



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
RESTAURACION AMBIENTAL

Plantas útiles para incrementar la diversidad de cárcavas
reforestadas: aspectos ecológicos y sociales

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:
ALIDA VELAZQUEZ GUADALUPE

Director de Tesis:
Roberto Antonio Lindig Cisneros
Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Coordinación de Estudios de Posgrado
Ciencias de la Sostenibilidad
Oficio: CEP/PCS/332/17
Asunto: Asignación de Jurado

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México.
Presente

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su vigésimo séptima sesión del 8 de agosto del presente año, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **VELAZQUEZ GUADALUPE ALIDA** con número de cuenta **305151412** con la tesis titulada "Plantas útiles para incrementar la diversidad de cárcavas reforestadas: aspectos ecológicos y sociales", bajo la dirección del Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros.

PRESIDENTE:	DRA. EK DEL VAL DE GORTARI
VOCAL:	DRA. DULCE ARMONIA BORREGO GÓMEZ
SECRETARIO:	DR. DANIEL ALFREDO REVOLLO FERNÁNDEZ
SUPLENTE 1:	DRA. MARÍA DEL CONSUELO BONFIL SANDERS
SUPLENTE 2:	DR. ROBERTO ANTONIO LINDIG CISNEROS

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, Cd. Mx., 17 de octubre de 2017.


Dra. Marisa Mazari Hilarit
Coordinadora
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Coordinación de Estudios de Posgrado por becarme en el periodo 2016-2, para la realización de dichos estudios de posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada en el periodo 2017-1 y 2017-2, para la realización de dichos estudios de posgrado.

Agradecimientos personales

Al Dr. Roberto Lindig que, como director de esta tesis, me transmitió su conocimiento, y por ser siempre accesible en cada momento que necesite apoyo y ayuda en mi trabajo de investigación.

A los miembros de mi Comité Tutor, Dr. Eduardo García y Dra. Consuelo Bonfil, por sus aportaciones tanto en el método como en la revisión de esta tesis.

A los miembros del comité Jurado, Dra. Armonía Borrego, Dra. Ek del Val y Dr. Daniel Revollo, por la revisión del trabajo escrito y sus aportaciones a la mejora del mismo.

A las chicas del laboratorio de Restauración Ambiental del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, por su apoyo en las salidas al campo y el trabajo en la casa de sombra.

A mis padres y hermanos

A mis amigos, los que siempre han estado y los que han llegado

**A todos ustedes por la constancia de sus afectos, por su apoyo, ayuda y motivación
constante.**

Contenido

I. Resumen	1
II. Abstract	2
III. Hacia una nueva restauración productiva	3
3.1 Restauración productiva y restauración ecocéntrica	3
3.2 Degradación extrema: erosión y pérdida total del suelo	11
3.3 Adaptación al cambio global	14
3.4 Seguridad Alimentaria.....	15
3.5 La revegetación como una forma de restauración productiva ante los retos del cambio global y la seguridad alimentaria	17
IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
V. JUSTIFICACIÓN	19
VI. OBJETIVOS	20
VII. ESTUDIO DE CASO	21
7.1 Atécuaro.....	21
7.2 Descripción de la problemática del sitio.....	24
7.3 Ensayo de restauración con <i>Loeselia mexicana</i>	25
7.3 Métodos	27
7.4 Resultados	28
VIII. ASPECTO ECONÓMICO DE LA RESTAURACIÓN	34
8.1 Impacto de la erosión en la economía.....	34

8.2 Costo de oportunidad de la restauración	35
8.3 Métodos	37
8.4 Resultados	38
IX. DISCUSION	44
X. CONCLUSIONES	49
XI. LITERATURA CITADA.....	50

Índice de Figuras

Figura 1. Fotografía de cárcavas en la localidad de Soteapan en el estado de Veracruz.	13
Figura 2. Mapa de ubicación de la localidad de Atécuaro	22
Figura 3. Fotografía de las cárcavas formadas en la localidad de Atécuaro en el municipio de Morelia.	24
Figura 4. Cárcavas reforestadas con genero Pinus, en la comunidad de Huertitas, Ejido de Atécuaro, Michoacán.	25
Figura 5. Fotografía de <i>Loeselia mexicana</i> con floración.	26
Figura 6. Fotografía de semillas de <i>Loeselia</i> en distintas etapas de germinación.	30
Figura 7. Gráfica Respuesta de germinación. Las semillas germinadas con sólo agua germinaron con mayor velocidad, contrario a aquellas semillas que tuvieron un primer tratamiento con Captan. Sin embargo, el rango del porcentaje de germinación para ambos es parecido.	30
Figura 8. Fotografías de las charolas utilizadas para la propagación en casa de sombra al inicio del ensayo germinación y 90 días después.	31
Figura 9. Gráfica que muestra el promedio de crecimiento por día de tres charolas utilizadas para la propagación en la casa de sombra, con un tratamiento inicial con Captan.	32
Figura 10. Gráfica que muestra el promedio de crecimiento por día de dos charolas utilizadas para la propagación en la casa de sombra, solo regadas con agua.	32
Figura 11. Fotografías de cotiledones y hojas primarias de <i>Loeselia mexicana</i> propagada en la casa de sombra.	33
Figura 12. Fotografía, presentación a la venta en mercado de <i>Loeselia mexicana</i> . La parte floral es la que se vende, puesto que es una forma de identificarla en el mercado.	38
Figura 13. Localidades visitadas para realizar encuestas sobre compra y venta de <i>Loeselia mexicana</i>	40

Índice de Tablas

Tabla 1. Características de la población de la comunidad de Atécuaro, en el municipio de Morelia, Michoacán.	23
Tabla 2. Especies usadas como plantas medicinales en la comunidad de Huertitas, Ejido de Atécuaro, Michoacán.	29
Tabla 3. Se muestran los parámetros considerados para el análisis Costo-Beneficio	41
Tabla 4. <i>Resultados obtenidos de los escenarios con distinto número de productor. Proyección a 5 años</i>	42
Tabla 5. <i>Resultados obtenidos de los escenarios con distinto número de productor. Proyección a 10 años</i>	42
Tabla 6. <i>Resultados obtenidos de los escenarios con distinto número de productor. Proyección a 25 años</i>	43

I. Resumen

La diversidad de situaciones ambientales, socioeconómicas, culturales y el modelo de desarrollo que ha prevalecido en las últimas décadas resultan en problemas ambientales complejos. Uno de estos problemas complejos es la erosión del suelo. El suelo, como parte fundamental del ecosistema, ocupa una posición clave en los ciclos globales de la materia. Una forma de erosión son las cárcavas, que consisten en formas de canal natural o incisión causados por un flujo de agua concentrado, a través del cual fluye la escorrentía. El trabajo de esta tesis tuvo como objetivo principal determinar el potencial de restauración con especies nativas medicinales, en particular *Loeselia mexicana*, en suelos degradados en donde se han formado cárcavas, involucrando el conocimiento de la población local, en la localidad de Atécuaro en el estado de Michoacán. La primera sección de esta tesis consta de un ensayo que aborda el tema de la restauración productiva dentro de la restauración ambiental, seguida de las subsecciones que indagan en la erosión como un problema ambiental que incide en la soberanía alimentaria, como consecuencia del cambio global causado por las actividades humanas, así como sobre la forma de revertir el daño causado mediante la revegetación. La segunda sección consta del estudio de caso de *Loeselia mexicana* como especie pionera y medicinal, para restaurar cárcavas reforestadas con especies del género *Pinus* en la localidad de Atecuaro, municipio de Morelia, estado de Michoacán. Esta especie resulta atractiva debido a que presenta porcentajes de germinación y de supervivencia en casa de sombra, mayores a 70%, y no necesita de cuidados especiales. La tercera sección indaga sobre los costos financieros de implementar el proyecto de restauración con esta especie, utilizando el cálculo de Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno. Los resultados indican que *L. mexicana* puede servir de especie pionera la revegetación de las cárcavas en la localidad de Atécuaro y que la implementación del proyecto tiene viabilidad financiera.

II. Abstract

The diversity of environmental, socioeconomic and cultural situations and the development model that has prevailed in the last decades result in complex environmental problems. One of these complex problems is soil erosion. Soil, as a fundamental part of the ecosystem, occupies a key position in the global material cycles. One form of erosion is gullies, which consist of natural channel or incision forms caused by a concentrated flow of water, through which the runoff flows. The main objective of this thesis was to determine the potential of restoration with medicinal native species, in particular *Loeselia mexicana*, in degraded soils where gullies have been formed, involving the local knowledge of the population of Atécuaro, in the state of Michoacan. The first section of this thesis consists of an essay that addresses the issue of productive restoration within environmental restoration, followed by subsections that investigate erosion as an environmental problem that affect food sovereignty as a consequence of the global change caused by human activities, as well as, on how to reverse the damage caused by revegetation. The second section consists in the case study of *Loeselia mexicana* as a medicinal and pioneer species, to restore reforested gullies with species of the genus *Pinus* in the site of Atécuaro, municipality of Morelia, state of Michoacán. This species is attractive because it presents germination and survival rates in the shade house, greater than 70%, and does not need special care. The third section inquires about the financial costs of implementing the restoration project with this species, using the calculation of Net Present Value and the Internal Rate of Return. The results indicate that *L. mexicana* can serve as a pioneer species in the revegetation of gullies in the town of Atécuaro and that the implementation of the project has financial viability

III. Hacia una nueva restauración productiva

3.1 Restauración productiva y restauración ecocéntrica

La crisis ambiental actual ha promovido un cambio de paradigma en cuanto a cómo se relaciona la sociedad industrial globalizada con el mundo natural. En la actualidad la cultura dominante globalizada ha separado al ser humano de la Tierra como nunca antes en la historia; la sociedad no tiene una relación vital con ella, para la mayoría de las personas lo natural es el espacio entre ciudades en donde crecen los cultivos, y esta consideración muchas veces tampoco se hace. Sin embargo, las ciencias ecológicas y evolutivas muestran que no hay mundos diferentes, puesto que los seres humanos compartimos un origen común con las demás especies biológicas, que los seres humanos establecemos interacciones con una multitud de especies biológicas y procesos ecosistémicos; asimismo, el bienestar de las comunidades humanas y el de las comunidades bióticas son complementarios (Rozzi, 2001). La degradación de los ecosistemas es también un problema global que afecta a las comunidades humanas de diferentes formas, según su situación económica, política y social (Widianingsih *et al.*, 2016). Además, un gran número de comunidades rurales tienen una dependencia más directa y clara de los recursos de un ecosistema, en su mayoría dependen del bosque porque les brinda ingresos, o bien les permite apoyar sus necesidades de consumo local (Borda-Niño *et al.*, 2016).

De manera que científicos, tomadores de decisiones y partes interesadas, proponen controlar la degradación de los ecosistemas con estrategias de manejo que incluyen la restauración de su productividad y el desarrollo de actividades de reforestación. A su vez, se intenta la inclusión del saber científico y del conocimiento local. En este sentido, la mayor parte de la restauración provee muchas y permanentes oportunidades de participación de la población, más allá de su mera asistencia (Ceccon y Pérez, 2016), permitiendo la incorporación de la población local en la práctica de la restauración a largo plazo y de forma adaptativa (Hernandez-Muciño *et al.*, 2016).

Los pobladores locales tienen mucho conocimiento sobre su entorno, que se fundamenta en intervenir de manera activa en los procesos que lo cambian. Este conocimiento, así como las creencias y valores de conservación, pueden ser fundamentales para la gestión de recursos a nivel local. Al mismo tiempo, la aplicación de conocimientos basados en la experiencia cercana de los

pobladores con las condiciones ecológicas locales también puede enriquecer la investigación científica y servir como fuente potencial de nuevos productos (Hernandez-Muciño *et al.*, 2016).

Aldo Leopold, ya desde 1949, propuso un nuevo tipo de relación entre la sociedad contemporánea y la naturaleza, en donde el ser humano no es la cúspide, más bien, un simple miembro y ciudadano de la comunidad en la Tierra. Esta línea de pensamiento implica que se debería dar pasos para lograr una reconexión, no solo con la diversidad de seres vivos, si no con la diversidad de pueblos, saberes, y la “Tierra” donde cohabitamos. En este sentido, Jordan (2000) propone el concepto de restauración ecocéntrica y ubica su origen en la fundación del Arboretum de la Universidad de Wisconsin-Madison en los Estados Unidos de América. La restauración ecocéntrica prioriza las metas ecológicas de la restauración sobre las necesidades sociales, de tal forma que se privilegia la recuperación de ecosistemas que sean en lo funcional y lo estructural lo más similares posible al ecosistema original. Sin embargo, este autor considera que, a pesar de que se restaure por el bien de la naturaleza misma, no se debe tener la visión equivocada de que la restauración ecocéntrica sólo recupera a la naturaleza, sino que también recupera una parte importante de la relación humana con la naturaleza no-humana.

Jordán (1991, 2000) también reflexiona que, antes de las ideas planteadas por Aldo Leopold sobre las prácticas de manejo de los hábitats, que dan origen a la idea de la restauración ecológica, en particular a la restauración ecocéntrica, varios de sus elementos se pueden identificar en el manejo que se ha dado a la naturaleza en distintas épocas y lugares, para lo cual, se buscaba recuperar la productividad o algunos de los componentes de los ecosistemas. Lo que distingue a estas formas precursoras de la restauración de la restauración ecocéntrica, es que tenían un fin utilitarista, como puede ser la recuperación de la fertilidad del suelo para obtener mejores cultivos, evitar la erosión o proteger fuentes de agua. Incluso, tomando en cuenta estos elementos, podemos considerar como prácticas de manejo de restauración productiva a diversas actividades realizadas por pueblos indígenas (Bilbao *et al.*, 2016). Los pueblos precolombinos realizaban enormes obras hidráulicas cuyo objetivo principal consistía en regular la escorrentía durante los periodos de lluvia y almacenar agua para asegurar el suministro en los periodos de sequía. También realizaban construcciones llamadas terrazas agrícolas, cuyo propósito consistía en modificar la pendiente para reducir la erosión, acumular suelo, facilitar la infiltración del agua e incrementar la retención de humedad (Díaz & Freire, 2008). En la actualidad, en el estado de Chiapas, un grupo étnico utiliza el

árbol de la madera balsa, llamado localmente *chujúm* (*Ochroma pyramidale*) para rehabilitar áreas degradadas debido a la agricultura o la ganadería. El manejo tradicional de este árbol permite la aceleración de la recuperación del ecosistema selvático (Aronson *et al.*, 2007). Otro ejemplo relevante son los jardines de traspatio en las comunidades rurales del trópico, que sirven de sistemas agrosilvopastoriles a pequeña escala, con un mosaico de especies perennes leñosas, arbustivas y herbáceas y animales domésticos; con el fin de satisfacer sus necesidades de alimentación, medicinas, forraje, leña y productos que puedan generar ingresos monetarios (Borda-Niño *et al.*, 2016).

Estas prácticas, que tienen elementos de restauración utilitarista, nunca se han detenido, sin embargo, desde la propuesta de Leopold en los años 40 del siglo pasado, la restauración ecológica se ha enfocado en la recuperación de la naturaleza por su valor intrínseco. La restauración clásica o ecocéntrica se caracteriza por realizar acciones por el bien de la naturaleza misma, pues es vulnerable, y la intervención humana tendría que ser controlada y regulada (Gross, 2006). Esta visión ecocéntrica se puede apreciar en el trabajo de Bradshaw (1984), quien consideraba como metas principales de la restauración de un sitio degradado el establecimiento de un ecosistema completo en virtud de la sostenibilidad del mismo, dado que con el paso del tiempo dejaría de estar bajo monitoreo y se detendrían las prácticas de manejo asociadas al proceso de restauración.

Con el paso de tiempo, la restauración ecocéntrica se ha ido por un lado afinando y por el otro generalizando como política de manejo de ecosistemas degradados. Por ejemplo, el objetivo al restaurar paisajes es el desarrollo de la estructura y función del ecosistema, que dependen de sus atributos naturales. De tal forma que la restauración se fue centrando en dos procesos fundamentales: el establecimiento de especies nativas y el aumento de la biomasa y la circulación de nutrientes. Restaurar la riqueza de especies, supervisar el desarrollo de la estructura de la comunidad, verificando vínculos entre estructura y función de la comunidad, son objetivos clave de la restauración ecocéntrica. También el centro de muchos esfuerzos de restauración es la suposición de que la rehabilitación del hábitat físico dará lugar a la restauración de las comunidades biológicas. En la actualidad se ha establecido claramente que la forma y tamaño de un parche de hábitat puede determinar el número de especies y otros atributos de la comunidad (Bradshaw, 1984; Palmer *et al.*, 1997; Gann & Lamb, 2006). Finalmente, se considera a la restauración como una práctica bien establecida para la conservación de la biodiversidad y el manejo de los ecosistemas, cuyas donde

restricciones están dadas por los contextos históricos (trayectoria y estado del ecosistema de referencia), la disponibilidad de las especies para colonizar sitios dañados, así como los componentes sociales y económicos (Palmer *et al.*, 1997; Gann & Lamb, 2006). Esta forma de restauración, como ya se mencionó, es la que se ha establecido en diversos países como la política de manejo de ecosistemas degradados, lo que se puede apreciar tanto en la constitución de algunas naciones, como en leyes secundarias derivadas de éstas.

Ahora bien, también ocurrió que se estableciera a la restauración como una práctica dentro del manejo para la conservación, debido a que se reconoció la utilidad de la primera como una herramienta para mejorar el hábitat que es un elemento fundamental de la segunda. Sin embargo, la conservación usa los modelos operativos de la restauración pero solo centrándose en entidades ecológicas y no en los sistemas socioecológicos (Knight *et al.*, 2006). La conservación, que ha estado enraizada en la protección de bosques y parques y en leyes que protejan la vida silvestre, tuvo un origen europeo posmoderno. A su llegada a Estados Unidos, se convirtió en el principio de gestión de los recursos, pero con la filosofía utilitarista de Mill, la naturaleza era algo para ser utilizado por la gente, y la conservación significaba el uso racional y desarrollo de los recursos naturales. Bajo esta filosofía habría que mantener la condición de alquiler o devolver a los sitios al estado natural que tenían antes de la llegada del hombre (Wiens & Hobbs, 2015).

La base de la conservación mundial y el ideal es establecer reservas “con el propósito de mantener, idealmente a perpetuidad, un complejo conjunto de procesos ecológicos, genéticos, conductuales, evolutivos y físicos y las poblaciones coevolucionadas y compatibles que participan en esos procesos” (Pressey *et al.*, 2007). Sin embargo, el establecimiento de áreas de protección ha sido objeto de controversias, derivadas de su papel en la expulsión de las personas de sus tierras para crear parques y reservas. El modelo de protección implica reubicar poblaciones humanas en ocasiones de tamaño considerable, a menudo sin una remuneración justa por sus hogares y tierras agrícolas perdidas (Locke, 2014). La justificación para excluir a la gente de las zonas designadas para conservación, se fundamenta en la desconfianza en los locales, pues se cree que no son capaces de cuidar sus tierras (Locke, 2014), o bien porque los usos que hacían de la naturaleza no eran compatibles con la protección de la biodiversidad (Wiens & Hobbs, 2015). La controversia de la exclusión dio paso a debates en los que la discusión era si las “reservas” servían para proteger las

necesidades ecológicas de la diversidad biológica determinadas por la ciencia, o si deben servir como jardines gestionados por las personas (con protección de la biodiversidad como subproducto esperado de la gestión local por medios tradicionales) (Knight *et al.*, 2006; Locke, 2014). Este debate asimismo permite decir que la conservación se divide en cierta medida en dos campos: los que se centran principalmente en la Naturaleza (Wilderness, en inglés) o algún concepto similar y la necesidad de preservar lo que queda principalmente de los hábitats naturales, y aquellos predominantemente interesados en la naturaleza como un aspecto de la cultura, que se centra principalmente en lugares donde los seres humanos y la naturaleza coexisten. (Locke, 2014). Gross (2006) formula ideas semejantes a las anteriores identificando dos formas: la que favorece la conservación y la preservación de la naturaleza por el bien de la naturaleza misma y en el otro extremo, aquella donde la tierra tiene la única función de producir mercancías y otras formas de soporte para la vida humana.

A su vez y como se mencionó en párrafos anteriores, la restauración con dos líneas de pensamiento en su aplicación: la utilitarista, denominación que se ha asignado a posteriori a diversas prácticas de manejo de ecosistemas llevadas a cabo antes de que se definiera a la restauración ecológica como tal, y la ecocéntrica. La restauración ecocéntrica, propuso modelos que no abordaban adecuadamente las cuestiones de aplicación práctica para orientar las respuestas a los problemas sociales, económicos e incluso los institucionales (Knight *et al.*, 2006). Sin embargo, y tal vez como respuesta a estas contradicciones, en los últimos años ha surgido desde el campo de la restauración ambiental la idea de una restauración productiva, explícitamente reconocida como tal, y que se contrapone hasta cierto punto a la restauración ecocéntrica, que buscaba restaurar ecosistemas para su conservación, o por su valor intrínseco, siguiendo las definiciones de Jordan (1991; 2000).

Esta restauración productiva pretende que las actividades realizadas posean un valor productivo, comercial y sociocultural, adicionalmente al valor funcional o ecológico de una especie, comunidad o ecosistema. En conjunción, se busca restaurar algunos elementos de estructura y función del ecosistema natural junto con la productividad de la tierra, con el objetivo de ofrecer productos que generen bienes económicos a la población local (Ceccon, 2013; Martínez-Romero, 2016). Bajo el enfoque utilitarista, se utilizan especies con características ventajosas tanto para el

ecosistema como para la población local, así mismo se realiza para generar o recuperar bienes o servicios ecológicos, para lo cual se requiere, antes que nada, conocer cuáles especies tienen el potencial para proporcionar los servicios y bienes deseados. Por ejemplo, si la estrategia es recuperar especies vegetales, en muchos casos se privilegian aquellas cuyos procesos de germinación requieran de tratamientos mínimos, el almacenaje de sus semillas sea fácil, que su producción de plántulas se obtenga de forma rústica o sean de fácil propagación por estacas. Si cumplen con estas condiciones pueden ser manejados por comunidades rurales de bajos recursos (Ceccon, 2013). Lograda esta primera estrategia se pueden introducir estrategias más complejas que aumenten la diversidad de las especies y que al mismo tiempo, reduzcan los costos de la restauración a través de la obtención de productos agrícolas o forestales.

Asimismo, las principales estrategias de restauración productiva son la agroforestería y la agroecología. La mayoría de proyectos de restauración de sitios degradados se localiza en zonas rurales, donde se debe encontrar la manera de conciliar la necesidad de mantener arreglos naturales del paisaje para garantizar los procesos ecológicos (Ceccon, 2013). La agroforestería involucra un cambio de prácticas productivas, a través de la diversidad productiva y el fortalecimiento de la participación social, además defiende la diversidad cultural. Las especies arbóreas utilizadas hacen un enlace entre la sucesión, la recolonización, y sostiene a las especies agrícolas suministrando fertilizantes, a través de la fijación de nitrógeno, materia orgánica y facilita la absorción de fósforo. La agroecología busca mejorar los sistemas de explotación agrícola imitando procesos naturales, creando sinergias e interacciones biológicas favorables entre los diversos componentes del agroecosistema. Sigue una estrategia de diversificación de cultivos que se complementa con la aplicación de abonos. También integra diversos conocimientos científicos, así como saberes populares y tradicionales de los agricultores (Perfecto & Vandermeer, 2012; Ceccon, 2013).

Por estas razones, se requiere que en la planificación de la restauración se desarrollen alternativas que hagan viable económicamente un proyecto, además de sostenible ecológicamente, para lo cual habría que promover la cooperación entre las partes interesadas. Se deben focalizar los beneficios para la población local y fomentar alternativas de desarrollo de actividades realizadas por los campesinos (Pfadenhauer, 2011; Ceccon, 2013). Con respecto a lo anterior, la economía ecológica, a través de la valoración de los servicios ecosistémicos, ha sugerido que la recuperación de éstos bien puede compensar los gastos de la restauración. Sin embargo, hay opiniones

encontradas acerca de que un enfoque de restauración de bienes y servicios ecosistémicos podría realizarse a expensas de la conservación de la biodiversidad, mientras que otros sugieren que los mercados de servicios ecosistémicos permitirían obtener fondos para las actividades de conservación (Tallis *et al.*, 2008). En esta visión económica, los ecosistemas estarían siendo valorados con respecto al valor de uso que tengan o adquieran. El valor de “uso directo”, que está relacionado con servicios de aprovisionamiento, los valores de “uso indirecto” como los servicios de regulación, y valores “de no uso” entre los cuales estarían aquéllos que tiene que ver con las razones éticas (legado y valores de existencia). Es un hecho que, para financiar los proyectos de restauración, se recurre mayoritariamente al esquema de pago por servicios ecosistémicos, puesto que uno de los primeros retos es cubrir los costos que implica la restauración de un sitio. O bien, se obtiene el financiamiento a través del gobierno, por compañías comprometidas con el ambiente, bancos y ONG’s (Bullock *et al.*, 2012). Sin embargo, este enfoque, aunque intenta incentivar la restauración, no puede vincularse explícitamente a la restauración, pero sí al desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza.

Aunque de lo anterior pueden surgir necesidades, es posible cubrirlas a través de fomentar la promoción de la comercialización de los productos fabricados de manera compatible con el medio ambiente, así como la obtención de recompensas financieras por sus logros ambientales. Puesto que en la conservación tradicional existe el inconveniente de tener que desplazar a las personas que sienten un derecho inalienable a su tierra después de una larga historia de siglos de asentamiento y cultivo, lo que resulta en conflictos que pueden paralizar el desarrollo ambiental sostenido, es importante que la restauración de pie a una relación causal entre la implementación exitosa de sus objetivos y la comercialización de productos obtenidos a partir de la restauración, impulsando aún más la aplicación de la restauración productiva. La creación de un ambiente para proveer a las generaciones futuras es una tarea fundamental, en la que la restauración contribuye de manera importante (Pfadenhauer, 2011). Al tener éxito ofrece la esperanza de reparar daños ecológicos, renovar oportunidades económicas, rejuvenecer prácticas culturales y mejorar la capacidad ecológica y social de adaptarse a cambios ambientales (Dalmasso, 2010; Bullock *et al.*, 2011; Keenleyside *et al.*, 2014).

Finalmente, aún falta mucho trabajo para que la restauración tenga una conexión con el desarrollo social y económico, para lo cual es necesario desarrollar la motivación para que la

restauración sea identificada más allá de ser generadora de empleo e ingresos, mejorador del bienestar social, desarrollador de políticas públicas y empoderamiento de los actores de la cadena productiva (Santiago *et al.*, 2015).

No obstante, considerando lo dicho por Jordan (1991, 2000), sobre las estrategias que no han sido reconocidas para negociar la relación entre nuestra especie y el resto de la naturaleza, es posible lograr que los seres humanos se reconozcan como parte de la naturaleza promoviendo la participación de los grupos sociales en la restauración. El paradigma de la participación, se define como una buena decisión ambiental, puesto que logra un medio ambiente sustentable en un proceso justo y participativo, asimismo se enfatiza la importancia de la equidad en el proceso de toma de decisiones en materia ambiental (Pérez & Cecon, 2016). Por tanto, para realizar la restauración de forma participativa, es necesario aterrizar un conjunto de preguntas prácticas cuyas respuestas pueden servir como guía para planear el alcance de la restauración y sus objetivos inmediatos y revertir los cambios en los ecosistemas que afectan el bienestar de las poblaciones locales. Con la participación los integrantes del grupo social forman parte de un asunto o situación que les interesa mutuamente, por lo que la decisión de participar debe ser un acto consciente y voluntario (Cano & Zamudio, 2006; Gross, 2006).

Aunque las prácticas de restauración parezcan actividades de “jardinería”, para conformar al mundo natural siguiendo los gustos humanos, más bien se permite que la naturaleza siga su curso (Jordan, 1991; Gross, 2006). La mayor parte de la restauración provee muchas y permanentes oportunidades de participación de la población, más allá de su mera asistencia. La restauración constituye el paradigma de una nueva comunión con la naturaleza, que sacude nuestro tradicional entendimiento de la misma, puesto que es un campo que integra práctica, ciencia, política y un ámbito de profundos cambios filosóficos y culturales (Pérez & Cecon, 2015). Al mismo tiempo, cualquier tipo de persona tiene el potencial de relacionarse con el ecosistema de forma positiva y activa.

3.2 Degradación extrema: erosión y pérdida total del suelo

El suelo, como parte fundamental del ecosistema, ocupa una posición clave en los ciclos globales de la materia. En él existen una amplia variedad de redes alimenticias, lo cual permite que ocurra un intercambio intenso de materia y energía entre el aire, el agua y las rocas que lo componen. De particular importancia es su papel en los ciclos del carbono, el nitrógeno y el fósforo (GEOmexico, 2004; Cotler *et al.*, 2007).

La erosión es un proceso de pérdida absoluta de la capa superficial y los nutrientes del suelo. El proceso de erosión se puede dividir en tres fases. La primera es el desprendimiento de partículas o porciones de roca madre o bien la rotura de los agregados del suelo, habitualmente se produce por la mera acción de la gravedad; mientras que la rotura de agregados del suelo se produce por el impacto de las gotas de lluvia o granizo. En una segunda fase, estas porciones y partículas desprendidas son transportadas por la acción de los agentes erosivos, principalmente por la gravedad, el agua y el viento. Durante su transporte, las partículas pueden actuar a su vez como agentes abrasivos, provocando el desprendimiento de nuevas partículas o la rotura de otros agregados del suelo. Por último, en la tercera fase, se produce la deposición de las partículas cuando la energía de los agentes de transporte no es suficiente para seguir arrastrándolas o cuando éstas son retenidas en las irregularidades del terreno o por la vegetación (García-Chevesich, 2010; UNESCO, 2010).

Ahora bien, hay dos diferentes tipos de erosión: eólica e hídrica. En la erosión hídrica el agente causal es el agua, puesto que tiene la capacidad de erosionar; debido a lluvias abundantes los torrentes y crecidas de ríos que le suceden, hacen del agua un agente erosivo muy enérgico. Se acelera cuando el ecosistema es perturbado por actividades humanas como la deforestación y/o el cambio de uso del suelo; esto a su vez es resultado de la explotación agrícola, pecuaria, forestal, la construcción y operación de vías de comunicación y los asentamientos humanos (PNUMA 2003; Valdez *et al.*, 2015). La erosión eólica tiene otro agente causal, el viento, provocado por remolinos, tolvaneras o tornados. Ejerce presiones considerables en las zonas áridas y semiáridas del norte del país y en otras áreas dispersas en el resto del territorio. Este tipo de erosión se debe principalmente al sobrepastoreo que destruye o altera a la vegetación natural, a la tala inmoderada y a prácticas agrícolas inadecuadas (PNUMA 2003; Valdez *et al.*, 2015).

Así mismo, las cuatro razones principales de la erosión son: degradación de la estructura del suelo; disminución de la materia orgánica; pérdida del suelo y pérdida de nutrientes. Sin embargo, la erosión que ocurra en un suelo específico, va depender directamente de las siguientes variables: la lluvia, y de acuerdo con la cantidad, intensidad y duración de la misma será el deterioro en el suelo. La capacidad de la vegetación para reducir la energía cinética de las gotas de lluvia, dependerá de la altura y continuidad de la copa de los árboles, así como de la densidad de los arbustos, hierbas y pastos; estos últimos mantienen el suelo en su lugar. Las características del suelo, como su textura, contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad, determinarán su resistencia a la erosión. Ahora bien, el contenido de materia orgánica aumenta la aireación y filtración y adiciona nutrientes al suelo. Respecto a su estructura e impermeabilidad, es determinante, por su influencia en la cohesividad de las partículas y la infiltración del agua. Otro aspecto importante es la topografía, pues la inclinación y el largo de las pendientes determinarán la velocidad y la cantidad de los escurrimientos superficiales generados por una tormenta, asimismo, influye en las tasas de erosión, que cambian a medida que varía la inclinación. (García-Chevesich, 2010; González & Mardones, 2011; GEOmexico, 2004).

Una forma severa de erosión son las cárcavas (figura1), que consisten en formas de canal natural o incisión causado por un flujo de agua concentrado, a través del cual fluye la escorrentía durante o inmediatamente después de un evento intenso de lluvia (Valentin *et al.*, 2005; Rivera *et al.*, 2014). Las cárcavas se desarrollan al existir pequeñas depresiones en el terreno, originadas frecuentemente por los cambios en el uso del suelo, modificaciones en el área de drenaje motivadas por el hombre, eventos de precipitación de características extremas, entre otros, formando un cauce incipiente (Rivera *et al.*, 2014). Una vez formado este cauce, el flujo de la escorrentía por lluvia incrementa, provocando el crecimiento de la cabecera y el crecimiento lateral, así como la profundidad. Simultáneamente, tanto en la cabecera como en los taludes laterales comienzan a crearse más grietas, provocando que la erosión sea tubular y tanto la cabecera como el talud comiencen a colapsar (Valentin *et al.*, 2005; Bravo-Espinoza *et al.*, 2010).



Figura 1. Fotografía de cárcavas en la localidad de Soteapan en el estado de Veracruz. Fuente: propia

La erosión en cárcavas también se produce cuando el suelo tiene baja permeabilidad (característico de suelos arcillosos o limosos) y alta capacidad de infiltración, a elevados gradientes hidráulicos y a la presencia de iones solubles, principalmente sodio (Valentin *et al.*, 2005). Los procesos erosivos en cárcavas afectan negativamente su área cercana, reduciendo áreas agrícolas, de pastoreo y forestales, y dañando la infraestructura ubicada aguas abajo; contaminan cuerpos de agua superficiales y abaten el nivel freático de las corrientes (Rivera *et al.*, 2014). Dado lo anterior, el uso que se ha estado dando al suelo, así como los eventos de lluvias extremas y las características del suelo, dan paso al crecimiento y surgimiento de las cárcavas (Bravo-Espinoza *et al.*, 2010)

Ahora bien, los efectos de la erosión en el suelo se relacionan con la degradación de la estructura del suelo; la disminución de la materia orgánica; la pérdida del suelo; la pérdida de nutrientes y el deterioro del abastecimiento del agua (Valdez *et al.*, 2015). En consecuencia, la erosión del suelo, con la implícita pérdida de la producción, es uno de los problemas ambientales que más presión ejerce en áreas vulnerables (Prado & Veiga, 1994). Asimismo, la erosión puede afectar de dos formas, una es el interés particular, es decir, cuando el dueño de la tierra es el principal afectado; y aquellos de interés público, cuando el conjunto de la sociedad puede resultar perjudicada, por ejemplo cuando la erosión causa azolves en cuerpos de agua (Cotler *et al.*, 2007). Así mismo, el suelo es considerado un prestador de servicios ecosistémicos, en cuyo caso la erosión también afectaría esos servicios, tales como el soporte de las actividades humanas, reserva de la biodiversidad, depósito del patrimonio geológico, arqueológico y cultural (Burbano-Orjuela, 2016).

Espacialmente, a pequeña escala la disminución en la retención e infiltración del agua, así como de la materia orgánica, dan paso a la disminución de la productividad. La disminución de la productividad dificulta el establecimiento de nuevas plantaciones, por lo que el suelo pierde la función ecosistémicas de soporte. Ahora, a escala regional, el contenido de sedimentos en el agua se incrementa, aumentan los riesgos de inundación por el acarreo de sedimentos, aguas abajo se contaminan con el material arrastrado o por los metales pesados presentes en suelos contaminados por pesticidas, la biodiversidad también es afectada (Cotler *et al.*, 2007; Valdez *et al.*, 2015).

Finalmente, se calcula que en México anualmente se pierden cerca de 535 millones de toneladas de suelo por causa de la erosión y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) estima en 188 millones de pesos anuales las pérdidas económicas, sin considerar los efectos de la reducción de la capacidad productiva de las tierras, lo cual incrementaría considerablemente dicha pérdida (GEOmexico, 2004).

3.3 Adaptación al cambio global

La diversidad de situaciones ambientales, socioeconómicas, culturales y el modelo de desarrollo que ha prevalecido en las últimas décadas resulta en problemas ambientales complejos, tales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la escasez de recursos y la degradación de los mismos; estos problemas tienen cada vez mayor relevancia para la comunidad científica y la clase política (Jerneck *et al.*, 2011). Las experiencias de diversos estudiosos han dado lugar a la idea de que estos problemas complejos no puede ser analizados solo con enfoques disciplinarios, pues tienen que ser tratados en integración, a fin de identificar los patrones en los procesos relacionados con las actividades humanas y los cambios ambientales (Binder *et al.*, 2013). Con ello se podrá intervenir en la estabilización y disminución de los problemas ambientales.

Los factores como el aprovechamiento, la fragmentación o desaparición, de bosques y selvas, la degradación de los suelos para el cultivo o pastoreo, y la destrucción del hábitat, en conjunto son evidencias de cambio global (Tudela, 2004). Un fenómeno relevante es la fragmentación y pérdida de bosques y selvas debido al cambio de uso de suelo. La gravedad de este fenómeno no sólo radica en su magnitud y en la velocidad a la que se está llevando a cabo, si no en su incidencia en situaciones como la superación de la pobreza, el mejoramiento del bienestar

social y el crecimiento económico. Por lo tanto, es importante que se pase de una respuesta reactiva a las crisis a un enfoque más proactivo, para anticipar y prevenir las cada vez más frecuentes e intensas conmociones que afectan a medios de subsistencia vulnerables, como los que dependen de la agricultura, la pesca y los bosques (Burgeon *et al.*, 2015).

Una forma de mitigar la pérdida de la cobertura vegetal que se ha estado dando es mediante la restauración, que es la disciplina mejor posicionada para responder a los cambios, ya sea en una pequeña escala o una mayor, (Lavendel, 2003; Gómez *et al.*, 2013). Para realizar la restauración hay que conocer los diferentes enfoques de la misma, el de conservación, el de recuperación de servicios ecosistémicos, el productivista y el holístico (CONAFOR 2009). Además, hay que considerar a todos los actores involucrados, los objetivos, necesidades comunes y características del sitio. Todo lo anterior, resultará en estrategias adecuadas para la recuperación de los recursos naturales y la conservación del suelo.

También la intensificación de la resiliencia de los medios de subsistencia frente a las amenazas y las crisis que pueden afectar a las cosechas, el ganado, la pesca, los árboles y los recursos naturales, se puede lograr mediante la restauración. Incrementar la resiliencia de los más vulnerables entre los pequeños productores, pescadores, ganaderos, obreros forestales, y comunidades cuya subsistencia depende de los recursos naturales, se basa en un compromiso multidimensional y a largo plazo de reducción de riesgos (Burgeon *et al.*, 2015).

La cobertura vegetal puede facilitar la recuperación de los ecosistemas tras catástrofes, además, juega un papel importante en la creación de resiliencia, que es un requisito previo del desarrollo sostenible. Entonces, la recuperación de la cobertura vegetal debería considerarse como parte de enfoques más amplios e integrados, con el fin de informar tanto a las medidas para la reducción de riesgo ante desastres, como a la gestión general de la tierra, de forma que se fomenten la resiliencia y la sostenibilidad (Burgeon *et al.*, 2015).

3.4 Seguridad Alimentaria

La producción agrícola se enfrenta a grandes desafíos, y no puede ser sostenida sin la resiliencia e integridad de los ecosistemas. La degradación de los ecosistemas reduce la

disponibilidad de fuentes de alimento repercutiendo fuertemente en la seguridad alimentaria. El desarrollo agrícola e industrial no sostenible está causando grandes daños a los ecosistemas debido a la contaminación de las tierras y el agua. La restauración y conservación del suelo es esencial para preservar la productividad del suelo. En este sentido, los ecosistemas juegan un papel importante, pues apuntalan la producción agrícola al proteger el suelo, manteniendo así su fertilidad y proporcionando hábitat para los polinizadores (Burgeon *et al.*, 2015). Se considera que la seguridad alimentaria tiene cuatro dimensiones: 1) Disponibilidad: suministro de cantidades suficientes; 2) Acceso: la capacidad de los individuos de obtener alimentos a través de la producción propia y los mercados; 3) Utilización: los medios por los cuales los individuos pueden obtener energía y nutrirse; 4) Estabilidad: la disponibilidad de alimentos suficientes y adecuados (Mohamed-Katerere & Smith, 2015).

Así mismo, los ecosistemas contribuyen a las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria. Y lo hacen mediante los procesos edáficos como la fertilidad, la reducción de la erosión y la proporción de hábitat. Los ecosistemas brindan acceso a los alimentos tanto directa como indirectamente, por ejemplo, a través de los ingresos que generan los productos de los bosques. También proporcionan plantas medicinales que contribuyen a la salud de las personas, e intensifican la eficiencia y los beneficios del consumo de alimentos. Finalmente, contribuyen a la protección, al reducir el impacto de aludes y desprendimiento de tierras (Montgomery, 2007; Burgeon *et al.*, 2015; Mohamed-Katerere & Smith, 2015).

Sin duda la protección del suelo mediante prácticas que no solo mantengan la salud o aumenten su productividad serán suficientes, habrá que promover la aplicación de la restauración para la conservación y recuperación del suelo y sus ecosistemas contribuyendo así a la adaptación del cambio climático y mantener la producción de alimentos para los 10 mil millones de personas que se espera seamos en 2050 (Montgomery, 2007; Delgado & Li, 2016).

3.5 La revegetación como una forma de restauración productiva ante los retos del cambio global y la seguridad alimentaria.

La vegetación, un componente básico de los ecosistemas, a menudo puede ser restaurada después de realizar estudios de investigación ecológica adecuada, aunque algunos sistemas son bastante difíciles de restaurar una vez que se destruyen (Miyawaki, 2004). También es el componente que más rápidamente evidencia los impactos y el que mejor permite acciones de recuperación. La recuperación de la vegetación a través de la sucesión natural puede ser considerablemente larga, especialmente cuando se afecta la estructura del suelo (Dalmasso, 2010), por lo que para acelerar la restauración de la vegetación se ha implementado la revegetación (Bradshaw, 1984).

La revegetación intenta restablecer las comunidades vegetales llevándolas a un estado lo más próximo posible al que existía previo al impacto. La revegetación propone revertir las condiciones de las áreas degradadas con la plantación de especies vegetales nativas, que llevan a restituir la estructura y la cobertura vegetal (Bradshaw, 1984; Gomez-Aparico, 2009). Además, tiene implicaciones importantes para la recuperación de suelos y de servicios ecológicos. También aumenta la capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo, mejorando así las condiciones del mismo. (Li *et al.*, 2016).

Como se mencionó anteriormente, la revegetación permite la recuperación de los suelos mediante dos formas. La primera se concreta en la capacidad de las plantas de interceptar y redistribuir la precipitación, así como en influir sobre la capacidad de infiltración del suelo. Por otra parte están los efectos sobre la resistencia del suelo frente a dicho agente erosivo, es decir, los efectos sobre la estabilidad física del suelo (Gomez-Aparico, 2009). Esto último se produce tanto en superficie, a través de su papel en la estabilidad de los agregados estructurales, como en profundidad, a nivel del sistema radicular, estableciendo una red tridimensional de anclajes entre distintas porciones del suelo (García-Fayos, 2004).

La recuperación de los suelos no es sólo mediante la recuperación de la masa forestal, sino de la capa herbácea o sotobosque. El sotobosque representa menos del 1% de la biomasa del bosque, pero puede contener más de 90% de las especies de plantas. Gilliam (2007) describe

aspectos importantes de la ecología del sotobosque así como de su importancia, entre ellos, que el sotobosque contribuye a la biodiversidad forestal, de cómo el estrato herbáceo influye en el ciclo de nutrientes esenciales de las plantas (por ejemplo N, P y K), así como su contribución en los flujos de energía con la producción de biomasa aérea de corta duración, principalmente en forma de follaje. Pero también la capa herbácea dirige el desarrollo de los bosques después de una perturbación, pues la composición de especies y la diversidad de la capa herbácea puede recuperarse rápidamente (Gould *et al.*, 2013). También desempeña un papel importante como proveedor de servicios ambientales, tal como hábitat, en el aumento de la biomasa derivado de la productividad primaria, resultando en el suministro de productos útiles, tales como alimentos, forraje, madera y leña (Quijas *et al.*, 2010).

Ahora bien no se ha demostrado que existan plantas especialistas de los medios erosionados, sin embargo, distintos trabajos coinciden en que las plantas que viven en zonas sometidas a intensa erosión son un subconjunto de las especies que ya aparecen en las zonas menos degradadas aledañas, sólo que con una menor densidad y diversidad (García-Fayos, 2004). Se debe agregar que pueden servir de plantas nodriza, así como de facilitadores para la recuperación del dosel arbóreo y por lo tanto del ecosistema (Gould *et al.*, 2013)

IV. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Se podrá considerar, a partir de la información obtenida en campo sobre *Loeselia mexicana* (Espinosa), como una posible especie a utilizar para la revegetación del sotobosque en las cárcavas reforestadas en la localidad de Atécuaro?
- ¿Implementar la revegetación con esta especie será una opción alternativa de restauración de suelo que sea redituable?

V. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo pretende abordar la restauración ambiental de cárcavas formadas en acrisoles, considerando la interacción del sistema sociológico. En este tipo de cárcavas ha sido posible establecer algunas especies arbóreas del género *Pinus*, sin embargo, no se ha logrado restablecer el sotobosque, lo que hace que el suelo esté aun expuesto a las fuerzas erosivas (Gómez-Romero *et al.*, 2012). Por lo anterior es necesario desarrollar estrategias socialmente aceptables para recuperar integralmente estos sitios degradados, promoviendo una visión de bienestar natural y social en la zona de estudio, al conservar el suelo y la vegetación (Miller, 2013). Con esta investigación se busca explorar formas para superar las barreras económicas, sociales y ambientales que evitan la recuperación integral de sitios severamente erosionados. Los resultados se podrán generalizar a principios más amplios, pues la degradación de suelos es un problema muy frecuente que se relaciona con altos niveles de marginación social (Tallis *et al.*, 2008).

VI. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el potencial de restauración con una especie nativa medicinal, *Loeselia mexicana*, en suelos degradados con presencia de cárcavas, involucrando el conocimiento de la población local, en el ejido de Atécuaro en el estado de Michoacán.

Objetivos específicos

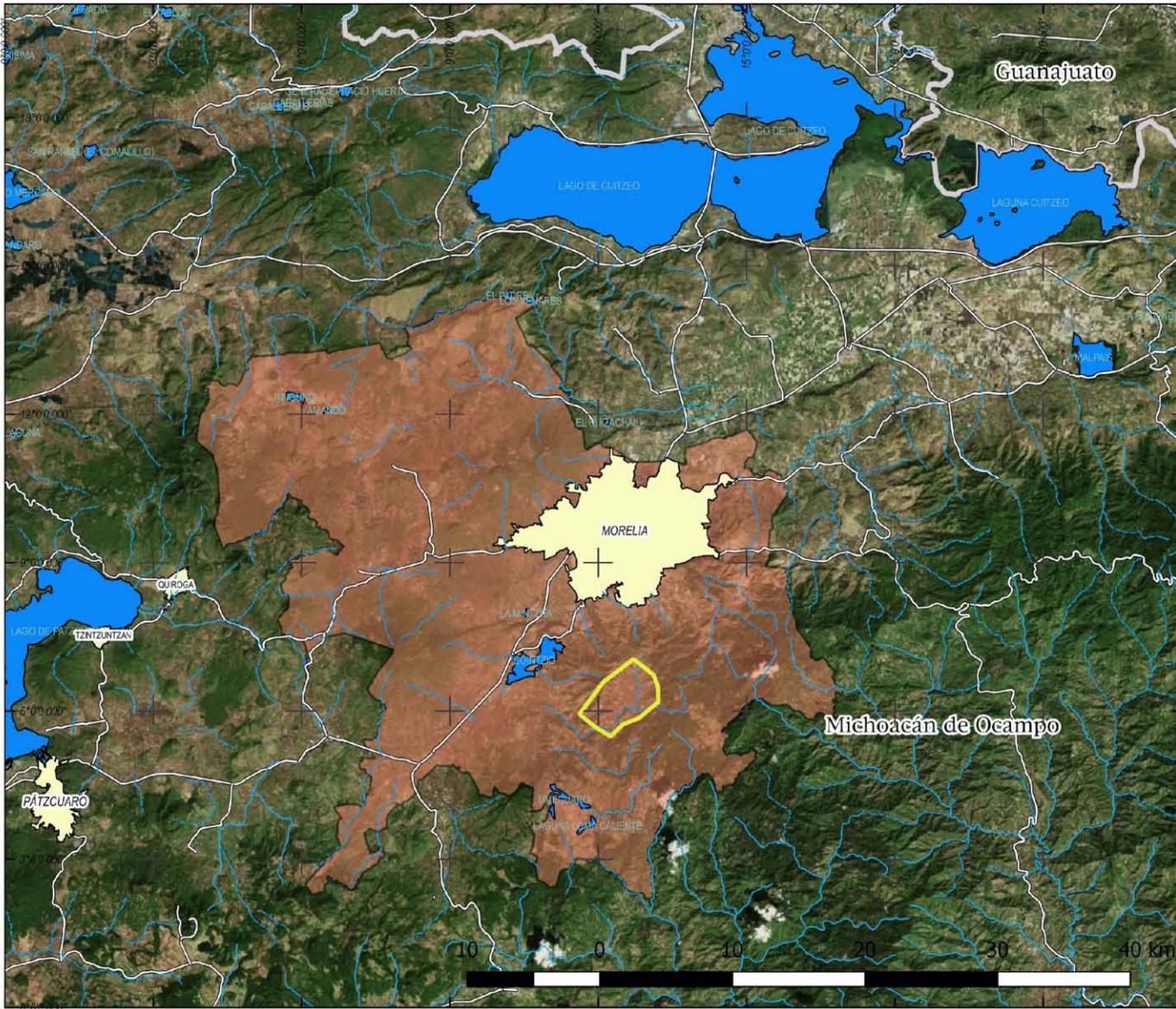
- Establecer si la población puede hacer uso de *Loeselia mexicana* para incrementar la diversidad de cárcavas reforestadas.
- Evaluar, con un ensayo a corto plazo en una casa de sombra, el desarrollo y establecimiento de *Loeselia mexicana* en una casa de sombra.
- Realizar un análisis de costo-beneficio de la práctica de introducir *Loeselia mexicana* en cárcavas reforestadas

VII. ESTUDIO DE CASO

7.1 Atécuaro

El sitio de estudio se encuentra en la localidad de Atécuaro, se localiza en la zona centro norte del Estado de Michoacán, en el municipio de Morelia, 15 km al sureste de la ciudad del mismo nombre, formando parte del Cinturón Volcánico Mexicano. Geográficamente se localiza entre los paralelos 19° 33' 05" y los 19° 37' 08" de latitud norte y entre los meridianos 101° 09' y los 101° 15' 07" de longitud oeste (Figura 2). Para la localidad de Atécuaro los principales suelos reportados en orden de abundancia son los *Acrisoles* que se caracterizan por la acumulación de arcilla en el subsuelo, son ácidos, rojos o amarillo claros con manchas rojas, pobres en nutrientes y con susceptibilidad alta a la erosión formando cárcavas. Los *Andosoles*, formados de ceniza volcánica, son oscuros, limosos, sueltos, con gran capacidad de retención de humedad pero susceptibles a la erosión cuando se deforestan. Los *Luvisoles* son similares a los *Acrisoles* pero menos ácidos y más fértiles que estos, además de rojos o amarillentos puede haber pardos o grises; son susceptibles a erosión (Covadela *et al.*, 2006; Chavarin, 2014).

El 31.4% del total del área de la localidad está arbolada y las asociaciones vegetales más abundantes son el bosque de pino-encino (14.55%), el bosque de pino (9.3%) y la vegetación de tipo arbustivo con algunos elementos de matorral subtropical (13.16%); y en menor proporción los bosques de encino (4.7%) y de encino-pino (2.89%). Dentro de la localidad el suelo se caracteriza por la presencia de procesos erosivos en cárcavas moderados hasta severos, y se dan principalmente en acrisoles, con un alto contenido de arcilla (> 60 %), ácidos, pobres en carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo. Aunque la presencia de arcilla permite al suelo una buena agregación, también causa problemas de infiltración y encostramiento. La precipitación media anual es de cerca de 800 mm año⁻¹, cayendo a alrededor del 85% de este durante la temporada de verano (junio-septiembre); la temperatura media anual es de cerca de 14 ° C (Covadela *et al.*, 2006; Pajares *et al.*, 2009; Chavarin, 2014).



Mapa de Ubicación de la Localidad de Atécuaro, en el Municipio de Morelia, Estado de Michoacán de Ocampo.



Legenda

- Limite Estatal
- Zona de Estudio: Atécuaro
- Municipio de Morelia
- Cuerpo de Agua
- Localidades
- Carreteras
- Corriente de Agua
- INTERMITENTE
- PERENNE

-Áreas geoestadísticas municipales, 2015
 Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
 -Cuentos de datos vectoriales de información topográfica digital, por condensado estatal. Escala 1:250 000. Serie IV 16.
 -TerraMetrics 2017 Imagen Satelital
 -Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 INEGI, 2017.
 -Sistema de Coordenadas Geográfica: WGS84.
 Elaborado por: Alidia Velazquez Guadalupe



Figura 2. Mapa de ubicación de la localidad de Atécuaro

En el aspecto socioeconómico Atecuaro está integrada por 7 comunidades: Atécuaro, La cofradía, Zimpanio Sur, Torrecillas, La Ciénega, Huertitas y El Taray. En el siguiente recuadro (tabla 1) se describen las características de la población de la localidad de Atécuaro.

Tabla 1. Características de la población de la comunidad de Atécuaro, en el municipio de Morelia, Michoacán.

Población	437 individuos en total, de los cuales 139 son menores de 14 años 109 tienen una edad de entre 15 y 29 años 131 tienen una edad de entre 30 a 59 años 58 tienen una edad igual o mayor a 60 años
Vivienda	160 viviendas particulares, de las cuales 103 son habitadas En promedio por vivienda habitan 4.2 individuos
Servicios con los que cuentan	100 viviendas cuentan con energía eléctrica 98 viviendas cuentan con agua entubada 102 viviendas cuentan con drenaje
Actividades	Agricultura de temporal (maíz, frijol y calabaza) para autoconsumo. Aprovechamiento forestal(sin un plan de gestión) El 80 % de los hombres se dedica al campo Las mujeres se quedan en casa,

Fuente: inventario nacional de vivienda INEGI, 2016; Barraza & Pineda (2003) y Vidal (*et al.*, 2006).

7.2 Descripción de la problemática del sitio



Figura 3. Fotografía de las cárcavas formadas en la localidad de Atécuaro en el municipio de Morelia. Fuente propia.

En la localidad de Atécuaro la cubierta vegetal natural se ha reducido de manera importante por cambios del uso del suelo; dado que los principales usos que se le ha dado al bosque es la extracción de madera para construcción y leña para uso doméstico sin un plan de gestión (Barraza & Pineda, 2003). En la actualidad, la mayor parte del territorio de la localidad se emplea con actividades agrícolas (Duvert *et al.*, 2010), en donde los sitios son inadecuados para ello. La anterior favorece la degradación y erosión de la tierra, por lo que se han formado cárcavas de magnitud considerable (Figura 3) (Chavarin, 2014).

Las cárcavas de Atécuaro se encuentran principalmente en suelo Acrisol, ácido, con un alto contenido de arcilla ($> 60\%$), con bajo contenido de materia orgánica y nutrientes. Los porcentajes de materia orgánica y carbono orgánico son bajos ($< 2.2\%$ y $< 1.2\%$ respectivamente) concentrados principalmente en el horizonte superficial que es el primero en perderse cuando se dan procesos erosivos (Chavarin, 2014; Báez-Pérez *et al.*, 2015). Aproximadamente el 15 % de la superficie de la localidad son áreas erosionadas, el ancho y la longitud de las cárcavas está relacionado con el agrietamiento de los suelos, mientras que la profundidad aumenta en los eventos atípicos de lluvia (Barraza & Pineda, 2003; Duvert *et al.*, 2010).

Las características descritas anteriormente, en su conjunto son incompatibles con el crecimiento de plantas. La formación de estas cárcavas pone en riesgo los sumideros de carbono, el suministro de alimentos y la calidad de vida en la zona. Sin embargo, ha sido posible establecer algunas especies arbóreas del género *Pinus*, pero no se ha logrado establecer un sotobosque, lo que hace que el suelo esté aun expuesto a las fuerzas erosivas (Figura 4) (Gómez-Romero *et al.*, 2012; 2013 y 2015; Báez-Pérez *et al.*, 2015).



Figura 4. Cárcavas reforestadas con genero *Pinus*, en la comunidad de Huertitas, Ejido de Atécuaro, Michoacán. Fuente propia.

7.3 Ensayo de restauración con *Loeselia mexicana*

Para restaurar la vegetación es esencial hacer uso de comunidades vegetales, especies o taxones en combinación con capacidades potenciales del hábitat y así poder restablecer las condiciones previas al impacto en el ecosistema (Miyawaki, 2004).

Loeselia mexicana es una hierba o arbusto medicinal nativo de México, con una distribución del sur de Estados Unidos a México. Pertenece a la familia Polemoniácea, en México su nombre común es el de Espinosilla (Rzedowski & Rzedowski, 2001). Es apreciada debido a sus propiedades para aliviar fiebres, dolor e inflamación del estómago, tifoidea, bronquitis, gripe, ronquera y tos. El cocimiento de las ramas y flor se utiliza en afecciones renales, como diurético y purgante. También

se utiliza en la conservación y embellecimiento del cabello. Investigaciones farmacológicas han demostrado que los extractos de plantas poseen actividad anti diarreica en ratas y ratones (Salud *et al.*, 2005). Asimismo, distintos autores (Herrera *et al.*, 2011; Guzmán *et al.*, 2014; López & Estrada, 2016) probaron que *Loeselia mexicana* posee efecto ansiolítico. Habita en lugares abiertos, con frecuencia perturbados; pero principalmente en matorrales y zacatonales. También en bosques de *Juniperus* o en bosques abiertos de encinos y en campos de cultivo abandonados (Rzedowski & Rzedowski, 2001). Esta planta alcanza un tamaño de 50 a 80 cm de altura, se siente áspera al tacto y tiene abundantes pelos. Sus hojas son rígidas en cuyos bordes tiene pequeños dientes. Las flores son tubulosas y rojas, crecen en las axilas de las hojas. Los frutos son capsulas globosas con 2 a 5 semillas aladas (Figura 5).

Cabe señalar que por las características descritas anteriormente sobre su hábitat podría servir de especie pionera para revegetar sitios perturbados. Y por sus características de uso, la producción de esta especie resultaría como un producto que podría comercializarse a mayor escala en el país.



Figura 5. Fotografía de *Loeselia mexicana* con floración. Fuente propia.

7.3 Métodos

Población y muestra

Para este trabajo se realizaron entrevistas semi-estructuradas a mujeres y hombres de la localidad, elegidos a través de la técnica “bola de nieve”, que consiste en la identificación inmediata de personas que poseen información que interesa para el estudio y que pueden conducir a otros individuos (Luna, 2011). El guión de la entrevista pretende conocer el tipo de propiedad que poseen los pobladores locales, si han tenido que abandonar zonas de cultivo por la erosión en cárcavas y si hacen uso (autoconsumo o venta) de *Loeselia* (Taylor & Bogdan, 1994). Los resultados de estas entrevistas fueron transcritas y categorizadas para a modo de síntesis, describiendo los hallazgos más importantes sobre los usos de la planta y las características sociales de los participantes.

Ensayo a corto plazo con *Loeselia mexicana*

Pruebas de germinación

En el laboratorio de restauración ambiental del Instituto de Investigaciones Ecosistemas y sustentabilidad se cuenta con un banco de semillas que incluye semillas de *Loeselia mexicana*, las cuales se dividieron en grupos de 30 semillas y cada grupo se colocó en una caja Petri con papel filtro humedecido con 2 ml de agua destilada. Las cajas se sellaron con Parafilm (R) para evitar la pérdida de humedad. Todas las cajas se colocaron distribuidas al azar en una cámara de crecimiento con un fotoperiodo de 14 horas-luz y 10 horas-oscuridad, con un régimen de temperatura de 25 a 28 grados centígrados.

Propagación

La propagación se llevó a cabo en la casa de sombra del laboratorio de restauración ambiental del IIES. La propagación se realizó mediante 6 almácigos en charolas de 60 x 40 x 5 cm. Se colocó como sustrato una mezcla de turba (peat moss). Tras lo cual se hicieron surcos de no más de 1 cm de altura para colocar las semillas. Se humedeció la parte superior de los almácigos. Se

colocaron en una bandeja para que obtengan el grado óptimo de humedad para favorecer la germinación de las semillas.

Desempeño

Se registró el crecimiento y supervivencia de los individuos propagados en la casa de sombra, durante un periodo de 120 días.

7.4 Resultados

El estudio de caso consistió en un proceso de indagación acerca de una posible vía de restauración basada en la producción de plantas medicinales que a su vez funcionen como protección ante la erosión del suelo, ante la problemática de erosión en cárcavas. En este caso en particular, *Loeselia mexicana* sirve de instrumento para la obtención de información básica general e innovadora para realizar restauración productiva del sotobosque en cárcavas reforestadas con especies del género *Pinus*. Mediante la identificación de sujetos que pudieran servir de fuente información mediante entrevistas semiestructuradas.

De las entrevistas realizadas en la comunidad de Huertitas, en la localidad de Atécuaro, se entrevistaron a 7 individuos, los cuales representan el 1.3% de la población total. Los sujetos entrevistados fueron de sexo femenino, pues dada la hora temprana de las entrevistas (9 am a 10 am) eran las únicas personas en el hogar. Tenían un rango de edad 30 a 60 años. Todas tenían conocimientos en plantas medicinales, es decir, sabían que plantas utilizar ante la presencia de alteraciones en la salud o bien para mejorar la apariencia física. Algunas de las plantas medicinales que conocen las nombraron con los nombres comunes, se buscó en la base de datos de la “Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana”, los nombres comunes para poder identificar los posibles nombres científicos de las plantas nombradas. Se muestra el resultado en la siguiente tabla (2):

Tabla 2. Especies usadas como plantas medicinales en la comunidad de Huertitas, Ejido de Atécuaro, Michoacán. Elaboración propia

Nombre común	Nombre científico
Gordolobo	<i>Gnaphalium sp</i>
Camelina	<i>Bougainvillea glabra</i>
Prodigiosa	<i>Ambrosia artemisiifolia L.</i>
Retama	<i>Cassia tomentosa</i>
Estafiate	<i>Artemisia ludoviciana</i>
Altamisa	<i>Leonurus sibiricus L</i>
Andan	<i>Tithonia tubiformis (Jacq.) Cass</i>
Espinosa o Maraduz	<i>Loeselia mexicana</i>

La mayoría de estas plantas crecen en sus parcelas de forma natural, no las cultivan. Si necesitan hacer uso de ellas, en algunos casos, tienen localizadas las zonas dónde se encuentran poblaciones naturales. Sobre *Loeselia mexicana* todas las entrevistadas coincidieron en su utilidad para fortalecer y dar brillo al cabello, ya sea mediante infusiones o mezclas en el champú, aunque la utilizan con más frecuencia para curar el salpullido de los bebés recién nacidos. Crece en zonas cercanas a las cárcavas.

Ensayo a corto plazo

Germinación

Para determinar las condiciones de germinación se realizaron distintas pruebas preliminares, que consistieron en germinar la semilla directamente, las cápsulas con las semillas y un triturado de las cápsulas con semillas sin dañar. También se les aplicaron dos tratamientos: aplicación de agua y una suspensión de un fungicida Captan (2g/1 litro de agua). Sin embargo, en ninguna de las pruebas germinaron semillas.

Se repitió el experimento sólo con semillas colocadas en cajas de Petri con papel filtro (Wathman No. 1) y 1 ml de agua, y se obtuvo un porcentaje de germinación del 67% (figura 6). Las

semillas comenzaron a germinar a partir del quinto día y para el sexto día el 50% de las semillas ya habían germinado, los días posteriores la germinación fue lenta. A partir del día 15 ya no se observaron más semillas germinadas y las semillas sin germinar comenzaron a ser colonizadas por hongos.



Figura 6. Fotografía de semillas de Loeselia en distintas etapas de germinación. Fuente propia.

Al mismo tiempo se realizó un segundo ensayo de germinación humedeciendo el papel filtro con un 1 ml de suspensión del fungicida Captan (2g/1 litro de agua), con este tratamiento se obtuvo un porcentaje de germinación de 71%. A partir del quinto día de iniciado el ensayo 21% de las semillas desarrollaron la radícula. Para el octavo día el 50% de las semillas ya había germinado, pero a partir de ese día el porcentaje aumentó muy lentamente. El ensayo se concluyó el día 14. Los resultados de germinación entre los dos tratamientos se muestran en la figura 7.

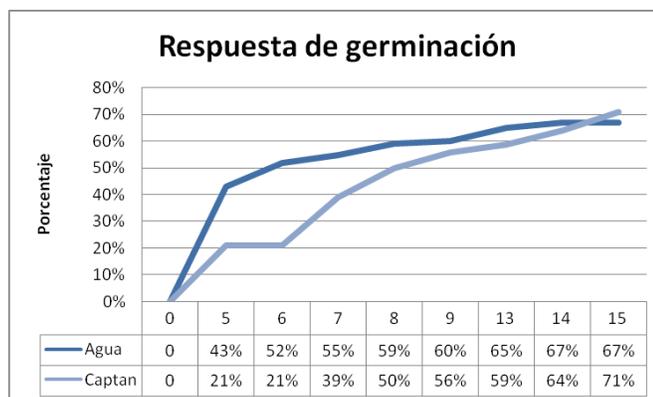


Figura 7. Gráfica Respuesta de germinación. Las semillas germinadas con sólo agua geminaron con mayor velocidad, contrario a aquellas semillas que tuvieron un primer tratamiento con Captan. Sin embargo, el rango del porcentaje de germinación para ambos es parecido. Fuente propia.

Propagación

Para la propagación se realizaron pruebas preliminares que consistieron en sembrar las semillas limpias, las cápsulas con las semillas y una mezcla en la que se desprendieron las cápsulas de las semillas pero no se limpiaron las segundas, en camas preparadas de turba. También se les aplicaron dos tratamientos: riego con agua y con una suspensión de captan (2g/1 litro de agua). Ambos tratamientos tuvieron una emergencia muy pobre.

Se realizó de nuevo la propagación pero sólo utilizando el molido de cápsula con semilla, colocando aproximadamente 0.05 g. por almácigo en seis charolas; en tres de las cuales se colocó 1 ml de captan por almácigo, con el riego solo la primera semana (figura 8).



Figura 8. Fotografías de las charolas utilizadas para la propagación en casa de sombra al inicio del ensayo germinación y 90 días después. Fuente propia.

La emergencia de las plántulas inició en el día 17 después de la siembra. A partir de ese día se comenzó a aplicar un riego ligero con una regadera manual, diariamente durante los primeros 15 días; posteriormente se regó cada tercer día a capacidad de campo. En las siguientes gráficas se aprecia la altura promedio de las plántulas durante un periodo de 100 días (figura 9).

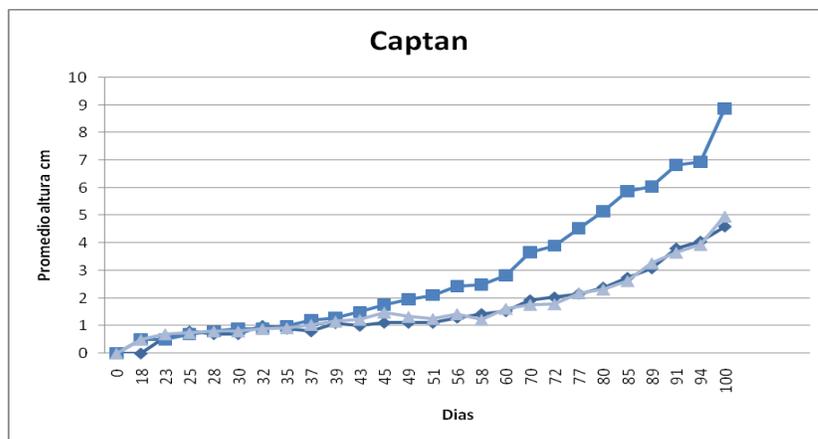


Figura 9. Gráfica que muestra el promedio de crecimiento por día de tres charolas utilizadas para la propagación en la casa de sombra, con un tratamiento inicial con Captan. Fuente propia.

Se aprecia que el primer mes en promedio crecieron un 1 cm, para el segundo mes en promedio la altura era de 2 cm y el tercer mes ya alcanzaba en promedio 4 cm. Se puede observar que en una de las charolas los promedios de crecimiento fueron mayores, de tal forma que el último mes el promedio de altura era de 6 cm. A partir del día 60 se aprecia una aceleración en el crecimiento de las plántulas.

Sobre las charolas sin tratamiento previo, en dos emergieron plántulas pero en una tercera no. Las charolas en las que emergieron plántulas presentan diferencias en los promedios de las alturas de éstas a partir del segundo mes, en una, a los 70 días, se disparó el crecimiento de las plántulas, siendo que el último mes el promedio de altura fue de casi 9 cm (Figura 10).

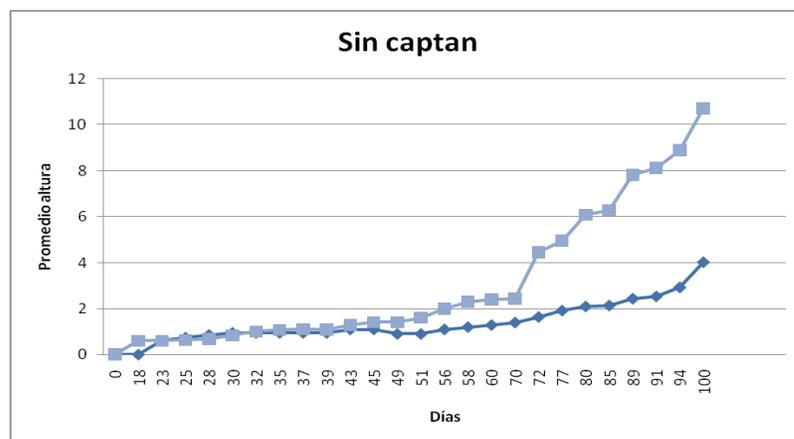


Figura 10. Gráfica que muestra el promedio de crecimiento por día de dos charolas utilizadas para la propagación en la casa de sombra, solo regadas con agua. Fuente propia.

Sobre la supervivencia de las plántulas, la charola uno tuvo emergencia de 24 plántulas y una supervivencia de 16 plántulas, la charola 2 tuvo emergencia de 44 plántulas y una supervivencia de 38, la charola 3 tuvo emergencia de 26 plántulas y una supervivencia de 19, por último la charola 6 tuvo emergencia de 20 plántulas y una supervivencia de 17. En suma, la supervivencia de las plántulas supera el 70%, es decir de 126 plántulas sobrevivieron 90.

En cuanto al desarrollo foliar las plantas que tuvieron aplicación de captan desarrollaron primeras hojas a partir del día 20 después de la siembra (figura 11). Para el día 45 desarrollaron las segundas hojas, así como una o dos ramificaciones diferentes al tallo principal. Las plantas que solo tuvieron riego con agua, desarrollaron primeras hojas a partir del día 23 después de la siembra, y la presencia de hojas secundaria a partir del día 53 después de la siembra.



Figura 11. Fotografías de cotiledones y hojas primarias de *Loeselia mexicana* propagada en la casa de sombra. Fuente propia.

VIII. ASPECTO ECONÓMICO DE LA RESTAURACIÓN

8.1 Impacto de la erosión en la economía

Actualmente la restauración se suma a la obtención de resultados desde una perspectiva socioeconómica, creando así un nuevo mercado para la conservación de los ecosistemas y sobre la restauración de los bienes y servicios ambientales (Aronson *et al.*, 2010). El deterioro de los suelos y la recuperación de los mismos inciden en la economía (Collins *et al.*, 2010), puesto que se trata de elecciones, tanto por parte de las autoridades públicas como de los usuarios de las tierras privadas. Conocer en términos de dinero, así como de recursos gastados, de impactos positivos y negativos, permitirán predecir el impacto de las medidas de control y restauración del suelo (Kuhlman *et al.*, 2010). La restauración que trae consigo dos tipos de beneficios: económicos y ecológicos. Sobre los benéficos ecológicos se tiene la mejora de los bienes y servicios, como la mejora de la productividad del suelo, mejora el flujo del agua y la reducción de la erosión. En cuanto a los benéficos económicos se da pie a la creación de empleos y mejores en los medios de vida (Aronson *et al.*, 2010). Por lo tanto, la restauración puede ser vista como una prioridad para la sociedad pues se desempeña como un importante elemento de desarrollo socioeconómico sostenible, en particular en los países en desarrollo (Kuhlman *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2015).

La erosión del suelo ha sido reconocida como la principal causa de la degradación de la tierra en todo el mundo. La erosión en cárcavas ha atraído un interés por los impactos causados fuera del sitio y dado que la escala se amplía al crecer fuera de las parcelas de cultivo. Para los agricultores, el desarrollo de cárcavas conduce a una pérdida de rendimiento de los cultivos y las tierras disponibles, así como un aumento de la carga de trabajo. Así mismo, las cárcavas pueden cambiar los patrones de barbecho y cultivo, aumentando la erosión. Aunado a esto los sedimentos pueden ser acarreados aguas abajo contaminando cuerpos de agua (Valentin *et al.*, 2005).

La erosión del suelo es uno de los riesgos ambientales más importantes en México. Cotler *et al.* (2007), en el estudio de evaluación de los costos de erosión en México; mencionan tres métodos de aproximación a la valoración económica de la erosión de suelos: el análisis costo beneficio, la

valuación de la pérdida de productividad y la estimación de los costos de remplazo. Cada uno de los métodos anteriores estiman costos distintos para cada caso analizado y se encuentran en un rango del producto interno bruto agrícola situado entre el 0.36% y 55%. También identificaron que según la variación del producto que se siembra en la parcela, por ejemplo si se trataba de la producción de maíz, el costo de daños por la erosión era de aproximadamente 38.4 a 54.5 dólares por hectárea.

Además de los costos por daño causados por la erosión se suman los costos por prácticas para revertir o disminuir los riesgos de la erosión, los cuales tendrían variedad en cuanto al tipo de tecnología o método a utilizar, por ejemplo por la utilización de técnicas como la revegetación y la estabilización de talud puede tener un costo de 20 mil USD por hectárea por año en Europa. Conocer y entender la magnitud global de los diversos tipos de degradación del suelo, impactos monetarios y el costo de muchas técnicas de prevención, restauración y prevención es un área difícil (Kuhlman *et al.*, 2010).

8.2 Costo de oportunidad de la restauración

El costo de oportunidad es el valor de la siguiente opción perdida por realizar una acción o proyecto (Barzev, 2002). El estudio para la obtención del costo de oportunidad se puede centrar en los posibles usos que tiene actualmente un servicio o bien ambiental. Con el fin de incentivar o eliminar cierta actividad considerando las diferentes actividades económicas que se puedan desarrollar en el mismo (Currie *et al.*, 2009). Los propietarios de tierras escogen como actividad económica, la que genere una maximización de beneficios netos, en un horizonte de planeación a largo plazo. En este sentido se puede calcular cual sería el costo de oportunidad de que un propietario uses sus terrenos para recuperar el suelo y no usarla en actividades alternativas (Vega & Vega, 2002).

Ahora bien, si se quiere cambiar el uso de suelo de una determinada finca, el costo de oportunidad podría estar dado por la rentabilidad de la actividad que se dejaría de realizar. Por, lo tanto es necesario pensar en los usos potenciales de las tierras que mayor rentabilidad darían. Esos usos potenciales estarían determinados por tres grandes grupos variables. Primero las condiciones físico-edáficas y climáticas del terreno que definen su aptitud para algunas, no todas, las actividades.

El segundo son las variables económicas (precios demandas de largo plazo, costos de transporte, etc.) y por último el grupo de variables de infraestructura comprendida por el acceso, riego cercanía de mercado o de fuentes de materias primas, etc. (Vega & Vega, 202).

En este sentido la restauración representa una actividad viable ante el abandono de tierras, Agricultores visionarios y líderes de negocios se están dando cuenta de que la degradación de los ecosistemas puede convertirse en cuestiones materiales que afrenten a su cuenta de resultados y prosperidad futura, por lo tanto la identificación de estrategias de gestión sostenible (Bullock, 2011). Estimar los beneficios generales de la aplicación de la restauración de los ecosistemas frente a la degradación del suelo esto podría ser, por ejemplo, en los marcos de coste-beneficio para valorar el tipo de gestión actual de la tierra y las opciones alternativas, permitiendo la estimación de los beneficios generales de la aplicación de la restauración de los suelos debido a la degradación del mismo (Currie *et al.*, 2009). Obtener las estimaciones de los costes y beneficios de la restauración permitirá que empresas, agricultores y los responsables políticos comprendan la implicación económica de las decisiones de gestión de las tierras, sobre la base de un beneficio económico en la toma de decisiones en el marco de los escenarios que impulsan (Turner *et al.*, 2016).

Hay una necesidad de integrar la producción y otros usos del suelo con la preservación de ecosistemas para evitar la degradación de la tierra en el futuro y comenzar a restaurar las tierras degradadas (Turner *et al.*, 2016). Actualmente la demanda de productos respetuosos del medio ambiente a base de hierbas ayuda a fortalecer las economías rurales y mejorar los medios de vida. En este sentido, las plantas medicinales y aromáticas han sido reconocidas como un recurso importante para el cuidado de la salud y la perfumería desde la antigüedad (Baumflek *et al.*, 2015). El mercado de plantas medicinales y aromáticas se clasifican principalmente en base a la materia prima en: fito-farmacéuticos (producto de hierbas que contiene aislados compuestos activos puros para la curación de enfermedades), nutracéuticos (alimentos con dietas específicas para la prevención y tratamiento de enfermedades) y cosmocéuticos (productos cosméticos que tienen propiedades medicinales). (Chandra, 2015). Sin embargo, las fluctuaciones de los precios y la falta de conciencia de sistema de comercialización desalientan a los cultivadores o recolectores que dependen de intermediarios o de comerciantes locales (Chandra , 2015).

8.3 Métodos

Se realizaron encuestas en mercados fijos y ambulantes en la ciudad de Morelia, así como en la región centro de Michoacán, usando el método de falso comprador. La encuesta realizada indagó sobre condiciones de vida (zona de residencia, dependencia económica a la actividad de venta) y la recopilación de los precios y costos económicos de realizar la venta de *Loeselia mexicana*. Como una forma de ubicar los posibles puntos de compra-venta de la planta medicinal.

Se clasificaron los gastos con el fin de conocer los costos, en este caso uno de los gastos incurrió en la implementación de una casa de sombra para propagar *Loeselia mexicana*, y su posterior trasplante y cultivo en las cárcavas. Para lo cual se cotizo con proveedores dentro de la ciudad de Morelia y en los estados aledaños (Estado de México, Guanajuato y Querétaro), malla sombra y equipo para montar la estructura que soporte dicha malla. Así también material y equipo para la propagación que consiste en la cotización de turba, charolas de germinación y equipo de riego.

La información se utilizó para estimar el beneficio económico de la actividad de restaurar el sotobosque con *Loeselia*. Para lo cual se recurrió a la estimación del Valor Actual Neto (VAN) y determinar su rentabilidad con la siguiente ecuación:

$$VAN = I_0 + \sum_{t=0}^n (B_t - C_t) * \frac{1}{(1+r)^t}$$

Dónde:

B_t: beneficios en el periodo t

C_t : costos en el periodo t

r: tasa de descuento

I₀: inversión inicial

n: vida útil del proyecto

Para determinar un escenario más viable se realizaron proyecciones de 5, 10 y 25 años, pues ecológicamente es cuando se aprecian los resultados de la restauración. Por lo que se manejó en el ejercicio una variación de escenarios:

Proyección a 5 años: con 25, 15 y 10 productores

Proyección a 10 años: con 25, 15 y 10 productores

Proyección 25 años: con 25, 15 y 10 productores

Así mismo, para fines de realización del ejercicio de análisis costo-beneficio, se presupone que el rendimiento, costos y precios se mantienen constantes durante los periodos de tiempo

8.4 Resultados

En la ciudad de Morelia se realizaron 18 encuestas, sobre la actividad de venta de *Loeselia mexicana* como planta medicinal, en puntos de venta conocidos como Mercado Independencia y Mercado San Juan. Dado que la presentación en venta de la planta era en manojos y bolsas de celofán, se decidió comprarlas para obtener el peso (figura 12). Asimismo, el precio y el peso de la planta variaba, se promedió el peso y el costo, el promedio del peso fue de 50 gramos y el promedio del costo fue de \$ 8.50.



Figura 12. Fotografía, presentación a la venta en mercado de Loeselia mexicana. La parte floral es la que se vende, puesto que es una forma de identificarla en el mercado. Fuente propia.

La mayoría de los encuestados en la ciudad de Morelia eran vendedores de plantas medicinales, algunos otros complementaban sus ventas con productos esotéricos. Los vendedores encuestados respondieron a la pregunta de uso y conocimiento de *Loeselia mexicana*, que en su mayoría los clientes la piden para el cuidado del cabello. Sobre como obtenían el producto, todos dijeron ser surtidos por personas de otras localidades, los cuales o llevaban los manojos en costales de rafia o llevaban ya los paquetes en bolsas en cajas de cartón. Se mostraron renuentes a decir una cifra acerca de sus ganancias, pero decían que le iba bien en las ventas.

También se realizaron encuestas en los mercados cercanos a templos religiosos y mercados municipales por ser los establecimientos comerciales más importantes de las localidades de Quiroga, Maravatío, Pátzcuaro, TzinTzunTzan, Tlalpujahuá, y Tepuxtepec (Michoacán), y el Oro (Estado de México); las anteriores se visitaron debido a su cercanía a la ciudad de Morelia (figura 13).

En las localidades de Pátzcuaro y Quiroga se localizaron puestos de venta de plantas medicinales, sin embargo, no vendían espinosilla (*Loeselia mexicana*). Por el contrario, en Maravatío, solo se encontró un puesto, que sí realizaba venta de *L. mexicana*. En la localidad de Tlalpujahuá no se halló ninguna persona que vendiera o realizara actividad de venta de plantas medicinales. Mientras que en las localidades de TzinTzunTzan y Tepuxtepec se localizaron “hierberos” que realizaban curas con plantas medicinales. La persona de la localidad de TzinTzunTzan guiaba a las personas sobre qué planta consumir, en el caso de *L. mexicana*, al crecer en el campo de forma natural las personas sólo tenían que recolectarla y prepararla para el uso que se pretendiera dar (cuidado del cabello o dolores estomacales). La persona localizada en Tepuxtepec compraba los productos herbolarios y los recomendaba según el padecimiento. En la localidad del Oro se encontró un puesto en el mercado Álvaro Obregón, en el cual la persona que realizaba la venta de plantas medicinales radicaba en una comunidad cercana a Tlalpujahuá, pero su comercio estaba en El Oro.

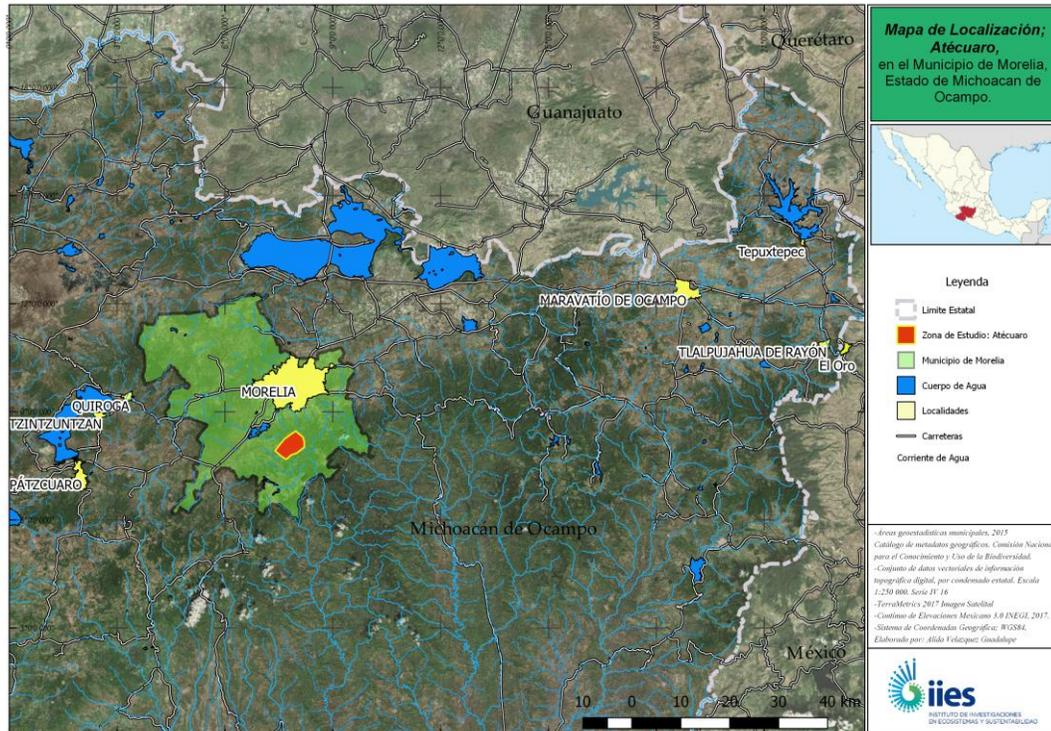


Figura 13. Localidades visitadas para realizar encuestas sobre compra y venta de *Loeselia mexicana*.

Análisis Costo-Beneficio

El análisis de costo-beneficio se utiliza principalmente para comparar alternativas en un mismo proyecto, así como, para demostrar los costos y beneficios para la duración del proyecto, determinando un valor único conocido como Valor Actual Neto.

Para realizar el análisis costo-beneficio del proyecto utilizando *L. mexicana*, se consideró un número de productores de 25, 15 y 10. Con respecto a la obtención del dato superficie, se realizó la medición aproximada de las cárcavas dentro de la localidad de Atécuaro mediante el software QGIS, puesto que se desconoce el total de hectáreas que le comprenden.

Se identificaron los costos en que se incurrirían para el establecimiento del proyecto. Para los costos de la casa de sombra, se consideró a los proveedores locales pues la cotización de un proveedor foráneo, no incluía los costos de envío hasta realizado el embarque del producto.

Sobre los costos de colecta de germoplasma, propagación, trasplante y cosecha se realizaron estimaciones a partir del tiempo invertido en las salidas campo, donde se simuló realizar la actividad, el tiempo invertido por tarea era variado, en suma aproximadamente 25 días por año se ocuparían para la realización del trabajo. Las horas y costo del Jornal se obtuvieron mediante las entrevistas realizadas en la comunidad de Huertitas en la localidad de Atécuaro, el jornal es equivalente a ocho horas de trabajo y el pago por jornal es de \$200 pesos. En este sentido se considera el costo del salario del productor en 25 jornales o 25 días de trabajo en el proyecto, por lo que el costo sería de \$5000 pesos anuales por productor.

Para la obtención del dato del rendimiento que tendría el cultivo en una hectárea, se realizó en campo conteos de individuos con floración y se recolectó material para ser pesado; por lo que se estimó el rendimiento de 100 kg por hectárea. Esto debido a que no se realizó el trasplante de *Loeselia* a la zona a revegetar. En cuanto al precio del producto-mercado se estimó mediante la información obtenida de las encuestas realizadas a vendedores de plantas medicinales.

Tabla 3. Se muestran los parámetros considerados para el análisis Costo-Beneficio

Parámetro	Valor	Unidades	Requerimiento
Inversión inicial			
Casa de sombra	9000	\$/hectárea	cada 5 años
Herramienta	800	\$/hectárea	cada 5 años
Equipo riego emergencia	2000	\$/hectárea	inversión inicial
Colecta de germoplasma	2	Jornal	cada 4 años
Costos operación			
Propagación	12.5	Jornal	cada 4 años
Trasplante	5.5	Jornal	anual
Cosecha	3	Jornal	anual
Acopio	100	\$/hectárea	anual
Mantenimiento zona cultivo	2	Jornal	anual
Salario productor	5000	\$/productor	anual
Beneficios esperados			
Rendimiento promedio del cultivo	100	kg/hectárea	anual
Precio productor-mercado	100	\$/kg producido	

Elaboración propia.

Las estimaciones se realizaron en una hoja de cálculo, considerando para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) una tasa de descuento del 7.04%, que es la tasa de interés promedio que da el Banco de México.

Con respecto a cada uno de las proyecciones en años y variación en el número de productores se realizaron las mediciones de beneficios y costos correspondientes. Para cada escenario los costos de inversión son variables de acuerdo al número de productores sin importar la proyección en años del proyecto. Así, si el proyecto cuenta con 25 productores la inversión inicial sería de \$ 397,400 pesos, si se cuenta con 15 productores la inversión inicial sería de \$ 574,400 pesos y si se cuenta con 10 productores la inversión inicial sería de \$ 313,400 pesos.

El método VAN descuenta los flujos de efectivo en el año base y deduce el costo de la inversión, expresando el valor neto actual de una corriente de flujos netos de efectivo. Los resultados del ACB para todos los casos anteriores demuestran que el VAN (esperado) es positivo. Tanto el VAN como las Tasas Internas de Retorno (TIR), varían en cada proyección y escenario, en las siguientes tablas se muestran los valores.

Tabla 4. Resultados obtenidos de los escenarios con distinto número de productor. Proyección a 5 años

No. productores	VAN	TIR
25	468,387	0.33
15	929,248	0.75
10	1,159,679	1.10

Tabla 5. Resultados obtenidos de los escenarios con distinto número de productor. Proyección a 10 años.

No. productores	VAN	TIR
25	1,198,537	0.41
15	1,867,815	0.79
10	2,202,454	1.12

Tabla 6. Resultados obtenidos de los escenarios con distinto número de productor. Proyección a 25 años

No. productores	VAN	TIR
25	2,305,350	0.42
15	3,303,619	0.79
10	3,802,754	1.12

Como se muestra en las tablas anteriores, cada uno de los escenarios (5 años, 10 años y 25 años) es viable, lo cual permite realizar la recomendación de continuar con el proyecto. También las TIR superan la tasa de descuento de 7.04%, es decir, la rentabilidad anual promedio que genera el capital permanece invertido en el proyecto.

Se realizó un análisis de sensibilidad para la tasa de descuento de 5% a 15%, en donde los valores de VAN siguen siendo positivos, conforme la tasa de descuento aumenta al 15% el VAN disminuye, pero sigue siendo positivo en todos los casos.

De igual manera se realizó un análisis de sensibilidad a la producción promedio de *L. mexicana*, en un rango de 50 kg a 140 kg. Sin importar el tiempo, en el escenario con 10 productores el VAN se mantiene positivo, en el escenario con 15 productores el VAN se vuelve negativo si la producción baja a 50 kg; y en el escenario con 25 productores el VAN se vuelve negativo a partir de 70 kg.

IX. DISCUSIÓN

La restauración, a diferencia de la protección o conservación de la naturaleza, permite que una amplia diversidad de personas tengan la oportunidad de relacionarse con los ecosistemas de forma positiva y activa, sin importar que sean o no expertos certificados (Gross, 2006). En este sentido, la población de Atécuaro es un importante colaborador, pues a partir de sus conocimientos pueden involucrarse en el desarrollo, planificación, ejecución y la evaluación de proyectos de restauración con plantas medicinales. De acuerdo con la información recabada en las entrevistas, la población local tiene conocimientos de plantas medicinales, y continúa haciendo uso de las mismas, lo que refleja la transmisión del conocimiento de generación a generación de la extensa farmacopea de plantas medicinales de México (López & Estrada, 2016). También hubo quien respondió que tendría algún tipo de disposición a intentar restaurar con plantas medicinales si ello ayuda a frenar el problema de erosión en cárcavas, pues les parece que la ayuda que hace años atrás recibieron de colocar presas de gavión no tuvo ningún impacto en la reducción de la erosión. Barraza y Pineda (2003) realizaron un estudio en el que evaluaron la actitud de los jóvenes de la comunidad de Atécuaro hacia el bosque, en el cual concluyen que su conocimiento sobre el mismo es deficiente y vago, sin embargo, señalaban que les interesaría participar en programas de gestión forestal. Por lo que la comunidad en general puede llegar a ser parte de los trabajos de restauración científica en lugar de una barrera para el mejoramiento ambiental de la zona. Además, para que las estrategias de restauración sean robustas, se debe incluir el conocimiento que es ampliamente compartido y tiene una fuerte influencia de las mentes y las conciencias de una comunidad o sociedad (Gross, 2006; Zheng & Wang, 2014).

L. mexicana es una especie anual, puede propagarse por semilla en los inicios del mes de marzo, dado que es cuando hay más horas de sol. Sus semillas son muy pequeñas, por lo que un molido de las cápsulas que las contienen permite que sean sembradas manualmente en camas preparadas de turba, u otro material apropiado, a una profundidad de menos de 1 cm en hileras, aproximadamente 50 semillas por charola. Para junio tendrá una talla aproximada de 10 a 20 cm, desarrollará flor en el periodo de lluvia y forma semilla a durante el invierno. Sin embargo, la biología, la gestión del cultivo, así como prácticas agronómicas adecuadas para esta especie no han sido investigadas, con excepción de investigaciones farmacológicas que han demostrado que *L.*

mexicana posee cualidades anti-diarreicas y ansiolíticas (Salud *et al.*, 2005; Herrera *et al.*, 2011; Guzmán *et al.*, 2014; López & Estrada, 2016).

En la literatura no hay disponibilidad de datos sobre las necesidades de agua de *L. mexicana* o su eficiencia de uso, sin embargo, la condición más propicia para su desarrollo es cuando la planta recibe agua de manera uniforme en el periodo de crecimiento, por lo que el apoyo a través de riego puede ser necesario. Así mismo, no hay literatura sobre amenazas por enfermedades o plagas. Los tiempos y métodos de cosecha están estrictamente relacionados con el producto final, en este sentido la información recaba por las entrevistas muestra que, la gente de la localidad de Atécuaro colecta la planta en el mes de agosto y septiembre, ya sea para aliviar salpullido en los infantes o mejorar el cuidado del cabello, en particular la parte del área floral.

Además del interés relacionado con los productos y usos potenciales, el cultivo de *L. mexicana* puede dar lugar a importantes beneficios medioambientales. Se propaga fácilmente y se cultiva con técnicas convencionales. Por observaciones en campo, aparentemente el desarrollo de la raíz y su característica perenne, puede permitir mantener la fertilidad y estructura del suelo. Cabe mencionar que se localizaron poblaciones de la planta en suelos que contienen residuos mineros, en la región de Tlalpujahua, Michoacán, lo que demuestra su capacidad para tolerar condiciones adversas del sustrato. Se necesitan urgentemente enfoques de restauración que faciliten la revegetación rápida y reduzcan al mínimo coste y esfuerzo, especialmente para los países en desarrollo que tienen pocos recursos a su disposición y la falta de incentivos para restaurar bosques degradados (Gómez-Aparicio, 2009).

El valor añadido del cultivo de *L. mexicana* está relacionado con varios productos y aplicaciones que se pueden obtener de ella, pues como se mencionó anteriormente se puede utilizar en la medicina y la industria cosmética (Salud *et al.*, 2005; Herrera *et al.*, 2011; Guzmán *et al.*, 2014; López & Estrada, 2016). Así mismo, se contribuye al reto de la conservación de especies vegetales y de la diversidad biológica desde las variantes genéticas, géneros, familias y los niveles taxonómicos superiores (Murray, 2016). Dado que la diversidad de plantas actualmente se está perdiendo a una tasa 100 veces más rápida, que durante la pasada era geológica, resulta en una disminución asociada a servicios ambientales, tales como la provisión de alimentos, combustibles, productos bioquímicos y fibra (De Zhu & Pritchard, 2009). Si bien los grupos humanos hemos estado haciendo

uso de las plantas y de sus productos desde alimentos, materiales, combustibles, venenos, medicamentos, ornamento, enmienda del suelo, control de la erosión, especies indicadores de contaminación, aún faltan especies vegetales por ser conocidas o en su caso han sido infravaloradas. Tal es el caso, de la globalización de la alimentación y consumo de comunidades vegetales que ha dado lugar a patrones de producción y consumo altamente estandarizados, por lo tanto existe una clara posibilidad de diversificación basada en el desarrollo de la domesticación y la promoción de los llamados cultivos olvidados o infrautilizados (Barbieri *et al.*, 2014; Murray, 2016).

Así mismo, lograr el establecimiento de *L. mexicana* en el sotobosque del sitio reforestado con géneros *Pinus*, daría lugar a la facilitación de la sucesión forestal, pues se modificarían las condiciones del microclima, se estimularía la acumulación de carbono orgánico en las capas superficiales del suelo y finalmente creciera la complejidad estructural (Parrota *et al.*, 1997). Finalmente *L. mexicana*, al ser una especie herbácea arbustiva es más resistente a las perturbaciones, puesto que puede volver a crecer mucho más rápido después de una perturbación (Guilliam, 2007).

En este sentido *Loeselia mexicana* es un producto forestal no maderable, algunos de los cuales, han sido cosechados con fines de subsistencia y comercio a través de miles de años. Actualmente existe un amplio intercambio comercial de productos naturales, en particular de plantas medicinales, que da pie a altos volúmenes de cosecha de las poblaciones silvestres. Por lo tanto, es importante realizar una gestión sostenible, no sólo para la conservación de especies, sino también para los medios de vida de las comunidades rurales. Puesto que la cosecha puede afectar la fisiología de la planta, cambiar patrones demográficos y genéticos de las poblaciones, alterando los procesos de la comunidad hasta el nivel ecosistema. Cultivar *L. mexicana* en las cárcavas reforestadas para desarrollar sotobosque a partir del conocimiento de las población local y su participación resulta importante, pues cuando las poblaciones vegetales son manejadas por personas conocedoras pueden mostrar altas tasas de crecimiento en condiciones de alta presión de cosecha, pero cuando son manejadas por personas menos informadas pueden disminuir los niveles de cosecha (Ticktin, 2004). Sin embargo, persiste el problema de que no existe información adecuada sobre los precios, la calidad, los productores, los procesadores y los comerciantes; para buscar mercados favorables, desalentando a los cultivadores o los comerciantes que dependen de intermediarios locales. Por ello la búsqueda de zonas de compra y venta así como los precios de *L.*

mexicana en los comercios permite reconocer aspectos sobre la comercialización de la misma. Las localidades visitadas hacen uso de las plantas medicinales; hay quienes al ver que crecen en el campo las buscan y colectan, pero hay otro grupo que las recolecta para venderla posteriormente a comerciantes de mercados fijos. Las encuestas sobre los precios del producto en venta resultan en un precio mínimo de 8.50 pesos por 50 gr en promedio de *L. mexicana*. También refleja que aún hay gente que confía en los remedios naturales, además, los remedios a base de formulaciones herbales preparados tradicionalmente son menos costosas en comparación con los medicamentos alopáticos modernos (Chandra, 2015).

En suma, considerando la posibilidad de que *L. mexicana* puede desarrollarse en el sotobosque y permitir el paso a procesos ecológicos más amplios, así como que su adecuada gestión como cultivo permite mantener los medios de vida de las comunidades locales, consideramos que es una opción viable para aumentar su uso sostenible en la restauración.

El aspecto económico de la restauración se refiere al análisis financiero de un proyecto de restauración, y puede llevarse a cabo a través de una variedad de herramientas (Currie *et al.*, 2009). Dicho lo anterior, el análisis costo beneficio de realizar la práctica de restauración con plantas medicinales en cárcavas de suelo Andosol reforestadas con vegetación de género *Pinus*, permite predecir, no sólo en términos de dinero, sino de recursos gastados, (que bien podrían ser utilizados para otros fines), la viabilidad de usarla en las prácticas de control de la erosión (Kuhlman *et al.*, 2010). Como se aprecia en los resultados el proyecto es financieramente viable, el capital invertido se recupera y hay ingresos constantes. Sin embargo, la TIR es elevada, por el hecho de que la actividad de cultivar *L. mexicana* no involucra una inversión de tiempo y costos tan elevados, y puesto que podría ser una actividad extra asalariada para las personas que quisieran adherirse al proyecto. Como se aprecia en los análisis de sensibilidad aparentemente la tasa de descuento, no afectaría los valores positivos del VAN y la TIR con los valores constantes que se presupusieron en el ejercicio; aunque al aplicar el análisis de sensibilidad a la producción promedio, el VAN se vuelve negativo cuando la producción es inferior a 70 kg, mientras se mantenga la producción y sea mayor a 70 kg, el proyecto tendría viabilidad. Por tanto, los análisis de sensibilidad permiten concluir que la viabilidad del proyecto existe y se mantiene con mínimo 5 productores y una producción promedio mínima de 70 kg por hectárea.

Así, un análisis económico permite identificar cuándo se crean condiciones de sostenibilidad ecológica y equidad social (pensando en la distribución justa de los recursos y derechos entre generaciones futuras y actuales humanas, así como entre especies) (Currie *et al.*, 2009). Los escenarios planteados en el análisis financiero permiten observar que la producción neta de los valores es positiva en los distintos plazos, siempre que se cumpla el supuesto de que los costos y beneficios sean constantes. El dinero gastado en la restauración del ecosistema no es simplemente un costo, más bien, es una buena inversión que trae consigo múltiples beneficios (Gowdy, 2007; De Groot *et al.*, 2013).

Haría falta conocer más sobre el rendimiento de la plantación durante los primeros años, con respecto al número de individuos trasplantados a las cárcavas, pues como se describe en un estudio anterior (Chavarin, 2014) sobre el establecimiento de especies en el sotobosque (*Lupinus elegans*, *Salvia fulgens*, *Lupinus mexicanus*, *Crotolaria rotundifolia*, *Asclepias curassavica* y *Crotolaria pumila*), las limitantes para el crecimiento de estas especies fueron la disponibilidad de agua, la herbívora y la temporada invernal, lo cual podría repercutir en la producción de *L. mexicana* y por lo tanto, en el aumento de los costos y la disminución de beneficios. También falta explorar la ampliación del mercado para *L. mexicana*, no solo como una especie utilizada como producto para embellecimiento de pelo si no como base para la creación de un medicamento que pueda controlar la ansiedad de las personas que la padezcan, permitiendo a su vez, un aumento de los beneficios.

Finalmente coincidimos con otros autores (Currie *et al.*, 2009; De Groot *et al.*, 2013; Graves *et al.*, 2015; Turner *et al.*, 2015) en los siguientes aspectos: a) la restauración paga, es decir, proporciona más beneficios que costos, b) las estrategias de intervención proactiva permiten mantener y recuperar el capital natural, c) que involucrar ampliar de los enfoques para incluir la perspectiva socioeconómica permite obtener beneficios para la preservación de los servicios de los ecosistemas y d) que el apoyo público y la financiación no se lograrán si no se consideran los factores humanos.

X. CONCLUSIONES

La población local tiene conocimientos de plantas medicinales, y continúan haciendo uso de las mismas, reflejando la transmisión del conocimiento de la extensa farmacopea de plantas medicinales de México de generación en generación.

Cuando una planta es fácilmente disponible y tiene el potencial para proporcionar una terapia de bajo costo para el tratamiento de una enfermedad, se puede cultivar y desarrollar como un producto viable. Sólo conocemos un mínimo porcentaje de los maravillosos recursos del planeta. En este sentido *Loeselia mexicana* es una planta de fácil de propagación, sus semillas no necesitan tratamiento pre germinativo, sus porcentajes de germinación (71%) y supervivencia en casa de sombra son óptimos (70%).

El uso de *Loeselia mexicana* como especie pionera para revegetar el sotobosque con fines de restauración productiva (presuponiendo valores constates en los costos y beneficios) presenta rentabilidad financiera. Aun que ahora no podemos identificar con certeza las especies útiles para el futuro, dada la variedad de especies farmacéuticas, alimenticias y pioneras con potencial para usarse en la restauración, habría que ahondar más en el estudio de las mismas, y con ello promover formas de vida más sostenible.

XI. LITERATURA CITADA

- 1) Aronson J., Renison D., Rangel-Ch J.O., Levy-Tacher S., Ovalle C., Del Pozo A. 2007. **Restauración del Capital Natural: sin reservas no hay bienes ni servicios**. Ecosistemas 16 (3): 15-24.
- 2) Aronson James, N. Blignaut James, J. Milton Suzanne, Le Maitre David, J. Esler Karen, Limouzin Amandine, Fontaine Christelle, P. de Wit Martin, Mugido Worship, Prinsloo Philip, van der Elst Leandri, and Lederer Ned. 2010. **Are Socioeconomic Benefits of Restoration Adequately Quantified? A Meta-analysis of Recent Papers (2000–2008)**. Restoration Ecology. 18(2):143–154.
- 3) Báez-Pérez Ana Laura, Gómez-Romero Mariela, Villegas Javier, de la Barrera Erick, Carreto-Montoya Lorena y Lindig-Cisneros Roberto. 2015. **Inoculación con hongos micorrízicos y fertilización con urea de plantas de Fraxinus uhdei en acrisoles provenientes de sitios degradados**. Botanical Sciences. 93(3): 1-8.
- 4) Barbieri R.L.; Costa Gomes J.C.; Alercia A., Padulosi S. 2014. **Agricultural Biodiversity in Southern Brazil: Integrating Efforts for Conservation and Use of Neglected and Underutilized Species**. Sustainability. (6): 741-757.
- 5) Barraza L. y Pineda J. 2003. **Como ven los bosques los jóvenes mexicanos: comparación de dos comunidades rurales**. Unasyva. 54 (21): 10-17.
- 6) Barzev Radoslav. 2002. **Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales**. CCAD-PNUD/GEF “Proyecto para la consolidación del corredor biológico meosamericano”. Pp 147
- 7) Baumfleck Michelle, De Gloria Sthepen, Kassam Karim-Aly. 2015. **Habitat modeling for health sovereignty: Increasing indigenous acces to medicinal plants in northerm Maine, USA**. Applied geography. (56): 83-94.
- 8) Bilbao Bibiana, Judith Rosales, Sofía Marín-Wikander, Adriana Millán, Ruth Salazar-Gascón, Humberto Chani, Francisco Pérez, Alejandra Leal, Carlos Méndez, María Dolores Delgado-Cartay, Milagro Márquez, Mileydis Alvarado, María Eugenia Deza, Zamira Hasmy, Filiberto Lambos, Ingrid Lanz, Rubén Machuca, Mirla Parra, Erika Pedraza, Gabriel Picón, Fannilys Reyes, Daniel Rodríguez, Héctor Manuel Rodríguez Salcedo, Becker Sánchez, Eduardo Zambrano. 2016. **Chureta ru to pomupök: integración del conocimiento indígena y ecológico para la restauración de ambientes degradados**. En el libro: Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe / Eliane Ceccon; Daniel Roberto Pérez. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores.
- 9) Binder R. Claudia, Hinkel Jochen, Bots W. G. Pieter and Pahl-Wostl Claudia. 2013. **Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems**. Ecology and Society 18(4): 26.

- 10) Borda-Niño Mónica. 2016. **Restauración productiva en la práctica: el caso de las comunidades indígenas Me´Phaa de La Montaña de Guerrero, México.** En el libro: Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe / Eliane Ceccon; Daniel Roberto Pérez. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores.
- 11) Bradshaw A.D. 1984. **Ecological principles and land reclamation practice.** Landscape Planning, 11: 35-48.
- 12) Bravo-Espinosa M. Barrera-Camacho G. Serrato-Barajas E. y Saenz-Reyes. 2010. **La Cuenca del lago de Cuitzeo: problemática, perspectivas y retos hacia su desarrollo sostenible.** Editado por el Instituto De Investigaciones Forestales, Agrícolas Y Pecuarias y por El Consejo Estatal De Ciencia y Tecnología.
- 13) Bullock, James M. Aronson James, Newton C. Adrian, Pywell F. Richard and. Rey-Benayas M. Jose. 2011. **Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities.** Trends in Ecology and Evolution. (26):10.
- 14) Burbano-Orjuela Hernán. 2016. **El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria.** REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS. 33(2):117-124.
- 15) Burgeon D., Hofer T., van Lierop P. and Wabbes S. 2015. **Árboles y bosques, salvavidas que aseguran la resiliencia.** Unasylva, 66(243/244): 86-89.
- 16) Cano Castellanos I.J. y Zamudio Pedraza N. 2006. **Recuperar lo nuestro.** Grupo de restauración ecológica Editores.
- 17) Ceccon E. 2013. **Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales.** Díaz de Santos Editorial. CRIM. UNAM. México.
- 18) Ceccon E. y Perez D.R. 2016. **La restauración ecológica en el contexto socioambiental de America Latina y el Caribe.** En el libro: Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe / Eliane Ceccon; Daniel Roberto Pérez. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores.
- 19) Chandra Prakash Kala. 2015. **Medicinal and aromatic plants: Boon for Enterprise development.** Journal of applied research on medicinal and aromatic plants. (2): 134-139.
- 20) Chavarin Castillo Citlali G. 2014. **Barreras para el establecimiento de sotobosque en cárcavas reforestadas.** Posgrado en Ciencias Biológicas. CIECO. UNAM.
- 21) Collins Scott L, Carpenter R. Stephen, Swinton M Scott, Orenstein E Daniel, Childers L Daniel, Gragson L Ted, Grimm B Nancy, Grove J Morgan, Harlan Sharon L, Pason, J Kaye, Knapp K Alan, Kofinas P Gary, John J Magnuson, William H McDowell, John M Melack, Laura A Ogden, G Philip Robertson, Smith D Melinda, and Whitme C Ali. 2011. **An integrated conceptual framework for long-term social-ecological research.** Frontiers in ecology. 9(6): 351-357.

- 22) CONAFOR (2009). **Restauración ecológica campesina en las selvas húmedas de México**. Tomado de http://www.conafor.gob.mx/innovacion_forestal/?p=2175. 16 septiembre 2015, 11:00 am.
- 23) Cotler Helena; Sotelo Esthela; Dominguez Judith; Zorrilla María; Cortina Sofía; Quiñones Leticia. 2007. **La conservación de suelos: un asunto de interés público**. Gaceta Ecológica, núm. 83, pp. 5-71.
- 24) Covadela Sara, Pajares Silvia, Gallardo F. Juan, Etchevers D.Jorge. 2006. **Short- term changes in C and N distribution in soil particle size fractions induced by agricultural practices in a cultivated volcanic soil from Mexico**. Organic Geochemistry. (37):1943-1948.
- 25) Currie Bianca, Milton J. Suzanne, Steenkamp J.C. 2009. **Cost-benefit analysis of alien vegetation clearing for water yield and tourism in a mountain catchment in the Western Cape of South Africa**, Ecological Economics. (68)10:2574-2579.
- 26) Dalmaso Antonio Daniel. 2010. **Revegetación de áreas degradadas con especies nativas**. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 45 (1-2): 149-171.
- 27) De Groot S. Rudolf, Blignaut James, Van Der Ploeg Sander, Aronson James, Elmqvist Thomas And Farley Joshua.2013. **Benefits of Investing in Ecosystem Restoration**. Conservation Biology. 27(6): 1286-1293.
- 28) De Zhu Li & Pritchard Hugh W. 2009. **The science and economics of ex situ plant conservation**. Trends in Plant Sciences. 14(11): 614-621.
- 29) Diaz O. Jaime E. y Freire D. Betty. 2008. **Manejo del recurso hídrico en culturas precolombinas**. Revista EIDENAR. 8:75-83.
- 30) Duvert Clément, Gratiot Nicolas, Evrard Olivier, Navratil Oldrich, Nemery Julien, Prat Christian, Esteves Michel. 2010. **Drivers of erosion and suspended sediment transport in three headwater catchments of the Mexican Central Highlands**. Geomorphology. (123): 243-256.
- 31) Fischer Joern, Gardner Toby A, Bennett Elena M, Balvanera Patricia, Biggs Reinette, Carpenter Stephen, Daw Tim, Folke Carl, Colina Rosemary, Hughes Terry P, Luthé Tobias, Maass Manuel, Meacham Megan, Norström Albert V, Peterson Garry , Queiroz Cibele, Seppelt Ralf, Spierenburg Marja y Tenhunen John. 2015. **Advancing sustainability through mainstreaming a social-ecological systems perspective**. Current Opinion in Environmental Sustainability. 14:144-149.
- 32) Gann G.D. y D. Lamb, redactores, 2006. **La restauración ecológica: un medio para conservar la biodiversidad y mantener los medios de vida**. Society for Ecological Restoration (SER) International, Tucson, Arizona, EE.UU. y IUCN, Gland, Suiza.
- 33) García-Chevesich Pablo A. Capítulo 1. Factores que afectan la erosión y la sedimentación en: UNESCO, 2010. **Procesos de erosión – sedimentación en cauces y cuencas**. Daniel Brea, Francisco Balocchi. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 22.

- 34) García-Fayos Patricio. **Capítulo 11 Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica**. En: Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Páginas 309-334. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid.
- 35) GeoMexico. 2004. **Perspectivas del medio ambiente en México**.
- 36) Gilliam S. Frank. 2007. **The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems**. *Bioscience*. 57(10): 845-857.
- 37) Gilliam S. Frank. 2007. **The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems**. *Bioscience*. 57(10): 845-857.
- 38) Gómez-Aparicio Lorena. 2009. **The role of plant interactions in the restoration of degraded ecosystems: a meta-analysis across life-forms and ecosystems**. *Journal of Ecology*. 97(6): 1202–1214.
- 39) Gómez-Romero Mariela, Lindig-Cisneros Roberto, Saenz-Romero Cuauhtémoc, Villegas Javier. 2015. **Effect of inoculation and fertilization with phosphorus in the survival and growth of *Pinus pseudostrobus*, in eroded Acrisols**. *Ecological Engineering*. (82): 400-4003.
- 40) Gómez-Romero Mariela; Villegas Javier; Saenz-Romero Cuauhtémoc y Lindig-Cisneros Roberto. 2013. **Efecto de la micorrización en el establecimiento de *Pinus pseudostrobus* en cárcavas**. *Madera bosques*. 19(3):51-63.
- 41) Gómez-Romero, M., J. C. Soto-Correa, J. A. Blanco-García, C. Sáenz-Romero, J. Villegas, R. Lindig-Cisneros. 2012. **Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados**. *Agrociencia* 46:795-807.
- 42) González Lanteri David y Mardones Gacitúa Fabián. **Capítulo o IV Integración de análisis multiescala - multitemporal en la estimación del factor de cobertura de suelo del modelo de erosión Rusle, asistido por fotografías aéreas, imágenes raster y modis en la región del biobio, Chile** en: UNESCO, 2011. **Procesos de erosión – sedimentación en cauces y cuencas**, Volumen 2. José Daniel Brea y Francisco Balocchi Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 28.
- 43) Gould K. Rachele, Mooney Harold, Nelson Laura, Shallenberger Robert y Daily C. Gretchen. 2013. **Restoring native forest understory: the influence of ferns and light in a Hawaiian experiment**. *Sustainability*. 5(3): 1317-1339.
- 44) Gowdy M. John. 2007. **Toward an experimental foundation for benefit-cost analysis**. *Ecological Economics*. (63): 649–655.
- 45) Graves A.R., Morris J., Deeks L.K., Rickson R.J., Kibblewhite M.G., Harris J.A., Farewell T.S and Truckle I. 2015. **The total costs of soil degradation in England and Wales**. *Ecological Economics*. (119): 399–413.
- 46) Gross Matthias. 2006. **Beyond expertise: ecological science and the making of socially robust restoration strategies**. *Journal for Nature Conservation*. (14): 172—179.

- 47) Guttman S. Edith, Zorro S. Carlos, Cuervo F. Adriana y Ramirez J. Juan C. 2004. **Diseño de un sistema de indicadores socio ambientales para el Distrito Capital de Bogota**. Estudios y perspectivas. pp 81 CEPAL/PNUD/01/002.
- 48) Guzmán Gutiérrez S. Laura, Reyes Chilpab Ricardo, Bonilla Jaime Herlinda. 2017. **Medicinal plants for the treatment of “nervios”, anxiety, and depression in Mexican Traditional Medicine**. Revista Brasileira d Farmacognosia. 24: 591-608.
- 49) Heal Geoffrey. 2000. **Valuing Ecosystem Services**. Ecosystems 3(1): 24-30.
- 50) Hernández-Muciño Diego. 2016. **Agroecosistemas culturales para la restauración de paisajes rurales: el estudio de Leucaena macrophylla en la montaña de Guerrero, Mexico**. En el libro: Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe / Eliane Ceccon; Daniel Roberto Pérez. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores.
- 51) Herrera-Ruiz Maribel, Gonzalez-Carranza Adolfo, Zamilpa Alejandro, Jimenez-Ferrera Enrique, Huerta-Reyes Maira, Navarro-Garcia Victor M. 2011. **The standardized extract of Loeselia mexicana possesses anxiolytic activity through the γ -amino butyric acid mechanism**. Journal of ethnopharmacology. (138): 261-267.
- 52) Jerneck Anne, Olsson Lennart, Ness Barry, Anderberg Stefan, Baier Matthias, Clark Eric, Hickler Thomas, Hornborg Alf, Kronsell Annica, Lovbrand Eva and Persson Johannes. 2010. **Structuring sustainability science**. Sustainability Science. (6):69–82
- 53) Jordan WR. 2000. **Restoration, community, and wilderness**. En: Gobster PH, Hull RB, Eds. Restoring Nature: Perspectives from the Social Sciences and Humanities. Island Press. EUA.
- 54) Jordan, W. R., III (1991). **A new paradigm**. Restoration & Management Notes. (9): 64–65.
- 55) Keenleyside K.A., N. Dudley, S. Cairns, C.M. Hall y S. Stolton. 2014. **Restauración Ecológica para Áreas Protegidas: Principios, directrices y buenas prácticas**. Gland, Suiza: UICN. x + 118pp.
- 56) Knight T. Andrew, Cowling M. Richard and Capbell M. Bruce. 2006. **An operational model for implementing conservation action**. Conservation biology. 20(2): 408-419.
- 57) Kuhlman Tom, Reinhard Stijn, Gaaff Aris. 2010. **Estimating the costs and benefits of soil conservation in Europe**. Land Use Policy. 27(1):22-32.
- 58) Lavendel Brian. 2003. **Ecological restoration in the face of global climate change: obstacles and initiatives**. Ecological restoration. 21(3): 199-203.
- 59) Li Y., Jiao, J. Wang, Z., Cao B., Wei, Y. and Hu S. 2016. **Effects of revegetation on soil organic carbon storage and erosion-induced carbon loss under extreme rainstorms in the hill and gully Region of the Loess Plateau**. International Journal of Environmental Research and Public Health. 13(5): 456.

- 60) Locke Harvey. 2014. **Green Postmodernism and the Attempted Hijacking of Conservation**. En el libro: Keeping the Wild: Against the Domestication of Earth. Wuerthner George, Crist Eileen and Butler Tom (editors). DOI 10.5822/ 978-1-61091-559-5_1, by the Foundation for Deep Ecology.
- 61) López-Rubalcava Carolina y Estrada-Camarena Erika. 2016. **Mexican medicinal plants with anxiolytic or antidepressant activity: Focus on preclinical research**. Journal of Ethnopharmacology. (186):377–391.
- 62) Luna Nieves Adriana Lizzette. 2011. **Identificación, selección, aprovechamiento de arboles semilleros en áreas de conservación comunitaria en el municipio de churumuco Michoacán, México**. Tesis que para obtener el grado de Maestra en Ciencias Biológicas. UNAM.
- 63) Martínez-Romero P y Cecon E. 2016. **Criterios socioecológicos para la selección de especies nativas arbóreas en la restauración productiva de la selva baja caducifolia de Santa Ana del Valle, Oaxaca, México**. En el libro: Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe / Eliane Cecon; Daniel Roberto Pérez. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores.
- 64) Miller Thaddeus R. 2012. **Constructing sustainability science: emerging perspectives and research trajectories**. Sustainability Science. (8): 279–293.
- 65) Miyawaki Akira. 2004. **Restoration of living environment based on vegetation ecology: theory and practice**. Ecological Research.(19): 83–90.
- 66) Mohamed-Katerere Jennifer y Smith Mark. 2013. **La función de los ecosistemas en la seguridad alimentaria**. Unasyuva. 64(241):14-22.
- 67) Montgomery David R. 2007. **Soil erosion agricultural sustainability**. Proceedings of the national academy of sciences. 104(33):13268-13272.
- 68) Murray B.G. 2016. **Plant Diversity, Conservation and Use**. Encyclopedia of Applied Plant Sciences. (2): 289–308.
- 69) Pajares S., Gallardo J.F., Masciandaro G., Ceccanti B., Marinari S., Etchevers J.D. 2009. **Biochemical indicators of carbón dynamic in an Acrisol cultivated different management practices in the central Mexican highlands**. Soil y tillage research. (105): 156-163.
- 70) Palmer Margaret A., Ambrose Richard F. y Le Roy N. Capilla. 1997. **Ecological theory and community restoration ecology**. Restoration Ecology. 5(4): 291-300.
- 71) Parrotta A. John, Turnbull W. John, Jones Norman. 1997. **Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands**. Forestry Ecology and Management. (99): 1–7.
- 72) Penna J., de Prada J. y Cristeche E. 2011. Capítulo 4. **Valoración económica de los servicios ambientales: Teoría, Métodos y Aplicaciones: en Laterra, P., E. Jobbágy y Paruelo, J. (Eds.) Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial**. Buenos Aires: Ediciones INTA. 740 pp

- 73) Perfecto I. and Vandermeer J. 2012. **Separación o integración para la conservación de biodiversidad: la ideología detrás del debate "land-sharing" frente a "land-sparing"**. *Ecosistemas*. 21(1-2):180-191.
- 74) Pfadenhauer, J. 2001. **Some Remarks on the Socio-Cultural Background of Restoration Ecology**. *Restoration Ecology*, (9): 220–229.
- 75) Prado Wildner L. y Veiga M. 1994. **Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo**. Erosión de suelos en América Latina. FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- 76) Pressey L. Robert, Cabeza Mar, Watts E. Matthew, Cowling M. Richard and Wilson A. Kerrie. 2007. **Conservation planning in a changing world**. *TRENDS in Ecology and Evolution*. 22(11): 583-592.
- 77) Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2003. **GEO América Latina y el Caribe Perspectivas del medio ambiente**. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México, D.F., México.
- 78) Quantum GIS Development Team. 2016. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.
- 79) Quijas Sandra, Schmidb Bernhard, Balvaneraa Patricia. 2010. **Plant diversity enhances provision of ecosystem services: A new synthesis**. *Basic and Applied Ecology*. (11): 582–593.
- 80) Rivera Ortiz Patricio, Rivera Lárraga Jesús Emmanuel, Andrade Limas Elizabeth, de la Garza Requena Francisco, Castro Meza Blanca y Belmonte Serrato Francisco. 2014. **Medición de la erosión en cárcavas por medio de imágenes de satélite**. *Terra latinoamericana*. 32(1):13-21.
- 81) Rozzi R. 2001. **Éticas ambientales latinoamericanas: raíces y ramas**. En "Fundamentos de Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas", Primack, R., R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo & F. Massardo , pp. 311-362. Fondo de Cultura Económica, México.
- 82) Rzedowski G.C. de y Rzedowski J. 2001. **Flora fanerogámica del Valle de México**. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- 83) Sabogal C., Besacier C. y McGuire D. 2015. **Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución**. *Revista internacional sobre bosques y actividades e industrias forestales*. *Unasylva* 245. (66): 3-1.
- 84) Salud Pérez G., Pérez G. Cuauhtémoc, Zavala S. M.A. 2005. **A study of the antidiarrheal properties of *Loeselia mexicana* on mice and rats**. *Phytomedicine*. (12): 670–674.
- 85) Santiago Lemgruber Luisa, Boelsums B. Sansevero Jerônimo, Castro Ana, Alves-Pinto Helena N., Bernardo Strassburg Agnieszka Latawiec, Brancalion Pedro, Rodrigues, Severino Ricardo Ribeiro Pinto, Duarte de Moraes Luiz Fernando. 2016. **Mucho más allá de la foresta: los impactos socio-económicos de los proyectos de restauración ecológica en la Mata Atlántica de Brasil**. En el

libro: Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe / Eliane Ceccon; Daniel Roberto Pérez. 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores

- 86) Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. **Principios de SER International sobre la restauración ecológica**. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- 87) Tallis Heather, Kareiva Peter, Marvier Michelle, and Chang Amy. 2008. **An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development**. Proceedings of the National Academy of Sciences. 105(28). 9457–9464.
- 88) Taylor S.J. & Bogdan R. 1994. **Introducción a los métodos cualitativos de investigación**. Ediciones Paidós. España. Pp. 301.
- 89) Ticktin T. 2004. **The ecological implications of harvesting non-timber forest products**. Applied Ecology. 41(1): 11-21.
- 90) Tuleda Fernando. 2002. **Los síndromes de sostenibilidad del desarrollo**. El caso de México. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- 91) Turner Katrine Grace, Anderson Sharolyn, Gonzales-Chang Mauricio, Costanza Robert, Courville Sasha, Dalgaard Tommy, Dominati Estelle, Kubiszewski Ida, Ogilvy Sue, Porfirio Luciana, Ratna Nazmun, Sandhu Harpinder, Sutton Paul C, Svenning Jens-Christian, Turner Graham Mark, Varennes Yann-David, Voinov Alexey, Wratten Stephen. 2016. **A review of methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration**. Ecological Modelling, 319(10): 190-207.
- 92) UNESCO, 2010. **Procesos de erosión-sedimentación en cauces y cuencas**. Daniel Brea, Francisco Balocchi. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 22.
- 93) Valdez Zertuche, J.I., M.H. Badii, A. Guillen y M.S. Acuña Zepeda .2015. **Causes and socio-economic and environmental impacts of erosion**. International Journal of Good Conscience. 10(1):76-87.
- 94) Valentin C. Poesen J., Li Yong. 2005. **Gully erosion: Impacts, factors and control**. CATENA. 63 (2–3):132–153.
- 95) Vargas Ríos O. 2011. **Restauración ecológica: biodiversidad y conservación**. Acta biológica colombiana 2 (16). 221-246.
- 96) Vega Edwin y Vega A. Mauricio. 2002. **Determinación del costo de oportunidad y clasificación por clases de capacidad de uso (CCU)**. Consultado en: [http://www.inbio.ac.cr/ecomapas/sinusal/Informe%2003-012-Costos%20de%20oportunidad\(IPS\).pdf](http://www.inbio.ac.cr/ecomapas/sinusal/Informe%2003-012-Costos%20de%20oportunidad(IPS).pdf): 9 mayo 2017 4:50pm.

- 97) Vidal Lagos Daniela P., Prat Christian, González Parra Claudio y Zapata Emma. 2006. **Estrategias de supervivencia: el caso de las comunidades de la microcuenca de Atecuaro, municipio de Morelia. Michoacán.** Trabajo realizado en el marco del programa europeo REVOLSO "Rehabilitación y conservación de suelos volcánicos endurecidos y estériles de América Latina (México, Ecuador. Chile) 2002-2006.
- 98) Wang Chengchao, Zhang Yaoqi, Xu Yecheng and Yang Qichun. 2015. **Is the “ecological and economic approach for the restoration of collapsed gullies” in southern China really economic?.** Sustainability. (7): 10308-10323.
- 99) Widianingsih N.N., Theilade I. and Pouliot, M. 2016. **Contribution of Forest Restoration to Rural Livelihoods and Household Income in Indonesia.** Sustainability. (8): 835.
- 100) Wiens A. John and Hobbs J. Richard. 2015. **Integrating Conservation and Restoration in a Changing World.** BioScience. 65(3):302-312.
- 101) Zheng Heran and Wang Guosheng. 2014. **Achieving ecological restoration by working with local people: a Chinese scholar seeks win-win paths.** Ecology and Society. 19(3): 35.