró suelo. Las muestras de suelo se obtendrán a 30 cm de profundidad en los puntos de muestreo descritos en la sección 4.1.1. para obtenerlas se empleará **nucleómetro** que extraerá por lo menos 500 gr de suelo, las muestras se almacenan en bolsas de polietileno comerciales de 20 x30 cm, limpias e identificadas con fecha y hora de toma de muestra, nombre de la persona encargada de la toma, así como la coordenada del sitio. Las muestras se trasladarán al laboratorio evitando que se contaminen entre sí o con otros materiales, también se debe evita su degradación por temperaturas extremas, humedad o presión. En laboratorio se mantendrán en lugar seco, oscuro y a temperatura ambiente.

### c) Medición de pH.

La lectura de pH se refiere a las concentraciones de iones hidrógeno activos  $H^+$ , en una interface líquida de suelo (Gasca-Lozano y Díaz-Cervantes, 2010). La escala de medición es adimensional con valores de 0 a 14 donde 1 corresponde al extremo de concentración de iones ácido (iones  $H^+$ ) y 14 al extremo de concentración de iones hidroxilo (iones  $OH^-$ ). Su determinación es importante, porque influye sobre la fertilidad de los suelos y condiciona el desarrollo de las plantas que se establecen en ellos (Paneque Pérez, 2010). El método más universal y el que más se aproxima a las condiciones del suelo es utilizar la relación suelo-agua 1:1 ó 1:2.5 y determinar los valores de pH con un potenciómetro que es un equipo especializado para la determinación. Para el procedimiento se necesitan los siguientes materiales:

- muestra de suelo,
- agua desionizada y,
- soluciones amortiguadoras de  $pH=4$  y  $pH=7$

Que se procesan con al menos los siguientes instrumentos y equipos:

- balanza analítica,
- tubos de fondo cónico de 50 ml,
- probeta de 50 ml,
- piceta y,
- potenciómetro.

El procedimiento dentro del laboratorio consiste en lo siguiente:

1. Pesar 10 g de suelo de cada muestra y colocarlas en tubos de fondo cónico de 50 ml.
2. Agregar 25 ml de agua destilada por muestra.
3. Agitar tapando los tubos y reposar por 10 minutos.
4. Calibrar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras de  $pH 4$  y  $pH 7$ .

5. Medir el pH de las muestras limpiando con agua desionizada el electrodo entre cada muestra analizada.

Los criterios de clasificación se basarán en los expuestos por Gasca Lozano y Díaz Cervantes (2010) obtenidos de la NOM-021-RECNAT-2000 (Tabla 2):

Tabla 2. Categorías de acidez y basicidad.

Categoría	Valores de pH
Fuertemente ácido	5.0
Moderadamente ácido	5.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Moderadamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	8.5

Fuente: Tomada de la NOM-021-RECNAT-2000.

#### **d) Conductividad eléctrica.**

En los suelos éste parámetro es una manera indirecta de medir la salinidad, está muy relacionada con el tipo y valencia de los iones presentes, sus concentraciones total y relativa, su movilidad, la temperatura y el contenido de sólidos disueltos. Generalmente se expresa en mmhos/cm o mSiemens/cm, la NOM-021-RECNAT-2000 propone la unidad de dSiemens/cm.

Su medición se hace usando un conductímetro sobre una muestra de agua o extracto de suelo cuyo fundamento se basa en la teoría de disolución electrolítica. La temperatura de las muestras se recomienda que estén a 25° C al momento de la lectura. Se estima una interferencia por temperatura del orden del 2 % por cada grado Celsius.

Materiales a emplear:

- Muestra de suelo
- agua desionizada y,

- soluciones amortiguadoras de  $\text{pH}=4$  y  $\text{pH}=7$

Que se procesan con al menos los siguientes instrumentos y equipos:

- balanza analítica,
- tubos de fondo cónico de 50 ml,
- probeta de 50 ml,
- piceta,
- bureta,
- espátula,
- conductímetro y
- matraz aforado de 100 ml.

Preparación de soluciones estándar a diferentes valores para calibración (Tabla 3):

Solución estándar de Cloruro de Potasio (KCl) 0.1 N.

- Disolver 0.7455 g de KCl en agua destilada y aforar a 100 ml

Solución estándar de Cloruro de Potasio (KCl) 0.01 N.

- Tomar una alícuota de 10 ml de la solución estándar de KCl 0.1 N y aforar a 100 ml.

Procedimiento:

1. Pesar 10 g de suelo de cada muestra y colocarlas en tubos de fondo cónico de 50 ml.
2. Agregar 25 ml de agua destilada por muestra.
3. Agitar tapando los tubos y reposar por 10 minutos.
4. Calibrar el conductímetro con las soluciones estándar preparadas previamente para ajustar el conductímetro a los siguientes parámetros:

Tabla 3. Ajuste de la conductividad en función de las soluciones de KCl.

Solución estándar de KCl	Valor de CE (dS/cm) a 25° C
0.1 N	12.9
0.01 N	1.412

Fuente: Tomada de Gasca Lozano y Díaz Cervantes (2010).

5. Se toma la lectura de las muestras lavando con agua desionizada entre cada lectura. Algunas muestras quizá requieran calibración entre lecturas por la variabilidad.
6. De ser necesario se aplicará una corrección por temperatura de acuerdo a la Tabla 4.

Tabla 4. Factores de corrección de la conductividad eléctrica en función de la temperatura del extracto de saturación.

Temp (°C)	Factor de Corrección	Temp (°C)	Factor de Corrección
8	1.499	22	1.067
10	1.421	23	1.044
12	1.350	24	1.021
14	1.284	25	1.000
16	1.224	26	0.979
18	1.168	28	0.941
19	1.142	30	0.906
20	1.128	32	0.873
21	1.092	34	0.843

Fuente: Tomada de Gasca Lozano y Díaz Cervantes (2010).

Los valores de conductividad menores de uno son reportados con dos cifras decimales y los valores mayores de uno con tres cifras significativas en dS/m a 25°C. (NOM-021-RECNAT-2000)

**e) Fósforo Soluble**

El fósforo elemental no se encuentra libre en la naturaleza porque se oxida muy fácilmente, por lo que son muy comunes los minerales y compuestos orgánicos que contienen fósforo. Dependiendo de su naturaleza se clasifica en fósforo orgánico e inorgánico; la forma orgánica se encuentra en el humus (materia orgánica) y sus niveles pueden variar desde 0 hasta 0.2%. La fracción inorgánica está constituida por compuestos de Hierro (Fe), Aluminio (Al), Calcio (Ca) y Flúor (F) entre otros y normalmente son más abundantes que las formas orgánicas y sólo una pequeña parte del Fósforo aparece en solución en el suelo (0.01 mg/L) (Gasca Lozano y Díaz Cervantes, 2010). Éste elemento está considerado dentro de los macronutrientes junto al Nitrógeno (N) y el Potasio (K), puede ser un nutrimento limitante pues es un componente esencial de los ácidos nucleicos y los fosfolípidos.

La técnica se basa en lo descrito por Gasca Lozano y Díaz Cervantes (2010) tomando como base la disolución ácida en presencia de molibdato de amonio en exceso para propiciar la formación de fosfomolibdato de amonio  $[(\text{NH}_3)_4(\text{PMo}_{12}\text{O}_{40})]$  que reducido con ácido ascórbico desarrolla una coloración azul (azul de molibdeno) susceptible a la determinación mediante espectrofotometría UV-Vis a  $\lambda=880$  nm. La formación de éste complejo con Molibdeno se realiza porque es más estable el complejo que el ion simple, dando un compuesto de estado de oxidación menor y de coloración azul intenso.

Los detergentes fosforados pueden interferir en la cuantificación del fósforo por lo que no se recomienda su uso para el lavado de materiales.

Materiales necesarios:

- 5 g de muestra de suelo, seco y molido en mortero.
- Solución extractante de Morgan consistente en una mezcla de  $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$  0.7 M +  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.54 M a pH 4.8.
- Molibdato de amonio al 2.5 %,
- ácido ascórbico al 10 %,
- ácido sulfúrico 6 M,

Instrumentos y Equipos:

- vasos de precipitado,
- pipetas de 1.5 y 10 ml,
- Matraces aforados de 0.5 y 1 l,
- Espectrofotómetro visible,
- Probeta de 250 ml,
- Botellas de polipropileno de 1 l,
- Tubos de ensayo de 10 ml,
- Tubos de plástico de fondo cónico de 50 ml,
- Gradillas,
- Vortex,
- Centrífuga,
- Matraz erlenmeyer de 1 y 2 l,
- Frascos de vidrio ambar con tapa esmerilada.

Método.

**a) Extractante y soluciones de calibración.**

1. Se prepara la solución extractante de Morgan consistente en una mezcla de 100 g de acetato de sodio trihidratado en 900 ml de agua desionizada y se le agregan 30 ml de ácido acético glacial. Ajustar a pH 4.8.
2. Se prepara solución patrón de fósforo a 1000 mg/L usando 0.4390 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y se afora a 100 ml con reactivo extractante de Morgan. El  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  se debe secar previamente en la estufa a  $105^\circ \text{C}$  por dos horas.
3. Se preparan soluciones estándar de 1, 2, 5, 10, 15 y 20 mg de P/L diluyendo alícuotas de la solución patrón de 1000 mg/L aforando con reactivo extractante.
4. Las soluciones se miden en el espectrofotómetro a UV-Vis  $\lambda=880 \text{ nm}$  para generar la curva de calibración

**b) Extracción.**

1. Para la extracción, se colocan 5 g de suelo secado al aire de malla 10 en un matraz o tubo cónico y agregar 25 ml de solución extractante.
2. Sacudir por 5 minutos a 180 oscilaciones/min, inmediatamente centrifugar a 3260 x por 5 minutos y colectar el extracto para la determinación.

c) Determinación

1. Colocar 4 ml del extracto y 4 ml del reactivo recién preparado en el tubo de ensaye o tubo de fondo cónico.
2. Hacer un blanco de agua desionizada y agregarle reactivo extractante.
3. Mantener por 90 min a 45° C, dejar enfriar por 10 min y media a UV-Vis  $\lambda=880$  nm
4. Las soluciones estándar para la curva de calibración se someten al mismo tratamiento.

Los criterios para determinar la calidad del suelo en cuanto al contenido de fósforo se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Criterios de calidad de suelo por su contenido de fósforo.

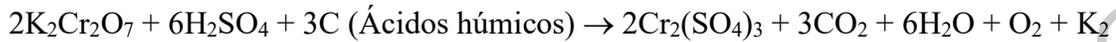
Categoría	Valor mg/Kg
Bajo	5.5
Medio	5.5 – 11
Alto	11

Fuente: Elaboración propia basada en la NOM-021-RECNAT-2000.

f) Ácidos húmicos

Las sustancias húmicas son componentes celulares como aminoácidos, carbohidratos, ácidos orgánicos, grasas y ceras que han sufrido una transformación por la acción microbológica y de reacciones secundarias catalizadas por enzimas exógenas, ésta transformación da origen a moléculas de un peso molecular elevado con una alta variedad de grupos funcionales: carboxilos, fenilos, ésteres y probablemente quinonas y grupos metóxi (Alloway, 1985 citado en Gasca Lozano y Díaz Cervantes, 2010). El método de análisis se basa en que las sustancias

húmicas son solubles en álcalis diluidos previa oxidación de los ácidos húmicos conforme a la siguiente reacción:



Donde el Cr+6 es reducido a Cr+3 y la materia orgánica es oxidada a CO<sub>2</sub> produciendo cambios de coloración en la solución dependientes de la cantidad de carbono en ácidos húmicos, lo que es cuantificable mediante espectrofotometría UV-Vis  $\lambda=590$  nm

Materiales y equipo:

- Muestras de suelo (5 g) seco y molido en mortero,
- Vasos de precipitado,
- Pipetas de 1, 5 y 10 ml,
- Matraces aforados a 0.5 y 1 l,
- Espectrofotómetro visible,
- Probeta de 250 ml
- Centrifuga y
- Tubos de plástico para centrifuga de 50 ml.

Extracción.

1. Pesar 1 g de suelo y agregar 5 ml de NaOH 0.5 M.
2. Agitar continuamente durante 24 h.
3. Centrifugar para separar el residuo (suelo más huminas) y el extracto alcalino (ácidos húmicos y fúlvicos),
4. Acidificar el extracto alcalino hasta pH 1-2 usando HCl concentrado o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 50 %. Dejar en reposo durante 24 h en el refrigerador.
5. Centrifugar para separar el precipitado (ácidos húmicos) y el sobrenadante (ácidos fúlvicos).

6. Los ácidos húmicos precipitados se lavan dos veces con 2 mL de HCl 0.1 N y se secan en estufa a 40° C por 48 horas.
7. La solución patrón de glucosa de 4,000 mg/L se prepara pesando 1 g de glucosa y aforando a 100 ml con agua desionizada.

Digestión de estándares y curva de calibración.

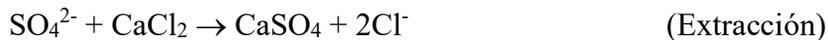
1. Pesar 0.1 g de muestra y adicionar 5 ml de  $K_2Cr_2O_7$  1 N y 10 ml de  $H_2SO_4$  concentrado, dejar enfriar por 30 a 40 minutos a temperatura ambiente, adicionar agua desionizada para ajustar a 30 ml, mezclar y dejar en digestión por lo menos 12 horas.
2. Hacer una curva de calibración con soluciones de glucosa de 0 a 400 mg/L de Carbono (C) sometidas a los mismos procedimientos que las muestras y leídas a la misma longitud de onda.
3. Cuantificar contenido de C a UV-Vis  $\lambda=590$  nm.

#### **g) Sulfatos (Azufre)**

El sulfato es la principal forma de Azufre en los suelos, aunque puede estar presente en forma elemental o en forma de sulfuro en condiciones predominantemente anaerobias, los sulfatos pueden estar presentes en formas solubles adsorbidos en la superficie del suelo o como sales insolubles, teóricamente sólo los primeros pueden ser disponibles para las plantas (Kowalenko, 1993 citado en Gasca Lozano y Díaz Cervantes, 2010).

Para su extracción se emplea una solución salina débil como el Cloruro de Calcio para flocular el suelo y poder disminuir materia orgánica coloreada; para recuperar todo el sulfato adsorbido se recomienda una alta relación extractante: suelo e incrementar el pH por arriba de 6.5 para neutralizar las cargas positivas que establecen la adsorción del sulfato al suelo.

Para lograr la determinación se realiza un procedimiento donde ocurren 3 reacciones que producen una solución coloidal detectable mediante turbidimetría usando espectrofotometría a UV-Vis  $\lambda=420$  nm:



#### Materiales y Equipo:

- Muestra de suelo (5 g) seco y molido en mortero,
- Vasos de precipitado,
- Pipetas de 1, 5 y 10 ml,
- Matraces aforados de 0.5 y 1 l,
- Espectrofotómetro visible,
- Probeta de 250 ml
- Centrífuga y
- Tubos de plástico para centrífuga de 50 ml.

#### Procedimiento:

1. Se prepara la solución extractante 0.01 M de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  pesando 1.47 g de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y aforando a 1,000 ml.
2. Estandarizar con EDTA a pH 10.0.
3. Se preparan solución patrón de 1,000 mg/L pesando 5.434 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y disolver aproximadamente 400 ml de solución EDTA (esta se prepara con 6.4658 g de  $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en un matraz aforado de 1 l donde se agregan 30 ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado y se completa el volumen con agua desionizada) completar el volumen adicionando solución EDTA.
4. Preparar soluciones estándar de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 mg/L de diluyendo alícuotas de la solución patrón completando los volúmenes con solución EDTA.

5. Se prepara la solución semilla pesando 0.0108 g de  $K_2SO_4$  en 50 ml de agua desionizada y agregar 50 ml de HCl concentrado, agitar lentamente y almacenar en refrigeración.
6. Preparar cristales de  $BaCl_2$  tamizados en malla 20 a razón de 0.3 g por cada muestra a analizar, incluidas las soluciones estándar.

#### Extracción:

1. Pesar 2.5 g de suelo y agregar 25 ml de reactivo extractante y agitar durante 2 horas a temperatura ambiente.
2. Decantar aproximadamente 15 ml del extracto en un tubo de centrifuga y centrifugar por 10 minutos a 1800 g, usar el centrifugado claro para el análisis.
3. Preparar dos blancos con agua desionizada. No se debe filtrar para evitar alteraciones a las muestras.

#### Determinación:

1. En un matraz Erlenmeyer o tubo de fondo cónico colocar una alícuota de 10 ml de extracto, agregar 1 ml de solución semilla y agitar el contenido.
2. Poner en agitación magnética y adicionar 0.3 gr de cristales de  $BaCl_2$ , agitar por 1 minuto.
3. Colocar una alícuota en la celda y leer la absorbancia a UV-Vis  $\lambda=420$  nm.

Un umbral tentativo de concentración es de 100 – 200 mg/Kg (Gasca Lozano y Díaz Cervantes, 2010).

#### **h) Otras variables del suelo.**

La concentración de Potasio, Hierro, Calcio y la Textura (proporción de arena, limo y arcilla) del suelo se determinarán de forma externa en el Laboratorio de Calidad de Agua y Suelo de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro por carecer de los instrumentos para la determinación por cuenta propia.

#### **6.2.2.4 Análisis de agua.**

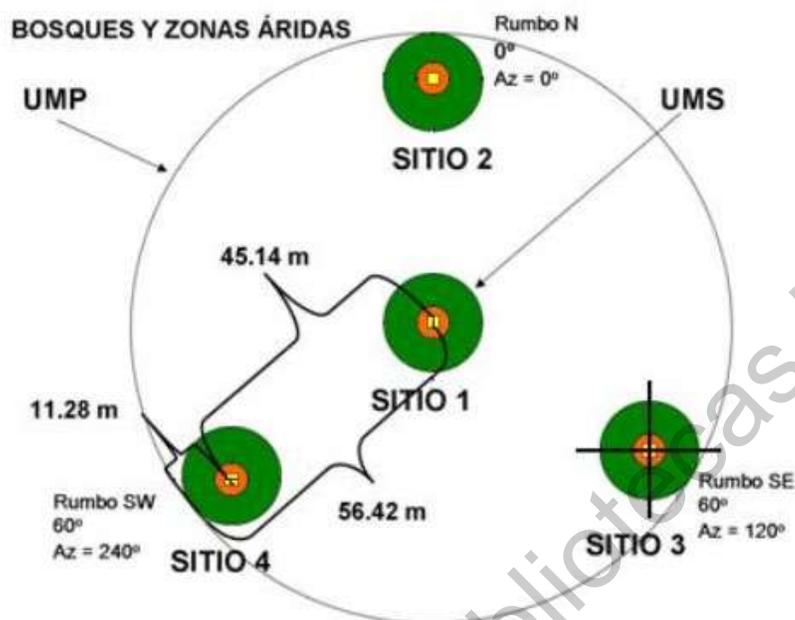
Se caracterizarán los escurrimientos para indagar la respuesta físico-química y biológica del agua en cada una de las unidades de muestreo. Las muestras se obtendrán con los primeros escurrimientos de la temporada de lluvias y serán enviadas al Laboratorio de Calidad de Agua y Suelos de la Universidad Autónoma de Querétaro. Quienes indican el empleo de la metodología de la NMX-AA-008-SCFI-2011 para determinar el pH, la norma NMX-AA-102-SCFI-2006 para la cuantificación de coliformes totales (CT y coliformes fecales (CF), la norma NMX-AA-004-SCFI-2015 para la medición de los sólidos suspendidos totales (SST), la norma NMX-AA-051-SCFI-2016 para determinar la concentración de Hierro (Fe) y Sodio (Na) y metodologías específicas de los proveedores de los equipos de medición para la medición de la concentración del Nitrógeno (N) y el Carbono Orgánico Total (COT).

#### **6.2.2.5 Variables meteorológicas**

La medición de variables meteorológicas se realizará con el equipo Lascar EL-USB-2 EasyLog USB Temperature/Humidity Data Logger, ésta microestación meteorológica registra temperatura y humedad relativa del ambiente a intervalos definidos por el usuario. Para fines metodológicos se instalará una microestación por unidad de análisis programado para toma de datos a intervalos de una hora durante un año. La ubicación de las microestaciones será en el centroide de los polígonos.

#### **6.2.3. Evaluar la condición del bosque de piñonero y correlación con la condición de los elementos biofísicos usando tres unidades de escurrimiento con capacidad con niveles de producción diferentes.**

En los sitios de muestreo que se obtengan de la malla de puntos a cada 200 m se obtendrán variables dasométrica de acuerdo a la metodología de CONAFOR (2014); en cada punto se trazaran conglomerados integrados por cuatro sitios de muestreo orientados en forma de “Y” invertida, las cuatro unidades de muestreo se separan 45.14 m del punto central (Figura 13).



	Sitio de 400m <sup>2</sup> (Radio = 11.28m) para medir árboles con diámetro mayor de 7.5cm.
	Subsitio de 12.56m <sup>2</sup> (Radio = 2m) para registrar renuevo: elementos con DN < 7.5cm y altura > = 25cm.
	Subsitio de 1m <sup>2</sup> (L = 1m) registro de hierbas helechos, musgos y líquenes.
	Transectos de muestreo de 15 m registro de información de combustibles forestales.

Figura 13. Diseño del trazo del conglomerado para la obtención de las variables dasométricas y edafológicas. Fuente: CONAFOR (2015).

- i. “Para la parcela (subsitio) de 400 m<sup>2</sup> (radio = 11.28 m se mide y registra el arbolado cuyo diámetro normal (DAP) a la altura de 1.3 m sobre la superficie del suelo sea igual o mayor a 7.5 m.
- ii. En la parcela de 12.56 m<sup>2</sup> se mide y registra por género, la frecuencia y algunas variables cualitativas del repoblado (regeneración natural), y cuyas plantas o árboles pequeños tengan como mínimo 25 cm de altura hasta la altura que alcancen, siempre que su diámetro normal sea menor a 7.5 cm. También se registran los arbustos representativos incluyendo pastos nativos e inducidos.

- iii. En el subsitio más pequeño, el de 1 m<sup>2</sup> se medirán y consignarán las plantas herbáceas, helechos, musgos, líquenes y otras características de la superficie del suelo presentes en el sustrato.
- iv. Sólo en el sitio 3 de cada conglomerado (en caso de que este sea inaccesible se realizará en orden secuencial en el siguiente sitio: 4, 2 y 1). se realizarán las mediciones para la evaluación de combustibles forestales que consta de cuatro transectos de muestreo de 15 m de longitud, donde se registrarán los siguientes datos a manera de barrido a lo largo del transecto:
  - a) Registro de altura por forma biológica (arbustos, hierbas y pastos y otros representativos);
  - b) Frecuencia de piezas leñosas intersectadas: en los últimos cinco metros del transecto piezas de 1hr (de 0 a 0.5 cm de diámetro), 10 h (de 0.5 a 2.5 cm de diámetro) y en todo el transecto las piezas de 100 h (de 2.5 cm a 7.5 cm de diámetro), además se registra y se mide el diámetro a las piezas leñosas de 1000 h (mayores de 7.5 cm).
  - c) Toma de 2 fotografías sólo en transecto 1 y 3 y 4 Mediciones de cobertura del dosel arbóreo a cada metro sobre cada uno de los transectos. En el sitio No. 3 también se levantará la información concerniente a suelos donde se tomarán muestras de capa de hojarasca y fermentación, suelo de 0 a 30 cm y de ser posible 30 a 60 cm. En éste sitio también se medirá la profundidad del suelo.” (CONAFOR, 2014).

El formato de levantamiento de campo incluye 3 páginas por conglomerado para anotar en cada sitio las variables cualitativas y cuantitativas (Tabla 6) descritas en el Anexo 1.

Tabla 6. Variables dasométricas a evaluar en campo e instrumentos a utilizar.

<b>Actividades/Variable a medir</b>	<b>Unidades</b>	<b>Herramientas y equipos</b>
Determinación de sitios de muestreo		SIG
Ubicación y orientación en campo de los sitios de muestreo y parcelas		GPS Garmin eTrex 30
Medición de radios parcelas (subsitios)		Cinta métrica, cordel

DAP (diámetro a la altura del pecho: 1.3 m)	cm	Forcípula
Altura del arbolado	m	Distanciómetro óptico
Edad del arbolado	años	Extracción de muestras con taladro Pressler.
Frecuencia de especies	frecuencia	Libreta de campo, listados de flora, plataforma Naturalista ®
Densidad de especies	Plantas / Ha	Calculo en hoja Excel
Frecuencia de piezas leñosas intersectadas de 1, 10 y 100 h.	frecuencia	Libreta de campo
Registro fotográfico de los sitios		Cámara fotográfica
Profundidad de suelo	cm	Pala, barra de excavación, nucleador y cinta métrica

Fuente: Elaboración propia.

Al obtener los parámetros DAP y Altura del arbolado se extrapolará para obtener valores representativos de cada unidad de escurrimiento. Uno de los parámetros productivos es el volumen de madera obtenido mediante la ecuación de Smalian (Montalvo *et al.*, 2001), éste valor nos servirá como indicador productivo por ser éste año improductivo para semillas de piñonero.

$$V_{(todas\ las\ especies)} = 0.000067 * DAP^{1.8392} * AltTot^{0.9607}$$

Donde:

$VT_{CC}$  = Volumen Total en m<sup>3</sup> sin corteza

$D_{1.3}$  = diámetro a la altura del pecho (1.3 m) en cm con corteza.

$h_{total}$  = Altura total en metros.

Otra ecuación a emplear es la propuesta por SEMARNAT y CONAFOR (2015) para el Inventario Estatal Forestal y de Suelos (IEFyS) empleando las mismas variables (Tabla 7).

Tabla 7. Ecuación para cálculo de volumen del IEFyS.

Especie	Ecuación empleada.
<i>Pinus cembroides</i>	$V = \text{EXP}(-9.56168726 + 1.83727218 * \text{LN}(\text{DAP}) + 1.0357703 * \text{LN}(\text{AltTot}))$
<i>Acacia schaffnerii</i>	
<i>Arbutus xalapensis</i>	$V = \text{EXP}(-9.45552671 + 1.83036294 * \text{LN}(\text{DAP}) + 0.97662425 * \text{LN}(\text{AltTot}))$
<i>Arctostaphylos pungens</i>	
<i>Buddleja cordata</i>	
<i>Bursera fagaroides</i>	
<i>Eysenhardtia</i>	
<i>polystachya</i>	
<i>Lysiloma microphylla</i>	
<i>Mimosa acaulenticarpa</i>	
<i>Mimosa sp</i>	
<i>Myrtillocactus</i>	
<i>geometrizzans</i>	
<i>Opuntia streptacantha</i>	
<i>Quercus crassifolia</i>	
<i>Quercus rugosa</i>	
<i>Quercus sp</i>	
<i>Rhus pachyrrhachis</i>	
<i>Yucca filifera</i>	

Fuente: CONAFOR, (2015)

La identificación de especies se realizó apoyándose en el Listado de Flora y Fauna realizado por el CIATEC y el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (2011) para actualizar el Plan de Manejo del ANP. La frecuencia relativa se calculó para cada especie respecto a la presencia total de árboles por unidad.

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Número de árboles de la especie } a}{\text{Total de árboles}} \times 100$$

El área basal se calculó para cada individuo mediante la fórmula  $\text{Area basal} = \pi \left(\frac{\text{DAP}}{2}\right)^2$ , estos valores se agruparon más adelante por especie para estimar la Dominancia por especie y la Dominancia relativa.

$$\text{Dominancia de } a = \text{área basal media de } a \times \text{número de árboles de la especie } a$$

$$\text{Dominancia relativa de } a = \frac{\text{Dominancia de la especie } a}{\text{suma de las dominancias de todas las especies}} \times 100$$

La densidad de árboles se definió como el número total de individuos de la especie “a” por unidad de superficie y se calculó la Densidad relativa.

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\text{Densidad de la especie "a"}}{(\text{Suma de las Densidades de todas las especies})} \times 100$$

Siguiendo a Rosas Chavoya *et al.* (2016), los valores relativos de frecuencia, dominancia y densidad se combinaron en el Valor de Importancia Relativa (VIR) con la formula desarrollada por Müeller-Dombois y Ellenberg (1974).

$$\text{VIR} = \frac{\text{Frecuencia relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Densidad relativa}}{3}$$

Las variables para evaluar la salud forestal fueron registradas a partir de la estimación visual, tienen que ver con el grado de infestación por paxtle (Da.PaxPm) y el número de árboles con ramas muertas en más del 15 % de las copas (Inc.RamMuertas15%).

El total de variables obtenidas se concentraron en hoja de cálculo y se les aplicó prueba de normalidad Shapiro-Wilks. Para determinar las diferencias significativas se aplicó la prueba ANOVA a la mayoría de variables y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para las variables Da.PaxPm, PCSueDes, PCSRoc, PCSHoj, PCSGra, Plim y Pare usando el paquete estadístico R Studio v. 1.4.1106, también se realizaron pruebas de correlación de Pearson (r) entre variables empleando PAST v 4.04 (Hammer *et al.*, 2000) y se exploraron modelos de regresión mediante algoritmos genéticos en Moby Digs v 1.0 (Todeschini *et al.*, 2004).

#### **6.2.4 Diseño de estrategias de manejo de la cuenca con metodologías de investigación-acción participativa orientadas al incremento de la producción del bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*. Zucc).**

En la última fase del diseño del Plan de Manejo se realizará una asamblea plenaria con actores clave de las instituciones, actores locales y cuerpo académico que colabora en el presente proyecto donde los actores proponen y evalúan estrategias para la intervención del territorio, mediante modelos de planeación participativa “Hacer Talleres. Una visión práctica” para capacitadores de WWF (Candelo-Reina *et al.*, 2003) el taller consta también de tres actividades: “Mi cuenca sustentable, mapa participativo”, “Matriz de relación de problemas y soluciones” y, “Matriz de plan de acción” el cual se realizó durante el mes de junio de 2021.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Valoración social del bosque y otros recursos de la cuenca.

Mediante los instrumentos de consulta a las comunidades, los cuales se aplicaron durante el periodo noviembre del año 2020 a julio del año 2021, se tuvo una participación nutrida de habitantes de la cuenca. El número de participantes en los diversos instrumentos se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Instrumentos de análisis cualitativo y cuantitativo para el trabajo con las comunidades humanas.

Instrumento	Nro. De Participantes	Localidades presentes	Fecha
Encuestas	81	La Loma, El Apartadero, Cerro Blanco, El Hartón, El Cajón, La Palma, el Xoconostle, Ocotillos, Mesa del Madroño, La Silla, Ugaldes, Corralitos* y El Roble*.	Enero – Mayo 2021
Entrevistas	13	El Apartadero, Cerro Blanco, La Loma, La Palma, El Roble, La Estancia*, Ocotillos y Cabecera Municipal*.	Febrero – Mayo 2021.
Talleres	28	Ocotillos, Cerro Blanco, el Apartadero, la Loma, la Estancia* y Cabecera Municipal*.	Noviembre 2020, Julio 2021

Elaboración propia con datos recabados en el trabajo en la cuenca.

\*Localidades ubicadas fuera de la cuenca con influencia en ella.

Las encuestas se aplicaron en las 11 localidades de la cuenca teniendo una representación proporcional de cada una de ellas (Tabla 9), participaron 38 hombres y 43 mujeres con rango de edad de 14 a 85 años y una media de 45.46 años.

Tabla 9. Número de personas encuestadas por comunidad.

Localidad	Encuestados	Pob Total 2020	% representación
La Loma	6	30	20.00%
El Apartadero	7	49	14.29%
Cerro Blanco	14	97	14.43%
El Hartón	4	23	17.39%
El Cajón	9	56	16.07%
La Palma	2	10	20.00%
El Xoconostle	20	133	15.04%
Ocotillos	7	28	25.00%
Mesa del Madroño	3	21	14.29%
La Silla	2	10	20.00%
Ugaldes	2	14	14.29%
*Otras	5		Fuera de la cuenca
Total	81	471	17.20%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en trabajo de campo y estadísticas del censo 2020 del INEGI.

Tabla 10. Escala de valoración cualitativa empleada para las encuestas.

Escala numérica	Interpretación cualitativa.
1	Muy bajo / Muy pobre
2	Bajo / Pobre
3	Regular / Intermedio
4	Alto / Aceptable
5	Muy Alto / Sobresaliente

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la encuesta se describen mediante acrónimos (Tabla 11) respecto a la percepción en la calidad de servicios, valoración interna y externa, ingresos para la

subsistencia, percepción sobre la salud del bosque y la intervención institucional y social así como la pertinencia del decreto de Área Natural Protegida para propiciar la conservación del entorno de la cuenca usando una escala cualitativa (Tabla 10).

Tabla 11. Acrónimos para descripción de la encuesta.

<b>Cuestionamiento</b>	<b>Acrónimo</b>
La relación entre el hombre y la naturaleza en la Cuenca es:	Rel.HN
La calidad de vida en general es:	CalV
Los servicios educativos en la cuenca son:	Educ
La cobertura de salud en la zona donde vive es:	Salud
El servicio de transporte en la zona donde vive es:	Transp
Los salarios de empleos formales los considera:	EmpFor
Los salarios de empleos informales los considera:	EmpInfor
Los precios de los productos elaborados en la comunidad los considera:	ValProdLoc
El precio del piñón en el mercado lo considera:	ValPiñMerc
El precio en que Usted ha vendido piñón lo considera:	ValPiñLoc
Ingreso por Aprovechamiento del bosque (A)	IngBos
Ingreso por Apoyos de gobierno (B)	IngApGub
Ingreso por Empleo fijo (C)	IngEmp
Ingreso por Producción familiar (D)	IngProdFam
Ingreso por Remesas (E)	IngRem
¿Cómo considera la salud del bosque de piñón?	SaludBos
¿Qué importancia considera tiene el piñón sobre otros recursos en la cuenca de Pinal de Zamorano?	ImpPiñRec
¿Cómo considera que se trata al árbol de piñón durante la cosecha?	TratArbProd
¿Cómo se trata el resto de tiempo?	TratArbNoProd
Los trabajos para mantener la salud y productividad del bosque por parte de los <b>Ejidos y Comunidades</b> ¿cómo los considera?	ConsBosCom

Los esfuerzos de la autoridad <b>municipal</b> para promover el buen manejo del bosque y la cuenca son:	ConsBosMun
Los esfuerzos de la autoridad <b>estatal</b> para promover el buen manejo del bosque y la cuenca son:	ConsBosEdo
Los esfuerzos de la autoridad <b>federal</b> para promover el buen manejo del bosque y la cuenca son:	ConsBosFed
El <b>decreto de área natural protegida</b> ¿cómo impacta en la conservación y buen uso de los recursos naturales de la cuenca?	DecANPCons

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.1 Percepción y tendencias de la dinámica biofísica y socioeconómica en la cuenca.

La crisis ambiental y económica de los territorios ha tenido actores que intenta confrontar las condiciones de deterioro biofísico y del tejido social. El llamado lanzado desde el Vaticano ha permeado a la vida eclesial local, impulsando diversas actividades como el proyecto parroquial de la cartilla ambiental para los niños en catequesis donde abordan compromisos personales y comunitarios para cuidar el medio ambiente, y de forma generalizada desde hace varios años han evitado el uso de desechables para las convivencias parroquiales. La misma parroquia a través de su estructura social han impulsado campañas de reforestación con los niños en preparación sacramental, donde los padrinos entregan un par de árboles a sus ahijados como parte de los signos junto a la biblia, la vela y el rosario y las campañas de recolección de basura (comunicación personal con el párroco, febrero 23 de 2021). Todo este fenómeno social impacta de manera positiva en la conservación de la cuenca que mayoritariamente está poblada por feligreses católicos.

La problemática del suelo, agua y vegetación encuentran en el manejo inadecuado las principales causas la degradación, así lo manifiestan en el discurso religioso que incide fuertemente en el pensamiento social, al asegurar que la actual crisis es incluso vista desde los círculos no ambientales como “una consecuencia dramática de la actividad descontrolada del ser humano: Debido a una explotación inconsiderada de la naturaleza, [el ser humano]

corre el riesgo de destruirla y de ser a su vez víctima de ésta degradación” (Carta Encíclica *Laudato si’* Alabado seas, sobre el cuidado de la casa común. Papa Francisco, 2017). En el Pinal de Zamorano los usos y costumbres de las comunidades de influencia, particularmente de las autoreconocidas indígenas ubicadas en la zona baja del Municipio de Tierra Blanca y de otros Municipios de la región, tienen una fuerte motivación religiosa bajo organización de figuras tradicionales conocidas como mayordomías que se desplazan y convergen en lo que Uzeta (2001) llama “comunidad de comunidades” y son éstas estructuras donde la comunidad encuentra una mayor cohesión y participación social, ésta dinámica social representa una invaluable oportunidad de transición hacia una intervención del territorio que incluya prácticas amigables con el medio ambiente.

El término calidad de vida (CaV) consultado a las comunidades de la cuenca está bien valorada con 3.71 en escala de 5 (Tabla 9) a pesar de que en 2010, CONAPO reportaba 60.57 % de viviendas sin agua entubada, 23.57 % de hogares sin conexión a la red eléctrica y un 67 % de casas sin excusado, en éste sentido es de esperar que las necesidades domésticas son subsanadas con los recursos de la cuenca: agua de manantiales, bordos, presas y arroyos, energía fotovoltaica y otras estrategias de adaptación.

Los servicios educativos (Educ) están calificados con un 3.33, sin embargo, subsiste poco acceso de la población a la educación formal, CONAPO (2010) reportó 53.52 % de población sin haber completado la educación primaria y un 28.81 % de población analfabeta al corte de la década 2010. La calidad de la cobertura de salud (Salud) es apenas aprobada por la población encuestada con una media de 3.01. El acceso a servicios de transporte (Transp) y a empleos fijos (EmpFor) está mal cualificados con un 2.40 y 1.93 respectivamente, siendo estas necesidades muy abordadas por la población durante las encuestas. Los empleos informales (EmpInfor) en la cuenca son mejor valorados que los formales con un 2.37 y están representados por actividades agropecuarias y empleos temporales de programas institucionales sobre todo en actividades de conservación de suelo, sanidad forestal, colecta de piñón y reforestación.

A pesar de la cobertura insuficiente de servicios para satisfacer las necesidades las comunidades no perciben conflictos por los recursos fuertes y valoran la relación hombre

naturaleza con una alta calificación (4.12); bajo los hallazgos de la primera sección de la encuesta (Figura 14) parece existir un optimismo social como manifestación subyacente de la espiritualidad de los pobladores, como menciona el Papa Francisco sobre los pueblos latinoamericanos: “la comprensión de la vida se caracteriza por la conectividad y armonía de relaciones entre el agua, el territorio y la naturaleza, la vida comunitaria y la cultura, Dios y las diversas fuerzas espirituales” (Sínodo de los obispos al Santo Padre, 2019) aunque Lezama (2019) contrasta su visión de las sociedades modernas que “no se ven a sí mismas con la objetividad que su expresión científica reclama” añade que las comunidades humanas no problematizan sus propios fundamentos y “no son capaces de plantear su relación con la naturaleza como un problema, como un problema de conocimiento, como un problema moral”.

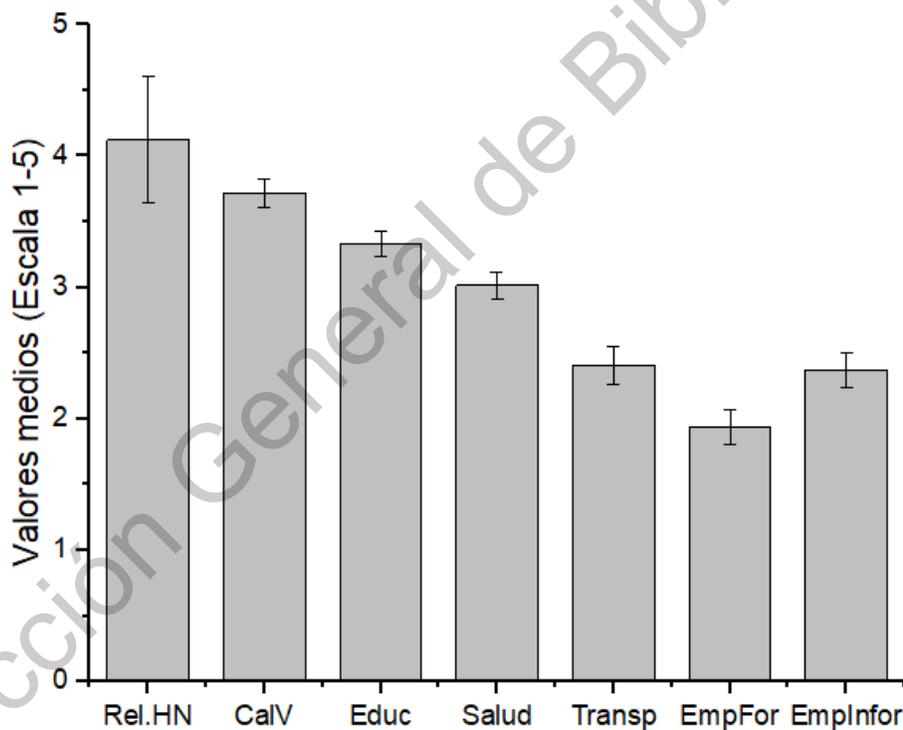


Figura 14. Percepción social de la relación hombre naturaleza, calidad de vida y diversos servicios y satisfactores en la cuenca.

En un amplio sentido la intervención eclesial en el territorio ha sido y seguirá siendo determinante para una “conversión ecológica” de la feligresía, el Pbro. Leodegario Sergio Ramírez González, responsable de la Parroquia de Santo Tomás Apóstol de Tierra Blanca (comunicación personal, 23 de febrero del 2021) afirma que la iglesia se encuentra en un proceso de conversión con el liderazgo del Papa Francisco que ha impulsado una serie de actividades para la reflexión – acción al interior de la iglesia católica, siendo la encíclica *Laudatto si* (Francisco, 2015), la obra de mayor impacto entre la iglesia a nivel mundial, con la que el Papa incorpora la visión de la casa común para referirse al sistema biofísico en el que la feligresía se desenvuelve, en palabras del Pbro. Leodegario “ésta visión impulsada desde el Vaticano influyo en muchas formas en la dinámica parroquial local”. Uno de los aspectos más importantes es el compromiso de plantación de árboles en los niños en catequesis y el desuso de recipientes desechables durante las convivencias, que en ésta región de Guanajuato son muy frecuentes y multitudinarias. Estas acciones repercuten no solo en el medio biofísico actual sino que tienen una intención formativa de las futuras generaciones para propiciar el cuidado de lo que el Papa Francisco nombra “la casa común”.

Respecto a la percepción del valor de la producción que se origina en la cuenca, consideran subvalorado el precio del piñón, que oscila entre \$ 50.00 a \$140.00 por Kg (comunicación personal, Marzo 08 de 2021), con una cualificación de 2.54. Otros productos, entre los que se mencionaron el ganado en pie, el queso, el pulque, las tunas y el “colonche”<sup>1</sup>, consideran que tienen mejor valor en el mercado local con una cualificación de 2.92 para los productos en general, sin embargo, los encuestados consideran que el piñón alcanza un buen precio en el mercado externo: 3.78 (Figura 15).

---

<sup>1</sup> “Colonche” es un término para nombrar a la bebida tradicional elaborada mediante fermentación de jugo de tunas rojas, en algunos casos se contiene pulque blanco.

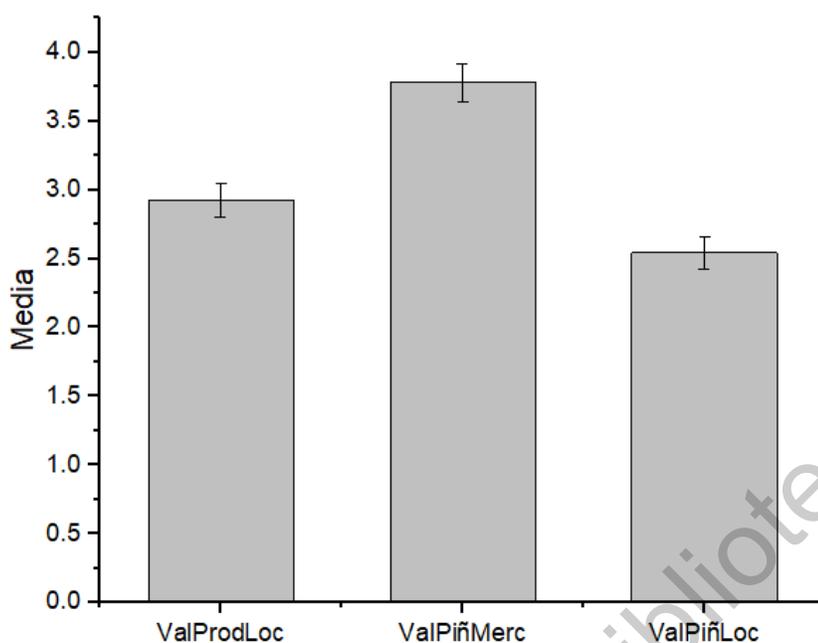


Figura 15. Percepción social del valor de la producción en la cuenca y del precio del piñón.

Esta disparidad en el proceso de comercialización no es exclusiva del piñón y ocurre con casi toda la producción primaria de pequeños productores, cuyas diferencias radican de acuerdo con Gómez Cruz *et al.*, (2010) en “la longitud del canal de comercialización, del tiempo de almacenamiento, de la profundidad de transformación de un producto y de los servicios de comercialización, entre otros”, en algunos casos también a prácticas nocivas del mercado como la especulación, la proyección de ganancias excesivas, usura, servicios innecesarios, monopolios, entre otros factores del mercado.

En la cuenca los ingresos para la subsistencia, de acuerdo a la población encuestada, se obtienen de cinco fuentes (Figura 16) sobresaliendo ligeramente dos de ellas: Aprovechamiento del bosque y producción familiar, que entre ambas cubren casi la mitad del ingreso familiar, denotando la importancia que los recursos forestales tienen para la población humana.

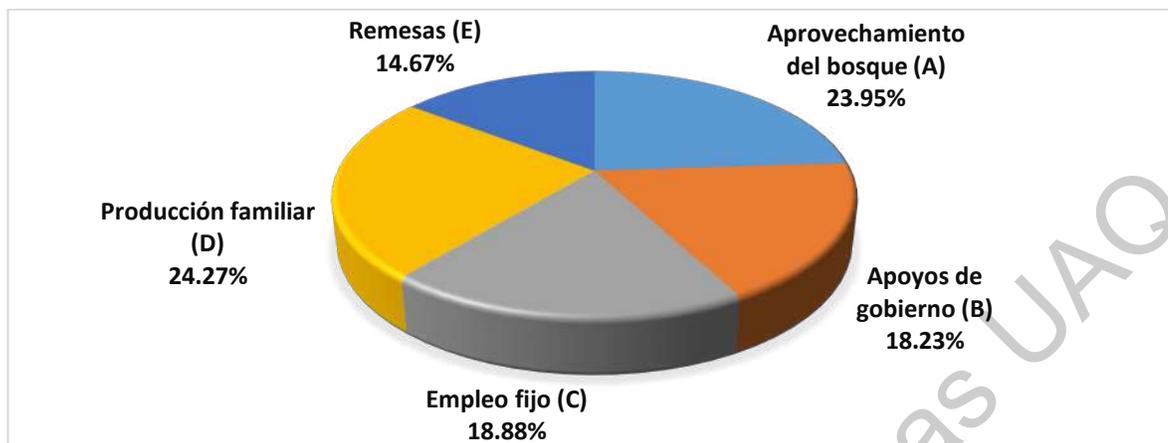


Figura 16. Principales fuentes de ingreso para el sustento familiar en la cuenca.

Sobre la condición actual de salud del bosque la percepción general de los habitantes de la cuenca es medida con una calificación de 3.2 respecto al trato que reciben los árboles durante el periodo de cosecha una valoración idéntica y un trato marginalmente menor durante el resto del año: 2.95 (Figura 17). Aun así, la población otorga una alta importancia del bosque de piñonero respecto a otros recursos de la cuenca tiende a Alta (3.65). Los resultados evidencian la percepción del deterioro de la comunidad biótica, en particular de la masa arbórea proveedora de uno de los insumos más valorados en la cuenca: el piñón.

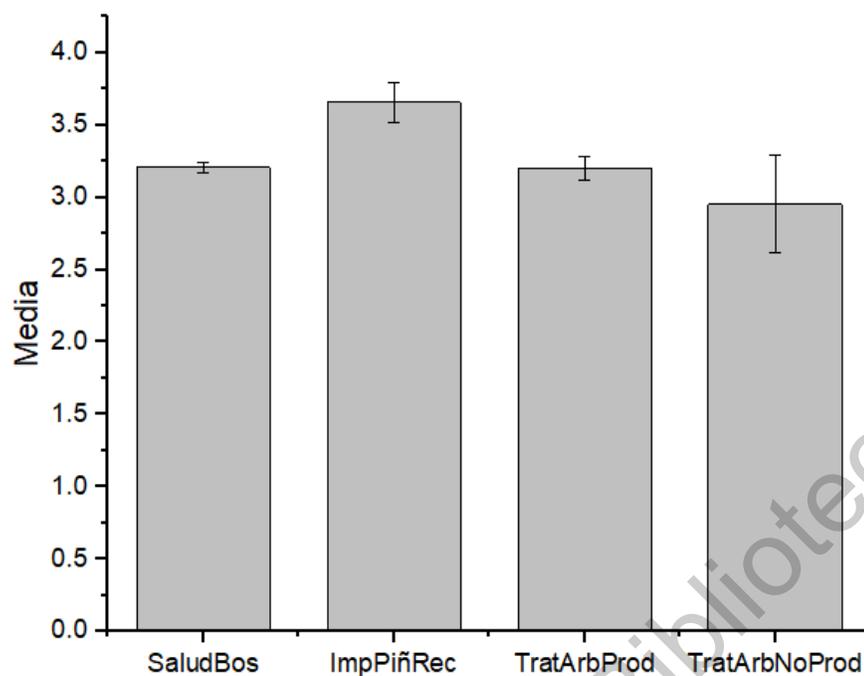


Figura 17. Percepción sobre la salud del bosque y la relación con los árboles de piñonero.

En términos de gobernanza, el territorio tiene un programa de manejo publicado por el Gobierno del Estado de Guanajuato (2002) con motivo del decreto del Área Natural Protegida Pinal de Zamorano (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, 2000), el territorio cuenta con propiedad social en casi dos terceras partes de su superficie (65.34 %) con los Ejidos El Cajón y El Roble y la influencia de la Congregación Indígena que año con año acude al ritual de veneración a la Santa Cruz del Pinal de Zamorano atrayendo la atención y flujo de miles de personas de la cuenca y de otras regiones del Estado y Entidades vecinas (Comunicación personal Ejido el Cajón, 7 de mayo de 2021). Ante un escenario con múltiples actores sociales se consultó sobre la percepción social del esfuerzo institucional en la preservación del bosque y la cuenca así como a informantes clave.

De los tres órdenes de gobierno ninguno alcanza la cualificación regular (Figura 18), el federal es el peor evaluado con 2.09, seguido por el municipal 2.26 y el estatal con 2.53; a decir de una pobladora de la comunidad de Cerro Blanco el “gobierno no actúa ni para bien ni para mal” (Comunicación personal, 26 de abril del 2021), ven más productiva la

organización e intervención de los Ejidos y comunidades locales con 3.40 y evalúan de muy buena manera el impacto del decreto de área natural protegida con 3.68, en éste sentido Don Bartolo Cruz Jiménez asegura que a partir del decreto “se arreglaron situaciones de deterioro como la sobrecarga animal en los bosques y el saqueo excesivo de leña que ocurría antes” (comunicación personal, 20 de Febrero del 2021).

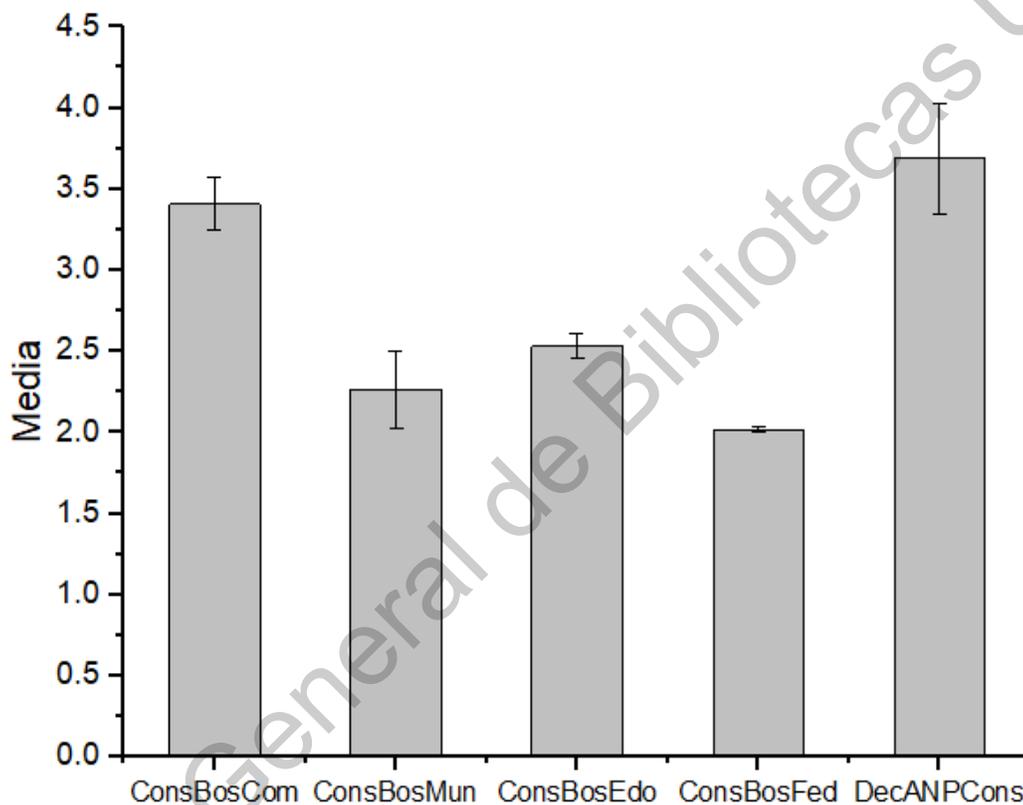


Figura 18. Valoración de los esfuerzos institucionales y locales para la preservación del bosque.

### 7.1.2. Lectura del territorio desde la perspectiva de los actores locales.

La influencia religiosa y de la cosmogonía de los pueblos y comunidades, ligada a las deidades y su visión dentro de la naturaleza, influyen de manera importante en los criterios y acciones de manejo del territorio. La parroquia de Santo Tomás Apóstol, en éste sentido, ha tomado un fuerte protagonismo, para el Pbro. Leodegario Sergio Párroco actual el Pinal

de Zamorano es “un símbolo grande de unión” asociado a la Santa Cruz del Pinal que reside en la mayor elevación de ésta cuenca a 3,362 metros sobre nivel del mar, es un símbolo que motiva la lealtad religiosa y de cohesión social (Comunicación personal con el párroco Pbro. Leodegario Sergio Ramírez, febrero 23 de 2021), que también implica la construcción de acuerdos en torno a la peregrinación y festividad que ocupa la atención de la mayordomía y los “caseros” de diez comunidades durante más de un mes, de mediados de abril hasta el tercer viernes de mayo, de todos los años. El último día de peregrinar, le acompañan más de 3,000 personas hasta la cima del Pinal de Zamorano según estimaciones de la propia parroquia generando un impacto social y ambiental para el territorio de la cuenca. Como símbolo de cohesión social la mayordomía también ha logrado congregarse para realizar acciones de restauración como es el caso de las reforestaciones organizadas en 2017 entre el Ejido El Cajón, la Mayordomía, los pequeños propietarios e instituciones de los 3 órdenes de gobierno para reforestar con oyamel (*Abies religiosa*) en la zona más alta (Comunicación personal con el Comisariado Ejidal Salvador Ugalde Ledezma, mayo 7 de 2021).

Los rituales religiosos incluyen, además de las peregrinaciones de uno a varios días por la cuenca, misas, retiros espirituales, celebraciones de los santos patronos de las comunidades, entre otros rituales. Durante la estancia o tránsito de los fieles en la cuenca y de los propios pobladores que participan en las celebraciones es muy frecuente compartir alimentos por parte de la comunidad anfitriona. Durante estas convivencias, nos comenta el Pbro. Leodegario Sergio: “el impacto ambiental se ha disminuido al sustituir el uso de platos y vasos desechables por utensilios que cada persona trae de casa y los regresa para lavarlos.”

Para los pobladores del Ejido El Roble el bosque es el soporte de la vida, que necesita inversión de trabajo para que se mantenga la calidad de vida, algunos conflictos hombre naturaleza se han solventado, pero sigue habiendo mucha presión sobre el bosque. Que aun así sigue proveyendo innumerables beneficios así lo manifestó el Sr. Bartolo Cruz Jiménez quien ha sido parte de la Mesa Directiva del Ejido y regidor en el Ayuntamiento a la vez que enumera con sus dedos los productos con que las familias sustentan sus ingresos y alimentación, el primero en la lista es el piñón, seguido del quiote, los nopales y las tunas (Comunicación personal, febrero 23 de 2021). El piñón para Él es “el motor económico más

importante” al menos durante los años en que hay cosecha. Relata que en el 2015 se cosecharon más de 800 toneladas en la región del Pinal y que la gente no alcanzó a juntarlo todo aun así los recolectores llegaban a obtener hasta tres mil pesos por semana por la venta de su piñón.

La Tabla 12 resume los principales problemas en el territorio del bosque de piñonero observado por los actores entrevistados.

Tabla 12. Principales problemáticas por eje.

<b>E1. Biofísico</b>	<b>E2. Social</b>	<b>E3. Económico</b>	<b>E4. Gobernanza</b>
<b>P1.1</b> Zonas Altas con poca agua	<b>P2.1</b> Escasa interacciones de las comunidades de la zona alta con las de la zona baja y de otras regiones.	<b>P3.1</b> Presión productiva al bosque por sobreaprovechamiento ganadero.	<b>P4.1</b> Falta de permisos para el aprovechamiento de los recursos forestales.
<b>P1.2</b> Plantas de tratamiento de aguas residuales en desuso	<b>P2.2</b> Poca presencia de los jóvenes	<b>P3.2</b> Escasas posibilidades de ingresos en la comunidad.	<b>P4.2</b> Escasa participación del gobierno local y federal.
<b>P1.3</b> Degradación del suelo, cuerpos de agua y vegetación.	<b>P2.3</b> Falta de redes colaborativas para la colecta y comercio justo del piñón y otros productos de la cuenca.	<b>P3.3</b> Productividad agrícola y ganadera poco sustentable y de baja rentabilidad.	<b>P4.3</b> Limitado seguimiento al Programa de manejo del ANP ni a reglamentos locales y federales.
<b>P1.4</b> El uso de herramientas inadecuadas	<b>P2.4</b> El sobre pastoreo no se ha logrado controlar	<b>P3.4</b> Red de comercialización que privilegia en el precio a	<b>P4.4</b> Desarticulación de esfuerzos en la

durante la cosecha daña el bosque.		los comercializadores y afecta a los productores.	cuenca y su zona de influencia.
<b>P1.5</b> El paxtle afecta gravemente al bosque (en los últimos dos años se ha intensificado) y poco se ha atendido.	<b>P2.5</b> Gran parte de las obras de mejoramiento del bosque se hacen sólo cuando hay pago de por medio.		
<b>P1.6</b> Chivos acaban con la vegetación			

Fuente: Elaboración propia con aportes de los actores locales entrevistados.

En la priorización de problemáticas (Tabla 13) desarrolladas durante el taller se agruparon para facilitar la intervención en ellas.

Tabla 13. Priorización de problemáticas.

<b>Problema</b>	<b>Relevancia</b>
Erosión y degradación del suelo por sobrepastoreo y tala irresponsable.	1 (mayor)
Mal manejo de la ganadería, plaga de muérdago y paxtle, sobrepastoreo	2
Falta de agua, extracción de tierra fértil y vegetación.	3
Saqueo de leña y otros productos forestales	4
Desorganización de los dueños de los predios,	5
Desconocimiento de la dinámica de esta problemática, es decir no se visualiza el futuro de los recursos naturales.	6
No hay incentivos por servicios Ambientales, de manera constante	7 (menor)

Fuente: Elaboración propia con aportes de actores clave.

### **7.1.3 Impresiones sobre la percepción social de la dinámica biofísica y socioeconómica en la cuenca.**

La condición actual de la cuenca y de la estructura social tiene raíces más allá de la dinámica contemporánea como apunta Budiharta *et al.* (2016) “las variables sociopolíticas son importantes predictores de la efectividad de las actividades [de manejo] y restauración”, resaltando que las estrategias, actividades y planes de manejo y restauración deben adaptarse localmente, así podemos identificar momentos de ineficacia de algunos de los instrumentos, programas y acciones institucionales, en el manejo del territorio, con impactos poco visibles y sin indicadores que ubiquen la eficacia.

Así como Borda-Niño *et al.* (2017) expresa que hay una “urgente necesidad de planificar la restauración de los paisajes [forestales] modificados por humanos, utilizando enfoques metodológicos que consideran procesos clave en diferentes escalas espaciales mientras se involucra la participación de la comunidad local” ofreciéndoles beneficios tangibles, en éste sentido en Pinal de Zamorano, el manejo del bosque para incrementar la productividad toma un papel relevante por ser un indicador objetivo en el impacto.

La productividad forestal es un factor para el desarrollo socioeconómico de las comunidades humanas, en la cual se manifiesta una fuerte dependencia cultural y económica en la conservación de los bosques (Budiharta *et al.*, 2016).

En la cuenca es notoria la escasa inclusión de los habitantes en la formulación de las políticas públicas por parte de los tomadores de decisiones; manifestándolo la población de manera directa o indirecta en los instrumentos de evaluación.

Finalmente como lo manifiesta Orozco-Hernández *et al.* (2009) es necesario poner en escena desde la perspectiva sociopolítica que “las comunidades rurales desempeñan un papel fundamental en los ciclos de renovación y conservación de los recursos naturales, sin embargo el deterioro de sus formas de vida coloca en tela de juicio las políticas de desarrollo sustentable”, bajo éste escenario resulta fundamental fortalecer la dinámica socioeconómica

del territorio para apuntalar la conservación de los recursos y las funciones de la cuenca teniendo

## **7.2 Evaluación de variables dasométricas, edáficas y correlación entre ellas.**

La evaluación de la capacidad productiva y las condiciones biofísicas de la cuenca se realiza tomando tres escenarios de referencia, un óptimo, uno degradado y uno intermedio. La primera intervención, desde gabinete, se usa empleando índices multispectrales que permitan evaluar la condición de la cobertura forestal considerando también parámetros morfométricos (delimitación de escurrimientos). Para establecer los escenarios de referencia se seleccionaron tres unidades donde se obtuvieron mediciones de variables dasométricas, edáficas y ambientales, se calcularon valores medios y se realizó un diagnóstico generalizado por cada unidad de las diversas variables.

### **7.2.1. Aplicación de criterios de cobertura y morfométricos para la delimitación de las unidades de muestreo.**

El análisis NDVI permite la interpretación de la cobertura vegetal teniendo la posibilidad de inferir la productividad de biomasa, caracterizar su distribución espacial y temporal e incluso asociar procesos de erosión y transporte de sedimentos y su efecto en el escurrimiento (López Pérez *et al.*, 2015).

Con imágenes del satélite Sentinel del día 15 de Marzo del 2020 (ESA, 2020) se evaluó el territorio de la cuenca obteniendo un *raster* que, junto con parámetros morfométricos, permitieron delimitar tres unidades de escurrimiento con distintos niveles de cobertura vegetal (Figura 17). Los valores de NDVI se reclasificaron en cinco categorías siguiendo a López-Pérez *et al.* (2015) los cuales se pueden visualizar en la Figura 19.

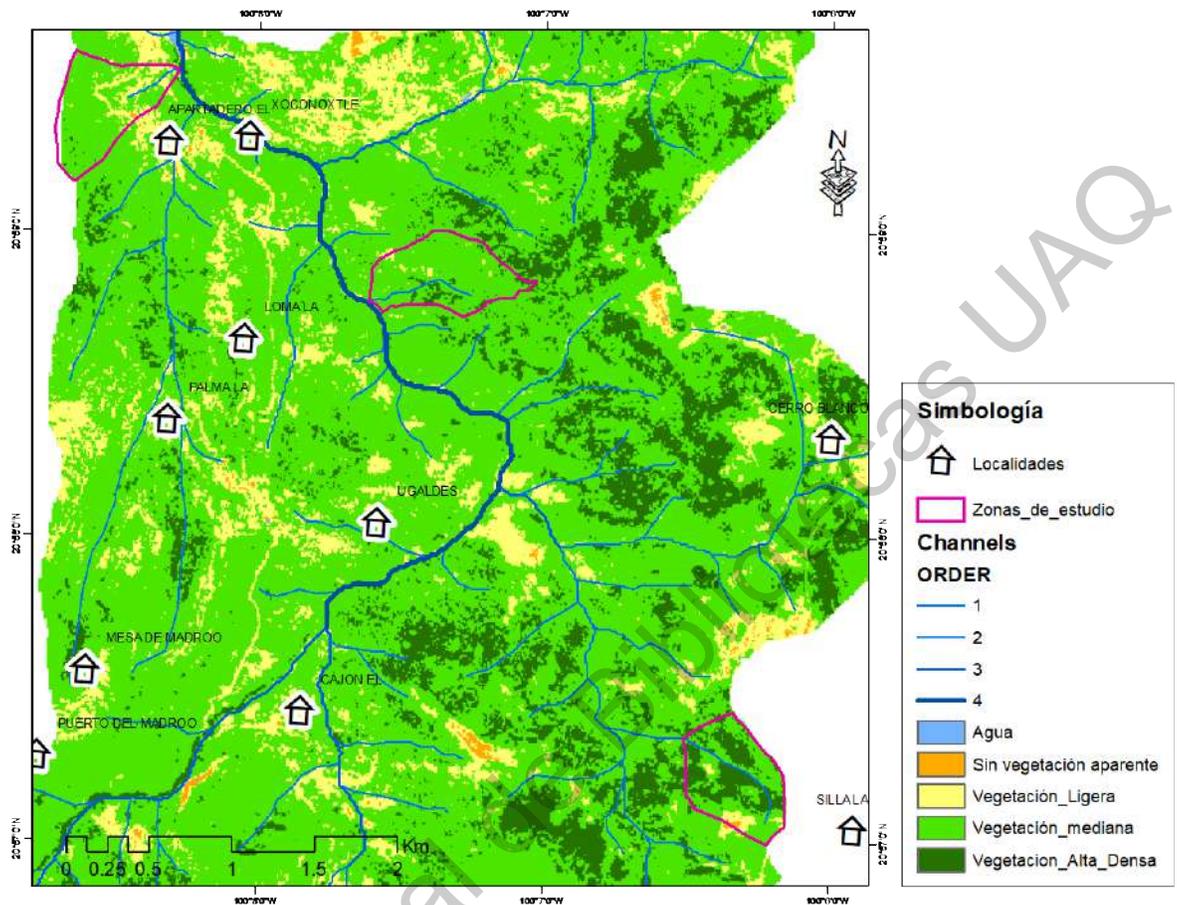


Figura 19. Análisis NDVI de sección media de la cuenca de estudio. Elaboración propia a partir del análisis de imágenes satelitales.

La estimación de cobertura y algunos atributos morfométricos de las unidades de productividad se describen en la Tabla 14, a primera vista se puede distinguir la diferenciación en la cobertura arbórea de cada unidad de análisis, teniendo la mayor proporción de vegetación alta/densa y de vegetación mediana en la unidad de Alta Productividad y las menores en la de Baja productividad.

Tabla 14. Distribución de categorías de vegetación NDVI por Unidad de Escurrimiento.

Clasificación	Baja	Media	Alta
Cuerpos de agua (ha)	0.00	0.00	0.02
Sin vegetación aparente (ha)	0.10	0.00	0.25

Vegetación ligera (ha)	5.36	0.70	1.88
Vegetación mediana (ha)	26.19	29.15	17.22
Vegetación alta/densa (ha)	0.25	2.23	13.41
Cota menor (msnm)	1,995	2,060	2,380
Cota mayor (msnm)	2,260	2,440	2,590
<b>Superficie total (has)</b>	<b>31.90</b>	<b>32.09</b>	<b>32.79</b>
<b>Rango Altitudinal (m)</b>	<b>265</b>	<b>380</b>	<b>210</b>

Fuente: Elaboración propia.

El diagnóstico mediante el NDVI permite identificar diferencias notables en la cobertura vegetal alta/densa de las tres unidades de análisis que va incrementándose de 0.77 % en la unidad de baja productividad a 6.96 % en la de media productividad y alcanzando el máximo de 40.91 % en la unidad de alta productividad (Figuras 20 y 21), ésta categoría de cobertura vegetal es el principal criterio para la delimitación de las unidades de análisis pues se espera que repercutan en el comportamiento de las variables dasométricas que a su vez determinan la productividad del piñonero.

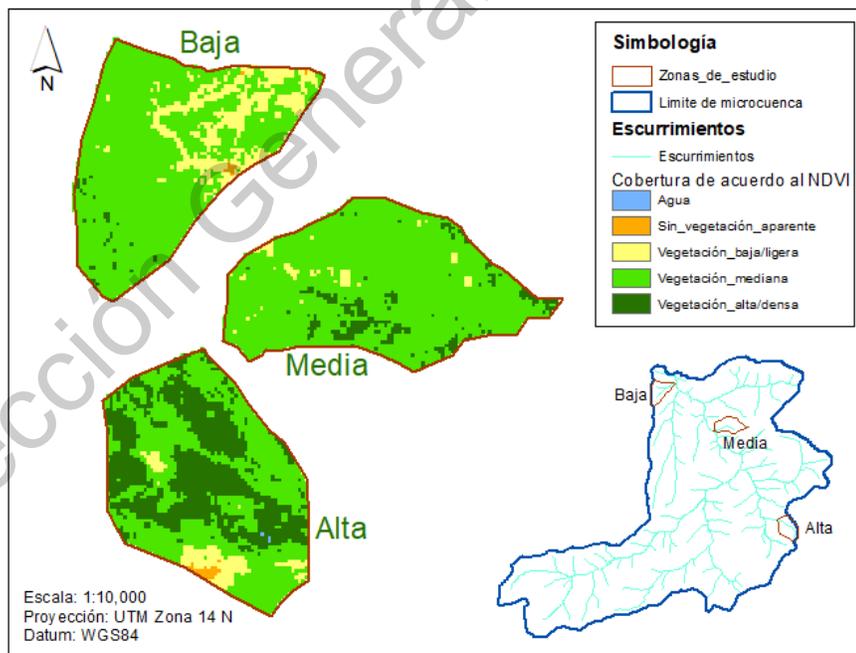


Figura 20. Análisis de la cobertura de las unidades de estudio mediante el NDVI.

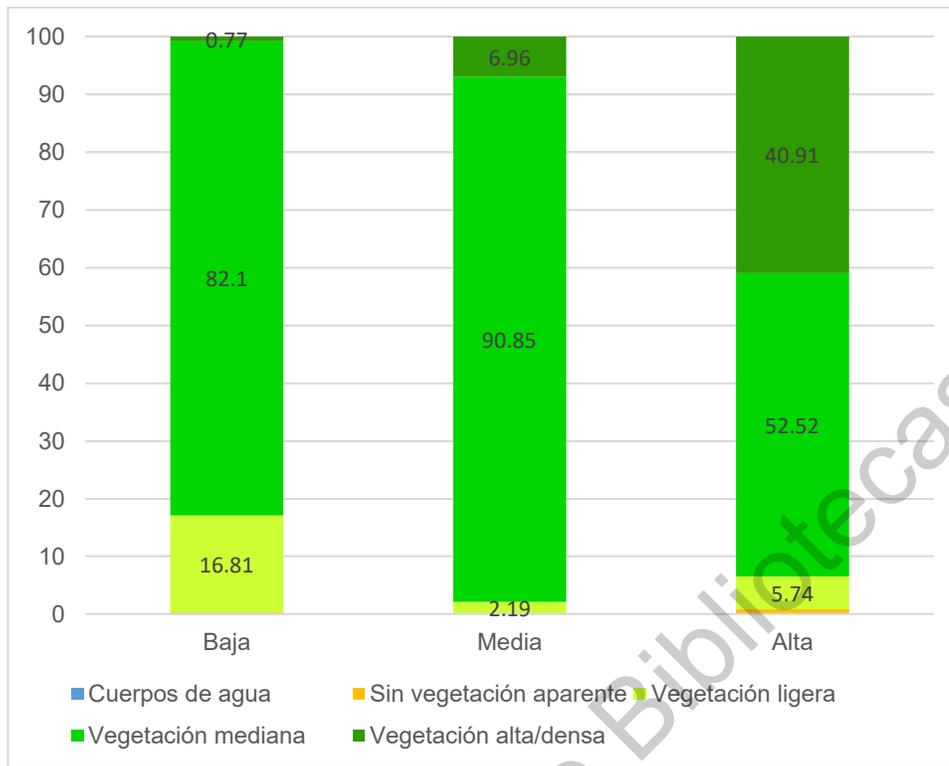


Figura 21. Porcentajes de cobertura vegetal mediante el NDVI de las unidades de estudio.

El modelo de estimación de pérdida de suelo obtenido de acuerdo a lo indicado en la sección 6.2.2.2 permitió evaluar la susceptibilidad a la erosión hídrica del territorio expresado en ton/ha\*año. La capa en formato *raster* (Figura 22) permite inferir el potencial de erosión en el territorio y particularmente de las unidades de estudio.

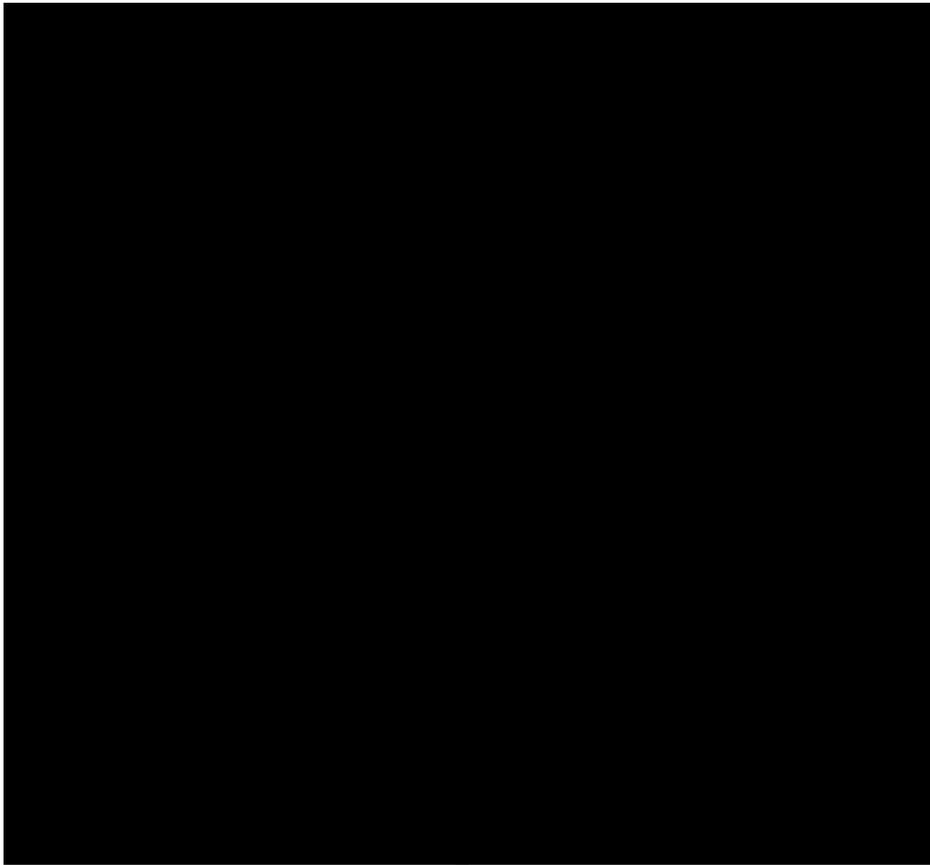


Figura 22. Erosión potencial en la cuenca Pinal de Zamorano. La capa se extiende 1 km más allá del límite de la cuenca para observar el contexto inmediato.

Como se puede observar en la Figura 22, la mayor parte de la cuenca tiene una alta susceptibilidad a la erosión hídrica, sobre todo por la topografía tan abrupta (Factor LS). Ésta característica se tomó también como criterio para la selección de las unidades de muestreo, donde es posible observar cierta continuidad en las tres unidades, se considera que su influencia en los análisis por unidad de muestreo no será significativo (Figura 23).

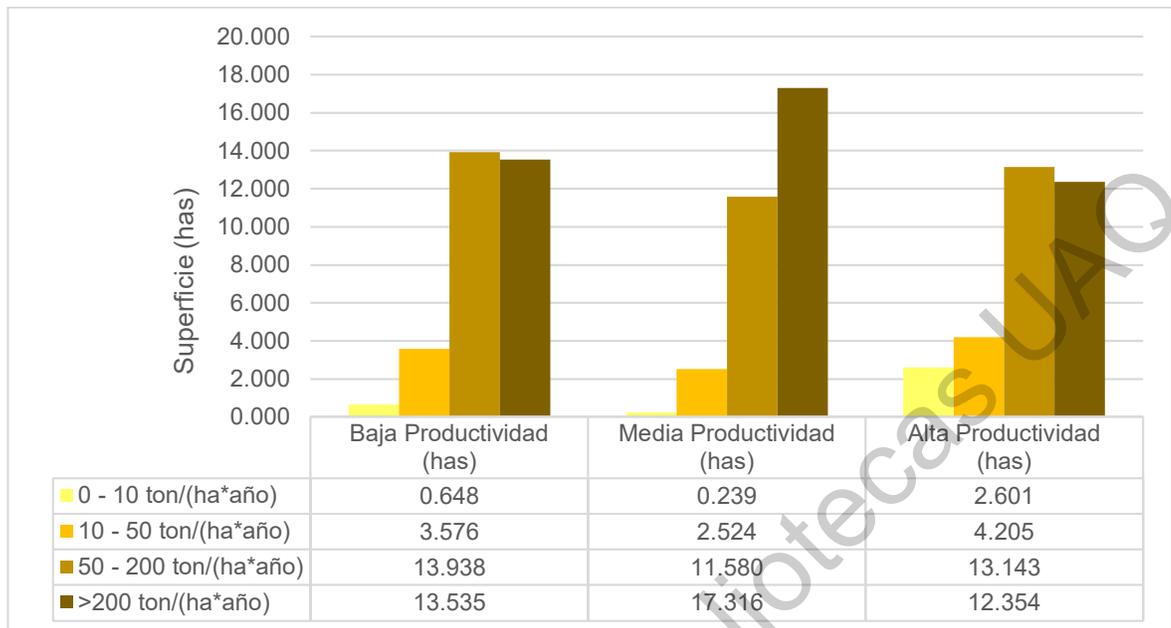


Figura 23. Superficie en la cuenca con valores de potencial de erosión hídrica por unidad de muestreo.

Cabe reiterar que la delimitación de las unidades de análisis fue posible a partir de la estimación de la cobertura con el índice NDVI y la morfometría de la cuenca, obteniendo tres unidades categorizadas bajo el supuesto de baja, media y alta productividad (Figura 24). Cada unidad está circunscrita por un parteaguas con un único punto de salida de agua.

Figura 24. Unidades de escurrimiento seleccionadas para el estudio.

### **7.2.2 Variables dasométricas y ambientales con diferencias significativas entre las unidades de estudio.**

Con el trabajo de campo se obtuvieron 7 ambientales, 10 variables dasométricas, y 12 edáficas (Tabla 15).

Tabla 15. Variables ambientales, dasométricas y edáficas evaluadas en las unidades de estudio

<b>Acrónimo</b>	<b>Descripción de la variable</b>	<b>Unidad de medida</b>
CCopm2ha	Cobertura de Copa por hectárea.	m <sup>2</sup> /ha

VolIEFm3ha	Volumen maderable por hectárea calculado a partir de las fórmulas del Inventario Forestal y de Suelos, específicas para el Estado de Guanajuato por especie.	m <sup>3</sup> /ha
VolSitioSmalian	Volumen maderable por sitio calculado mediante la fórmula de Smalian.	m <sup>3</sup> /ha
DensArb	Densidad arbórea por sitio.	arboles/ha
Edad	Edad media del arbolado para <i>Pinus cembroides</i> por sitio.	Años
DAP	Diámetro a la altura del pecho, valor medio por sitio.	Cm
DiamBasm	Diámetro basal medio por sitio del arbolado	Cm
Cortm	Grosor medio de corteza de <i>Pinus cembroides</i> por sitio.	Mm
Da.PaxPm	Porcentaje de daño por paxtle en el árbol, valor medio por sitio.	% del árbol
IncRamMuert15%	Número de árboles por sitio con ramas muertas en más del 15 % de su copa.	Frecuencia por sitio.
DvInd	Número de individuos por sitio de <i>Dodonaea viscosa</i> .	individuos/sitio
PCSueDes	Porcentaje de suelo desnudo por sitio.	%
PCSoc	Porcentaje de afloramiento rocoso por sitio.	%
PCSHoj	Porcentaje de cobertura del suelo con hojarasca.	%
PCSGra	Porcentaje de cobertura del suelo con gramíneas.	%
Prof	Profundidad del suelo.	Cm
pH	Medida de la acidez/basicidad del suelo.	adimensional
CE	Conductividad eléctrica del suelo.	dSiemens/cm
POx	Contenido de fosfatos en el suelo.	mg/Kg
K	Contenido de potasio en el suelo.	mg/Kg
Ca	Contenido de calcio en el suelo.	mg/Kg
SOx	Contenido de Sulfatos en el suelo.	mg/Kg
Fe	Contenido de hierro en el suelo.	mg/Kg
AH	Contenido de Ácidos húmicos en el suelo.	mg/Kg
Plim	Porcentaje de limo en el suelo.	%
Pare	Porcentaje de arena en el suelo.	%
Alt	Altitud sobre el nivel del mar	Msnm

Fuente: Elaboración propia.

Que al ser sometidas a análisis estadísticos sólo algunas tuvieron relevancia a nivel de unidades de estudio y otras mostraron poca significancia. Se estimaron diferencias significativas  $Pr(>F)$  para las variables altitud (Alt), grosor de corteza (Cortm), porcentaje de daño por paxtle en el arbolado (Da.PaxPm), número de individuos de *Dodonaea viscosa* (DvInd) y Edad entre las unidades de análisis y no se encontraron diferencias significativas para el resto de variables dasométricas ni ambientales.

#### 7.2.2.1 Variable altitudinal

La variable Altitud (Figura 25 y 26) presentó la mayor diferencia significativa ( $Pr=2.0 \times 10^{-16}$ ) en el análisis de varianza, difiriendo a lo observado en especies como *Pinus arizonica* y *P. engelmannii* (Martínez-Salvador *et al.*, 2013) pero coincidiendo con lo reportado para bosques de *P. cembroides* ssp *orizabensis* en la cuenca oriental (Granados-Victorino *et al.*, 2015).

Figura 25. Altitud en las unidades de estudio (msnm). Elaboración propia.

Hren *et al.* (2010) considera que la altitud es una variable ambiental indirecta estrechamente relacionada con la temperatura y la humedad y, varios autores sugieren que la altitud influye en la delimitación del área óptima del desarrollo de especies.

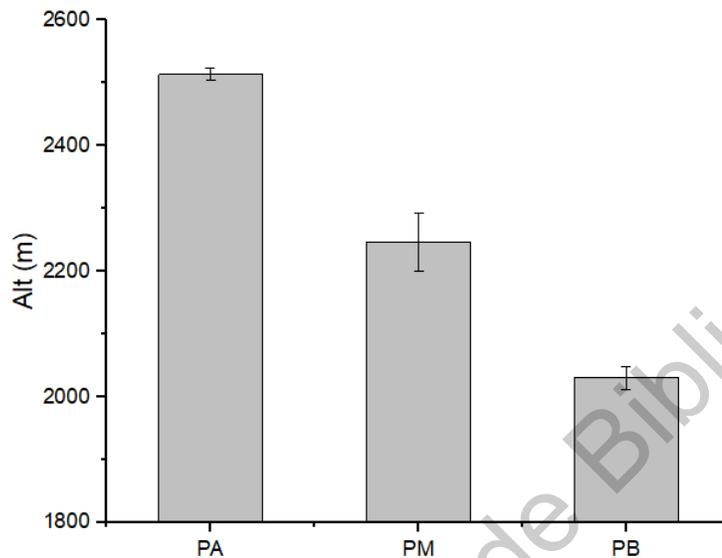


Figura 26. Rangos altitudinales de las unidades de estudio.

#### 7.2.2.2 Diversidad, densidad y dominancia del arbolado

En las tres unidades d se identificaron 18 especies arbóreas, *Pinus cembroides* domina en todas las unidades (Tabla 16). PM registró la mayor diversidad con 13 especies y PB la más baja con sólo 5 especies. El VIR de *Pinus cembroides* domina en todas las unidades de análisis, teniendo su mínimo en PA con 66.82, intermedio en PM con 77.3 y el más alto valor en PB con 97.89 (Figura 27), es decir la zona de menor productividad mantiene también la menor diversidad de acuerdo a lo observado en estudios para ésta especie como el de Granados Victorino *et al.* (2015).

Tabla 16. Diversidad, frecuencia, dominancia y valor de importancia relativa de las especies arbóreas en las unidades de muestreo.

Especie	Frecuencia (No. de individuos)			Frecuencia relativa (%)			AB media (cm <sup>2</sup> /árbol)			Dominancia Absoluta (m <sup>2</sup> /ha)		
	PA	PM	PB	PA	PM	PB	PA	PM	PB	PA	PM	PB
<i>Acacia schaffnerii</i>	0	2	1	0.00	0.68	0.50	0.00	325.49	91.61	0.00	0.07	0.01
<i>Arbutus xalapensis</i>	3	0	0	0.80	0.00	0.00	274.69	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
<i>Arctostaphylos pungens</i>	10	0	0	2.67	0.00	0.00	57.24	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
<i>Buddleja cordata</i>	4	0	0	1.07	0.00	0.00	433.12	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00
<i>Bursera fagaroides</i>	0	2	0	0.00	0.68	0.00	0.00	69.06	0.00	0.00	0.01	0.00
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0	2	1	0.00	0.68	0.50	0.00	186.21	59.45	0.00	0.04	0.01
<i>Lysiloma microphylla</i>	0	5	0	0.00	1.70	0.00	0.00	217.25	0.00	0.00	0.11	0.00
<i>Mimosa acaulenticarpa</i>	4	0	0	1.07	0.00	0.00	117.14	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
<i>Mimosa sp</i>	3	0	0	0.80	0.00	0.00	99.06	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	0	1	0	0.00	0.34	0.00	0.00	232.35	0.00	0.00	0.02	0.00
<i>Opuntia streptacantha</i>	1	2	0	0.27	0.68	0.00	865.70	582.80	0.00	0.09	0.12	0.00
<i>Pinus cembroides</i>	259	223	194	69.07	75.85	97.49	269.20	348.07	373.48	6.97	7.76	7.25
<i>Quercus crassifolia</i>	38	0	0	10.13	0.00	0.00	548.50	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00
<i>Quercus rugosa</i>	46	36	1	12.27	12.24	0.50	325.57	307.72	229.66	1.50	1.11	0.02
<i>Quercus sp</i>	6	9	0	1.60	3.06	0.00	258.00	179.60	0.00	0.15	0.16	0.00
<i>Rhus pachyrrhachis</i>	0	1	0	0.00	0.34	0.00	0.00	31.17	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Yucca filifera</i>	0	9	2	0.00	3.06	1.01	0.00	283.03	290.31	0.00	0.25	0.06
Otros	1	1	0	0.27	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Continuación

Especie	Dominancia relativa (%) [B]			Densidad Absoluta (árboles/ha)			Densidad Relativa (%) [C]			Valor de importancia [(A+B+C)/3]			Orden		
	PA	PM	PB	PA	PM	PB	PA	PM	PB	PA	PM	PB	PA	PM	PB
<i>Acacia schaffnerii</i>	0.00	0.67	0.12	0.00	1.56	0.78	0.00	0.68	0.50	0.00	0.68	0.38			III
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.74	0.00	0.00	2.34	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00			
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.51	0.00	0.00	7.81	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00	1.95	0.00	0.00	IV		
<i>Buddleja cordata</i>	1.55	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	1.07	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00			
<i>Bursera fagaroides</i>	0.00	0.14	0.00	0.00	1.56	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.50	0.00			
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.00	0.38	0.08	0.00	1.56	0.78	0.00	0.68	0.50	0.00	0.58	0.36			IV

<i>Lysiloma microphylla</i>	0.00	1.12	0.00	0.00	3.91	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	1.51	0.00		IV	
<i>Mimosa acaulenticarpa</i>	0.42	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	1.07	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00			
<i>Mimosa sp</i>	0.27	0.00	0.00	2.34	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00			
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	0.00	0.24	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.31	0.00			
<i>Opuntia streptacantha</i>	0.77	1.20	0.00	0.78	1.56	0.00	0.27	0.68	0.00	0.44	0.86	0.00		V	
<i>Pinus cembroides</i>	62.3	80.2	98.6	202.3	174.2	151.5	69.0	75.8	97.4	66.8	77.3	97.8	I	I	I
<i>Quercus crassifolia</i>	18.6	0.00	0.00	29.69	0.00	0.00	10.1	0.00	0.00	12.9	0.00	0.00	II		
<i>Quercus rugosa</i>	13.3	13.3	13.3	35.9	28.13	0.78	12.2	12.2	0.50	12.6	11.9	0.44	III	II	II
<i>Quercus sp</i>	1.38	1.38	1.38	4.69	7.03	0.00	1.60	3.06	0.00	1.53	2.60	0.00	V	III	
<i>Rhus pachyrrhachis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.24	0.00			

Fuente: elaboración propia.

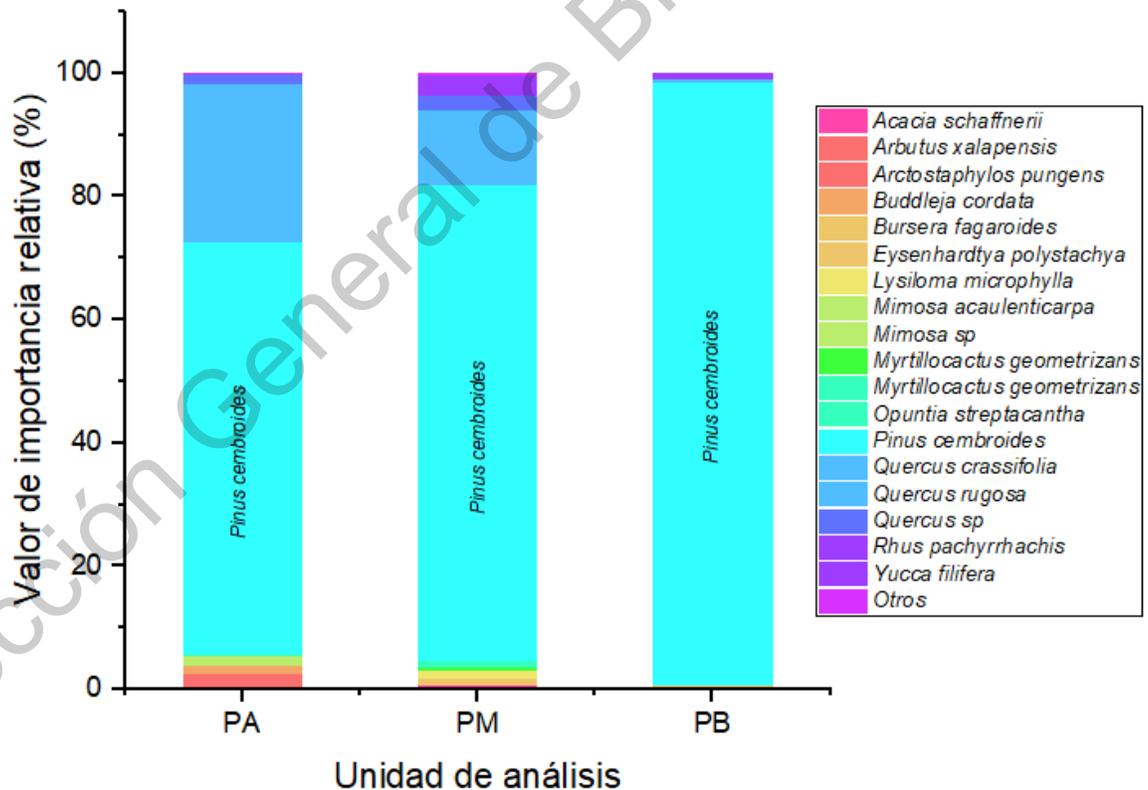


Figura 27. VIR de las especies en las unidades de análisis.

Las diferencias de composición florística son alteradas por variables edáficas (Granados-Victorino *et al.*, 2015) sobre todo por el contenido de materia orgánica en bosques de pino piñonero de Querétaro (Rosas-Chavoya *et al.*, 2015) aunque en el presente estudio ésta relación no se pudo establecer. Otros autores también reportan relaciones con la altitud y variables climáticas sin poder establecer tampoco éste tipo de comparaciones en la zona de estudio.

### **7.2.2.3 Variables dasométricas significativas entre las unidades de análisis.**

Entre las variables dasométricas, los datos obtenidos respecto a la Edad muestran un arbolado más joven en PA, intermedio en PM y más longevo en PB describiendo quizá las bajas tasas de reclutamiento en ésta última unidad de análisis, la Edad es un factor determinante de la productividad y puede servir para “la planificación del manejo, proyecciones del inventario y determinación del potencial de cosecha” (Martínez-Salvador *et al.*, 2013) forestal. La misma tendencia se observó en Cortm (Figura 28), sosteniendo éstas dos variables una correlación de Pearson ( $r$ ) de 0.71 (Tabla 2), sin encontrar referencias para comparación en otros trabajos de investigación sobre ésta relación.

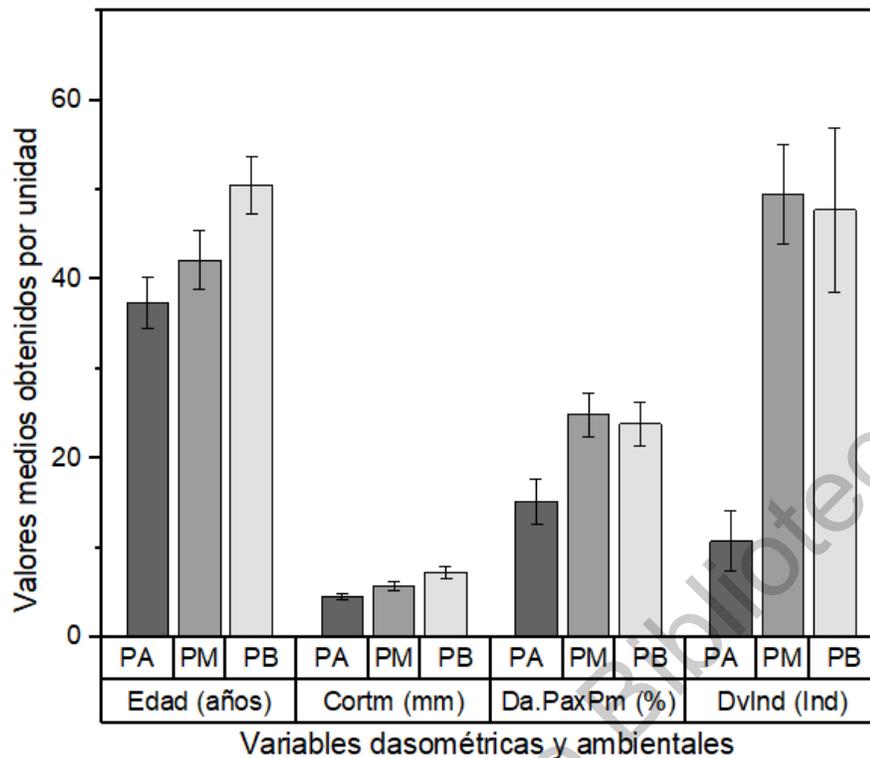


Figura 28. Variables dasométricas y ambientales con diferencias significativas  $p < 0.05$  en las unidades de análisis.

Por otro lado las medias Da.PaxPm y DvInd (Figura 28) que describen la afectación por paxtle y la frecuencia de individuos de *Dodonaea viscosa* en los sitios no presentan una tendencia respecto a la productividad de las unidades de análisis, sin embargo como descriptores de disturbios en los bosques permiten visualizar el grado de conservación de PA. El daño por paxtle es notoriamente alto en las unidades PM y PB (Figura 29) con una mayor mortalidad de ramas concordando a lo reportado por Pérez-Noyola *et al.* (2020) en plantas de *Prosopis laevigata*. Consistente con la variable anterior, DvInd utilizado por algunos autores como indicador de perturbación es notoriamente bajo en PA y alcanza valores casi equivalentes en PM y PB, ésta condición es característica en ambientes altamente antropizados y con procesos erosivos activos de acuerdo a lo reportado por Juan-Pérez *et al.*, (2010), las observaciones concuerdan con ésta aseveración.

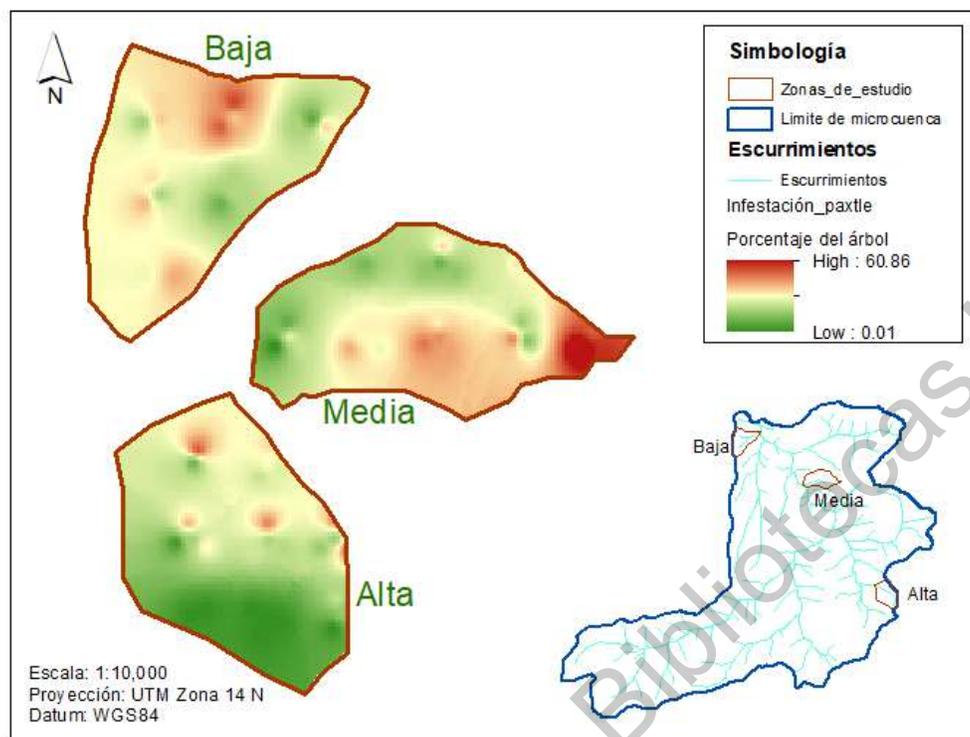


Figura 29. Grado de infestación de paxtle en las unidades de análisis.

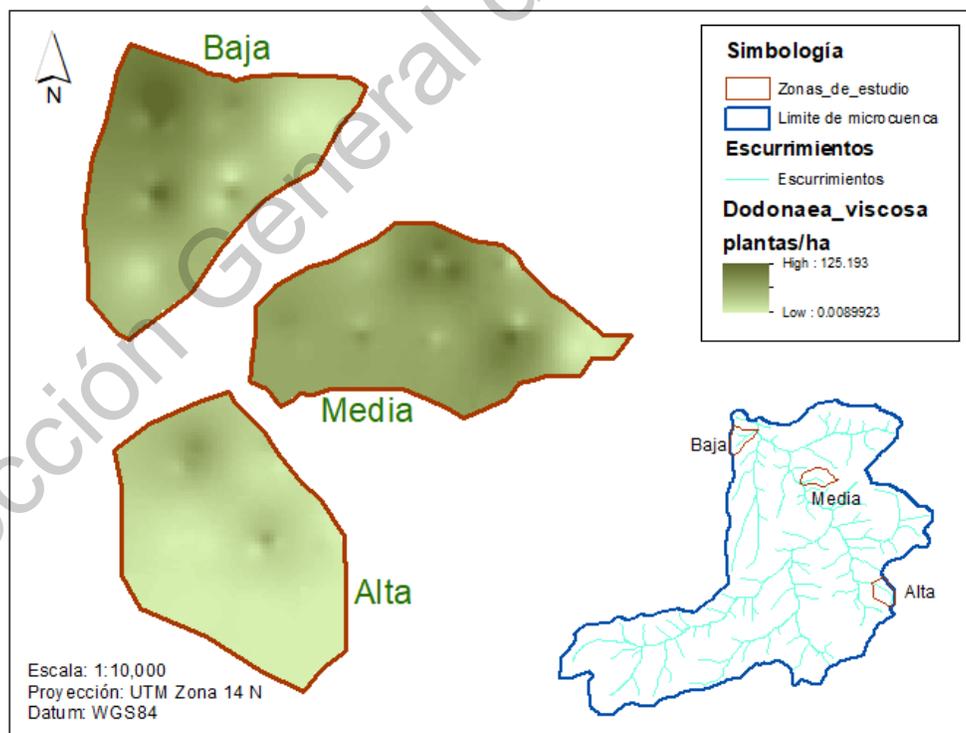


Figura 30. Presencia de *Dodonaea viscosa* en las unidades de análisis.

#### 7.2.2.4 Variables edáficas significativas.

En los 75 sitios donde se localizó suelo se hizo el registró la profundidad máxima alcanzada al excavar el suelo y de los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras se obtuvieron los parámetros listados en la Tabla 17 los cuales consisten en los valores medios máximos y mínimos para cada variable por unidad de estudio.

Tabla 17. Valores medios, menores y máximos para 6 variables fisicoquímicas del suelo.

Unidad de Análisis (productividad)		Profundidad (cm)	PH	CE (dSiemens/cm)	Ácidos húmicos (mg/Kg)	Sulfatos (mg/Kg)	Fosfatos (mg/Kg)
Baja	Valor menor	11.00	4.70	16.14	1.60	17.49	232.05
	<b>Valor medio</b>	<b>16.83</b>	<b>6.47</b>	<b>38.63</b>	<b>213.62</b>	<b>29.50</b>	<b>543.82</b>
	Valor máximo	25.00	7.40	88.44	653.60	46.46	1026.00
Media	Valor menor	3.00	6.30	18.38	20.40	13.90	22.75
	<b>Valor medio</b>	<b>20.24</b>	<b>7.10</b>	<b>45.79</b>	<b>307.93</b>	<b>43.29</b>	<b>788.19</b>
	Valor máximo	53.00	8.50	155.04	808.80	169.03	6606.75
Alta	Valor menor	3.00	6.20	11.54	17.60	2.36	18.46
	<b>Valor medio</b>	<b>14.11</b>	<b>6.91</b>	<b>58.19</b>	<b>323.80</b>	<b>23.53</b>	<b>463.15</b>
	Valor máximo	33.00	7.50	329.04	698.80	163.90	1163.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Continuación

Unidad de Análisis (productividad)		Potasio (mg/kg)	Calcio (mg/kg)	COT (mg/kg)	HIERRO (mg/kg)	arena %	arcilla %	limo %
Baja	Valor menor	21.10	0.00	0.00	13.89	72.05	0.45	7.50
	<b>Valor medio</b>	<b>31.40</b>	<b>2.09</b>	<b>0.67</b>	<b>55.25</b>	<b>76.91</b>	<b>8.51</b>	<b>14.58</b>
	Valor máximo	38.44	26.78	1.93	111.71	87.05	15.45	22.50
Media	Valor menor	4.79	3.99	0.01	20.58	62.05	0.45	7.50
	<b>Valor medio</b>	<b>52.70</b>	<b>88.48</b>	<b>1.05</b>	<b>58.08</b>	<b>74.64</b>	<b>7.41</b>	<b>17.95</b>

	Valor máximo	420.53	205.41	2.36	143.93	89.55	15.45	35.00
Alta	Valor menor	4.71	0.00	0.00	3.44	32.05	0.45	5.00
	<b>Valor medio</b>	<b>27.57</b>	<b>90.92</b>	<b>0.83</b>	<b>84.35</b>	<b>61.04</b>	<b>9.94</b>	<b>29.06</b>
	Valor máximo	44.51	447.19	4.19	218.95	92.05	30.45	50.00

Fuente: Elaboración propia.

De las variables edáficas que mostraron diferencias significativas Plim, Pare, PCSRoc, Prof, Ca, pH, Fe, SOx (Figura 31).

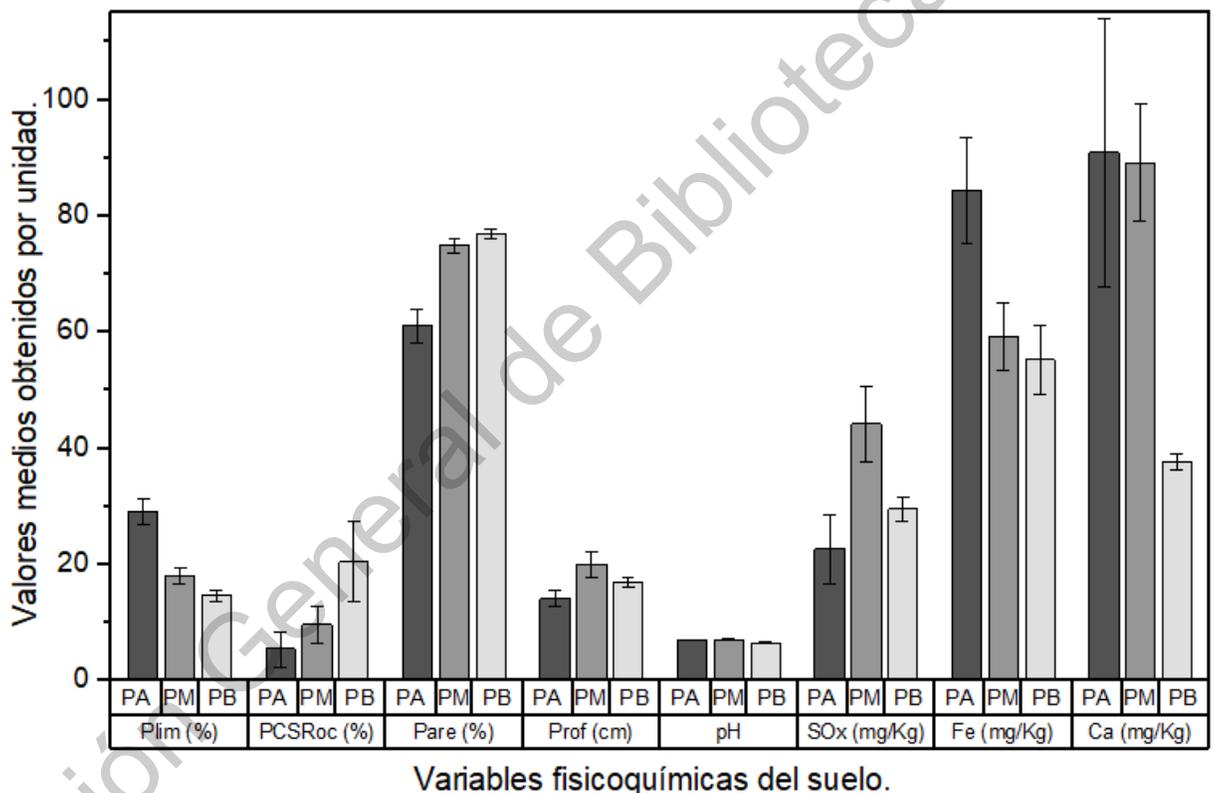


Figura 31. Variables fisicoquímicas del suelo con diferencias significativas  $p < 0.05$  en las unidades de análisis.

Las dos primeras son descriptoras de la textura del suelo presentaron una correlación de Pearson de -0.92, ésta textura influye disponibilidad de nutrientes (Gili *et al.*, 2010) y humedad del suelo y con ello determinar la estructura y composición de las comunidades vegetales como lo documentaron Granados-Victorino *et al.*, (2015) y Chavoya *et al.*, (2016)

en estudios con bosques de piñoneros; la tendencia de los valores obtenidos en Pinal de Zamorano también coinciden con lo reportado por Barrera-Zubiaga et al. (2018) para bosques de piñonero en Zacatecas donde la variable contenido de arcilla fue la que reportó mayor significancia estadística.

Granados-Victorino *et al.*, (2015) añade que los suelos de textura arenosa propician baja densidad de arbolado por los efectos de la baja retención de humedad que a su vez influyen a bajas tasas de reclutamiento y sobrevivencia de individuos, esto puede explicar en parte las densidades registradas en el presente estudio (155 - 292 árboles/hectárea). Por su parte Gruba y Socha (2019) establece relaciones de la fracción fina del suelo (limo + arcilla) y el carbono, la fracción fina permite la estabilización de la materia orgánica y la mineralización del carbono permitiendo un mejor desempeño nutrimental del suelo, aunque en el caso del Pinal de Zamorano la concentración de Carbono en sus distintas formas no mostró diferencias significativas, la textura del suelo puede estar influyendo la integración de materia orgánica en otras formas.

Otros atributos del suelo con diferencias significativas son las descriptoras del perfil edáfico: PCSRoc y Prof (Figura 4), éstas son determinantes en la sostenibilidad de ecosistemas sobre todo en regiones méxicas y xéricas donde el agua no está disponible permanentemente (Huerta-Martínez *et al.*, 2004). Prof registró una media general de apenas 16.98 cm (Figura 31y 32) y PCSRoc una media de 10.66 %; los datos son parecidos a lo reportado por Sánchez y Chacón (1986), citado por Martínez Salvador *et al.* (2013), quienes encontraron diferencias notables en rocosidad y profundidad de suelo en relación a la productividad de *Pinus arizonica* al norte de Chihuahua. El escaso perfil edáfico puede influir en condiciones de precariedad nutrimental edáfica en la cuenca, así como de escasa humedad por su baja capacidad de retener agua (Nadal-Sala *et al.*, 2017).

Figura 32. Distribución espacial de los valores de profundidad de suelo a nivel de unidades de muestreo.

De las características químicas, el pH (Figuras 31 y 33) y las concentraciones de Ca (Figuras 31 y 34) y Fe (Figuras 31 y 35) tuvieron diferencias significativas entre las unidades de análisis. Narváez (1990) citado por Martínez Salvador *et al.*, (2013) encontró que el pH influye sobre el potencial productivo de bosques templados, la concentración de Ca reporta medias relativamente altas en PA y PM y valores muy bajos en PB, éste es uno de los elementos que más se reporta en la literatura relacionado con la composición y diversidad vegetal (Närhi *et al.*, 2011, Granados-Victorino *et al.*, 2015, ) como factor determinante del crecimiento (Selinalli *et al.*, 2020) y como variable influyente en la dominancia del dosel forestal y la composición florística (Rosas-Chavoya *et al.*, 2016).

Figura 33. Distribución espacial de los valores de pH en los suelos de las unidades de muestreo.

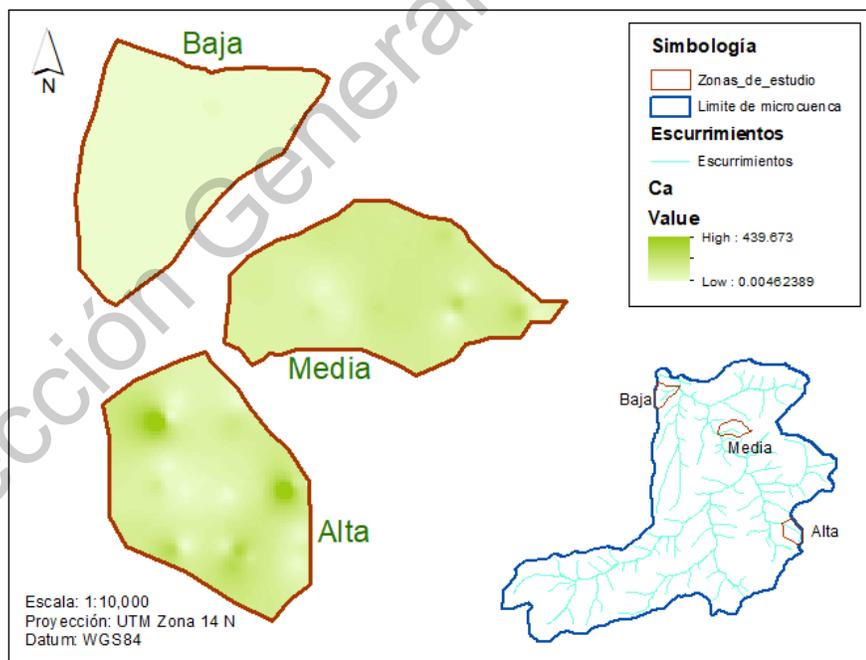


Figura 34. Comportamiento espacial de la concentración de calcio en las unidades de análisis.

En el caso de Fe, los valores medios por unidades de análisis son más altos en los sitios de PA y más bajos en PB con valores intermedios en PM (Figura 35), pocos autores han abordado sus efectos entre ellos Granados-Victorino et al. (2015) reporta correlación negativa entre éste y la composición florística de bosques de *P. cembroides* ssp orizabensis, para ésta variable aún se requiere mayor análisis. La variable SOx, mostró diferencias significativas que parecen no alinearse al criterio de clasificación por productividad (Figura 36) y no se localizaron reportes de la influencia de éste nutriente en la productividad forestal.

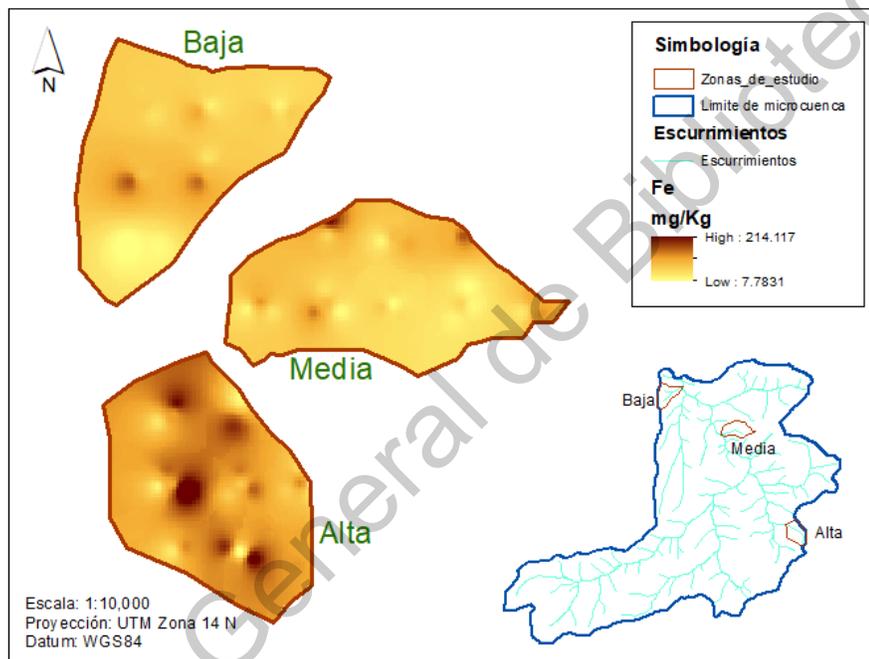


Figura 35. Comportamiento espacial de la concentración de hierro en las unidades de análisis.

Figura 36. Distribución espacial de la concentración de sulfatos en las unidades de muestreo.

#### **7.2.2.5 Calidad de agua.**

La evaluación de las funciones de cuenca tiene una alta relevancia para determinar el estado de conservación del territorio; una de las más importantes a evaluar es la regulación hidrológica, en éste caso a nivel de las unidades escurrimiento. Los resultados obtenidos del muestreo de los escurrimientos (Figura 38) de las unidades de muestreo visibilizan diferencias y tendencias en algunos de los parámetros (Figura 37). Los coliformes fecales se comportan de manera inversa a la productividad forestal, es decir valores más altos para la unidad de baja productividad y más bajos para la unidad de alta productividad; los valores de coliformes totales y la concentración de carbono orgánico total muestran tendencias positivas en las unidades de muestreo.

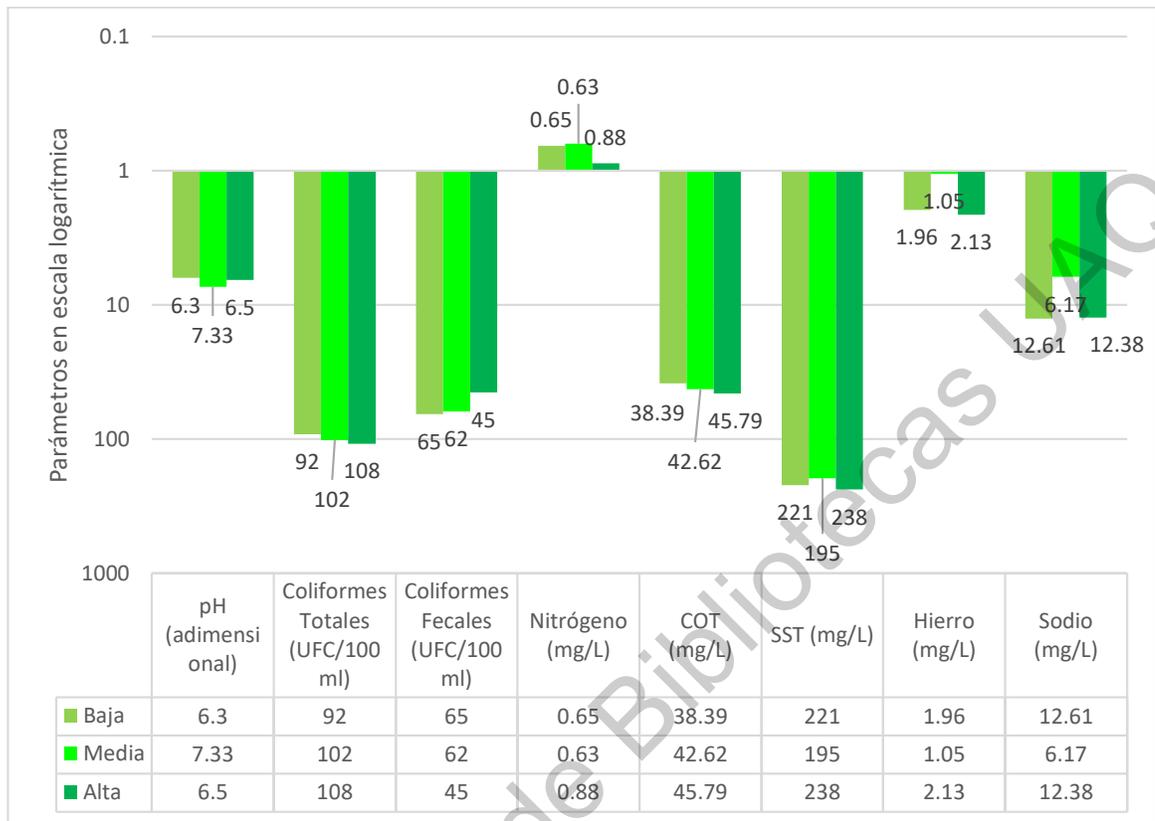


Figura 37. Variables evaluadas en el agua de los escurrimientos de las tres unidades de muestreo.



Figura 38. Fotografías tomadas durante el muestreo de agua.

Estos datos son poco sustanciosos en términos de análisis estadístico, permitiendo sólo una primera impresión de la respuesta en la regulación hidrológica de las unidades de análisis, sin poder obtener correspondencias con las variables edáficas o dasométricas.

### 7.2.2.6 Otras variables no significativas en los sitios de estudio.

Otras variables ambientales levantadas en los sitios se resumen en la figura 39, sin que todas ellas hayan alcanzado diferencias significativas entre las unidades de estudio.

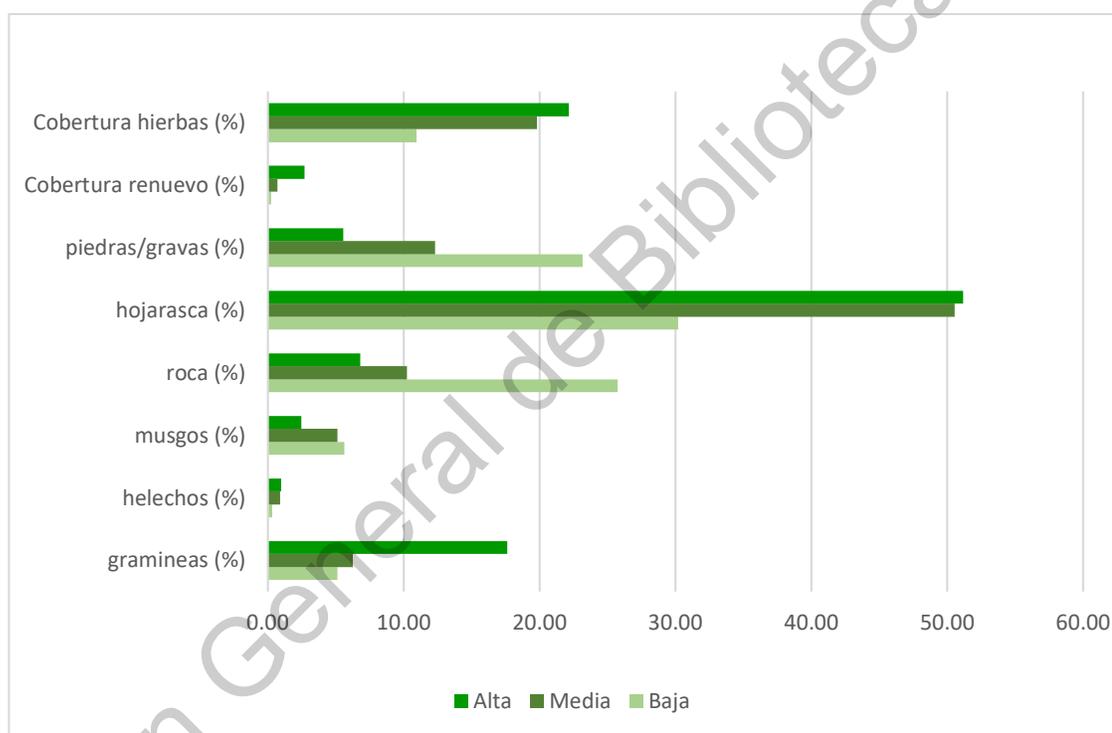


Figura 39. Valores medios de variables de cobertura de suelo en las unidades de muestreo.

De las variables edáficas que no obtuvieron valores de diferencia significativa entre las unidades fueron la conductividad eléctrica (CE) concentración de Potasio (K), concentración de ácidos húmicos (AH) y el porcentaje de contenido de arcilla (Parc). En el caso de CE y AH presenta los valores medios más altos en la unidad de alta productividad, intermedios en el de media y los más bajos en la unidad de baja productividad sin alcanzar, como ya se

mencionó, diferencias significativas (Figura 40). Para el caso de CE pueden observar zonas de variación significativa en el espacio geográfico para la conductividad eléctrica (Figura 41) el mayor y menor valor (329.04 y 11.54 dSiemens/m respectivamente) se ubican en la zona de alta productividad, el valor medio general alcanza un valor de 48.70 dSiemens/m. En las unidades de muestreo el contenido de carbono tiene una moderada correspondencia con la Conductividad eléctrica ( $p=0.486$ ), variable que condiciona la movilidad y disponibilidad de nutrientes en el suelo, siendo necesario “un conocimiento exhaustivo de los mecanismos de descomposición de la materia orgánica es importante para el manejo forestal adecuado, particularmente porque estas prácticas influyen en el ciclo de nutrientes, la captura de carbono y, en consecuencia, la productividad de los ecosistemas forestales” (Błońska *et al.*, 2017).

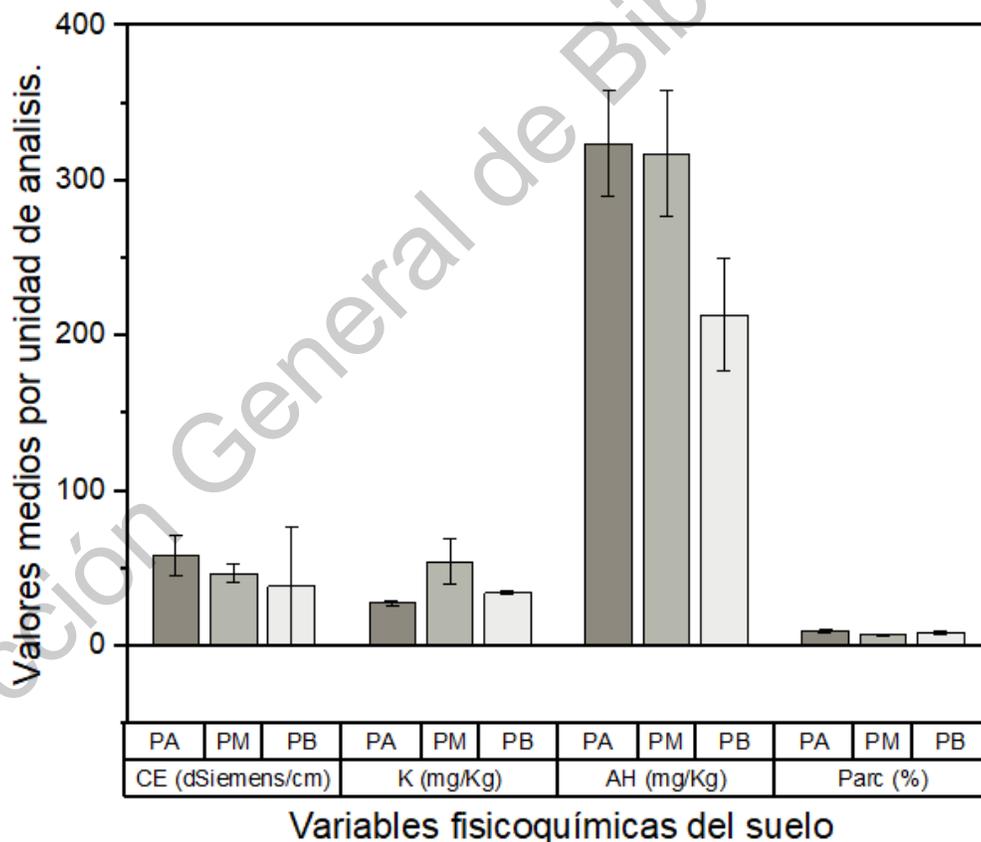


Figura 40. Valores medios de Conductividad Eléctrica a nivel de unidades de muestreo.

Figura 41. Distribución espacial de los valores de Conductividad Eléctrica en el suelo de las unidades de escurrimiento.

Los ácidos húmicos alcanzan una media general de 291.22 mg/Kg con un mínimo identificado de 1.8 mg/Kg en la zona de baja productividad y un máximo de 808.8 mg/Kg en la zona de media productividad (Figura 42). La productividad y fertilidad del suelo dependen mucho de la calidad y cantidad de materia orgánica (Błońska *et al.*, 2017) siendo la caída de hojas y la mortalidad de otras estructuras, la exudación de las raíces y la transferencia a los microorganismos, la principal fuente de carbono del suelo (Salas Infante, 2006), esta transferencia parece estar rota en alguna fase en los sitios de estudio de Pinal de Zamorano al presentar niveles de materia orgánica muy bajos (media de 0.029 %, máxima de 0.08 % medida como ácidos húmicos).

Figura 42. Distribución espacial de las concentraciones de Ácidos Húmicos en las unidades de muestreo.

Para el caso de los fosfatos (Figura 43) ocurre un comportamiento similar al del Potasio (Figura 40) y el carbono orgánico total (Figura 44), las cuales no obtienen tendencias entre las unidades de análisis.

El caso del fosfato, reportado en la literatura como un nutriente determinante para la productividad forestal, obtienen la media más alta en la unidad de media productividad, valores inferiores en la de alta productividad y los más bajos en la unidad de baja productividad. La media general es de 577.32 mg/Kg con un máximo de 6.06 g/Kg y mínimo de 22.75 mg/Kg presentando valores no detectables en varios puntos. Curiosamente los extremos se presentan en la misma unidad de análisis, la de media productividad (Figura 45).

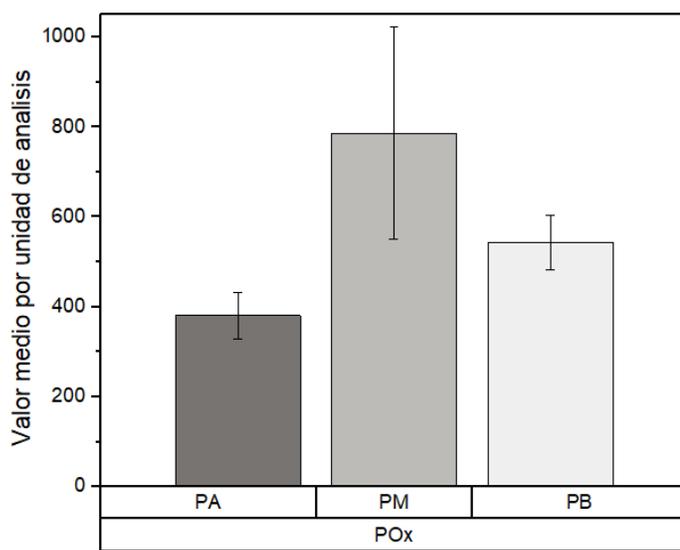


Figura 43. Valores medios de concentración de fosfatos por unidad de análisis.

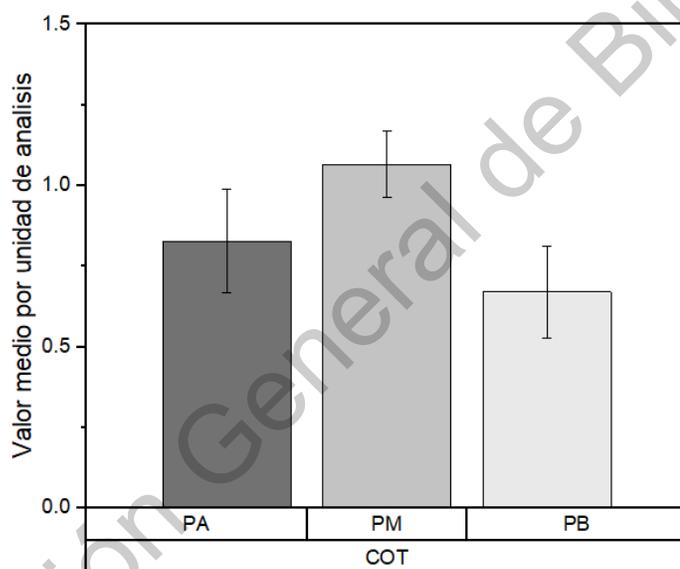


Figura 44. Valores medios de concentración de carbono orgánico total por unidad de análisis.

Figura 45. Distribución espacial de la concentración de fosfatos en el suelo de las unidades de muestreo evaluados.

#### **7.2.2.7 Correlaciones lineales entre variables.**

Al analizar la correlación de Pearson ( $r$ ) entre variables a nivel de sitios, se mantiene una estrecha relación entre  $\text{VolIEFm}^3\text{ha}$  con  $\text{DensArb}$  y  $\text{CCopm2ha}$ ; ésta última tiene también una estrecha relación con la  $\text{DensArb}$  y en menor medida con  $\text{IncRamMuertas15\%}$  en este sentido, Cruz-Leyva *et al.* (2010), afirman que la densidad arbórea alta propicia arboles con bajo porcentaje de ramas vivas a lo largo del tronco.

La Edad tiene efecto sobre atributos de los árboles como  $\text{Cortm}$  y  $\text{Diámetro Basal}$  y éstos dos últimos también se encuentran correlacionados entre sí. Pare está relacionada con ALT de forma negativa y positiva con Plim. Pare y Plim presentan el mayor valor de correlación encontrado entre las variables edáficas (Tabla 18).

Tabla 18. Correlaciones de Pearson entre variables dasométricas y edáficas a nivel de sitios.

	VolIEFm3ha	DensArb	CCopm2ha	Edad	DiamBasm	IncRamMuert15%	Cortm	DañPaxPm	ALT	Pare	Plim
VolIEFm3ha	<b>1.00</b>	<b>0.63</b>	<b>0.82</b>	0.43	0.40	0.45	0.33	0.28	0.05	-0.07	0.08
DensArb		<b>1.00</b>	<b>0.81</b>	0.28	0.25	<b>0.71</b>	0.31	0.21	0.20	0.01	0.04
CCopm2ha			<b>1.00</b>	0.38	0.33	<b>0.55</b>	0.30	0.21	0.17	-0.05	0.06
Edad				<b>1.00</b>	<b>0.86</b>	0.36	<b>0.71</b>	0.39	-0.28	0.20	-0.22
DiamBasm					<b>1.00</b>	0.28	<b>0.75</b>	0.31	-0.27	0.12	-0.11
IncRamMuert15%						<b>1.00</b>	0.35	<b>0.62</b>	-0.02	0.23	-0.13
Cortm							<b>1.00</b>	0.42	-0.40	0.24	-0.28
DañPaxPm								<b>1.00</b>	-0.26	0.37	-0.26
ALT									<b>1.00</b>	<b>-0.53</b>	<b>0.58</b>
Pare										<b>1.00</b>	<b>-0.92</b>
Plim											<b>1.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 7.2.2.8 Comportamiento de las variables de productividad forestal.

Las variables VolIEFyS y CCopm2ha son consideradas variables de productividad forestal, la primera como recurso de alta demanda industrial y comercial y la segunda por ser factor determinante para la producción de semilla (Parker *et al.*, 2013) particularmente en el piñonero (De León-Morales, 2010), éstas variables no presentaron diferencias significativas en la prueba de ANOVA entre los sitios.

En el campo geográfico podemos identificar éstas variables mediante modelos de interpolación para el VolIEFyS (Figura 46) y también para CCopm2ha (Figura 47), proceso que se puede aplicar a las demás variables cuantificadas durante la etapa de campo.

Figura 46. Distribución espacial del volumen de madera de acuerdo a la ecuación del Inventario Estatal Forestal y de Suelos para pino piñonero (m<sup>3</sup>/ha).

Figura 47. Cobertura de Copa (m<sup>2</sup>/Ha) en las unidades de análisis.

### 7.2.2.9 Modelo para predecir la cobertura de copa como variable de respuesta en la productividad de piñón.

A nivel de sitios la variable CCopm2ha presenta normalidad con la prueba Shapiro-Wilk normality de sus valores logarítmicos ( $W = 0.89122$ ,  $p\text{-value} = 1.225e^{-05}$ ) tiene una cierta correspondencia (Figura 48) con las unidades de producción a pesar de no resultar significativo en la prueba ANOVA.

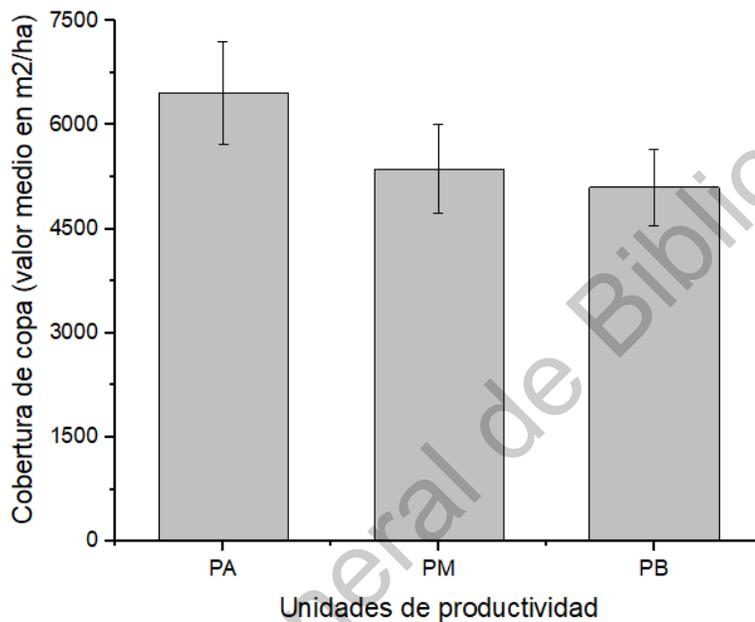


Figura 48. Valores medios de cobertura de copa en las unidades de análisis.

Considerando CCopm2ha como variable de respuesta, se exploraron modelos de regresión para predecir estimando mediante algoritmos genéticos en MobyDigs obteniendo un modelo con  $R^2$  de 82.66 y  $Q2_{loo}$  de 76.44.

CCopm2ha tiene pertinencia como variable de respuesta de acuerdo a lo reportado por De León Morales (2010) para estimar la producción de semilla de piñonero, pues ésta depende de la producción de conos la cual está influida por el desarrollo y vigor de la copa y otros factores dasométricos. Parker *et al.*, (2013) confirmó también la relación positiva entre la

producción de semillas y la cobertura de copa además de los valores de área basal en *Pinus strobus*.

$$\begin{aligned} CCopm2ha = & -2392.141 - 37.979 * PCSGra - 25.254 * PCSRoc + 17.275 * DensArb + 222.867 \\ & * DAPm + 4.875 * AH - 2.33 * SOx + 105.623 * Plim - 91.176 * DvInd \end{aligned}$$

La variable DAPm presenta un gran peso para estimar la cobertura de copa lo cual coincide con lo reportado en *Pinus patula* y *P. teocote* por Cruz-Leyva *et al.*, (2010) y por Benavidez-Meza y Fernandez-Grandizo (2012) para bosques mixtos mediante correlación de área basal (obtenida a partir de DAP) y valores de cobertura de copa. El trabajo de Cruz-Leyva *et al.*, (2010) también concuerda con este modelo en la variable densidad de árboles. Sin embargo, son pocos los reportes en la literatura sobre otros modelos de estimación de cobertura de copa y no se localizaron trabajos donde se integren variables edáficas para tal fin.

### 7.3 Estrategias para el manejo de la cuenca orientadas al incremento de la producción del bosque de pino piñonero (*Pinus cembroides*. Zucc).

Al haber integrado un diagnóstico desde varios ejes del conocimiento y sobre todo cuando la comunidad con sus actores relevantes ha participado tan activamente, es necesario integrar de manera también acompañada, estrategias que permita mejorar las condiciones de vida de las comunidades humanas y que pugne por la integridad y sostenimiento de las funciones de cuenca.

Los cuatro ejes abordados en la sección 7.1 se emplean para integrar una serie de estrategias y consideraciones de manejo del territorio desde un abordaje generalista que requerirá un mayor escrutinio en el tiempo que se pugne su implementación.

#### E1. Eje biofísico.

En éste eje se requiere el diseño de prácticas que integren en su enfoque la atención a más de un componente de la cuenca, lograr esto no es sencillo requiere de procesos de planeación, ejecución y retroalimentación de largo plazo, sin embargo con el presente esfuerzo de manera generalizada se establecen estrategias (Tabla 19) para avanzar hacia el manejo y conservación integral de la cuenca del Pinal de Zamorano:

Tabla 19. Estrategias para el E1. Eje Biofísico.

Código	Estrategia	Atiende a problemática
e1.1	Generar de programas de gestión integral del agua que incluya equipamiento comunitario y familiar, protección de zonas de recarga y manantiales y considere las gastos ecosistémicos agua de consumo y residuales.	P1.1, P1.2 y P1.3
e1.2	Diseñar e implementar reglamento a nivel de ANP, de cuenca o comunitarios de aprovechamiento pecuario en la cuenca que considere la carga	P1.6, P2.4, P3.1 y P3.3

	animal, las especies ganaderas más apropiadas, las especies silvestres que compiten por el alimento y la sanidad animal.	
e1.3	Integrar programas permanentes que reviertan la degradación del suelo, agua y vegetación in situ considerando materiales y especies nativas.	P1.3, P1.5 y P2.5
e1.4	Gestionar fuentes de financiamiento para obras y acciones de conservación y manejo integrado del territorio,	P1.1, P1.3, P1.4, P3.2, P4.2 y P4.3
e1.5	Generar planes de manejo para el aprovechamiento forestal.	P1.5, P4.1 y P. 4.3

Fuente: Elaboración propia con aportes de los actores clave y participantes del taller.

Una de las acciones más abordadas por los actores entrevistados y durante los talleres es la evaluación de la eficacia de las obras de conservación, si bien las barreras de piedra, zanjas trinchera, presas filtrantes y otras obras han sido benéficas para la conservación del suelo y el agua, no han logrado contener los efectos de degradación; muy en específico se hace la propuesta de sustituir las barreras de piedra en curva de nivel por terrazas individuales (Figura 49) con radio equivalente al radio de copa de los árboles, construidos con material muerto producto de la poda de ramas muertas y reforzadas con rocas ociosas del sitio. Éstas prácticas además de permitir una estabilización del suelo permitirán mejorar las variables de cobertura del suelo con afloramientos de gravas, roca y el porcentaje de suelo desnudo que son variables que determinan la cobertura de copa del bosque como se describió en la sección.

La conservación del suelo debe tener como principal objeto mejorar el perfil, que como se pudo observar es uno de los principales problemas en todas las unidades de análisis, también debe prever la integridad bioquímica del mismo implementando estrategias que permitan conservar e incluso mejorar el contenido de limo, la concentración de Ácidos Húmicos y Sulfatos que presentan significancia estadística.

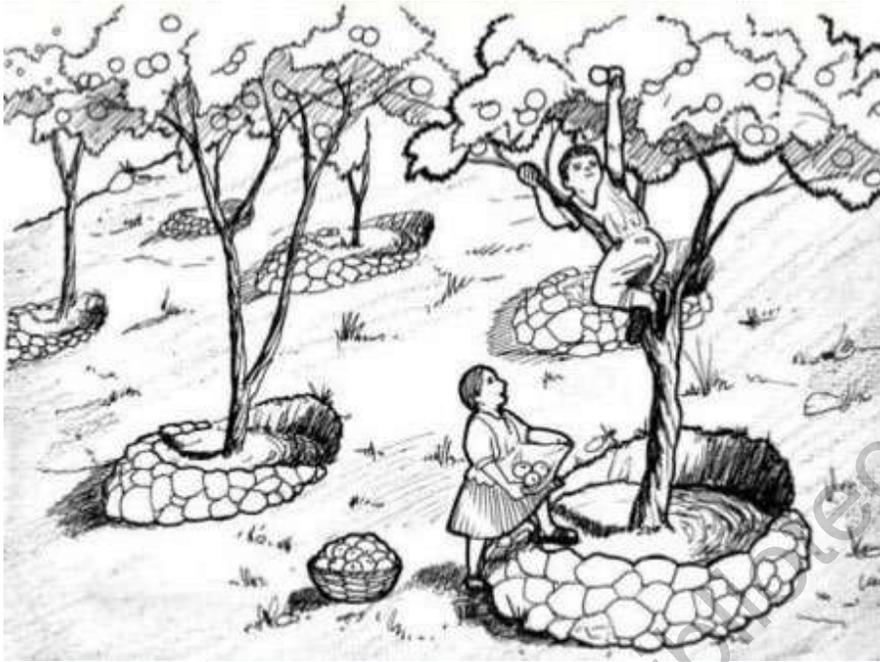


Figura 49. Imagen ilustrativa de las terrazas individuales. Tomada de <https://agronoticias2012.blogspot.com/2016/07/terrazas-individuales.html>.

Es particularmente importante manejar las variables de densidad arbórea y DAP en el manejo forestal dada la relevancia para la cobertura de copa mostrada en los modelos de las tablas 13 y 14 mediante las prácticas que se puedan establecer en las estrategias e1.3 y e1.5 apoyándose de la gestión de recursos públicos y privados.

Entre las fuentes de financieras que son potencialmente inversoras para ejecutar las actividades se tienen identificadas algunas como el pago por servicios ambientales, esquemas de compensación ambiental, restauración y sanidad forestal, conservación de suelo y agua, certificación y venta de bonos de carbono entre otras de fuentes públicas y privadas del país y del extranjero.

## **E2. Eje Social**

La escasa cohesión social y la marginación socioeconómica son los principales problemas detectados en la cuenca, las estrategias para atenderlas requieren de un proceso mucho más

amplio de diseño e implementación desde las esferas de actores locales y aquellos que intervienen desde cargos de influencia en el territorio (Tabla 20).

Tabla 20. Estrategias para el E2. Eje Social.

Código	Estrategia	Atiende a problemática
e2.1	Implementar redes de colaboración entre las comunidades de la zona baja del Municipio y las de la zona alta para labores de cosecha del piñón, obras de conservación, reforestación, sanidad forestal e intercambio de productos.	P2.1, P1.5 y P2.3, P2.5,
e2.2	Implementar actividades recreativas de bajo impacto ambiental en la zona que aproveche el potencial para senderismo.	P2.1, P2.2 y P3.2
e2.3	Integrar programas permanentes de conservación del suelo, agua y vegetación in situ que considere participación de las comunidades locales, grupos eclesiales y voluntarios de otras regiones.	P1.3, P1.5 y P2.5
e2.4	Gestionar fuentes de financiamiento para obras y acciones de conservación y aprovechamiento sustentable integrando los elementos productivos del territorio.	P1.1, P1.3, P1.4, P3.2, P4.2 y P4.3
e2.5	Generar planes de manejo para el aprovechamiento forestal maderable y no maderable.	P1.5, P4.1 y P. 4.3

Fuente: elaboración propia con la participación de los actores que inciden en la cuenca.

De las actividades que son atractivas para el público juvenil destacan en las menciones el ciclismo de montaña, observación de aves, cañonismo, espelelismo, maratón a campo traviesa entre otras; estas y otras actividades orientadas al aprovechamiento sustentable del territorio pueden insertarse dentro de fuentes financieras como el pago por servicios

ambientales y algunas convocatorias públicas y privadas del interior del país y del extranjero. De igual manera algunas convocatorias para emprendedurismo de los gobiernos locales y federales consideran prácticas como las descritas.

Las actividades productivas deberán diversificar los ingresos para los habitantes e incrementar la oferta laboral tan deprimida en la cuenca, de manera que a través del aprovechamiento responsable y la conservación de la naturaleza se propicie una simbiosis con las comunidades humanas.

### **E3. Eje Económico.**

Propiciar el desarrollo económico parte de variables endógenas primordialmente sin embargo algunas variables macroeconómicas son determinantes para alcanzarlo. La organización interna para incrementar la productividad y mejorar el ingreso es imprescindible en el contexto local para buscar redefinir las condiciones económicas considerando estrategias que integren tales objetivos (Tabla 21).

Tabla 21. Estrategias para el E2. Eje Económico.

Código	Estrategia	Atiende a problemática
e3.1	Gestionar canales de integración y comercialización de los productos de la cuenca para el mercado local y externo.	P2.1, P2.2, P2.3, P3.2, P3.3 y P3.4
e3.2	Prospectar con empresas y otros usuarios de servicios ecosistémicos la implementación de mecanismos locales de pago de servicios ambientales	P2.1, P2.5 y P3.2
e3.3	Integrar prácticas agrícolas y pecuarias de mayor eficiencia productiva y sostenibilidad ambiental en el contexto local.	P1.6, P2.4, P3.1, P3.2 y P3.3

e3.4	Vincular con mercados regionales e internacionales para actividades de turismo de naturaleza.	P2.2, P2.2, P3.2, P3.4,
e3.5	Vincular con instituciones académicas y científicas para incrementar el conocimiento sobre el medio ambiente y los sistemas productivos.	P1.4, P2.1, P2.2 y P 3.3
e3.6	Prospectar fuentes públicas y privadas para el fortalecimiento de sistemas productivos en la cuenca.	P3.3, P4.2

Fuente: Elaboración propia con aportes de los actores clave y participantes del taller.

En el eje económico resalta la necesidad de fortalecer la economía local diversificando los ingresos que hoy en día primordialmente proceden de la producción familiar y el aprovechamiento del bosque.

#### **E4. Eje de Gobernanza**

La notoria degradación de recursos naturales documentada por CIATEC e IEG (2011) ante un escenario de una escasa atención del territorio de la cuenca (Sección 5.1) hace necesario el establecimiento de canales de comunicación y gestión al interior de la cuenca y la vinculación con los actores externos que cuentan con atribuciones en el territorio (Tabla 22).

Tabla 22. Estrategias para el E3. Eje de Gobernanza.

Código	Estrategia	Atiende a problemática
e4.1	Articular un Sub-Comité de Cuencas y Bosques con las comunidades de Pinal de Zamorano, que se puede insertar en el Comité Técnico del ANP para el seguimiento de actores y acciones.	P2.3, P4.3, P3.4, 4.2 y P4.4,
e4.2	Vincular a los propietarios (particulares) y poseedores (ejidos y comunidades) para la	P3.1, P3.4 y P4.1

	obtención de licencias y permisos de aprovechamiento.	
e4.3	Actualizar el Programa de Manejo con enfoques de manejo y conservación que integre la visión de la cuenca hidrográfica.	P4.3

Fuente: elaboración propia con participación de los actores que influyen en la cuenca.

Tal figura podría insertarse como Sub-Comité en el Comité Técnico del ANP Pinal de Zamorano que sesiona dos veces al año para tener un seguimiento del programa de trabajo.

El Comité de Cuencas y Bosques asumirá funciones de gestión del territorio de entre las siguientes enunciativas más no limitativas:

- Gestión de programas para la restauración de suelos y revegetación de zonas degradadas.
- Diseño y seguimiento de estrategias para mantener la sanidad y productividad del bosque.
- Vinculación con autoridades de los tres órdenes de gobierno para la implementación de acciones y seguimiento de instrumentos normativos.
- Generación y seguimiento de estrategias para la gestión integral del agua.
- Elaboración y seguimiento de reglamento pecuario.
- Seguimiento de convocatorias públicas y privadas del país y el extranjero para la obtención de recursos y acciones para alcanzar los objetivos.

Otras actividad relevante del Sub-Comité de cuenca y bosques es el de coordinar con los propietarios (particulares) y poseedores (ejidos y comunidades) esfuerzos para la regularización de aprovechamientos forestales maderables y no maderables, minerales metálicos y no metálicos, y otros que así lo requieran, los permisos y concesiones aplicables desde la normativa legal vigente.

Entre las prácticas que la ritualidad en la cuenca y el resto de comunidades de la parroquia, para lograr una mejor convivencia humano – naturaleza, se consideran:

- Desuso de recipientes desechables para compartir los alimentos y las bebidas, sustituidos por materiales reutilizables de barro, cerámica o plástico; en algunos eventos los organizadores solicitan llevar sus propios utensilios.
- Promoción de la revegetación a través de la entrega de símbolos, el padrino además de entregar vela, rosario y biblia, hace entrega de un árbol frutal y un árbol de sombra. En este sentido se requiere brindar seguimiento a las plantaciones y priorizar especies nativas.
- Creación de una cartilla ambiental a los niños en catequesis para registrar compromisos y el cumplimiento con su entorno.
- Generar planes de reforestación masiva desde la organización parroquial.
- Concientizar sobre el impacto de la extracción y uso de plantas nativas para el adorno de oratorios y templos durante las celebraciones.
- Diseñar proyectos de rescate del chimal (*Dasyllirion acrotiche*) como planta ritual.

La intervención del territorio desde una articulación social e institucional es determinante para la sostenibilidad ambiental; se ha observado que variables sociopolíticas son importantes predictores de la efectividad en labores de restauración en varias partes del mundo con la necesidad de una adaptación de las estrategias según las condiciones locales (Budiharta *et al.*, 2016). Es necesario enfrentar los retos relacionados con la estabilidad y productividad de los sistemas desde la certidumbre científica y la participación de expertos en la toma de decisiones en la busque de socioecosistemas más resilientes (Balvanera *et al.*, 2017)

## 8. CONCLUSIÓN

En la región del Pinal de Zamorano el bosque de pino piñonero se encuentra degradado sobre todo en su perfil edáfico. Las variables del suelo pH, contenido de sulfatos, calcio, fierro, así como en la profundidad, presencia de afloramientos rocosos y en textura a nivel de unidades de estudio particularmente con el contenido de arena y limo tienen influencia sobre los niveles de productividad forestal. Algunas de ellas como la textura, particularmente el contenido de limo, presentan una alta correspondencia con la altitud de los sitios.

Entre las variables dasométricas la edad, el grosor de la corteza, y el daño por paxtle también evidenciaron diferencias significativas.

La presencia de *Dodonaea viscosa* es útil para predecir el grado de productividad en las unidades de estudio, por lo tanto se puede usar como un bioindicador de la salud ecosistémica para ésta región.

La percepción de las comunidades concuerda con lo observado en las variables fisicoquímicas, es decir se identifica por parte de los pobladores la degradación del bosque; al mismo tiempo se percibe una desatención tanto institucional como social. Se identifica una subvaloración comercial del piñón en la región de estudio pero se identifican también oportunidades de mejora en los ingresos a partir del aprovechamiento de éste recurso.

Se identifican buenas voluntades para la conservación, las cuales no han logrado integrarse para hacer eficientes las acciones y planes de conservación y manejo aplicados hasta el momento.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. *Madera y bosques*, 21(spe), 17-28.
- Aguirre G. J. y Duivenvoorden, J. F. (2010). Can we expect to protect threatened species in protected areas? A case study of the genus *Pinus* in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(3), 875-882. ISSN: 1870-3453. Recuperado el 19 de Mayo de 2020.
- Alatorre-Frenk, G. (2009). El enfoque intercultural y la sustentabilidad. Reflexiones desde un proyecto de gestión participativa de cuencas. *Bosques y agua. EntreVerAndo Oct. 2009*, 25-27.
- Antonio-Bautista, A., Valencia-Martínez, Y., Vazquez-Badillo, M. E. y Facio-Parra, F. (2008). Tratamiento químico de semilla almacenada de *Pinus cembroides* Zucc y *Pinus pseudostrobus* Lind. *Comunicación presentada en el XIV Curso Internacional y 1er Congreso en Tecnología de semillas*, Saltillo, Coahuila, México.
- Arres-Morales, C., Marques-Ramírez, J. y Ramírez-García, E. (2012). Algunas modificaciones físicas y químicas del suelo al establecer una plantación de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D. K. Bailey. *Foresta Veracruzana*, 14(1), 29-34.
- Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F. D. y Zermeño Hernández, I. (2017) Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88 (2017) 141–149.
- Barrera-Zubiaga, E. J. E., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L. y Luna-Cavazos, M. (2018). Caracterización de cuatro bosques de pino piñonero del Estado de Zacatecas, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 24(3), 275-296.
- Benavides-Meza, H. M., y Fernández-Grandizo, D. Y. (2012). Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del Bosque de Chapultepec. *Madera y bosques*, 18(2), 51-71.

- Biestroek R., Swart R. y Van der Knapp, W. (2009). The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning. *Habitat international*, 33, 230-237.
- Błońska, E., Klamerus-Iwan, E., Lasota, J., Gruba, P., Pach M. & Pretzsch H. (2018) What Characteristics of Soil Fertility Can Improve in Mixed Stands of Scots Pine and European Beech Compared with Monospecific Stands?, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49:2, 237-247, DOI: 10.1080/00103624.2017.1421658
- Borda-Niño, M., Hernández-Muciño, D. y Ceccon, E. (2017) Planning restoration in human-modified landscapes: New insights linking different scales. *Applied geography*, 83, 118-129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.012>.
- Budiharta, S., Meijaard, E., Wells, J. A., Abram, N. A. y Wilson, K. A. (2016). Enhancing feasibility: Incorporating a socio-ecological systems framework into restoration planning. *Environmental Science & Policy*, 64, 83-92, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.014>.
- Candelo-Reina, C., Ortíz, R. A. y Unger, B. (2003). Hacer talleres: una visión práctica para capacitadores. WWF, Colombia, Autor. ISBN 958-95905-4-3.
- Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas & Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (2011). Actualización del Programa de Manejo del ANP Pinal de Zamorano. México. Autor.
- Chavoya, R. M., Granados, S. D., Granados, V. R. L., y Esparza, G. S. (2016). Clasificación y ordenación de bosques de pino piñonero del estado de Querétaro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 52–73.
- Combatt, E. M., Martínez, G. y Polo, J. (2005). Caracterización química y física de los suelos agroforestales de la zona alta de Cordoba. *Temas Agrarios*, 10 (2), 5-14.
- Comisión Nacional Forestal. (2014). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Procedimientos de muestreo Versión 1.2. Guadalajara, Jal., México: CONAFOR.
- Comisión Nacional Forestal. (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos Guanajuato 2014. Tomo II. Guadalajara, Jal., México: Autor.
- Constante-García, V., Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Cornejo-Oviedo, E. H. y Valencia-Manzo, S. (2009). Dendrocronología de *Pinus cembroides*. Zucc.y

reconstrucción de precipitación estacional para el Sureste de Coahuila. *Ciencia Forestal en México*, 34(106), 17-39.

Consejo Nacional de Población (2010). Índice de Marginación por Localidad 2010.

Recuperado el 18 de Octubre del 2019.

Cortés-Barrera, E. N., Villanueva-Díaz, J., Nieto-de Pascuala Pola, C., Estrada-Avalos, J. y Guerra-de la Cruz, V. (2012). Reconstrucción de precipitación estacional para el noroeste de Guanajuato. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(9), 51-67.

Cottler, H. y Priego, A. (2007) El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso del río Lerma-Chapala. En Cottler, H. (Comp.) *El Manejo Integral de Cuencas en México* 79-90. Ciudad de México, México: SEMARNAT.

Cottler A., H., Galindo A., Gonzalez M., G. D., Pineda L., R. F. y Ríos P., E. (2013) *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. México, SEMARNAT.

Cruz-Leyva, I. A., Valdez-Lazalde, J. R., Ángeles-Pérez, G., & Santos-Posadas, H. M. de los. (2010). Modelación espacial de área basal y volumen de madera en bosques manejados de *Pinus patula* y *P. teocote* en el ejido Atopixco, Hidalgo. *Madera y bosques*, 16(3), 75-97.

De León Morales, (2010). Factores que influyen en la producción de piñón (*Pinus cembroides*. Zucc). Monografía como requisito para titulación Ingeniería Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México.

Diario Oficial de la Federación. (2002). Norma Oficial Mexicana 021-RECNAT-2000. SEMARNAT, México. Autor.

Díaz, J. (s/f). Análisis de erosión de suelo. Services in Geographic Information System.

Escalera, J. y Ruiz, E. (2011). Resiliencia Socioecológica: aportaciones y retos desde la Antropología. *Revista de Antropología Social*, 109(20), 109-135.

Espejel, A., López, S., Barrera, A., Ybarra, C. y Cavarrubias, I. (2017). Adopción de innovaciones, valor agregado en la cadena de piñón (*Pinus cembroides* subsp. *Orizabensis*) en Veracruz comunicación presentada en *XI Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria*. España.

- Farber, C. S., Costanza, R. y Wilson, A. M. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics* 41(3): 375–392
- Faustino-Manco, J. (2010). La gestión territorial en el manejo de cuencas hidrográficas en Villalobos, R. y Orozco, L. (Eds.) *Taller Internacional “Gestión de territorios: El Salto desde la planificación”*.
- Faustino J. y Jiménez, F. (2005). El modelo de cogestión de cuencas hidrográficas en América Central. Disponible en [www.portalcuencas.net](http://www.portalcuencas.net).
- FAO (2007). La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas (FAO Ed. Vol. 1). Roma, Italia: Autor.
- Felstead, N. J., Gonzalez, S., Huddart, D., Noble, S. R., Hoffmann, D. L., Metcalfe, S. E., Leng, M. J., Albert, B. M., Pike, A. W. G., Gonzalez-Gonzalez, A. y Jiménez-López, J. C., (2014) Holocene-aged human footprints from the Cuatrociénegas Basin, NE Mexico, *Journal of Archaeological Science* (42), 250-259
- Fernando-Luis, I., Sánchez-Ramos, G., Martínez-Ávalos, J. G. y Reyes-Castillo, P. (2015). Evaluación del daño por *Retinia arizonensis* (Heinrich) (Lepidoptera: Tortricidae), parámetros estructurales y regeneración natural en *Pinus nelsonii* (Shaw) y *P. cembroides* (Zucc.) en Miquihuana, Tamaulipas, México, *Acta Zoologica Mexicana* (nueva serie), 31(3), 367-379.
- Flores-Ramírez, N. F., Mendizábal-Hernández, L. del C. y Alba-Landa, J. (2012). Potencial de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el Valle del Perote. Estudio de Caso: *Pinus cembroides* ssp. *Orizabensis* D. K. Bailey. *Foresta Veracruzana*, 14 (1), 17-22.
- Flotemersch, J. E., Leibowitz, S. G., Hill, R. A., Stoddard, J. L., Thoms, M. C. y Tharme R. E. (2016). A watershed integrity definition and assessment approach to support strategic management of watersheds. *River Research and Applications*, (32), 1654-1671.
- Francisco, P. (2015). *Laudato SI'*: Carta encíclica del Sumo Pontífice Francisco: a los obispos, a los presbíteros y a los diáconos, a las personas consagradas y a todos los fieles laicos sobre el cuidado de la casa común. Lima: Paulinas.

- Franciscus P. (2017) Carta Enciclica '*Laudato si'* Alabado seas, sobre el cuidado de la casa común. 1ª Ed. 2da Reimpresión. Obra Nacional de la Buena Prensa A. C. México.
- Fuentes-Amaro, S. L., Legaria-Solano, J. P. y Ramírez-Herrera, C. (2019). Estructura Genética de poblaciones de *Pinus cembroides* de la región central de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(1), 57-65.
- García de Alba-Verduzco, J. E. (2008), *Aplicación del paradigma de desarrollo de las zonas secas (DDP), examinando el uso del agua en un sistema humano-ambiental: estudio de caso en la Amapola, México* (Tesis de maestría). Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. San Luis Potosí, México.
- García-Aranda, M. A., Méndez-González, J. y Hernández-Arizmendi, J. Y. (2018). Distribución potencial de *Pinus cembroides*, *Pinus nelsonii* y *Pinus culminicola* en el Noreste de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 5(13), 3-13.
- García-Fernandez, E., Ramírez-García, E. O., Mendizabal-Hernández, L. del C., Alba-Landa, J. y Marques-Ramírez, J. (2014). Parámetros de producción de semillas de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D. L. Bailey de una plantación en la región de Perote, Veracruz, México, *Foresta Veracruzana*, 16(2), 37-42.
- Gasca-Lozano, L. E. y Díaz-Cervantes, E. (2010). Evaluación de la viabilidad del uso de jales mineros y biosólidos para crecimiento de *Raphanus sativus*, *Coriandrum sativum*, *Phaseolus vulgaris* y *Medicago sativa*. Tesis de licenciatura. Universidad de Guanajuato. México.
- Gernandt, D. S. y Pérez-de la Rosa, J. A. (2014). Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 126-133.
- Gili, A., Trucco, R., Niveyro, S., Balzarini, N., Estelrich, D., Quiroga, A. & Noellemeyer, E. (2010). Soil texture and carbon dynamics in savannah vegetation patches of central Argentina. *Soil Science society of America Journal* 74(2), 647-657.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. (2000). Decreto Gubernativo Número 161 para la declaratoria del Área Natural Protegida en la Categoría de Reserva de

Conservación conocida como Pinal de Zamorano. *Periódico Oficial* del 06 de junio del 2000. Guanajuato, México.

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2002). Formulación del Plan de Manejo del Área Natural Protegida Pinal de Zamorano. *Periódico Oficial* (125) del 18 de octubre del 2002. Guanajuato, México.

Gómez Cruz, M. A., Schwentesius R., R, Ortigoza R., J. y Gómez Tovar, L. (2010). Situación y desafíos del sector orgánico de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(4), 593-608.

Granados-Sánchez, D., Sánchez-González, A., Granados-Victorino, R. L. y Borja-de la Rosa, A. (2011). Ecología de la vegetación del desierto chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XVII, 111.131.

Granados-Victorino, R. L., Granados-Sánchez, D. y Sánchez-González, A. (2015) Caracterización y ordenación de los bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) de la cuenca oriental (Puebla, Tlaxcala y Veracruz). *Madera y Bosques*, 21(2), 23-42.

Gruba, P., y Socha, J. (2019). Exploring the effects of dominant forest tree species, soil texture, altitude, and pH<sub>H2O</sub> on soil carbon stocks using generalized additive models. *Forest Ecology and Management*, 447, 105–114. doi:10.1016/j.foreco.2019.05.061.

Hernández-Anguiana, L. A., López-Upton, J., Ramírez-Herrera, C. y Romero-Manzanares, A. (2018). Variación en germinación y vigor de semillas de *Pinus cembroides* y *Pinus orizabensis*. *Agrociencia*, 52 (8), 1161-1178.

Hernández-Díaz, J. C., Corral-Rivas, J. J., Quiñones-Chávez, A., Bacon-Sobbe, J. R. y Vargas-Larreta, B. (2008). Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental. *Madera y bosques*, 14(3), 25-41.

Hernández-Moreno, M. M., Islas-Gutierrez, J. y Guerra de la Cruz, Vidal. (2011). Márgenes de comercialización del piñón (*Pinus cembroides* subsp. *orizabensis*) en Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2), 265-279.

- Hren, T., M. Pagani, D. Erwin y M. Brandon. 2010. Biomarker reconstruction of the earlyeocene aleotopography and paleoclimate of the northern Sierra Nevada. *Geology* 38(1):7-10.
- INEGI. (2011). Diseño de la muestra en proyectos de encuesta. México. Autor. [https://www.snieg.mx/documentacionportal/normatividad/vigente/doctos\\_genbasica/muestra\\_encuesta.pdf](https://www.snieg.mx/documentacionportal/normatividad/vigente/doctos_genbasica/muestra_encuesta.pdf)
- INEGI. (2020) Censo de Población y Vivienda 2020. México. Autor. <https://www.inegi.org.mx/app/scitel/consultas/index#>
- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. (2000). Decreto del Área Natural Protegida en la categoría Reserva de Conservación la zona conocida como “Pinal de Zamorano”. *Periódico Oficial del Estado de Guanajuato* (45). México. Autor.
- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. (2002). Programa de Manejo del Área Natural Protegida Pinal de Zamorano. *Periódico Oficial del Estado de Guanajuato* (125). México. Autor.
- Jardi, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje, análisis de las variables morfométricas que la definen. *Revista de Geografía* XIX, 41-68. Barcelona, España.
- Jiménez-Martínez, G., Rodríguez-Hernández, R. y Pérez-Torres, M. A. (2009). El mercado potencial de árboles de navidad naturales. *Naturaleza y Desarrollo*, 7(2), 23-32.
- Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanis-Rodríguez, E. y Yereña-Yamallel, I. (2013). Contenido de carbono en especies vegetales en: Cantú-Ayala et al. (eds), *Historia Natural del Parque Nacional Cumbres de Monterrey, México*. UANL-CONANP. México. 349-355.
- Juan-Pérez, J. I., Gutiérrez-Cedillo, J. G., Némiga, X. A., Balderas-Plata, M. A., y Ramírez-Dávila, J. F. (2010). Multifuncionalidad y manejo campesino del Chapulixtle (*Dodonaea viscosa*) en una región cálida del Estado de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 7(1), 17-33.
- Lezama, J. L. (2019). La naturaleza ante la triada divina. El Colegio de México. México.
- Loewe, M. V. (2011). La producción de piñones de pino, una alternativa atractiva y factible para la Patagonia. *Ciencia e Investigación Forestal*, 17(1), 109-128.

- López-Mata, L. (2001). Proteins, amino acids and fatty acids of nuts from the Mexican endemic rarity, *Pinus maximartinezii*, and its conservation implication. *Interciencia*, 26 (12), 606-610.
- López-Pérez, A., Martínez-Menes, M. R. y Fernández-Reynoso, D. S. (2015). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VI (1), 121-137.
- Luján Álvarez, C., Olivas García, J. M., y Hernández Salas, J. (2016). Modelo socioecológico participativo para el desarrollo forestal comunitario sustentable en el estado de Chihuahua, México. *Estudios de historia y sociedad*, 37(145), 221-249.
- Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A., y García-Moya, E. (2008). Afinidades en la flora genérica de piñonares del norte y centro de México: un análisis fenético. *Revista mexicana de biodiversidad*, 79(2), 449-458.
- Martínez-Valdés, Y. y Villalejo-García, V. M. (2020). Caudal ambiental: herramienta ecohidrológica en la gestión de los recursos hídricos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41(1), 56-70.
- Márquez Ramírez, J., Alba-Landa, J., Mendizábal-Hernández, L. del C., Ramírez-García, E. O., y Cruz-Jiménez, H. (2010). La fenología reproductiva y el manejo de los recursos forestales. *Foresta Veracruzana*, 12(2), 35-38.
- Martínez-De la Cruz, I., Rubí-Arriaga, M., González-Huerta, A., Pérez-López, D.F., Franco-Mora, O. y Castañeda-Vildózola, A. (2015). Frutos y semillas comestibles en el Estado de México, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (2), 331-346.
- Martínez-Salvador, M., Valdez-Cepeda- R. D. y Pompa-García, D. (2013). Influencia de variables físicas en la productividad de *Pinus arizonica* y *Pinus engelmannii* en el sur de Chihuahua, México. *Madera y Bosques* 19(3), 35-49
- Meneses-Tovar, C. L. (2011). El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. *Unasyuva* 238 (62), 39-46.
- Merino, L. (2016). Rights, Pressures and Conservation in Forest Regions of México en De Castro, F., Hogenboom, B. Baud, M. (Eds) *Environmental Governance in Latin America*. 234-256. Hampshire, England: Palgrave MacMillan.

- Montalvo, J. M., Bueno, S. y Torres, J. G. (2001). Ecuación para el cálculo del Volumen del árbol *Pinus occidentalis*. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 7. 49-53.
- Montes-León, M. A. L., Uribe-Alcántara, E. M. y García-Celis, E. (2011). Mapa nacional de erosión potencial. *Tecnología y ciencias del agua*, 2(1), 05-17.
- Mueller-Dombois, D. y Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and sons Inc. USA. 10.2307/213332.
- Naciones Unidas. (1987). Cuadragésimo segundo período de sesiones Terna 83 e) del programa provisional: Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo. A/42/47 Asamblea General. Autor.
- Nadal-Sala, D., Sabaté, S., & Gracia, C. (2017). Importancia relativa de la profundidad del suelo para la resiliencia de los bosques de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.) frente al incremento de aridez debido al cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 26(2), 18-26. doi:10.7818/re.2014.26-2.00.
- Närhi, P., Middleton, M., Gustavsson, N., Hyvönen, E., Sutinen, M. L. y Sutinen, R. (2010). Importance of soil calcium for composition of understory vegetation in boreal forest of Finnish Lapland. *Biochemistry*, 102, 239-249.
- Orozco-Hernández, M. E., Gutiérrez-Martínez, G., y Delgado-Campos, J. (2009). Desarrollo rural y deterioro del bosque. Región interestatal del Alto Lerma. *Economía, sociedad y territorio*, 9(30), 435-472.
- Paneque-Pérez, V. M. (2010). Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos.
- Parker, W. C., Noland, T. L., y Morneault, A. E. (2013). Comparative mast seed production in unmanaged and shelterwood white pine (*Pinus strobus* L.) stands in central Ontario. *New Forests*, 44(4), 613–628.
- Pérez-Noyola, F.J., Flores, J., Yáñez-Espinosa, L., Jurado, E., González-Salvatierra, C. y Badano, E. (2020). Is ball moss (*Tillandsia recurvata*) a structural parasite of mesquite (*Prosopis laevigata*)? Anatomical and ecophysiological evidence. *Trees* 35, 135–144 (2021).

- Pérez Suarez, M. (2009). Understanding the role of *Pinus cembroides* and *Quequs potosina* in water and nutrient dynamic in a semi-arid forest ecosystem of central northwest Mexico applying the functional matrix approach (Tesis doctoral). Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A. C. San Luis Potosí, México.
- Reyes-Carrera, S. A., Méndez-González, J., Najera-Luna, J. A. y Cerano-Paredes, J. (2013). Producción de hojarasca en un rodal de *Pinus cembroides* Zucc. en Arteaga, Coahuila, México y su relación con las variables climáticas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 01(06), 147-155.
- Romero-González, O. G. (2005). Variación morfológica de conos y semillas de cinco procedencias de *Pinus cembroides*. Zucc. en Hidalgo (Tesis de Licenciatura) Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.
- Romero-Manzanarez, A. y García-Moya, E. (2002). Estabilidad y elasticidad de la composición florística de los piñonares de San Luis Potosí, México. *Agrociencia*, 36 (2), 243-254.
- Rosas-Chavoya, M., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L. y Esparza-Govea, S. (2015). Clasificación y ordenación de bosques de pino piñonero del Estado de Querétaro. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(33), 52-73.
- Salas, J., e Infante, A. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Rev. For. Lat*, 40, 47-70.
- Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*, 14(1), 107-120.
- Sánchez-Tamayo, V., Mendizábel-Hernández, L. C. y Rebolledo-Camacho, V. (2002), Variación en conos y semillas de *Pinus cembroides* subsp, orizabensis D. K. Balley de Alzayanca, Tlaxcala. *Foresta Veracruzana*, 4 (1), pp. 25-30.
- Sánchez-Tamayo, V., Nieto-Pérez, M. L. y Mendizábel-Hernández, L. C. (2005), Producción de semillas de *Pinus cembroides* subsp, orizabensis D. K. Balley de Alzayanca, Tlaxcala, México. *Foresta Veracruzana*, 7 (1), pp. 15-20.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional Forestal (2015). Inventario estatal forestal y de suelos – Guanajuato 2014. Zapopan, Jal. México. Autor.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales / Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40 Gobierno de la República. 60 pp. Disponible en: [www.encc.gob.mx/](http://www.encc.gob.mx/).

Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial [SMAOT], (2019). Áreas Naturales Protegidas. Guanajuato, México. Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/areas-naturales-protegidas>.

Sínodo de los obispos al Santo Padre. (2019). Asamblea especial para la región panamazónica. Amazonía: nuevos caminos para la iglesia y para una ecología integral. Documento final. Ciudad del Vaticano. Disponible en: [https://www.vatican.va/roman\\_curia/synod/documents/rc\\_synod\\_doc\\_20191026\\_sinodo-amazzonia\\_sp.html](https://www.vatican.va/roman_curia/synod/documents/rc_synod_doc_20191026_sinodo-amazzonia_sp.html).

Universidad Autónoma de Nuevo León. (1997). Morfometría de cuencas. Autor Recuperado el 21 de Septiembre de 2019 de <http://julianrojo.weebly.com/uploads/1/2/0/0/12008328/morfometria.pdf>

Tzanahua-Sánchez, J. (2006). Fertilización en tres plantaciones de árboles de navidad de *Pinus cembroides* Zucc. En el Noreste de México (Tesis de licenciatura) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Universidad de Granada. (1997). Hoja de cálculo del tamaño óptimo de muestra. España. Autor. Disponible en:

[https://www.google.com/url?sa=trct=jq=esrc=ssource=webcd=ved=2ahUKEwil5Ze11ujwAhUFWq0KHV6WCAQQFjAAegQIAhADurl=https%3A%2F%2Fwww.ugr.es%2F~ecordon%2Fmaster%2Fdocus%2Fcalculotama%25C3%25B1o muestra.xlsusg=AOvVaw3iggr5why1\\_eKJ6UVPt\\_A8](https://www.google.com/url?sa=trct=jq=esrc=ssource=webcd=ved=2ahUKEwil5Ze11ujwAhUFWq0KHV6WCAQQFjAAegQIAhADurl=https%3A%2F%2Fwww.ugr.es%2F~ecordon%2Fmaster%2Fdocus%2Fcalculotama%25C3%25B1o muestra.xlsusg=AOvVaw3iggr5why1_eKJ6UVPt_A8)

Uzeta, J. (2001). El paisaje desde el cerro: la construcción de un entorno otomí en Guanajuato. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, XXII (87), 81-107 ISSN: 0185-3929.

- Valdez-Carrera, A. C., Hernández-Guerrero, J. A. y Carbajal-Monroy, J. C. (2020). Optimización del uso del paisaje físico-geográfico en las zonas funcionales de la microcuenca Potrero de la Palmita, Nayarit, México. *Revista Cartográfica*, 101, 09-34.
- Vargas, V., Carrasco, N. y Vargas, C. (2019). Local Participation in Forest Watershed Management: Design and Analysis of Experiences in Water Supply Micro-Basins with Forest Plantations in South Central Chile. *Forests*, 10(17). doi:10.3390/f10070580.
- Velásquez-Valle, M. A., Esquivel-Arriaga, G., Sánchez-Cohen, I., Castillo-Quiroz, D., Cano-Pineda, A. y Gutiérrez-Luna, R. (2017). Comportamiento hidrológico de una pequeña cuenca de uso silvopastoril en el sureste de Coahuila, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(43), pp. 143-164.
- Vidal-Aguilar, S. L. (2015). *Vulnerabilidad de un ejido al sur del Estado de Nuevo León ante infestaciones de escarabajos descortezadores* (Coleóptera: Curculinidae) (Tesis de maestría) Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México.
- von Gadow, K., Sánchez-Orois, S. y Aguirre-Caldero, O. A. (2004). Manejo forestal con bases científicas. *Madera y Bosques* 10(2), 3-16
- Yerena-Yamallel, S. (2016). *Influencia de la composición y estructura de los bosques de Pinus cembroides sobre las infestaciones de Dendroctonus mexicanus en Aramberri, Nuevo León* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México.

## 10. ANEXOS

### 1. Formato de Formato de Campo para el levantamiento de variables dasométricos.

Formato No. M01C/edgarpmv/CAM01 

**Formato para el levantamiento de datos en campo para la caracterización del bosque de Pinus camboioides**  
**Proyecto de Tesis: Propuesta de manejo en la cuenca norte de Pinal del Zacoaco para incrementar producción del bosque de pifonera.**

**1. Información del Conglomerado**  
 Unidad de Escarmentado: Alta ( ), Media( ), Baja( ) Productividad \_\_\_\_\_ No. de Conglomerado: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_ Horario: \_\_\_\_\_ Precio: \_\_\_\_\_  
 Tenencia: \_\_\_\_\_ Parcela: \_\_\_\_\_ Accesibilidad: Buena( ), Regular( ), Mala( )

**2. Descripción de la ubicación del conglomerado:** \_\_\_\_\_

**3. Coordenadas GPS del punto central del Conglomerado:**  
 Latitud: Norte \_\_\_\_\_ Longitud: Oeste \_\_\_\_\_ Error GPS (m): \_\_\_\_\_  
 Grados: \_\_\_\_\_ Grados: \_\_\_\_\_ Referencia: \_\_\_\_\_  
 Minutos: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_ Datum: WGS1984  
 Segundos: \_\_\_\_\_ Segundos: \_\_\_\_\_ Altitud: \_\_\_\_\_ msnm.

**4. Croquis de ubicación:**  


Propietario: \_\_\_\_\_  
 Dirección: \_\_\_\_\_  
 Teléfono: \_\_\_\_\_

**5. Características del Conglomerado:**  
 Pendiente: \_\_\_\_\_ % Filotráfico: \_\_\_\_\_  
 Exposición: Z ( ), N ( ), S ( ), E ( ), W ( ), NE ( ), SE ( ), NW ( ), SW ( )

**6. Diversidad de especies por estrato**

Estrato	Especie dominante	Especies codominantes	Número de especies
Arboreo			
Arbustivo			
Herbáceo			

**7. Diversidad de epifitas sobre el arbolado**

Tipo/Clase	Presencia en troncos			Presencia en ramas y ramillas		
	Escasa < 15 %	Abundante 15-40 %	Muy abundante > 40 %	Escasa < 15 %	Abundante 15-40 %	Muy abundante > 40 %
helechos						
orquídeas						
musgos						
Equenop						
cactáceas						
bromeliáceas						

**8. Evidencia de plagas**

Agente (bacterias, ácaros, insectos, hongos, virus)	Género y especie	Nombre común	% afectación estrato arboreo	% afectación repoblado	Estatus (activo/inactivo)	Árboles afectados (% del total de árboles)

Página 1



Formato para el levantamiento de datos en campo para la caracterización del bosque de Pinus omeñensis

Proyecto de Tesis: Propuesta de manejo en la cuenca norte de Pinal del Zamorano para incrementar producción del bosque de pionero.

9. Información de los sitios de muestreo

Conglomerado: \_\_\_\_\_

9.1 Número de sitio: (1) (2) (3) (4)

Coordenada GPS del Sitio

Latitud: \_\_\_\_\_

Grados: \_\_\_\_\_

Minutos: \_\_\_\_\_

Segundos: \_\_\_\_\_

Norte

Longitud: \_\_\_\_\_

Grados: \_\_\_\_\_

Minutos: \_\_\_\_\_

Segundos: \_\_\_\_\_

Oeste

Error GPS (m): \_\_\_\_\_

Elevación: \_\_\_\_\_

Datum: WGS1984

Altitud: \_\_\_\_\_ msnm

10. Registro de Vegetación menor y Cobertura de Suelo (Sitio de 1 m<sup>2</sup>)

Vegetación menor	Cobertura
Gramíneas	%
Hierbas	%
Musgos	%
Líquenes	%
Hiedras	%
*Cada categoría puede alcanzar 100 %	

Cubierta de Suelo	Cobertura
Roca	%
Suelo desnudo	%
Hojas caídas	%
Piedras y gravas	%
Otros	%
El total debe sumar 100 %	

11. Registro de repoblado para plantas de menos de 7.5 cm de diámetro y más de 25 cm de altura (Sitio de 12.56 m<sup>2</sup>)

Especie	Frecuencia y edades de repoblado						Daño (Tipo y %)	Vigor (1-4)
	0.25 - 1.5 m		1.51 - 2.75 m		> 2.75 m			
	Frecuencia	Edad	Frecuencia	Edad	Frecuencia	Edad		

Vegetación	Cobertura
Manejo	%
Arbustos	%
Hierbas	%
Cada categoría puede alcanzar 100 %	

(Existe repoblado fuera del sitio de 12.56 m<sup>2</sup>):  
SI \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
Porcentaje de repoblado fuera del sitio de 12.56 m<sup>2</sup>:  
\_\_\_\_\_ %

Sitio No. (1) (2) (3) (4)

Pendiente estimada por cuadrante C1 \_\_\_\_\_ % C2 \_\_\_\_\_ % C3 \_\_\_\_\_ % C4 \_\_\_\_\_ %

13. Datos del arbolado (Sitio de 800 m<sup>2</sup>)

No. Arbol	Género y especie	DAP (cm)	Diám. Copa (m)	Altura Total	Altura hasta limbo (m)	Altura comercial (m)	Vigor	Daño	Condición
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

Dirección General de Bibliotecas UAQ



**Formato para el levantamiento de datos en campo para la caracterización del bosque de Pinus cembroides**  
**Proyecto de Tesis: Propuesta de manejo en la cuenca norte de Pinal del Zamorano para incrementar producción del bosque de pionero.**

**14. Datos de la submuestra**

No. Arbol	Distancia (m)	Azmut (°)	Diam. Basal (cm)	Edad (años)	No. anillos en 2.5 cm	Grosor de corteza (mm)
1						
2						
3						

**15. Transectos de combustibles forestales**

**A. Altura por forma biológica**

Altura de arbustos (cm)	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4
5 metros				
10 metros				
Altura de partes (cm)				
5 metros				
10 metros				
Altura de hierbas (cm)				
5 metros				
10 metros				
Altura de otras (cm)				
5 metros				
10 metros				

**B. Combustibles leñosos caídos**

Transecto	% pendiente	10-15 m, 1 hr	10-15 m, 10 hrs	1-15 m, 100 hrs
1				
2				
3				
4				

**C. Combustibles de 1,000, 0-15 m**

Transecto 1		Transecto 2		Transecto 3		Transecto 4	
Diam	Grado	Diam	Grado	Diam	Grado	Diam	Grado

**D. Cobertura de dosel**

Punto	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

\*Anotar "0" si no hay cobertura y "3" si la hay.

Observaciones:


Anexo 2. Registro de datos dasométricos y ambientales.

Dirección General de Bibliotecas UAQ





Anexo 3. Registro de datos edáficos.

Productividad	Conglomerado	No. Sitio	Latitud Norte		Longitud Oeste		Profundidad (cm)	PH	CE (dSiemens/cm)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Ácidos húmicos (mg/kg)	Sulfatos (mg/kg)	Fosfatos (mg/kg)	COT (mg/kg)	HIERRO(mg/kg)	TEXTURA	arena %	arcilla %	limo %				
Baja	1	1	20	59	22.4	100	8	29.1				0.00	165.60	21.59	244.05	0.38	64.91	franco arenoso	74.55	7.949	17.5			
Baja	1	2	20	59	23.8	100	8	29.3	12	6.5	88.44	30.72	0.00	233.60	33.38	232.05	0.67	39.86	arenosa	87.05	0.45	12.5		
Baja	1	3	20	59	21.5	100	8	30.4	19	6.4	39.11	31.62	0.00	351.60	17.49	924.06	0.78	104.50	franco arenoso	72.05	5.45	22.5		
Baja	2	2	20	59	22.3	100	8	35.9	15	4.7	30.83	29.12	0.00	101.60	24.92	347.13	0.01	61.44	franco arenoso	74.55	10.49	15.01		
Baja	2	3	20	59	23.6	100	8	36.7	25	5.5	53.03	27.87	2.35	1.60	19.54	1026.00	0.01	64.57	franco arenoso	77.05	7.949	15		
Baja	2	1	20	59	21.5	100	8	37.4	20	5.8	42.04	32.56	0.85	145.60	44.72	345.64	1.31	111.71	franco arenoso	79.55	10.45	10		
Baja	3	3	20	59	15.4	100	8	37.4	12	6.2	58.69	25.53	4.05	173.60	34.67	381.75	1.93	13.89	franco arenoso	74.55	7.95	17.5		
Baja	3	4	20	59	15.2	100	8	34.4	16	5.9	21.87	36.39	0.00	169.60	23.90	800.50	0.01	24.27	franco arenoso	74.55	10.44	15.01		
Baja	4	1	20	59	28.8	100	8	35.9	15	6.2	36.70	33.01	3.30	253.60	43.90	670.50	1.59	55.19	franco arenoso	74.55	15.45	10		
Baja	4	3	20	59	30.2	100	8	36	18	6.5	48.44	35.98	0.32	181.60	46.46	294.00	1.20	51.00	franco arenoso	72.05	7.95	20		
Baja	4	4	20	59	28.5	100	8	37.6	13	7	26.89	38.44	0.00	366.80	27.23	954.38	1.14	55.85	arena-francoso	79.55	7.95	12.5		
Baja	4	2	20	59	27.9	100	8	34.9	17	6.4	21.55	29.49	0.00	149.60	26.21	381.50	1.10	41.24	franco arenoso	74.55	7.95	17.5		
Baja	5	3	20	59	28.9	100	8	29.1	17	7.1	29.77	26.72	26.78	353.60	20.82	384.63	0.21	31.15	arens-francoso	82.05	5.45	12.5		
Baja	5	2	20	59	30.3	100	8	29.2	11	7.4	29.77	30.81	0.00	653.60	38.51	631.75	0.97	50.15	arena-francoso	82.05	10.45	7.5		
Baja	5	1	20	59	28.1	100	8	30.5	18	7.2	29.02	21.10	0.00	53.60	27.23	738.00	0.17	80.48	franco arenoso	74.55	5.45	20		
Baja	6	3	20	59	28.9	100	8	22.1	15	7.2	16.14	37.18	0.00	129.60	33.64	388.00	0.52	29.66	franco arenoso	77.05	12.95	10		
Baja	6	1	20	59	28.1	100	8	23.5	20	6.8	30.30	31.89	0.00	322.80	20.05	663.00	0.00	58.98	arena-francoso	79.55	7.95	12.5		
Baja	6	4	20	59	28.2	100	8	20.8	20	6.9	27.21	33.40	0.00	37.60	26.72	381.84	0.07	55.64	franco arenoso	74.55	10.45	15		
Alta	1	2	20	58	50.3	100	7	5.7	32	7.1	18.38					700.50								
Alta	1	3	20	58	51	100	7	5.5	15	6.4	44.92	102.93	26.72	44.40	43.90	735.00	0.94	78.27	franco arenosa	62.05	2.95	35		
Alta	1	1	20	58	49.4	100	7	6.7	14	6.7	24.44	420.53	200.00	808.80	35.69	334.05	0.61	34.83	francoarenosa	67.05	2.95	30		
Alta	1	4	20	58	49.3	100	7	4.7	19	6.5	25.04	103.81	15.39	161.60	54.15	274.05	0.20	90.22	arena francosa	82.05	2.95	15		
Alta	2	1	20	58	50.2	100	7	12.9	15	6.4	37.50	29.15	205.41	377.60	13.90	663.00	1.16	51.38	arena francosa	74.55	5.45	20		
Alta	2	4	20	58	51.8	100	7	12.1	13	6.3	28.69	99.99	24.89	94.80	22.10	22.75	0.99	20.58	franco arenosa	67.05	12.95	20		
Alta	3	4	20	58	48.8	100	7	13.6	20	6.8	27.16	18.91	3.99	142.80	69.54	328.38	1.07	29.25	arena francosa	79.55	2.95	17.5		
Alta	3	3	20	58	50.1	100	7	11.6	6	6.7	23.79	22.60	105.11	285.60	36.72	646.80	0.97	25.97	arena francosa	89.55	2.95	17.5		
Alta	3	2	20	58	50.3	100	7	33.3	13	7.1	19.63	16.50	78.67	485.60	44.67	633.05	0.97	87.94	franco arenosa	69.55	0.45	30		
Alta	3	1	20	58	51.6	100	7	33.6	24	7.9	63.04	39.14	90.34	253.60	24.92	930.31	1.03	72.03	franco arenosa	67.05	5.45	27.5		
Alta	4	4	20	58	49.5	100	7	34.7	15	8.2	43.11	4.79	69.08	129.60	27.23	923.13	0.72	29.00	franco arenosa	67.05	15.45	17.5		
Alta	4	2	20	58	49.3	100	7	32.1	15	7.4	78.14	18.13	72.62	677.60	58.56	353.38	0.73	39.23	franco arenosa	69.55	12.95	17.5		
Alta	5	3	20	58	50.2	100	7	26.6	53	7.7	40.84	29.15	32.59	255.60	26.85	398.88	1.07	67.88	franco arenosa	72.05	10.45	17.5		
Alta	5	2	20	58	51.5	100	7	26.7	3	8.5	21.54	22.92	5.43	182.80	47.28	883.44	1.15	39.64	arena francosa	79.55	10.45	10		
Alta	5	4	20	58	49.3	100	7	27.8	17	8.1	33.54	24.75	95.62	273.60	30.56	800.50	0.81	98.34	franco arenosa	72.05	7.95	20		
Alta	5	1	20	58	49.4	100	7	25.1	44	7.2	65.97	106.09	27.43	245.60	130.82	599.40	0.78	22.48	franco arenosa	69.55	5.45	25		
Alta	6	3	20	58	50.2	100	7	19.7	30	6.9	35.24	26.80	108.55	429.60	35.44	265.88	0.41	23.35	arena francosa	77.05	7.95	15		
Alta	6	2	20	58	51.7	100	7	19.8	3	6.4	49.44	24.89	108.20	153.60	23.64	525.50	1.27	47.23	arena francosa	87.05	5.45	7.5		
Alta	6	4	20	58	49.8	100	7	21	14	7.1	34.24	38.15	130.67	20.40	169.03	184.63	0.77	56.50	arena francosa	82.05	5.45	12.5		
Alta	6	1	20	58	49	100	7	18.8	32	6.7	88.54	32.70	123.66	509.60	21.59	300.25	1.50	45.05	arena francosa	74.55	7.95	17.5		
Alta	7	1	20	58	56.8	100	7	19.6	39	7	50.99	21.33	103.55	255.60	42.49	640.84	1.24	67.10	arena-francosa	79.55	5.45	15		

Productividad	Conglomerado	No. Sitio	Latitud Norte		Profundidad (cm)	PH	CE (dsiemens/cm)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Acidos húmicos (mg/kg)	Sulfatos (mg/kg)	Fosfatos (mg/kg)	COT (mg/kg)	HIERRO(mg/kg)	TEXTURA	arena %	arcilla %	limo %							
			°	'																					
Alta	7	4	20	58	58.1	100	7	19.4	27	7.8	45.94	32.86	89.30	293.60	16.97	669.25	1.50	59.38	franco arenosa	74.55	10.45	15			
Alta	7	3	20	58	56.2	100	7	21	17	7.4	22.30	30.81	105.91	569.60	15.95	290.88	0.95	28.29	arena francosa	84.55	5.45	10			
Alta	7	2	20	58	56	100	7	18.2	21	7.2	50.54	24.32	108.15	125.60	27.23	2120.25	1.30	78.84	arena francosa	77.05	7.95	15			
Alta	8	4	20	58	56.8	100	7	12.6	17	6.5	54.14	31.24	74.75	728.80	29.54	494.25	2.10	113.45	franco arenosa	72.05	5.45	22.5			
Alta	8	2	20	58	58.3	100	7	12.4	18	7.2	22.81	44.34	95.27	217.60	42.36	6606.75	0.68	53.45	arena -francosa	72.05	10.45	17.5			
Alta	8	1	20	58	56.7	100	7	14.2	15	7	155.04	30.36	147.39	185.60	51.38	775.50	2.22	73.38	franco arenosa	69.55	12.95	17.5			
Alta		20	58	56.7	100	7	26.5	20	6.7	76.24	40.78	111.63	589.60	36.46	556.75	2.36	49.38	arena francosa	77.05	7.94	15.01				
Alta	8	3	20	58	58.1	100	7	26.2	16	7.1	46.74	37.55	117.02	201.60	41.59	200.25	0.01	143.93	franco arenosa	74.55	12.95	12.5			
Media	1	2	20	57	6.5	100	6	16.4	4	6.4	203.18	39.68	256.87	113.60	71.90	381.75	4.19	3.44	franco-arenosa	62.05	12.95	25			
Media	1	3	20	57	5	100	6	17	12	7.1	24.74	28.14	213.03	225.60	15.44	600.50	0.71	89.40	franco-limosa	39.55	17.95	42.5			
Media	1	4	20	57	5.9	100	6	15.1	5	6.6	329.04	37.27	102.35	518.80	6.72	431.75	1.68	169.80	arcillosa	54.55	10.45	34.99			
Media	2	2	20	57	7	100	6	18	3	6.8	79.44	27.66	40.74	445.60	9.03	340.88	0.84	132.48	franco-limosa	44.55	10.45	45			
Media	2	1	20	57	6.5	100	6	23.4	13	7.1	38.29	30.04	217.15	337.60	10.82	606.75	0.01	35.54	franco-limosa	32.05	30.45	37.5			
Media	3	2	20	57	7	100	6	22	7	6.9	58.84	23.07	0.00	361.60	36.97	769.25	0.01	92.91	franco-limosa	32.05	17.95	50			
Media	2	3	20	57	19.6	100	6	23.4	18	6.7	26.57	28.03	0.00	189.60	38.51	606.75	0.64	83.99	franco-arenosa	69.55	2.95	27.5			
Media	2	4	20	57	20.8	100	6	23	17	6.8	26.94	26.88	0.19	638.80			0.63	144.71	franco-arenosa	74.55	2.95	22.5			
Media	3	1	20	57	18.6	100	6	22.5	13	6.4	26.14	18.72	1.02	165.60	15.44		0.56	145.37	arena-francosa	72.05	0.45	27.5			
Media	3	1	20	57	18.9	100	6	24.9	15	6.5	35.94	35.76	437.30	309.60	11.08	575.50	0.75	38.09	franco-arenosa	75.55	2.95	22.5			
Media	3	4	20	57	21.2	100	6	16.5	16	6.9	11.54	44.51	3.26	581.60	2.36	1163.25	0.77	25.02	franco-arenosa	64.55	7.95	27.5			
Media	3	3	20	57	18.5	100	6	17.2	18	6.7	77.90	35.41	125.46	205.60	40.82	362.75	0.10	127.87	arena-francosa	82.05	10.45	7.5			
Media	4	2	20	57	13	100	6	23.6	17	6.9	37.37	26.80	15.97	385.60	16.46	438.00	0.74	73.46	franco-arenosa	72.05	5.45	22.5			
Media	4	4	20	57	14.4	100	6	23.8	13	7.1	13.99	13.84	2.09	353.60	5.18	375.25	0.17	106.46	arenosa	92.05	2.95	5			
Media	4	1	20	57	12.4	100	6	22.1	25	6.8	21.04	19.15	0.41	41.60	20.05		0.52	218.95	arena-francosa	82.05	2.95	15			
Media	4	3	20	57	12.7	100	6	24.9	20	6.9	15.44	4.71	110.73	445.60	17.49	219.00	0.41	28.32	franco-arenosa	72.05	5.45	22.5			
Media	5	1	20	57	6.7	100	6	9.5	17	6.9	15.14	25.36	74.35	17.60	7.49	356.50	1.89	77.92	franco-limosa	49.55	12.95	37.5			
Media	5	2	20	57	8	100	6	10.1	14	7.1	112.31	38.07	15.81	465.60	23.38	369.25	1.42	83.88	franco-limosa	47.05	12.94	40.01			
Media	5	4	20	57	6.9	100	6	8	5	7.3	27.04	29.50	10.53	345.60	4.41	359.63	0.65	47.49	franco arenosa	58.55	18.37	23.12			
Media	5	3	20	57	5.4	100	6	10.5	6	7.4	16.64	28.89	10.95	169.60	13.13	400.25	0.77	87.50	franco-limosa	47.05	12.95	40			
Media	6	2	20	57	13	100	6	16.4	23	7.3	25.64	25.72	52.40	217.60	8.26		0.33	57.29	franco-arenosa	69.55	12.95	17.5			
Media	6	4	20	57	14.4	100	6	16.5	18	7.1	61.44	29.07	66.24	241.60	10.31	381.75	1.28	98.76	franco-limosa	49.55	10.45	40			
Media	6	3	20	57	11.9	100	6	17.6	15	7	120.04	22.21	0.13	29.60	163.90	0.00	0.00	0.00	56.75	franco-limosa	44.55	15.45	40		
Media	6	1	20	57	12.5	100	6	15.1	17	6.2	23.84	16.06	75.91	433.60	3.64	18.46	0.36	107.62	franco-arenosa	74.55	5.44	20.01			
Media	7	3	20	57	13.2	100	6	10.4	11	7.1	34.57	29.25	81.83	505.60	26.72	319.05	0.41	94.33	franco arenosa	62.05	5.45	32.5			
Media	7	1	20	57	14.7	100	6	10.4	33	7.2	32.24	34.39	93.47	351.60	23.13	694.25	1.10	44.67	franco-limosa	59.55	5.45	35			
Media	7	2	20	57	12.4	100	6	11.7	9	7.5	29.04	28.45	447.19	698.80	6.72	413.96	0.32	54.64	franco arenosa	64.55	10.45	25			
Media	8	1	20	57	12.2	100	6	9.1	11	6.9	105.04	25.36	90.40	269.60	25.95	468.05	1.93	34.99	franco-arenosa	61.37	10.63	28			
									3	6.2	11.54	4.71	0.00	17.60	2.36		0.00	3.44					32.05	0.45	5.00
									15	7.0	58.42	29.01	94.31	332.73	25.62	698.95	0.95	82.27					64.18	9.77	26.07
									33	7.8	329.04	44.51	447.19	728.80	163.90	6606.75	4.19	218.95					92.05	30.45	50

Anexo 4. Formato de la encuesta.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES  
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS

**Propuesta de manejo en la cuenca norte de Pinal del Zamorano para incrementar producción del bosque de piñonero (*Pinus cembroides*. Zucc).**

Encuesta

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Comunidad: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

ID	Lea la pregunta con cuidado y marque con una X la casilla que considere más acertada	1 Muy bajo(a)	2 Bajo(a)	3 Regular	4 Bueno(a)	5 Muy bueno(a)
1	La calidad de la relación entre el hombre y la naturaleza en la Cuenca es:					
2	La calidad de vida en general es:					
3	Los servicios educativos en la cuenca son:					
4	La cobertura de salud en la zona es:					
5	El servicio de transporte en la zona es:					
6	Los salarios de empleos formales los considera:					
7	Los salarios de empleos informales los considera:					
8	Los precios de los productos elaborados en la comunidad los considera:					
9	El precio del piñón en el mercado lo considera:					
10	El precio en que Usted ha vendido piñón lo considera:					
11	Coloque en orden el nivel de ingresos familiares de las siguientes fuentes: <b>Aprovechamiento del bosque (A), apoyos de gobierno (B), empleo fijo (C), producción familiar (D), remesas (E).</b>					
12	¿Cómo considera la salud del bosque de piñón?					
13	¿Qué importancia considera tiene el piñón sobre otros recursos en la cuenca de Pinal de Zamorano?					
14	Los trabajos para mantener la salud y productividad del bosque por parte de los Ejidos y Comunidades ¿cómo los considera?					
15	¿Cómo considera que se trata al árbol de piñón durante la cosecha?					
16	¿Cómo se trata durante el resto de tiempo?					
17	Los esfuerzos de la autoridad municipal para promover el buen manejo del bosque y la cuenca son:					
18	Los esfuerzos de la autoridad estatal para promover el buen manejo del bosque y la cuenca son:					
19	Los esfuerzos de la autoridad federal para promover el buen manejo del bosque y la cuenca son:					
20	El decreto de área natural protegida ¿cómo impacta en la conservación y buen uso de los recursos naturales de la cuenca?					

**¡Muchas gracias por su participación!**

Anexo 5. Programa de los talleres (1) de Diagnóstico y (2) formulación de estrategias.

Día	Horario	Duración	Tema	Resumen del contenido previsto	Materiales y técnicas didácticas	Procedimiento	Responsable
Sábado 14 Nov 2020	9:45 hrs.	15 min.	Registro	Recabar el listado de los asistentes y sus datos generales	Listas de asistencia previamente impresas con campos para recabar nombre, comunidad de origen, ocupación, medio de contacto y firma.	Instalar mesa a la entrada del recinto para que los asistentes registren sus datos y firmen la asistencia al Taller.	Auxiliar de apoyo logístico
	10:00 hrs.	5 min.	Bienvenida a cargo de la autoridad Ejidal o Comunal	Palabras de bienvenida y saludo general a los asistentes	Líneas discursivas libres de parte de la autoridad local ejidal.	Facilitar un micrófono al encargado de brindar palabras de bienvenida.	Anfitrión de la comunidad sede del evento (Comisariado Ejidal de El Roble o Delegado de la comunidad El Apartadero)
	10:05 hrs.	10 min.	Encuadre del Taller	Se explicara el objetivo del taller así como las actividades a realizar, los tiempos previstos y los objetivos esperados. Se realizará una breve exposición de la caracterización y la problemática detectada en la cuenca.	Explicar el contexto de la investigación, los objetivos generales y de cada actividad particular. Se leerá el programa de trabajo y se acotarán los tiempos para cada actividad.	Hacer uso del micrófono para dar lectura al programa y brindar las indicaciones generales a la audiencia.	Edgar Pedro Méndez Vázquez, responsable de la investigación
	10:15 hrs.	45 min.	Actividad 1: "El mapa de mi microcuenca"	Se ubicaran espacialmente los atributos más importantes de la cuenca en términos de satisfactores y conflictos.	4 mapas de la cuenca impresos en tamaño 60 X 90 cm. Marcadores y lapiceros.	En los mapas los ejidatarios formaran 4 equipos para dibujar o anotar los principales atributos de la cuenca (satisfactores y conflictos).	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.
	11:00 hrs.	45 min.	Actividad 2: "Matriz de priorización de problemáticas" y "Árbol de problemas y soluciones"	Se ubicara la relación de las problemáticas y posibles soluciones desde la visión de los pobladores	Hojas tamaño rotafolio preparadas para la matriz de problemas y el árbol de problemas, marcadores y lapiceros.	Los ejidatarios integrados en 4 equipos priorizaran en matriz de priorización, dibujada en rotafolio, los 10 problemas más importantes para el equipo de trabajo. A continuación relacionaran los diferentes problemas de la cuenca y las actividades que lleven a solventarlas para ello construirán un árbol donde el tronco es el problema más fuerte, las raíces son los causas y las ramas los efectos, aquí se pueden	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.

						incorporar los problemas ya expuestos u otros.	
11:45 hrs.	45 min.	Actividad 3: "Crítica y autocrítica, mi papel en el manejo de la cuenca"	Los pobladores en un ejercicio de reflexión ubicaran el papel de cada actor en los problemas y su posible actuación en las actividades que los solventen.	Hojas tamaño rotafolio, marcadores, cámara de audio y video.	El facilitador expondrá la dinámica en dos partes: en una anotará en papeletas las responsabilidades de los actores en la problemática (de forma generalista), también en un rotafolio se anotaran las conductas propias que afectan la integridad de los recursos de la cuenca. En la segunda parte se hablará en positivo bajo la misma dinámica.	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.	
12:30 hrs.	20 mins	Exposición de resultados de las actividades.	En plenaria se expondrán los resultados de las distintas actividades, en razón del resumen recabado por el auxiliar encargado.	Se hará uso del micrófono para hacer una relatoría de los principales aportes de cada actividad.	El facilitador del Taller expondrá con apoyo del auxiliar encargado de realizar los resúmenes y levantar notas los aportes más relevantes de las actividades.	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.	
12:50 hrs.	10 mins	Conclusiones y agradecimientos	En plenaria se expondrá la conclusión del evento con base a los resultados de la jornada. Se expresará un agradecimiento a las autoridades locales y a todos los participantes del Taller.	Con el uso del micrófono se presentará una relatoría concluyente del taller y un agradecimiento en formato libre.	El facilitador hará uso de la voz para resaltar los puntos más importantes del Taller y a continuación se expresará un agradecimiento a los participantes auxiliado por el personal de apoyo.	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.	
13:00 hrs	----	Fin de la reunión					

**Programa de Taller para la Formulación de Estrategias de intervención de la Propuesta de manejo en la cuenca norte de Pinal del Zamorano para incrementar producción del bosque de piñonero (*Pinus cembroides*. Zucc).**

Día	Horario	Duración	Tema	Resumen del contenido previsto	Materiales y técnicas didácticas	Procedimiento	Responsable
05 de junio de 2021	9:45 hrs.	15 min.	Registro	Recabar el listado de los asistentes y sus datos generales	Listas de asistencia previamente impresas con campos para recabar nombre, comunidad de origen, ocupación, medio de contacto y firma.	Instalar mesa a la entrada del recinto para que los asistentes registren sus datos y firmen la asistencia al Taller.	Auxiliar de apoyo logístico
	10:00 hrs.	5 min.	Bienvenida a cargo de la autoridad	Palabras de bienvenida y saludo general a los asistentes	Líneas discursivas libres de parte de la autoridad local ejidal.	Facilitar un micrófono al encargado de	Anfitrión de la comunidad sede del

		Ejidal o Comunal			brindar palabras de bienvenida.	evento (Comisariado Ejidal de El Roble o Delegado de la comunidad El Apartadero)
10:05 hrs.	10 min.	Encuadre del Taller	Se explicara el objetivo del taller así como las actividades a realizar, los tiempos previstos y los objetivos esperados	Explicar el contexto de la investigación, los objetivos generales y de cada actividad particular. Se leerá el programa de trabajo y se acotarán los tiempos para cada actividad.	Hacer uso del micrófono para dar lectura al programa y brindar las indicaciones generales a la audiencia.	Edgar Pedro Méndez Vázquez, responsable de la investigación
10:15 hrs.	45 min.	Actividad 1: "Mi cuenca sustentable. Mapa participativo"	La primera parte se presentará con cañón proyector las propuestas que hasta el momento se han esbozado con criterios de gabinete. Posteriormente se organizan 4 equipos de trabajo para ubicar en mapas de tamaño rotafolio otras actividades de manejo sustentable a propuesta de los participantes.	Laptop, cañón proyector, 4 mapas de la cuenca impresos en tamaño 60 X 90 cm, marcadores y lapiceros.	Se expondrá mediante diapositivas la propuesta de actividades para el manejo, posteriormente en los mapas los ejidatarios formaran 4 equipos para dibujar o anotar propuestas de manejo de la cuenca.	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.
11:00 hrs.	45 min.	Actividad 2: "Matriz de correlación y de problemas-soluciones"	Se ubicara la correlación entre las actividades de manejo planteadas y los problemas que se detectaron en el taller anterior.	Hojas tamaño rotafolio, marcadores y lapiceros.	Los ejidatarios integrados en 4 equipos relacionaran los diferentes problemas de la cuenca y las actividades que lleven a solventarlas, haciendo una tabla de correlación mediante claves.	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.
11:45 hrs.	45 min.	Actividad 3: "Matriz de Plan de Acción"	Los pobladores en un ejercicio de reflexión ubicaran el papel de cada actor en los problemas y su posible actuación en las actividades que los solventen.	Hojas tamaño rotafolio, marcadores, cámara de video.	El facilitador expondrá la dinámica con uso del micrófono, en hojas tamaño rotafolio se expondrán los objetivos, actividades, subactividades, responsable y cronograma para alcanzar los objetivos planteados.	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.
12:30 hrs.	20 mins	Exposición de resultados	En plenaria se expondrán los resultados de las distintas actividades,	Se hará uso del micrófono para hacer una relatoria de los	El facilitador del Taller expondrá con apoyo del auxiliar encargado de realizar los	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.

			de las actividades.	en razón del resumen recabado por uno de los auxiliares.	principales aportes de cada actividad.	resúmenes y levantar notas los aportes más relevantes de las actividades.	
	12:50 hrs.	10 mins	Conclusiones y agradecimientos	En plenaria se expondrá la conclusión del evento con base a los resultados de la jornada. Se expresará un agradecimiento a las autoridades locales y a todos los participantes del Taller.	Con el uso del micrófono se presentará una relatoría concluyente del taller y un agradecimiento en formato libre.	El facilitador hará uso de la voz para resaltar los puntos más importantes del Taller y a continuación se expresará un agradecimiento a los participantes auxiliado por el personal de apoyo.	Edgar Pedro Méndez Vázquez y auxiliares.

Dirección General de Bibliotecas