



Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Forestales



Maestría en Restauración Ecológica

Restauración de Áreas Dañadas por el Descortezador del Pino  
(*Dendroctonus mexicanus* Hopkins) en el Ejido Joyas y  
Antejitos en Aramberri, Nuevo León, México.

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Ing. Angel Mario Reyna González

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

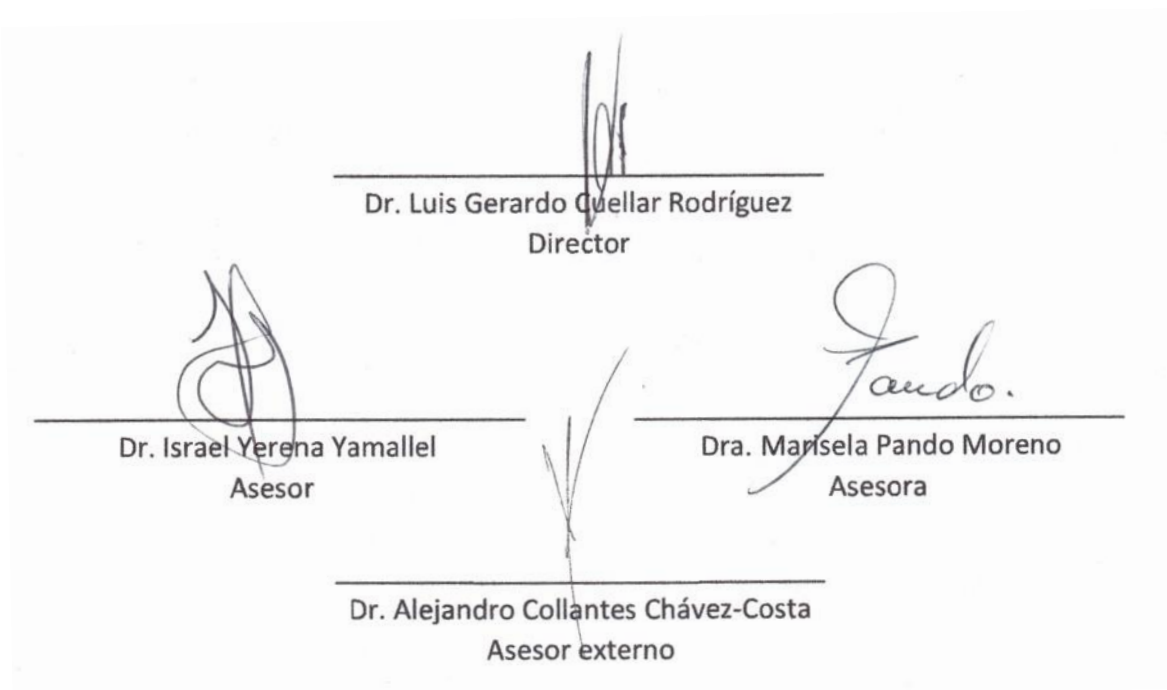
Restauración de Áreas Dañadas por el Descortezador del Pino  
(*Dendroctonus mexicanus* Hopkins) en el Ejido Joyas y  
Anteojitos en Aramberri, Nuevo León, México.

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Como requisito para obtener el grado de:  
MAESTRÍA EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Presenta:

Ing. Angel Mario Reyna González.



## **Agradecimientos**

Agradezco infinitamente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado a través del programa de becas nacionales, el cual fue mi sustento durante estos últimos dos años de crecimiento académico.

A mi asesor y gran amigo el Dr. Gerardo Cuellar por apoyarme en la realización de este trabajo y por siempre motivarme a dar más de lo que me considero capaz de realizar.

A mi asesora, Dra. Marisela Pando, coordinadora del programa de Maestría en Restauración Ecológica por todas sus enseñanzas, no sabría como agradecerle todo lo aprendido en estos últimos años.

A mi asesor, Dr. Israel Yerena por apoyarme en la realización de este trabajo y por sus valiosas enseñanzas durante sus cursos.

A mi asesor externo, Dr. Alejandro Chávez-Costa por sus enseñanzas durante sus cursos y en este trabajo, además por aquel buen recibimiento durante mi estancia en el caribe mexicano.

A todos los profesores-investigadores que durante este escalón académico nos compartieron sus experiencias y conocimientos en el campo de la restauración de ecosistemas en especial al Dr. Homero, Dr. Alanís, y Dr. Mata.

A mis amados Estelita y Chencho no existe enunciado para agradecerles la vida y el valioso regalo del estudio, cada logro es de ustedes, muchas gracias, papás.

A mis hermanos, Laura, Concha, Juan, Chuy y Chencho, que siempre me han dado su apoyo en cada etapa de la vida.

A las personas de la comunidad de Joyas y anteojitos especialmente a la Sra. María y su familia quienes de hace ya algunos años me reciben con el cariño de siempre, como a un miembro más de su familia.

A Nallely por apoyarme en cada etapa de crecimiento profesional y personal además de ser mi inseparable compañera en cada aventura que se me ocurre, a Erick y Adela, colegas y grandes amigos éxito en todos sus proyectos.

A “*La claudia*” y “*La Mariana*” colegas de MRE y compañeras de aventuras, nunca faltaron los consejos, las risas y las anécdotas durante el aprendizaje.

# Índice

Resumen .....	1
1. Introducción .....	3
2. Objetivos .....	4
1.1 Objetivo General.....	4
1.2 objetivos específicos.....	4
3. Antecedentes.....	5
3.1 Bosques de coníferas.....	5
3.2 Bosques de coníferas en México. ....	6
3.3 Bosques de coníferas en Nuevo León. ....	7
3.4 <i>Pinus cembroides</i> .....	9
3.5 Degradación por insectos descortezadores de los bosques de pino en México.....	10
3.6 Restauración ecológica. ....	13
4. Metodología .....	16
4.1 Área de estudio.....	16
4.2 Clima.....	20
4.3 Edafología.....	22
4.4 Vegetación.....	22
4.5 Mapeo participativo.....	24
4.6 Propuesta de restauración ecológica.....	25
5 Resultados y discusión. ....	33
5.1 <i>Ecosistema de referencia para sustentar la propuesta de restauración.</i> 33	
5.2 <i>Causas del deterioro del ecosistema</i> .....	34
5.3 <i>Áreas prioritarias para ejecutar proyectos de restauración ecológica en Joyas y Antejitos</i> .....	35
5.4 <i>Percepción que tiene la población sobre los impactos del descortezador y la restauración ecológica.</i> .....	37
6 Bibliografía.....	42

## Resumen

La degradación de ecosistemas a través del tiempo ha propiciado que hoy en día se requiera de acciones de restauración para asistir a que las áreas forestales recuperen sus funciones ecológicas. En el presente trabajo se plantea una propuesta técnica sobre las acciones que pueden realizarse en la localidad de Joyas y Antejitos en Aramberri, Nuevo León, México en un bosque de *Pinus cembroides*. Según encuestas del mapeo participativo, se llegó a la conclusión de que el predio cuenta con un amplio historial de sobrepastoreo caprino, siendo esta actividad una de las más habituales en el estado y que generan mayor impacto en los bosques de *Pinus cembroides* haciéndolo susceptible a plagas forestales. El bosque de la localidad de estudio ha perdido una superficie superior a 600 hectáreas de bosque de pino piñonero atacado por *Dendroctonus mexicanus*. Con esta propuesta se pretende asistir en la recuperación de este ecosistema debido a que no se ha recuperado después de los saneamientos realizados. Para elaborar la propuesta se realizó una caracterización del área de estudio y se localizó un bosque sano para usarlo como ecosistema de referencia. Con lo anterior se determinó la selección de especies para usar en la reforestación como: *P. cembroides*, *Quercus sp.* y *Agave sp.* Para evitar la erosión en el terreno se plantea la implementación de obras de conservación de suelo como terrazas individuales y el acomodo de material vegetal muerto sobre curvas a nivel.

## Abstract

The degradation of ecosystems over time has led to the need for restoration actions to assist forest areas to recover their ecological functions. This paper presents a technical proposal on the actions that can be implemented in the locality of Joyas and Antejitos in Aramberri, Nuevo Leon, Mexico in a *Pinus cembroides* forest. According to participatory mapping surveys, it was learned that the property has a long history of goat overgrazing, which is one of the most common activities in the state and generates the greatest impact on *Pinus cembroides* forests, making them susceptible to forest pests. In this study, the local forest has lost more than 600 hectares of *Pinus cembroides* forest attacked by *Dendroctonus mexicanus*. This proposal aims to assist in the recovery of this ecosystem, since it has not recovered after the cleanups carried out. To develop the proposal, a characterization of the study area was made, and a healthy forest was located to be used as a reference ecosystem. Then, the selection of species to be used in reforestation was determined, such as: *P. cembroides*, *Quercus sp.* and *Agave sp.*. To prevent soil erosion, the implementation of soil conservation practices such as individual terraces and the arrangement of dead tree waste on contour lines is proposed.

## 1. Introducción.

Los bosques de coníferas son un ecosistema característico de Norteamérica y tienen gran presencia en Canadá, Estados Unidos y México; representando cerca del 17% de la superficie cubierta por bosque a nivel mundial. (Tkacz *et al.*, 2008)

Las actividades productivas como la agricultura, ganadería y silvicultura han modificado la estructura y composición de los ecosistemas del norte del país (Alanís *et al.*, 2008). Siendo la ganadería extensiva una de las principales actividades que fomenta la pérdida de cobertura vegetal natural por el cambio de uso de suelo (Pequeño *et al.*, 2012; Cabrera, 2009). En este tipo de pastoreo se hace uso de la superficie al menos durante una temporada completa o de forma permanente, sin embargo, el animal ejerce una amplia selección de las especies del agostadero consumiendo aquellas que resultan más palatales (Baraza, 2012).

Aunado a estos impactos por las actividades pecuarias, el cambio climático influye estresando a los ecosistemas, principalmente por la escasez de lluvia, lo que provoca mayor incidencia de enfermedades y plagas forestales. (CONAFOR, 2013). De acuerdo con algunos modelos, se prevé que este cambio provocará el movimiento de las especies hacia zonas con condiciones adecuadas para su desarrollo, este desplazamiento de especies fuera de sus rangos de distribución podría ocasionar problemas ecológicos (Lovett *et al.*, 2006); por lo que, para hacer frente a este comportamiento serán necesarias medidas y estrategias de ordenación forestal (Yanchuk y Allard, 2009),

Una de las regiones más afectadas por insectos descortezadores en el estado de Nuevo León, es el sur, principalmente los municipios como Galena, Aramberri y Zaragoza, donde se han observado ataques epidémicos de *Dendroctonus mexicanus* sobre bosques de pino piñonero (*Pinus cembroides* Zucc.).

Una evaluación realizada en 2013 determinó la afectación de 1,428 ha de arbolado muerto en entre 2008 y 2012 solo en la zona de las Joyas y Anteojitos. (Cuéllar Rodríguez *et al.*, 2013). Por lo que, se considera necesario evaluar el estado de este ecosistema y realizar actividades que permitan su recuperación.

Por restauración ecológica se entiende el proceso mediante el cual se asiste a un ecosistema a recuperarse después de que por diversas causas este ha sido dañado, degradado o destruido (SER, 2004).

El presente proyecto consiste en realizar una propuesta técnica con las acciones necesarias para realizar la planeación y ejecución de la restauración ecológica como estrategia de recuperación del bosque de *Pinus cembroides* en el ejido Joyas y Antejitos, localidad que ha sido afectada por *Dendroctonus mexicanus*, durante al menos, la última década.

## **2. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General.**

Realizar una propuesta de restauración ecológica para el bosque de *Pinus cembroides* en ejido Las Joyas y Antejitos en el municipio de Aramberri, Nuevo León.

### **1.2 objetivos específicos**

- Definir un ecosistema de referencia que sirva como guía para sustentar la propuesta de restauración.
- Identificar las causas del deterioro del ecosistema
- Identificar las áreas prioritarias para ejecutar proyectos de restauración ecológica en Joyas y Antejitos, así como el tipo de acciones que se requiere para realizar el proyecto.
- Evaluar la percepción que tiene la población sobre los impactos del descortezador y la restauración ecológica.



### 3. Antecedentes

#### 3.1 Bosques de coníferas

Los ecosistemas forestales son de especial importancia debido a que proveen bienes y servicios muchas veces incalculables para el sustento de la vida como la conocemos actualmente.

Los bosques de coníferas son ecosistemas muy peculiares ya que en ellos se presenta una gran presencia de endemismos y cumplen a su vez con importantes funciones ecosistémicas entre las que destacan los servicios hidrológicos con la captación, transporte y recarga de agua, captura de carbono etc., convirtiéndolos en núcleos proveedores de importantes servicios ecosistémicos. (Medina García *et al.*, 2020).

Las coníferas se encuentran presentes en muchos tipos de vegetación ya que se pueden encontrar en bosques de pino-encino, así como en matorral de pino, en bosques de *Abies*, *Pseudotsuga* y *Picea*, bosques o matorrales de *Juniperus* y *Cupressus*, también se les puede encontrar presentes en los bosques mesófilos de montaña, matorral xerófilo y los bosques de galería (Rzedowski, 1978).

Dentro del variado grupo de las coníferas también se incluyen especies como la *Sequoia sempervirens* Endl., *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchholz y *Pinus longaeva* D. K. Bailey, estas especies también cuentan con la característica de poseer grandes alturas, así como de ser especies longevas, aunque también se incluyen especies que tienen crecimiento arbustivo como lo son *Juniperus monticola* o *Pinus culminicola* los cuales llegan a medir menos de un metro de altura (Farjon, 2010).

A nivel mundial se encuentran presentes 6 familias que representan el grupo taxonómico de las coníferas, las cuales son: *Cupressaceae*, *Pinaceae*, *Podocarpaceae*, *Sciadopityaceae*, *Araucariaceae* y *Taxaceae* (Gernandt & Pérez-de la Rosa, 2014).

El número exacto sobre las especies de coníferas que se encuentran en el mundo conformando las seis familias es incierto, ya que los autores han

reconocido un número muy variado de especies como Eckenwalder (2009) que reporta la existencia de 546 especies, por otro lado, Farjon (2010) reportó la existencia de 615 especies y Gernandt y Pérez de la Rosa (2014) estiman un aproximado de 670 especies.

Las coníferas han existido en el planeta desde hace millones de años y debido a los cambios que ocurrieron en el planeta han presentado cambios, así como además conviven y convivieron con diferentes organismos los cuales hasta el día de hoy se benefician de lo que les proveen estas formas de vida como lo son, las hojas y semillas como fuente de alimento (Manzanilla–Quiñones *et. al.*, 2018).

### **3.2 Bosques de coníferas en México.**

La evidencia histórica y fósil demuestra que los bosques de coníferas en México se fueron desplazando a través de la Sierra Madre Oriental (SMO) modelando así la actual distribución de este tipo de ecosistemas (Eguiluz, 1985).

Muchas regiones de México se caracterizan por la presencia de los bosques de coníferas y son reservorios de una gran diversidad florística y ecológica ya que su rango de distribución altitudinal va desde el nivel del mar hasta por encima de los 4,000 msnm (Rzedowski, 2006).

Este tipo de bosques principalmente templados, cubren cerca del 13% del territorio nacional principalmente integrados por los géneros *Pinus*, *Pseudotsuga* y *Abies*.(Rzedowski, 2006)

Para México se describen 35 especies del género *Pinus*, es decir, cerca del 37% del total de especies descritas para todo el mundo convirtiendo al territorio nacional en uno de los principales reservorios de germoplasma de estas especies debido al gran número de endemismos (Critchfield & Little, 2013; Rzedowski, 2006)

Debido a su morfología los bosques de pino son inconfundibles, dentro de las principales características para identificarlos se encuentra la forma y disposición de las acículas (Hojas), las características de la corteza y la forma de los estróbilos (Rzedowski, 2006).

Un dato alarmante sobre estos ecosistemas es que en el territorio nacional, los bosques de coníferas se han visto mermados en más de un 50% de lo que podría ser su distribución original debido a diferentes impactos como incendios, sobrepastoreo, la extracción maderable y los cambios de uso de suelo para establecer áreas agrícolas por lo que es posible que no exista una comunidad vegetal de este tipo que no haya padecido el impacto antropogénico (Ramirez-Marcial *et al.*, 1998)

Este aumento de impactos ha potencializado la degradación del recurso suelo que sostiene los bosques de coníferas, en los últimos años se han implementado programas dirigidos a la restauración de estas zonas forestales donde las principales especies empleadas en la reforestación como estrategia de restauración para recuperar estas comunidades son: *Pinus*, *Abies*, *Callitropsis*, *Cupressus* y *Taxodium*. *Pinus cembroides*, *P. pseudostrobus*, *P. oocarpa*, *P. devoniana*, *P. engelmannii*, *P. montezumae* y *P. greggii* (Flores García *et al.*, 2020)

### **3.3 Bosques de coníferas en Nuevo León.**

Los bosques de coníferas en el estado de Nuevo León se encuentran distribuidos principalmente en las formaciones montañosas, ahí se encuentran localizadas comunidades de bosques templados (Návar-Cháidez, 2010).

En el estado de Nuevo León se encuentra la Sierra Madre Oriental (SMOR), la cual es una de las regiones orográficas más biodiversas de México (Luna *et al.*, 2004).

Los pinares se suelen encontrar en aquellos lugares donde el substrato geológico se conforma de rocas ígneas, gneis, esquistos, margas, areniscas, lutitas y calizas, aunque en esta última son encontrados con menos frecuencia (Rzedowski, 2006).

Dentro de las características más distintivas de este grupo de plantas se encuentran que son árboles o arbustos dioicos o monoicos, los cuales presentan la corteza rugosa o lisa, de manera que parecen placas grandes y gruesas

separadas, que además en la superficie de la corteza cuentan con fisuras, también puede presentarse la corteza en forma de tiras largas y delgadas, las hojas pueden ser de varias formas las cuales son lineares, lanceoladas, aguja, escama, etcétera, generalmente presentan canales resiníferos en la madera (Gernandt & Pérez-de la Rosa, 2014).

En el estado de Nuevo León la distribución de las coníferas se da en lugares templados y húmedos, se pueden encontrar desde los 900 hasta los 3,700 msnm, la altitud es uno de los factores que determinan la presencia de las diferentes especies de coníferas (SEMARNAT, 2014).

La superficie de terreno cubierto por coníferas en el estado se estima en aproximadamente 190,564 ha lo cual representa un 3% de la superficie estatal, esta vegetación se encuentra distribuida en 19 municipios, dentro de los cuales la que alberga la mayor cantidad de ha de superficie boscosa de coníferas es el municipio de Galeana, seguido de Santa Catarina, el cual junto con otros municipios más cuentan con una restricción para llevar a cabo aprovechamiento forestal ya que estos se encuentran dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey (PNCM), su vegetación está representada por poco más de la mitad de bosque templado (59.5%) (Cantú-Ayala *et. al.*, 2013)

En el estado se encuentra un Área Natural Protegida (ANP) denominada Cerro del Potosí, la cual se localiza en la Sierra Madre Oriental (SMOR) y en ella se encuentran una amplia diversidad de especies dentro de las que destaca una especie de tipo endémica *Pinus culminicola* (Gobierno del Estado de Nuevo León, 2003).

Otras especies de pino que regularmente se encuentran en el estado de Nuevo León son: pino ocote (*Pinus teocote*), pino blanco (*Pinus pseudostrobus*), pino real (*Pinus arizonica*), pino ayacahuite (*Pinus ayacahuite*), pino negro (*Pinus hartwegii*) y pino piñonero (*Pinus cembroides*) (Estrada *et al.*, 2014).

Las coníferas también se encuentran presentes conviviendo junto con otros tipos de vegetación, ya que conforman bosques denominados de pino – encino, aunque se cree que esta convivencia debe en gran medida a las actividades

humanas, las cuales son las responsables de causar perturbaciones y estrés a los ecosistemas en la mayoría de los casos (SEMARNAT, 2014).

### **3.4 *Pinus cembroides*.**

*Pinus cembroides* es una de las especies de coníferas más ampliamente distribuidas en el territorio nacional, se extiende sobre casi todo el norte y centro del país desde el extremo sur de Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Durango, Zacatecas y Nuevo León, formando bosques más o menos bien definidos y su principal característica es el tamaño reducido de sus hojas (Rzedowski, 2006).

Es un árbol de lento crecimiento que alcanza una altura máxima de hasta los 15 metros de altura, con diámetros que van de los 30 a 70 centímetros en los ejemplares más longevos, presenta regularmente un fuste corto con ramas ascendentes y delgadas con una distribución irregular sobre el tallo, con acículas cortas, los conos son subglobosos y pequeños de aproximadamente 6 cm con escamas gruesas, de color verde hasta llegar a rojizo cuando este madura, las semillas son subcilíndricas de 1cm sin ala y con una testa que lo recubre, es una especie monoica el tiempo en la producción de semillas dura aproximadamente 36 meses. (Figura 1)



Figura 1. *Pinus cembroides* Zucc a la izquierda acículas y cono, a la izquierda panorámica de un bosque de piñonero.

Esta especie se distribuye en un rango altitudinal de los 1300 a los 2700 metros sobre el nivel del mar, se desarrolla principalmente en laderas lomeríos y cerros, lugares con pendientes secas o con abundante presencia de rocas, dentro de estas preferencias por zonas rocosas destaca la posibilidad de encontrarlo en suelos calcáreos con altos contenidos de yeso, con una amplia tolerancia de pH (4-8).

Es una de las especies con mayor capacidad de tolerancia ante las sequias y con un alto potencial de adaptación a diferentes condiciones climáticas adversas como bajas temperaturas, deficiencias nutricionales como bajos contenidos de calcio y magnesio además también es conocida por adaptarse a temperaturas elevadas.

Este conjunto de características hace que el pino piñonero sea una especie apta para realizar acciones de reforestación en áreas que han perdido la cobertura vegetal y es por esto por lo que su uso en programas nacionales de reforestación se ha ido intensificando con el paso del tiempo.

### **3.5 Degradación por insectos descortezadores de los bosques de pino en México**

Los brotes de insectos descortezadores se han evaluado en México desde 1960 pero no fue hasta los años 70 cuando iniciaron los primeros programas de control y combate de estos (Yerena, 2016).

De los datos consultados sobre estas superficies, 331,627 hectáreas corresponden a los saneamientos aplicados a superficies afectadas por insectos descortezadores durante el periodo de 1993 a 2017.(CONAFOR, 2019) siendo el año 2012 en el que se afectaron mayor cantidad de hectáreas de bosque por descortezadores (112,449 hectáreas tratadas), mientras que en 2017 la mayor cantidad de saneamiento fue para muérdago (Cuadro 1).

Año	Barrenadores	Defoliadores	Descortezadores	Muérdago	Otras plagas y enfermedades	Total
1993	444	627	4514	1319	0	6904
1994	1	622	1823	1362	438	4246
1995	15	622	4418	1930	312	7297
1996	57	335	1842	4135	38	6407
1997	1739	3163	763	1255	20	6940
1998	536	1655	813	496	28	3528
1999	1040	978	2614	89	118	4839
2000	1650	982	4596	422	140	7790
2001	1694	273	5117	360	178	7622
2002	750	427	3684	3	112	4976
2003	2903	1165	14854	4241	1837	25000
2004	1531	7201	8400	12365	2395	31892
2005	765	3817	14776	9195	3737	32290
2006	3002	6545	15469	18255	2893	46164
2007	4035	7673	11248	20539	2201	45696
2008	4215	14135	11683	24871	1204	56108
2009	3729	13126	6902	19936	1502	45195
2010	1700	36655	7778	12708	2304	61145
2011	1370	13926	9473	19242	989	45000
2012	1553	6585	112449	15261	1125	136973
2013	2166	37862	27061	29528	10204	106821
2014	2166	37862	27061	29528	10204	106821
2015	4506	34535	14113	26545	19244	98943
2016	7739	29249	10095	43959	13877	104919
2017	1031	25316	10081	52186	17748	106362
<b>Total</b>	<b>50337</b>	<b>285336</b>	<b>331627</b>	<b>349730</b>	<b>92848</b>	<b>1109878</b>

Cuadro 1. Superficies tratadas durante el periodo de 1993-2017 y tipo de afectación.

Muchos de los impactos negativos para la salud de los bosques de Norteamérica son ocasionados por brotes de plagas y enfermedades forestales entre los que destacan los insectos descortezadores (Tkacz *et al.*, 2008).

En el caso de México los registros indican que desde el año 1994 a 2017 se han visto afectadas 1,109,878 hectáreas, estas considerando solo aquellas superficies sobre las cuales se ha realizado algún tipo de tratamiento.

La CONAFOR describe diferentes tipos de tratamientos aplicados al control y combate de insectos descortezadores en su Manual de Sanidad Forestal (CONAFOR, 2010) el cual inicia con la previa identificación del agente causal así como la especie afectada (Figura 2) para conocer el tipo de tratamiento recomendable para combatirlo, en dicho manual destacan los tratamientos mecánicos-físicos y químicos, siendo estos últimos los más utilizados para combatir a los insectos descortezadores en el norte del país.

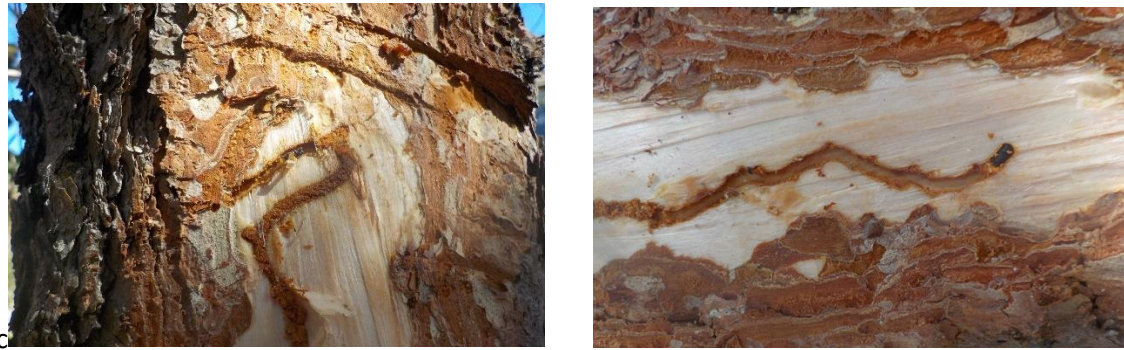


Figura 2. Tronco de *P. cembroides* en el que se muestra la galería de *D. mexicanus*.

Para evaluar los impactos, así como la detección de este tipo de afectaciones en México durante diversos años se han realizado prospecciones aéreas con la finalidad de identificar los brotes activos sobre los bosques de todo el país, sin embargo, éstas regularmente no tienen buenos resultados. A continuación, se muestran los mapas de prospección aérea emitidos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) se pueden observar las infestaciones en el municipio de Aramberri, N.L. (Figura 3).

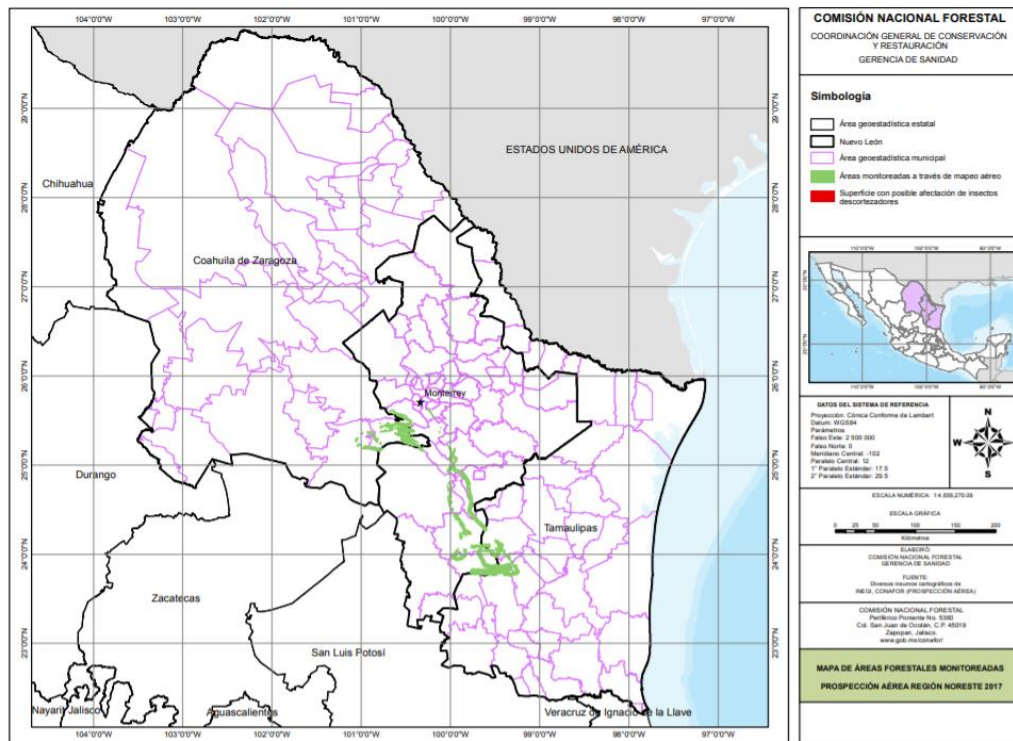


Figura 3. Áreas forestales monitoreadas durante 2017 en la región Noreste.



Con lo anterior queda claro que, para detectar a tiempo los brotes de insectos descortezadores se han realizado muchos esfuerzos debido a la rapidez con la que un brote puede arrasarse con cientos de hectáreas, así como determinar las superficies afectadas, entre los que destacan técnicas como el realizar recorridos por las carreteras, inspecciones aéreas de manera periódica acompañadas de inspecciones terrestres para corroborar la información señalada durante la inspección aérea e identificar al agente causal, así como a los hospederos (Cuéllar-Rodríguez *et al.*, 2013; Sánchez *et al.*, 2007) aunque muchos de estos lugares a los que es necesario ingresar a realizar la inspección no son predios accesibles para realizar el control del agente causal sin contar que este tipo de programas nacionales no cuenta con planes de seguimiento a largo plazo.

Sin duda alguna, dentro de los más grandes retos que tienen las autoridades nacionales en materia de medio ambiente es que necesitan trabajar en establecer métodos prácticos, económicos y que permitan agilizar los procesos necesarios para determinar las características del arbolado afectado en corto tiempo para establecer las acciones necesarias a realizar para detener el deterioro de los bosques afectados por plagas de descortezadores. (Arias *et al.*, 2018).

Detener estas afectaciones no es el final ya que posterior a esto es necesario realizar acciones de restauración debido a que muchos ecosistemas quedan debilitados a tal grado que no tienen la capacidad de recuperarse por sí mismos en el corto y mediano plazo y quedan expuestos a la degradación.

### **3.6 Restauración ecológica.**

Para revertir las condiciones adversas en los ecosistemas, es necesario instrumentar un conjunto de acciones o manipulaciones planificadas que conformen una estrategia para mejorar las condiciones del sistema degradado e incrementar su calidad ambiental. A este conjunto de acciones se le conoce como restauración ecológica, de acuerdo con la Sociedad de Restauración Ecológica (SER), la restauración consiste en asistir a la recuperación de ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos (SER, 2004).

En México la restauración ecológica es un tema que se puede considerar en vías de desarrollo dónde si bien son muchos los casos de éxito que podemos localizar a lo largo de la república son pocos los trabajos documentados y desarrollados (Eliane Ceccon *et al.*, 2015)

Desde 1997 en México, diversas iniciativas auspiciadas por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, nacionales e internacionales han concentrado sus esfuerzos de investigación en la identificación de regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el ámbito nacional (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2009)

En años recientes se han realizado estudios para la selección de áreas prioritarias para la restauración y conservación de la diversidad que se han visto afectadas por diversas causas (Ceballos *et al.*, 2009; Koleff y Urquiza, 2011; March *et al.*, 2009) esto brinda alternativas para realizar una correcta rehabilitación de los ecosistemas y cumplir con las metas planteadas así como con otros objetivos como para servicios ambientales hidrológicos o captura de carbono; de protección de cuencas o de restauración de ecosistemas e incluso con fines sociales en primer término (Geneletti *et al.*, 2011; Semarnat, 2011).

Existen múltiples programas aplicados a la restauración ecológica coordinados por diversas dependencias nacionales e internacionales así como organizaciones sin fines de lucro y sociedad civil en general, entre los que destacan los programas por compensación y cambio de uso de suelo del gobierno federal, el programa sembrando vida, los programas de restauración con apoyo de la comisión nacional de zonas áridas (CONAZA) y otras organizaciones que acceden a diferentes tipos de recursos como WWF, TNC, PRONATURA, entre otros.

Dentro de los programas que asisten a las áreas degradadas en México, el principal es el programa de reforestación, que sigue una estrategia permanente con la finalidad de recuperar y aumentar las áreas forestales y frenar esta degradación, llegando a reforestar en el año de 2020 una superficie de 100 000 hectáreas. (FAO, 2020)

Aun y cuando se cuenta con grandes programas de reforestación, el común denominador de las problemáticas que estos enfrentan es la baja sobrevivencia de las plántulas (Burney *et al.*, 2015) misma que regularmente se encuentra asociada a una mala calidad de planta (Escobar-Alonso & Rodríguez-Trejo, 2019) estos bajos porcentajes de calidad y sobrevivencia impiden el cumplimiento de las metas propuestas en los trabajos de reforestación que tienen por objetivo restaurar las superficies boscosas degradadas de México.

Una de las debilidades en la restauración en el país es que no se utilizan plántulas producidas por zona ecológica, y es en este sentido que lo ideal sería planificar los proyectos de acuerdo a las zonas de movimiento de germoplasma (ZMG) establecidas por la CONAFOR que son regiones donde las semillas de las especies comparten características ecológicas y climáticas lo que evita se produzca un estrés al estarlas movilizandando entre zonas completamente distintas, lo cual compromete el éxito de la restauración.

Para finalizar, estas deficiencias las plantas sobrevivientes se ven afectadas a su vez por otros tipos de disturbio como factores relacionados al ser humano como el pastoreo y naturales donde destacan las heladas y sequías (Bautista-Zarco *et al.*, 2005).

La mayoría de las acciones de restauración en México se encuentran dirigidas hacia los ecosistemas de clima Templado-frio, donde alrededor del 94% de las acciones de restauración se realizan sobre estos ecosistemas mientras que para las regiones áridas y semiáridas refiere el 4% de la intervención y para las áreas tropicales solo el 1.4%.(Escobar-Alonso & Rodríguez-Trejo, 2019)

Todas estas dificultades en conjunto ocasionan el bajo éxito de los programas de restauración en México, lo que abre un área de oportunidad para empezar a corregir esas acciones que merman la eficacia de los programas y de esta forma conseguir mejores resultados a futuro

## 4. Metodología

### 4.1 Área de estudio.

El área se localiza en el sur del estado de Nuevo León en el municipio de Aramberri, el cual limita al norte con Galeana e Iturbide, al sur con Doctor Arroyo y Zaragoza, al este con Tamaulipas y al oeste con Galeana y Doctor Arroyo, se localiza dentro de la localidad Joyas y Antejitos, entre las coordenadas UTM 408500 m E y 2677500 m N, el acceso al predio se localiza sobre la carretera que conecta La Asunción con la cabecera municipal de Aramberri, México y se encuentra a una altura de 2,100 metros sobre el nivel del mar. (Figura 4)

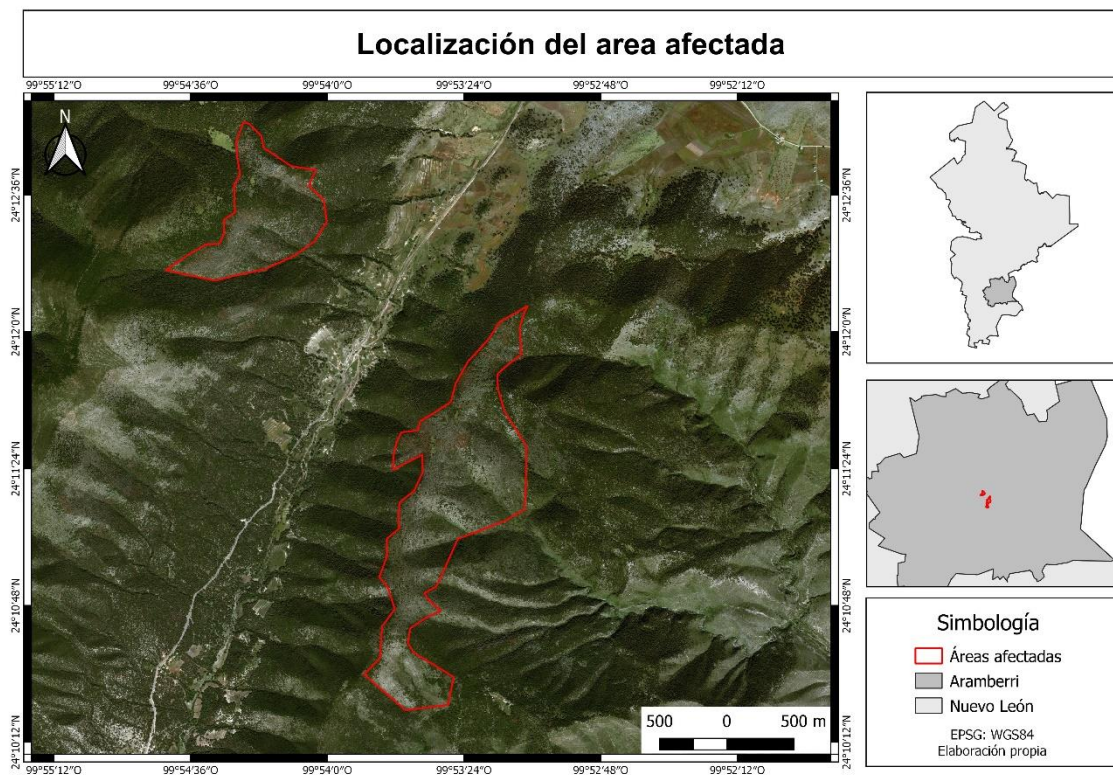


Figura 4. Localización del área.

La topografía del terreno va de lomeríos bajos a zonas onduladas y muy escarpadas donde predominan las zonas rocosas con pendientes mayores de hasta el 60% con algunas zonas con planos extendidos en la parte alta de los lomeríos, en su mayoría todas las superficies que han sido atacadas se encuentran desprovisto de vegetación debido a que posterior a los ataques se realizaron acciones de saneamiento.

La clasificación de polígonos afectados, así como el proceso de imágenes satelitales correspondientes a cada área se analizaron mediante el software de uso libre Qgis en su versión 3.16.

La superficie afectada supera las 600 hectáreas, de las cuales se seleccionaron dos polígonos con una superficie total de 226 hectáreas que cuentan con características cualitativas que lo hacen candidatos a ser objeto de restauración ecológica como son:

- Predios de fácil acceso: El acceso es una parte fundamental en los proyectos de restauración ya que entre más complejo es el llegar a las áreas, junto a esta dificultad se van sumando gastos económicos y físicos de quienes realicen las actividades.
- Son áreas que se encuentran desprovistas de vegetación debido a que fueron saneadas durante el año 2017 y no se han realizado acciones de restauración en ellas.
- No han presentado regeneración natural.

Posterior a la selección de datos se siguieron distintas metodologías que se describen a continuación para la caracterización del área de estudio y finalmente se seleccionaron las obras que según las características del predio son factibles para realizarse, estas están establecidas en los manuales de prácticas de reforestación y de protección restauración y conservación de suelos forestales. (CONAFOR, 2007, 2010)

Contando con esta información se procedió a realizar el análisis de priorización, el cual consistió en seleccionar una serie de criterios para obtener un resultado.

El sitio se seleccionó bajo el esquema propuesto por Chávez González *et al.*, (2018) donde muestra las etapas mínimas a considerar para conocer la prioridad de restauración de un área degradada o que puede ser destinada a la conservación. (Figura 5)

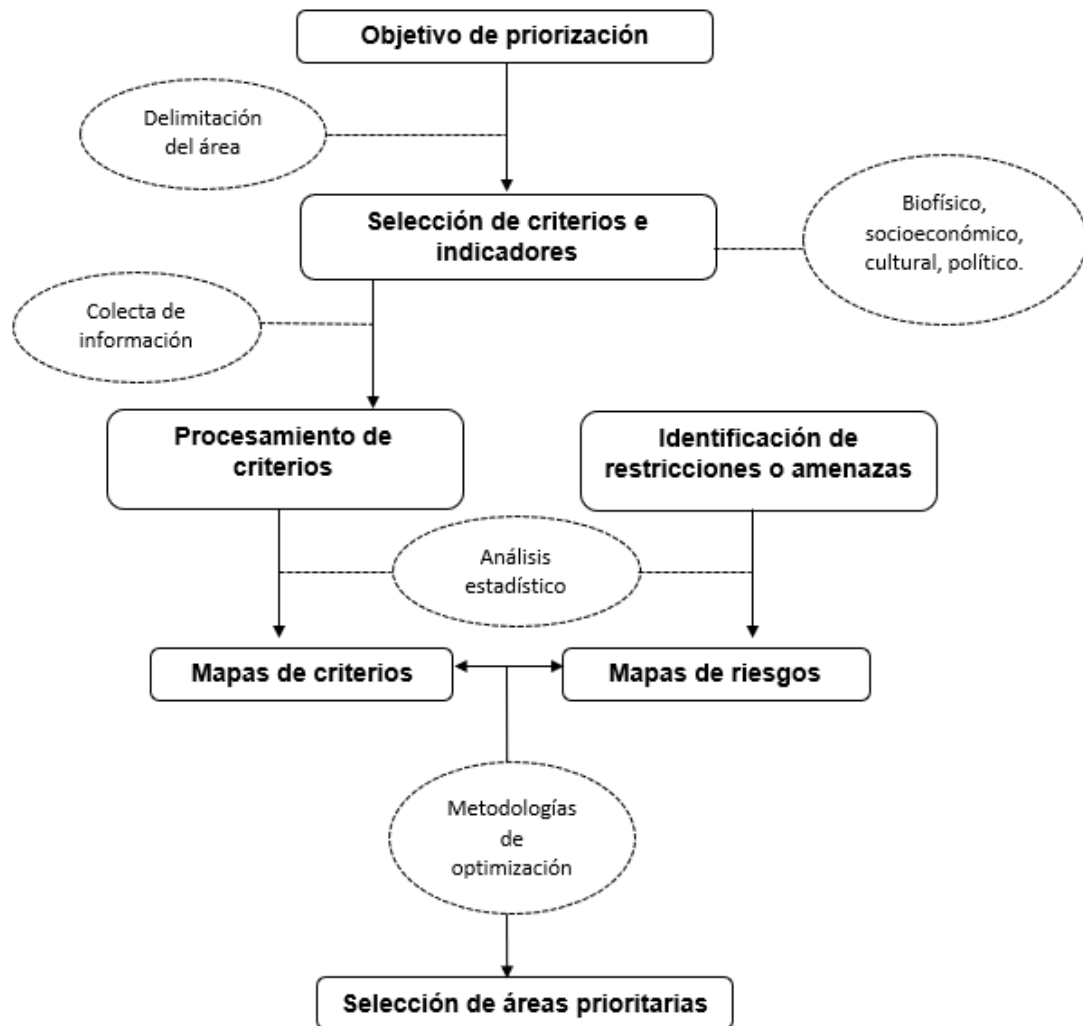


Figura 5. Proceso metodológico para seleccionar las áreas prioritarias.

Para realizar el procesamiento de datos de las respuestas interpretadas en las encuestas con las personas del ejido se realizaron análisis básicos de estadísticas descriptivas utilizando el programa de hojas de cálculo Excel.

Una vez seleccionada el área con potencial para llevar a cabo la restauración ecológica y que cumpla con los criterios antes mencionados se procedió a



realizar una evaluación de los daños, así como la caracterización del arbolado que queda en pie y de los recursos disponibles.

En este caso dentro de los recursos disponibles para realizar obras de conservación de suelos se encontraron remanentes del saneamiento (Figura 6).



Figura 6. Derribo y troceo del arbolado infestado, material que permanece disponible en el área para realizar barreras de material muerto conforme a las curvas a nivel.

Además, en la zona se encontraron rocas con potencial para ser empleados como elementos para la construcción de diversas obras de conservación de suelos (Figura 7).

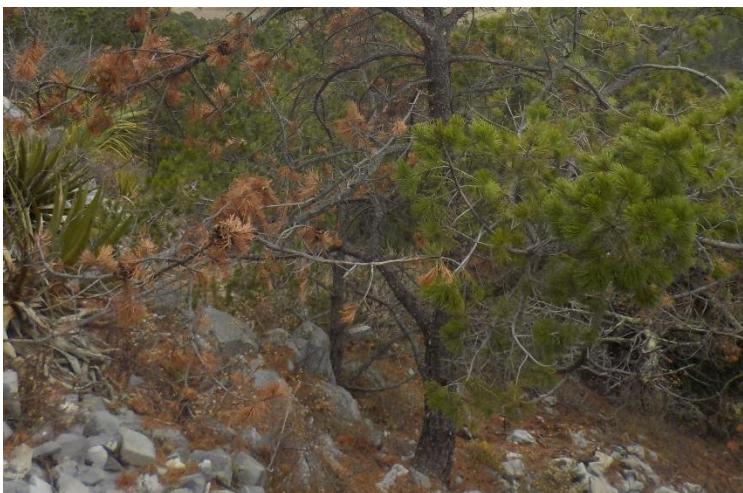


Figura 7. Rocas que podrían utilizarse para la construcción de obras de conservación.

## 4.2 Clima

En la localidad de Joyas y Anteojitos interactúan dos tipos de clima (Figura 8) según podemos apreciar en la Carta climática de INEGI (1998) los cuales son BS1h(x') y BS1k(x'), el área de estudio se localiza entre la zona de transición de clima semiárido y templado. (Cuadro 2)

Clima	Descripción
BS1h(x')	Semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C.
BS1k(x')	Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C.

Cuadro 2. Descripción de los tipos de clima presentes en el área de estudio (modificado por García 1998).

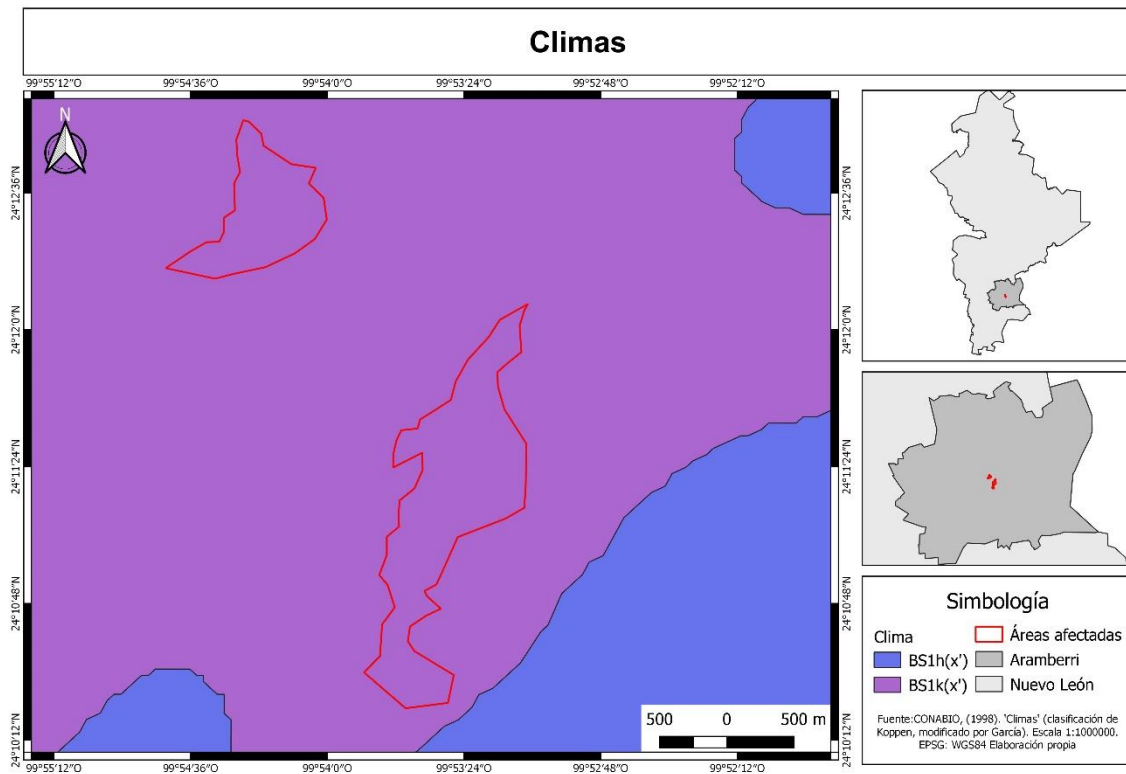


Figura 8. Climas predominantes en el área de estudio dentro del municipio de Aramberri Nuevo León.



De acuerdo con los datos obtenidos de la estación climática más cercana (San Juanito de Reséndiz) a una distancia de 7 kilómetros. Los datos de esta estación se encuentran disponibles en la página web de la Base de datos climatológica nacional (SISTEMA CLICOM).

La precipitación promedio anual es de 750 mm, en esta zona la época de lluvias se desarrolla entre los meses de mayo a septiembre siendo el mes de septiembre donde se registra la mayor cantidad de precipitación con aproximadamente 150 mm en promedio. (Figura 9)

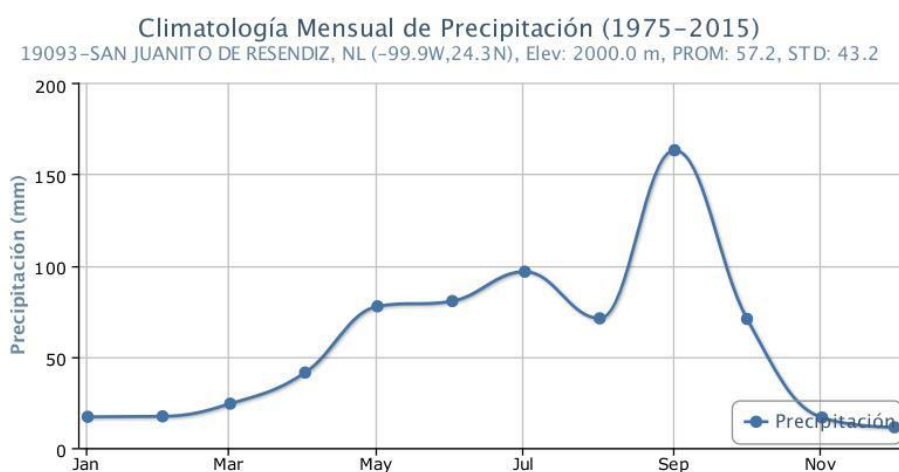


Figura 9. Datos de precipitación promedio mensual.

La temperatura promedio anual es de 14.8°C, el promedio de temperatura máxima es de 21°C y el promedio de Tmin es de 7°C, los meses más cálidos son de abril a octubre. (Figura 10)

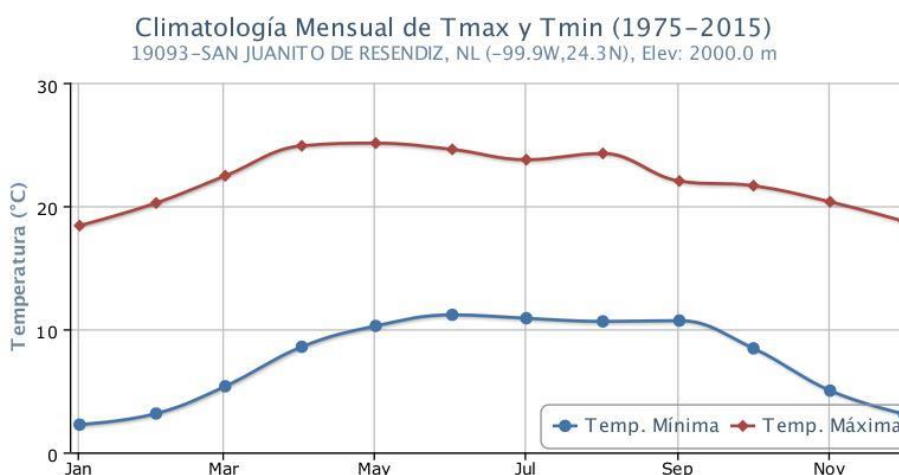


Figura 10. Gráfica de temperaturas mínimas y máximas del área de estudio.

### 4.3 Edafología

El tipo de suelos predominante en la zona son litosoles, con algunas zonas próximas de regosol, de textura media. La profundidad es variable debido a las mismas condiciones del terreno, pero en promedio se localiza a los 15 cm de espesor aunque existen algunas unidades o zonas de contacto con de Xerosol cálcico y regosoles de origen Petrocálcico de textura fina, esta zona de transición enmarca el gradiente entre los bosques de pino y el inicio de los matorrales, regularmente los Xerosoles los podemos localizar en regiones áridas que regularmente cuentan con bajo contenido de materia orgánica, sin embargo presentan alta riqueza de nutrientes y bases. Los suelos que presentan algún tipo de contacto o mezcla con Rendzinas llegan a presentar profundidades de hasta 50 cm con una capa bien definida de color oscuro que representa un alto contenido de materia orgánica. (INEGI, 2014).

### 4.4 Vegetación

En el área de estudio predominan los bosques de Pino-Encino, este ecosistema se presenta entre los 1000 y los 3000 m.s.n.m. son ecosistemas de climas húmedos, subhúmedos y templados en los que la precipitación anual oscila entre 600 y 1000mm. Además del bosque de Pino-encino, podemos encontrar áreas de Matorral desértico rosetófilo y zonas con vegetación secundaria. (Figura 11)

El arbolado del sitio presenta una pureza mayor al 70% de *Pinus cembroides* conocido comúnmente como Pino piñonero, el 30% corresponde a la asociación con otras especies como *Quercus sp.*, *Yucca samandoca*, *Rhus virens*, *Juniperus monosperma*, *Sephora secundiflora*, *Arctostaphylos pungens*, *Arbutus xalepensis* y *Juniperus pinchotii*.

El estrato bajo presenta una gran abundancia de rosetáceas como *Agave lechuguilla*, *Agave striata*, *Agave gentryi*, *Agave montana* y *Dasyilirion sp.* mezcladas con gramíneas y herbáceas.

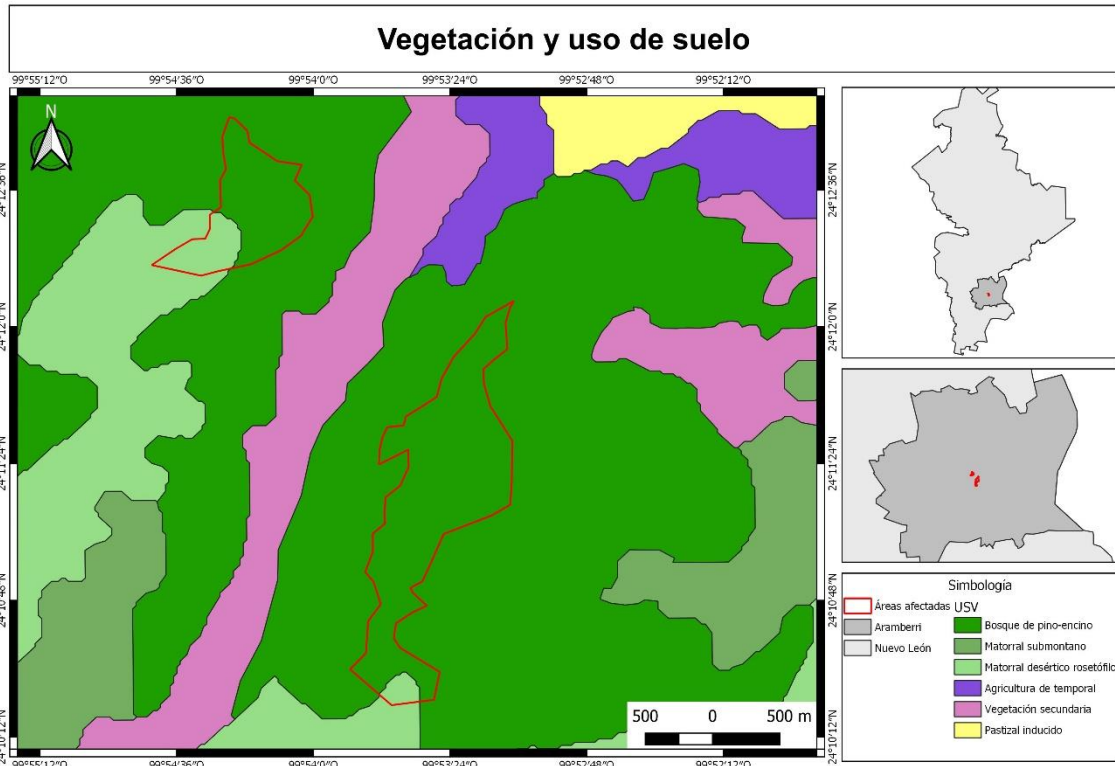


Figura 11. Tipos de vegetación presentes en el área de estudio.

La mayor parte del área afectada se localiza dentro de un bosque de pino piñonero (*P. cembroides*) extremadamente dañada a causa de las interacciones de diversos agentes de disturbio como el sobrepastoreo, la recolección de piñón y finalmente la infestación por *D. mexicanus*. (Figura 12)



Figura 12. Panorámica del área de estudio en la que se observan áreas desprovistas de vegetación, así como zonas de cultivo y pastoreo.

#### **4.5 Mapeo participativo**

Para realizar un mapeo participativo y conocer las necesidades de la población así como su percepción que tienen sobre los efectos posteriores al ataque por insectos descortezadores, se realizó una serie de encuestas que incluye información sobre si consideran positivos o negativos los impactos que traen consigo los brotes, la percepción que tienen acerca de los saneamientos, la cantidad de ganado con la que cuentan y si estos los acostumbraban pastar en las áreas afectadas antes y después de estos eventos así como la percepción de restauración ecológica de las áreas afectadas.

Para conocer la percepción de la población se realizaron recorridos donde en forma de charla directa con la población se buscó dar respuesta a un cuestionario basado en el método de medición de Likert cuyo diseño responde a dos aspectos principales: a) Social y b) ecológico.

La charla estaba basada en las siguientes preguntas, mismas que se realizaron sin presentar ningún formato para no incomodar a los entrevistados, una vez terminada la entrevista y ya en el vehículo se procedía a transcribir la opinión de la persona.

##### **¿Qué tipo de impacto cree que han generado los brotes de descortezador en la localidad?**

- 1- Sin impacto
- 2- Muy negativo
- 3- Negativo
- 4- Positivo
- 5- Muy positivo

##### **¿En qué grado se realizan acciones de saneamiento para combatir esta problemática?**

- 1- No se realizan acciones
- 2- Deficientes
- 3- Se realizan acciones, pero no se terminan
- 4- Se cumple con lo acordado

5- Se realizan en su totalidad y de forma adecuada

### **¿Se realizan acciones de restauración ecológica?**

1- No se realizan acciones

2- Deficientes

3- Se realizan acciones, pero no se terminan

4- Se realizan de forma inadecuada

5- Se realizan, pero generan más problemas que soluciones

La estrategia que se siguió para la realización de las encuestas fue que durante los recorridos en el área de estudio se seleccionaron habitantes al azar, bajo la única condicionante de que estos fueran personas adultas con domicilio dentro de la localidad. Las preguntas se realizaron durante charlas informales para conocer la percepción que tienen las personas respecto a la pérdida de los bosques en su entorno.

Las encuestas se realizaron en las dos extensiones de la localidad ya que esta se encuentra dividida en dos grupos de asentamientos humanos, ambos grupos coinciden en que su principal medio de sustento es el pastoreo caprino mismo que realizan principalmente en las áreas afectadas.

Con los resultados de las encuestas producto del acercamiento con las personas se realizó estadística básica para integrarla como parte del proceso de entendimiento de la problemática.

Los resultados se muestran en la tabla de anexos. Las encuestas además de la percepción permitieron conocer si ya han sido beneficiarios de anteriores programas de reforestación y restauración.

### **4.6 Propuesta de restauración ecológica**

Para realizar una propuesta integral de restauración ecológica se cuenta con diversos factores que se deben tomar en cuenta para proponer obras de acción y ejecución del proyecto, entre estas acciones una de las primordiales es determinar la pendiente del terreno. En algunos casos donde los terrenos presentan diversos grados de inclinación se pueden realizar zonificaciones según el tipo de pendiente.

En este caso además de corroborar las pendientes en campo utilizando un clinómetro, se procedió a realizar una zonificación con diversos porcentajes de pendiente (Figura 13) utilizando el software de sistemas de información geográfica Qgis en su versión 3.16 para obtener una serie de Modelos digitales de elevación (DEM) como instrumento final auxiliar para la toma de decisiones.

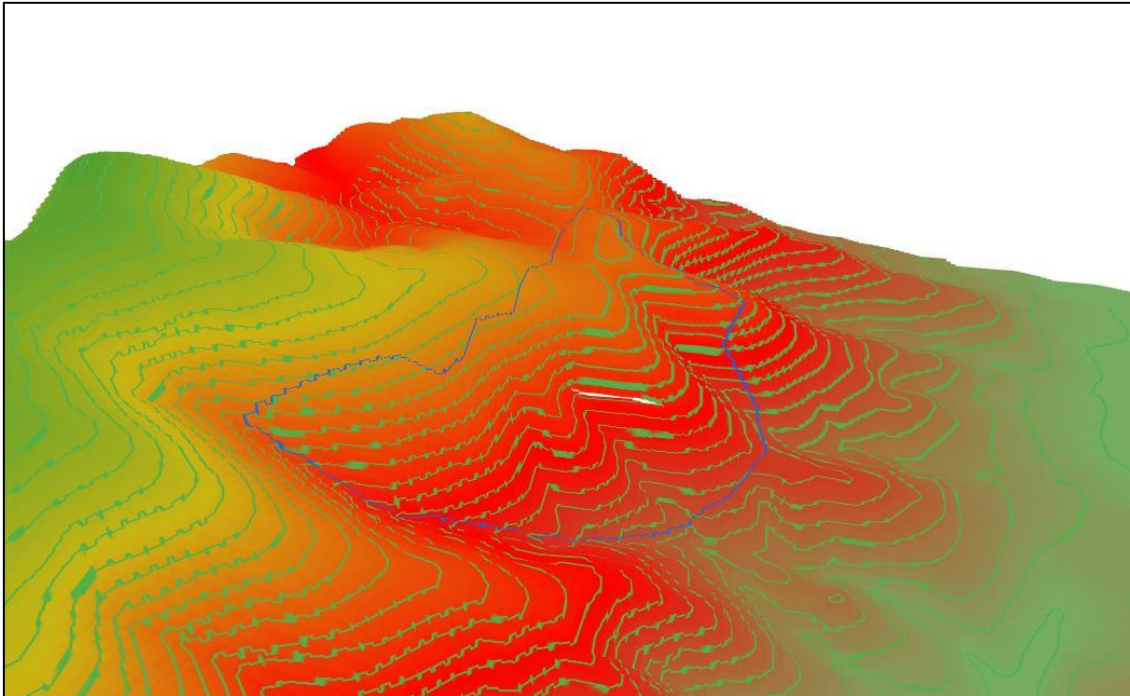


Figura 13. Modelo Digital de elevación donde la rampa de color corresponde al verde para las pendientes menos pronunciadas y al rojo las mayormente pronunciadas.

Para entender mejor el área se procedió a visualizar estos mismos MDE sobre una imagen satelital que muestra el arbolado infestado y tener una mejor comprensión del relieve, así como de las áreas afectadas dentro de los polígonos (Figura 14).

Esto fue de gran ayuda ya que al visualizarlo de diversas formas los sistemas de información geográfica son excelentes herramientas para asistir a la toma de decisiones sobre la planeación de la restauración e incluso planificar con anticipación desde qué zona iniciar con las obras, qué sitios son inaccesibles para realizar una reforestación e incluso cuáles serían los posibles senderos para acceder al área y donde concentrar los materiales.

Esta información también se utilizó para realizar la distribución de las obras de conservación de suelos.

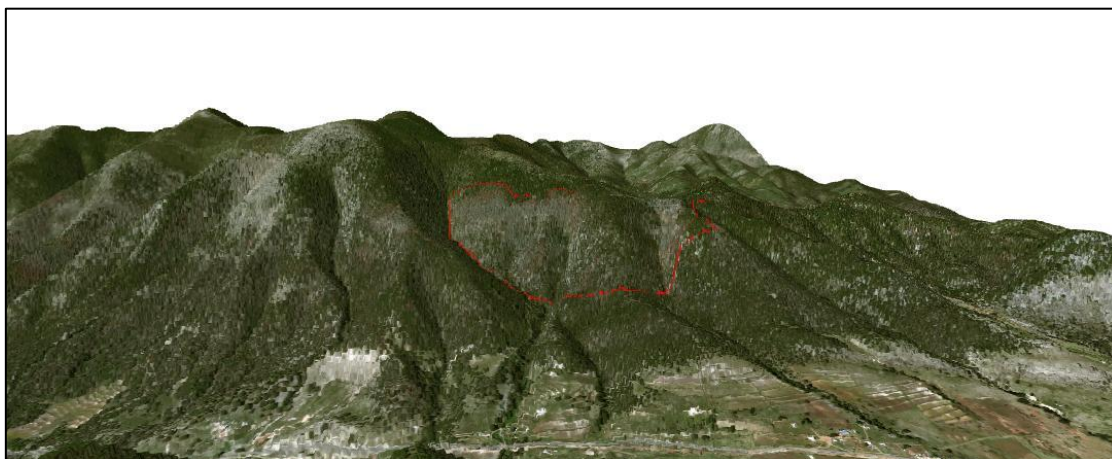


Figura 14. modelo digital de elevación con una imagen de satélite donde se puede apreciar un brote de insectos descortezadores.

Para el cálculo del porcentaje de pendiente es necesario conocer la elevación del terreno y la distancia horizontal que existe entre las dos diferentes cotas, en este caso se consideraron las curvas a nivel a cada 20 metros y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Pendiente = \frac{Diferencia\ de\ altura}{Distancia\ horizontal} \times 100$$

Esta información es de suma importancia para realizar acciones como conocer las acciones o el tipo de obras de conservación de suelos que se recomiendan para el porcentaje de inclinación con que tiene el predio.

Una vez que se tiene claro el ecosistema y conocemos su topografía se debe identificar un ecosistema de referencia, este puede ser a raíz de estudios anteriores, antecedentes del mismo predio o se considera un ecosistema cercano al nuestro con rasgos similares.

En este caso, el ecosistema de referencia son los bosques sanos localizados al norte de esta misma localidad, mismos que no han sufrido ataques por insectos descortezadores y conservan un vigor aparentemente saludable.



Se localizan a una distancia de aproximadamente 7km de la localidad y este ecosistema en buen estado de conservación ha sido evaluado anteriormente por Diaz-Cruz (2016) reportándolo como un bosque sano de *Pinus cembroides* con las características presentadas en el cuadro 3.

Especie	Arbolado adulto Ind/ha	Regeneración Ind/ha
<i>P. cembroides</i>	1005	295
<i>Quercus sp.</i>	130	-
<i>Agave sp.</i>	360	-

Cuadro 3. Distribución de especies en el ecosistema de referencia.

Se recomienda realizar la reforestación con las especies descritas en el área, en una proporción similar donde el 67% corresponde a la especie *Pinus cembroides*, el 8% a *Quercus sp.* Y el 24% para *Agave sp.* Para las especies que solo se identificó el género es necesario realizar un recorrido de colecta para realizar la identificación de las especies y realizar la reforestación con al menos dos de las anteriormente mencionadas.

La evaluación del suelo mediante el valor asignado por la metodología propuesta en el manual de Protección, restauración y conservación de suelos forestales (CONAFOR, 2007) con el proceso Assessment of the Status of Humaninduced Soil Degradation (ASSOD) propuesto por la FAO el cual indica que el área presenta una marcada reducción en su productividad y aun que se encuentra en un proceso de recuperación el suelo ha perdido de 26 a 50% de la capa superficial, la característica de este grado de afectación se basa en que el ecosistema donde se pretende realizar el proyecto presenta erosión en canalillos, canales y cárcavas pequeñas, este grado de erosión es clasificado como Moderado y se le asigna el valor "2".

Para calcular el porcentaje de afectación que es la proporción afectada por cada tipo de degradación sobre un terreno se calcula de la siguiente formula:

$$\frac{\text{Superficie afectada por el proceso de degradación}}{\text{Superficie total del predio}} \times 100$$



Al realizar este procedimiento, se tiene que el área se encuentra afectada en el recurso suelo en más del 40% de la superficie, los factores causativos de esta pérdida podrían atribuirse a la deforestación producida debido a la necesidad de realizar las cortas de saneamiento y al sobrepastoreo principalmente.

Para elegir el tipo de obra adecuada al tipo de predio se realizaron los siguientes pasos de acuerdo con el manual de CONAFOR:

- I. Observar la vegetación nativa del predio, ya que es un buen indicador de la fertilidad del suelo (altura, aspecto, abundancia).
- II. El tipo de material presente en el terreno determina el tipo de obra a realizar. No se recomienda proponer obras cuando se carezca del material para su construcción.
- III. Dar prioridad al material vegetativo para realizar prácticas vegetativas, siempre y cuando en la región se cuente con dicho material.
- IV. Emplear a la población que habita en la misma población o en las comunidades donde se realizarán las actividades.

Siguiendo con estos lineamientos se proponen las siguientes actividades considerando las limitantes de construcción con las que cuenta el predio:

## **TERRAZAS INDIVIDUALES**

Esta obra se puede aplicar sobre una gran variedad de pendientes por lo que es apta de aplicar en nuestro predio y consiste en formar un terraplén combinado con alguna especie forestal, se encuentra asociada a la reforestación ya que su principal objetivo es captar el agua de la precipitación y los escurrimientos superficiales para aumentar la cantidad de recurso hídrico disponible para las plantas.

El proceso de construcción de las terrazas individuales consta de los siguientes pasos:

1. Trazar la curva a nivel o hilera sobre la que se iniciarán los trabajos.

Se trazan las curvas a nivel bajo el distanciamiento entre plantas con una distribución de tresbolillo a una distancia de 3x3 metros lo que nos da una densidad de 1100 obras de este tipo por hectárea, este diseño contribuye con la captación de los escurrimientos y la reducción de la velocidad de estos.

## 2. Marcar el área de la terraza

Estas obras deben tener como mínimo un metro de diámetro cuando así lo permita su construcción, debido a lo inclinado de la pendiente se podría modificar esta metodología si es necesario, el alto del talud se realizará a una altura de 10 cm y estos se estabilizarán con el material disponible en este caso rocas.

## 3. Construcción del bordo

Aguas abajo se construye el bordo de la terraza con forma de media luna para conducir los escurrimientos a las terrazas y a su vez se compacta, la planta en este caso debido a las escasas precipitaciones se coloca en la parte inferior de la terraza, la zona con mayor potencial de captación de agua.

## **ACOMODO DE MATERIAL VEGETAL MUERTO**

Esta obra se realizará con el acomodo de los materiales residuales producto de los saneamientos realizados con anterioridad en el terreno, cumple con múltiples funciones como la retención de suelo, disminuye la velocidad y la cantidad de escurrimiento superficial e intercepta los azolves y favorece la regeneración natural.

El proceso de construcción se realiza de la siguiente forma:

### 1. Determinar el espaciamiento entre cordones de material acomodado.

El espaciamiento entre obras se determina utilizando las fórmulas de intervalo vertical (IV) y horizontal (IH) y se establecen, en función de la pendiente, el escurrimiento, la erosión o la cantidad de material disponible en el terreno.

### 2. Acarrear el material a la línea donde se construirá el acordonamiento y colocar estacas para estabilidad de la obra.

Se trocea el material a medidas que permitan realizar las maniobras de acarreo y compactación de la obra para que esta tenga una correcta uniformidad además de colocar las estacas para anclar con mayor resistencia esta obra, las estacas pueden colocarse únicamente en la parte inferior de la obra.

El material grueso se acomoda en la parte inferior de la obra y el más fino en la parte más alta, esto permite obtener una mayor estabilidad y retención de azolves con unas dimensiones no mayores a 40x40 centímetros de altura y grosor respectivamente.

3. Formar secciones de acomodo de material con una longitud máxima de 50 metros.

Este acomodamiento también se realiza en forma de tresbolillo, se considera un espacio de 50 metros, dividiendo las líneas con secciones de entre 3 y 4 metros sin acomodamiento con una longitud máxima de la línea de acomodo de material de 50 metros.

El cálculo de las obras se realizó de la siguiente forma:

$$IV = \left(2 + \frac{P}{3}\right) \times 0.305$$

Donde:

IV= Intervalo Vertical

P= Pendiente del terreno

3= Factor que se utiliza si la precipitación es menor a 1200mm

0.305= factor de conversión de pies a metros.

$$IH = \frac{IV}{P} \times 100$$

IH = intervalo horizontal (m)

IV = intervalo vertical (m)

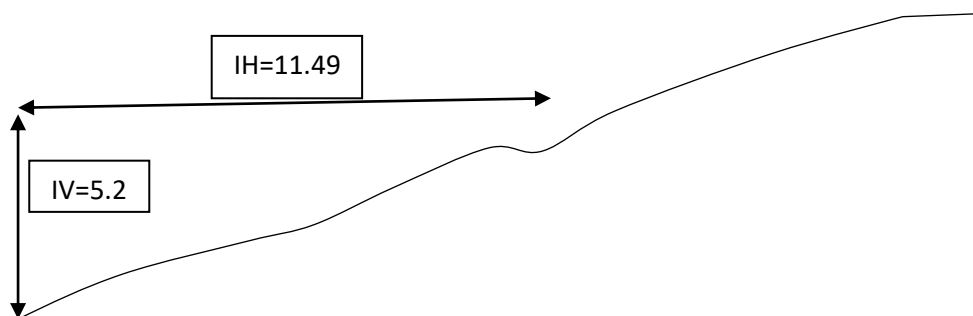
P= pendiente del terreno (%).

La pendiente del terreno se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Pendiente = \frac{Diferencia\ de\ altura}{Distancia\ horizontal} \times 100$$

La pendiente media del terreno resultante con estas ecuaciones es del 46 %

Por lo que el intervalo vertical de las obras es de 5.28 metros lo cual indica que ese sería el desnivel entre las obras en metros y el intervalo horizontal es de 11.49 metros. (Figura 15)



### **Reforestación**

En la reforestación se requiere la elección de planta local por lo que se recomienda buscar en viveros cercanos que cuenten con al menos dos de las especies mencionadas anteriormente por Diaz-Cruz (2016)

La recomendación es realizarse según lo establecido en el Manual de Practicas de Reforestación de CONAFOR (2010) bajo el modelo de cepa común (Figura 16), con previa preparación manual con la ayuda de herramientas básicas como azadón, pala, talacho, barreta, pico, coa, hacha o machete, entre otras. Estos trabajos son útiles en terrenos muy accidentados como el de Joyas y Anteojitos.

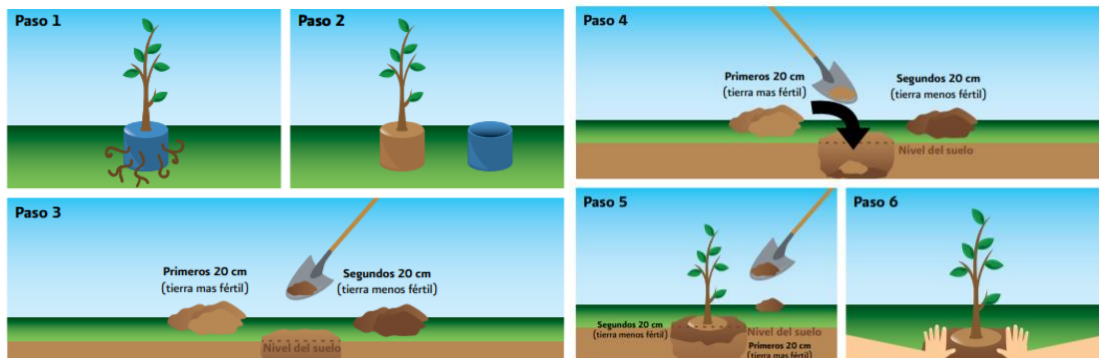


Figura 16. Procedimiento de plantación del método de cepa común.

El diseño de la plantación que se recomienda utilizar es el tresbolillo con las especies mezcladas a una proporción de 737 plántulas de *P. cembroides*, 88 de *Quercus sp* y 286 de *Agave sp.*, El diseño de tresbolillo consiste en formar triángulos equiláteros, ya que este método se recomienda utilizar en terrenos con pendientes mayores al 20%, las líneas de la plantación deben obedecer el orden de las curvas a nivel. Este diseño cuenta con amplias ventajas como minimizar el arrastre de suelo y maximizar el aprovechamiento de los escurrimientos superficiales.

Para obtener una densidad de 1100 individuos por hectárea se plantea que se respete una distancia de 3 metros entre plantas con una distancia entre hileras de 2.5m.

## 5 Resultados y discusión.

### 5.1 Ecosistema de referencia para sustentar la propuesta de restauración.

Dentro de un trabajo de restauración ecológica es fundamental el establecer un ecosistema de referencia, con características similares a las condiciones en las que se podría haber encontrado el ecosistema a restaurar (Vargas, 2007). Estas condiciones las cumplen varios ecosistemas cercanos al área de estudio y se seleccionó uno que contaba con registros de variables dasométricas del año 2016.

Se determinó que el área con mayor perturbación tiene una superficie de 226 hectáreas de bosque de *P. cembroides* las cuales requieren acciones de restauración, para lograrlo se localizó un ecosistema que ha resistido los ataques de años anteriores cercano al área evaluada por Diaz-Cruz (2016) quien describe este ecosistema como un bosque sano de pino piñonero el cual cumple con las características necesarias que describen a un ecosistema de referencia.

El área ha tolerado incluso los ataques más severos presentados en el periodo de 2008 a 2012. El ecosistema que se pretende restaurar presenta indicios de haber contado con características similares al que no ha presentado ataques recientes.

El ecosistema de referencia cuenta con las especies *Pinus cembroides*, *Quercus sp.* así como *Agave sp.* estos en conjunto acumulan una densidad de 1,495 Ind/ha donde *P. Cembroides* es el de mayor abundancia con el 67%.

## **5.2 Causas del deterioro del ecosistema**

La mayoría de las personas entrevistadas indicaron que, entre sus medios de sustento, se encuentra el pastoreo caprino y la colecta de piñón, siendo estas dos actividades las dos primeras acciones en la línea del deterioro del ecosistema.

Aunado a esto, las infestaciones ocasionadas por el descortezador del pino, y las acciones de saneamiento que requiere la problemática eliminan la condición de media sombra que *P. cembroides* requiere durante su proceso de desarrollo.

Según Pavek (1994) *P. cembroides* se desarrolla bajo condiciones de media sombra y conforme a su desarrollo va en aumento, requieren de mayor cantidad de luz, por lo que al realizar los saneamientos quedan completamente expuestas a la radiación eliminando el factor de media sombra indispensable para su desarrollo.

Otro estudio realizado por Manzanares *et al.*, (1996) menciona que *P. cembroides* es de las especies con mayor éxito en cuanto a regeneración natural se refiere ya que en condiciones naturales diversos organismos como roedores

funcionan como dispersores de semilla y colaboran en los procesos de escurificación de la testa; sin embargo, este fenómeno es reducido debido a que la población colecta el piñón en grandes extensiones de terreno disminuyendo la cantidad de semilla disponible.

En cuanto a la regeneración, Huber-Sannwald *et al.*, (2012) mencionan que el ramoneo es una de las principales actividades que reducen el estrato regenerativo de la vegetación, además Romero *et al.*, (2014) mencionan que el ganado caprino se encuentra entre los principales factores de disturbio de algunas comunidades de *P. cembroides*. Esta misma situación aunada a la colecta del piñón está entre los agentes de disturbio que mantienen la escasa productividad de los bosques de Joyas y Anteojitos.

### **5.3 Áreas prioritarias para ejecutar proyectos de restauración ecológica en Joyas y Anteojitos**

Ceccon (2013) menciona que para realizar acciones de restauración exitosas se deben contemplar múltiples factores entre los que implica de orden ecológico como la correcta selección de especies, el enfoque de la reforestación, así como las acciones a seguir para rehabilitar el ecosistema y a factores sociales como la cercanía e influencia de las poblaciones y la generación de empleos en las áreas de mayor marginación y que además de los beneficios ecológicos contemplen beneficios sociales.

Los proyectos de restauración dependen de muchos factores, pero todos ellos deben responder a objetivos claros, bien definidos y principalmente cuantificables y conocer la dimensión y magnitud del impacto del proyecto que se pretende desarrollar (Ríos, 2011) es por esto que el éxito de un proyecto de restauración ecológica depende en gran medida de la inversión económica, los tiempos de actuación, así como de voluntad por parte de instituciones, además de la participación, colaboración, y el sentido de pertenencia que tengan las comunidades locales sobre el mismo.

Inicialmente al ejecutar un proyecto de restauración es importante conocer las áreas prioritarias dentro del ecosistema en el cual se pretende realizar la

restauración, (Vargas, 2011) es por esto que, se determinó iniciar con aquellas áreas en las que la pendiente es más pronunciada y así evitar la erosión del suelo con la implementación de obras de conservación de suelos, para sustentar estas decisiones además de la verificación en campo se obtuvo un modelo de relieve del sitio para tener una perspectiva mas completa de aquellas áreas que podrían pasar desapercibidas dentro de una verificación en campo.

Conocer el relieve además permite definir el tipo de obras que se van a implementar en este caso, las obras de conservación de suelos recomendadas para el área contemplan 68 km de construcción de líneas de material vegetal acomodado sobre las curvas a nivel, Aquino *et.al.*, (nd.) recomiendan esta práctica con la finalidad de asistir a la recuperación de los ecosistemas debido a su fácil acceso cuando los ecosistemas que se están trabajando cuentan con residuos de aprovechamientos forestales, incendios o como en este caso el saneamiento del área infestada por lo que es un material de alta disponibilidad y de fácil manejo.

Las reforestaciones han sido una de las principales herramientas de restauración durante los últimos años y se emplean bajo distintas finalidades como son asistir en la recuperación de tierras degradadas y la recuperación de la cobertura forestal; sin embargo, existen múltiples estudios que indican que en muchas ocasiones no es suficiente realizar una reforestación y es necesario realizar diversas acciones de conservación de suelos (Ramírez, 2007).

Uno de los principales factores que se debe de considerar en la restauración de un ecosistema es conocer la vegetación, este primer análisis dará pauta para localizar un ecosistema de referencia similar y tener clara la dirección que debe tomar el ecosistema. Además, en las acciones de reforestación asiste en la correcta selección de planta.

Para el área seleccionada se requieren 251, 086 plantas de las especies: *Pinus cembroides*, *Agave sp.* y *Quercus sp.* A esta cantidad debe sumarse la cantidad de reposición de plantas para cubrir aquellas que mueran durante el traslado o durante el proceso de plantación, las estadísticas de experiencias de la CONAFOR (DOF, 2015) la sobrevivencia a nivel nacional es del 60% por lo que



para cumplir el mínimo objetivo de sobrevivencia es necesario el realizar al menos la adquisición del 20% como planta de reposición.

Para aumentar el porcentaje de sobrevivencia se plantea la alternativa de intensificar las acciones de supervisión de las condiciones de las plantas durante todas las etapas del proyecto que incluyen el traslado, almacenamiento y establecimiento en el sitio para combatir este bajo porcentaje de sobrevivencia.

El clima del sitio implica otra condición que asiste a la toma de decisiones, analizar la distribución de las precipitaciones, duración de la estación seca, fluctuaciones diarias de las temperaturas y frecuencia de heladas (Vargas, 2011) permite ratificar la correcta selección de especies y como en este trabajo ajustar las acciones a un calendario que obedezca a los eventos climáticos, de esta forma en la primera etapa de un proyecto se deben ejecutar las acciones de conservación de suelos durante las épocas de menor precipitación y previo al periodo de lluvias realizar la plantación para aprovechar este recurso al máximo.

Considerando todos estos factores de priorización tenemos acceso a un mayor porcentaje de éxito para nuestro proyecto, ya que se consideran múltiples factores para sustentar la toma de decisiones.

#### ***5.4 Percepción que tiene la población sobre los impactos del descortezador y la restauración ecológica.***

Dentro del mapeo participativo se obtuvo que la mayoría de la población piensa que los impactos negativos del descortezador han traído consecuencias graves para el bosque de la localidad (Figura 17).

Además, consideran que las acciones que se realizan no son suficientes, principalmente porque no se realizan de forma adecuada según su percepción y dichas acciones de combate no generan empleos directos ya que normalmente las brigadas de sanidad pertenecen a otras localidades y el volumen maderable no representa un ingreso significativo por lo que se opta por dejarlo en el sitio.

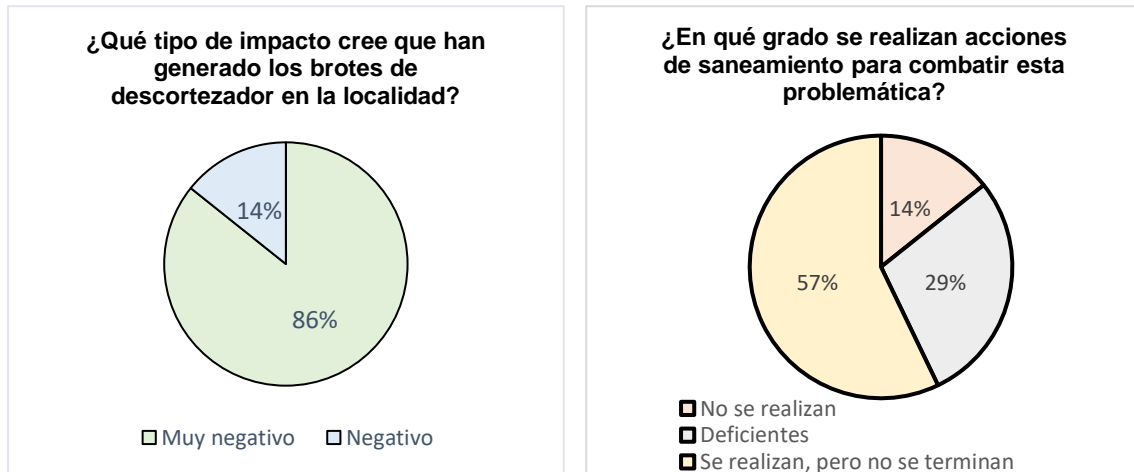


Figura 17. Percepción del impacto del descortezador del pino.

En cuanto a las acciones de restauración de las áreas afectadas en la localidad (Figura 18), mencionan que si bien se han realizado algunas reforestaciones estas carecen de éxito ecológico, según sus propios testimonios las reforestaciones que se realizan traen un bien económico por que generan una derrama de empleo temporal en la localidad sin embargo la especie mencionan que no es la adecuada (*Pinus pseudostrobus* Lindl.) terminando en un muy bajo porcentaje de sobrevivencia. Este concepto está dividido ya que muchos indican que no se realizan acciones de restauración completas y solo se realizan reforestaciones sin considerar la protección del recurso suelo.

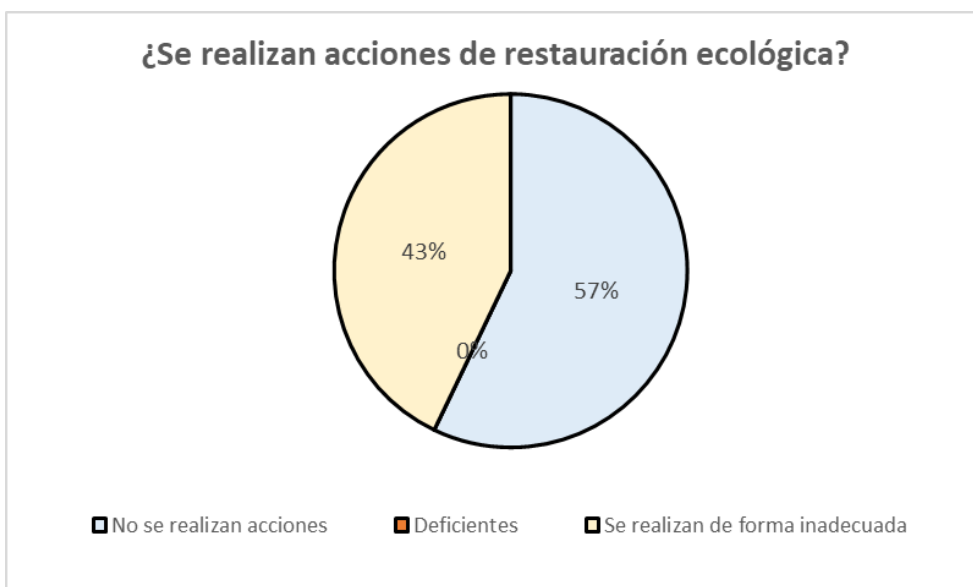


Figura 18. Acciones de restauración ecológica según la percepción de la localidad.

Las acciones de restauración deben priorizarse y dirigirse hacia metas claras interactuando con aspectos sociales, económicos y ecológicos locales o bien analizar cuál de los factores presenta mayor área de oportunidad para iniciar con los trabajos de restauración.(Ceccon, 2013).

La percepción que la población de Joyas y Antejitos tiene sobre la problemática es que si bien se han realizado acciones de saneamientos, la mayor parte del bosque en la que se realiza esta actividad no se ha recuperado en los últimos años, sustentando los resultados obtenidos por Diaz-Cruz (2016) al mencionar que estos sitios presentan nula o muy poca regeneración después de la infestación, a diferencia de los sitios infestados que no fueron saneados que presentaron una mayor regeneración.

Burton (2006), señala que durante los procesos de las cortas de saneamiento se afecta gravemente al estrato regenerativo presente mientras se realizan las cortas y las cosechas del arbolado afectado, al analizar la norma oficial mexicana que regula las acciones de saneamiento se observa que no ofrece opciones claras para asegurar la protección de los brinzales, por lo que posiblemente esta podría ser una de las causas de que muchos rodales saneados no puedan recuperarse después de un saneamiento.

# **ANEXOS**

## Calendario de actividades

Actividad	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.
Elaboración de la línea base	X																					
Cercado perimetral	X	X																				
Cursos de capacitación	X			X			X				X						X					X
Acomodo de material muerto			X	X	X	X																
Terrazas individuales						X	X	X	X													
Reforestación							X	X	X													
Riego de Auxilio											X			X								
Actividades de deshierbe													X	X	X			X				
Monitoreo de sobrevivencia												X						X	X			
Reposición de planta																				X	X	
Informe final																						X

## 6 Bibliografía

- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, Ó., Treviño Garza, E., Jurado Ybarra, E., & González Tagle, M. (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. En *Ciencia-Uanl* (Vol. 11, Número 1).  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2565728.pdf>
- Arriaga-Cabrera, L., Aguilar, V., & Espinoza, J. (2009). *Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad*. Capital natural de México: estado de conservación y tendencias de cambio.  
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Regiones+prioritarias+y+planeaci?n+para+la+conservaci?n+de+la+biodiversidad#0>
- Bautista-Zarco, N., Cetina-Alcalá, V. M., Gil Vera-Castillo, J. A., & Cervantes-Martínez, C. T. (2005). Evaluación De La Calidad De Brinzales De Pinus Montezumae Lamb., Producidos En El Vivero San Luis Tlaxialtemalco, Distrito Federal. *Ra Ximhai*, 167–176.  
<https://doi.org/10.35197/rx.01.01.2005.11.nb>
- Burney, O. T., Alvarez, R., Comisión, R., Nacional, F., & Prieto-Ruiz, J. Á. (2015). México—Addressing challenges to reforestation. *Article in Journal of Forestry-Washington*. <https://doi.org/10.5849/jof.14-007>
- Burton, P. J. (2006). *Restoration of forests attacked by mountain pine beetle: Misnomer, misdirected, or must-do?* 2006.  
[http://www.forrex.org/publications/jem/ISS35/vol7\\_no2\\_art1.pdf](http://www.forrex.org/publications/jem/ISS35/vol7_no2_art1.pdf)
- Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NHyAAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&ots=tyOrtP2eeA&sig=F\\_E6c4UEidY49gygjAPg2iB9GTM](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NHyAAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&ots=tyOrtP2eeA&sig=F_E6c4UEidY49gygjAPg2iB9GTM)
- Ceccon, Eliane, Barrera-Cataño, J. I., Aronson, J., & Martínez-Garza, C. (2015). The socioecological complexity of ecological restoration in Mexico. *Wiley Online Library*, 23(4), 331–336. <https://doi.org/10.1111/rec.12228>
- Chávez González, H., González Guillén, M. D. J., & Hernández de la Rosa, P.

- (2018). Metodologías para identificar áreas prioritarias para conservación de ecosistemas naturales. En *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* (Vol. 6, Número 27). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i27.277>
- Comision Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). *Manual de sanidad forestal*. Coordinación General de Conservación y Restauración Gerencia de Sanidad Forestal.  
[http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/15/810Manual de sanidad forestal.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/15/810Manual%20de%20sanidad%20forestal.pdf)
- CONAFOR. (2007). Protección, restauración y conservación de suelos forestales. En *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas*.  
[http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual de Conservacion de Suelos .pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20conservacion%20de%20suelos.pdf)
- CONAFOR. (2010). *Practicas de Reforestación*.  
[http://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL\\_PRACTICAS\\_DE\\_REFORESTACION.PDF](http://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF)
- CONAFOR. (2019). *Datos Abiertos de México - Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental - Recursos forestales - Superficie afectada por plagas forestales con tratamiento*.  
<https://datos.gob.mx/busca/dataset/indicadores-basicos-del-desempeno-ambiental--recursos-forestales/resource/57e9181d-151d-4114-8432-8a47ab98483d>
- Critchfield, W. B., & Little, E. L. (2013). Geographic distribution of the pines of the world /. *Geographic distribution of the pines of the world /*.  
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.66393>
- Diaz-Cruz, E. (2016). *Estructura del arbolado y regeneración de Pinus cembroides después de una infestación de Dendroctonus mexicanus y de cortas de saneamiento [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓNx]*.  
<http://eprints.uanl.mx/14373/>
- DOF. (2015). *ACUERDO mediante el cual se expiden los costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación*

*ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación.*

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5354722&fecha=31/07/2014](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5354722&fecha=31/07/2014)

Eguiluz, T. (1985). *Origen y evolución del género Pinus.*

[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Eguiluz%2C+T.+1985.+Origen+y+evolución+del+género+Pinus&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Eguiluz%2C+T.+1985.+Origen+y+evolución+del+género+Pinus&btnG=)

Escobar-Alonso, S., & Rodríguez-Trejo, D. A. (2019). Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género *Pinus* en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(55), 4–38.

<https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i55.558>

Estrada, C. A. E., Villareal, Q. J. Á., Salinas, R. M. M., Cantú, A. C. M., González, R. H., & Jiménez, P. J. (2014). *Coníferas de Nuevo León, México*. 145.

FAO. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020. En *Global Forest Resources Assessment 2020*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>

Flores García, A., Romero-Sánchez, M. E., Pérez-Miranda, R., & Moreno-Sánchez, F. (2020). Potencial de restauración de bosques de coníferas en zonas de movimiento de germoplasma en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(63). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i63.813>

Huber-Sannwald, E., Palacios, R., Tulio, J., Moreno, A., Braasch, M., Magnolia, R., Peñ, M., García, J., Verduzco, A., & Santos, K. M. (2012). Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development in dryland social-ecological systems: a case study from Mexico. *royalsocietypublishing.org*, 367(1606), 3158–3177.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0349>

Manzanares, A. R., Moya, E. G., & Passini, M. F. (1996). *Pinus cembroides* s. l. y *Pinus johannis* del Altiplano Mexicano: Una síntesis. *Acta Botanica Gallica*, 143(7), 681–693. <https://doi.org/10.1080/12538078.1996.10515368>

Ramírez-Marcial, N., Ochoa-Gaona, S., González-Espinosa, M., & Quintana-



- Ascencio, P. F. (1998). Análisis florístico sucesional en la estación biológica Cerro Huitepec, Chiapas, México. En *Acta Botanica Mexicana* (Número 44). <https://doi.org/10.21829/abm44.1998.806>
- Romero, A., Luna, M., & García, E. (2014). Physical factors influencing the floristic relationships of pinyon pine (Pinaceae) from San Luis Potosi, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 795–808. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i2.10506>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*.
- SER. (2004). “Principios de SER International sobre la restauración ecológica”. [www.ser.org](http://www.ser.org)
- Tkacz, B., Moody, B., Castillo, J. V., & Fenn, M. E. (2008). Forest health conditions in North America. En *Environmental Pollution* (Vol. 155, Número 3, pp. 409–425). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.03.003>
- Vargas, O. (2011). LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LA PRÁCTICA. En *Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica*. <https://core.ac.uk/download/pdf/48018075.pdf#page=21>
- Yerena, S. (2016). *INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS BOSQUES DE Pinus cembroides SOBRE LAS INFESTACIONES DE DENDROCTONUS MEXICANUS EN ARAMBERRI, NUEVO LEÓN*. <http://eprints.uanl.mx/14410/1/1080252111.pdf>