



CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE AGAVES NATIVOS PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN UNA MICROCUENCA DE LA SIERRA GORDA DE GUANAJUATO

ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF NATIVE AGAVES FOR ECOLOGICAL RESTORATION IN A MICRO-BASIN OF THE SIERRA GORDA OF GUANAJUATO

Juan Montoya Escutia*

Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos
del Estado de Guanajuato

Tamara Guadalupe Osorno Sánchez

Universidad Autónoma de Querétaro

Alejandro César Valdés Carrera

Universidad Nacional Autónoma de México

Juan Alfredo Hernández Guerrero

Universidad Autónoma de Querétaro

* montoyajuglares@hotmail.com

Resumen

La erosión hídrica ha perturbado las condiciones estructurales y funcionales de los ecosistemas productivos y forestales, y su restauración requiere de acciones con la participación de actores sociales y los conocimientos científicos y tradicionales que integren la delimitación espacial de la problemática y las especies vegetales más idóneas. Los *Agaves* poseen características físicas y biológicas para transferir a la restauración ecológica, y ya han sido probados en México y otros países; por ello, el objetivo es estructurar una propuesta de restauración con *Agaves* nativos en la microcuenca El Potrero en San Isidro Corralillos, Victoria, Guanajuato. Se contó con el método de grupos funcionales de plantas, una entrevista, cartografía participativa, un diagnóstico participativo para conocer los usos tradicionales de los *Agaves* y un taller participativo donde se estructuró la propuesta de restauración. Se obtuvo una propuesta de restauración formada por prácticas de conservación que incorporan tres grupos de *Agaves* caracterizados para favorecer

su adaptación ambiental y con los usos tradicionales se generan perspectivas de aprovechamiento en siete parajes de interés forestal y productivo que muestran perturbación ecológica. Se aprovechan aptitudes ecológicas, usos tradicionales de *Agaves* nativos y la participación de actores sociales para la restauración ecológica de la microcuenca El Potrero.

Palabras clave: *Agaves* nativos, caracterización ambiental, erosión hídrica.

Abstract

Water erosion has disturbed the structural and functional conditions of productive and forest ecosystems, and its restoration requires actions with the participation of social actors and scientific and traditional knowledge that integrate the spatial delimitation of the problem and the most suitable plant species. Agaves have physical and biological characteristics to transfer to ecological restoration, and have already been tested in Mexico and other countries; therefore, the objective is

JUAN MONTOYA ESCUTIA, TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ,
ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA, JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO

to structure a restoration proposal with native Agaves in the El Potrero micro-basin in San Isidro Corralillos, Victoria, Guanajuato. The work was supported by the method of functional groups of plants, an interview, participatory cartography, a participatory diagnosis to learn about the traditional uses of the Agaves, and a participatory workshop where the restoration proposal was structured. A restoration proposal formed by conservation practices that incorporate three groups of Agaves characterized to favor their environmental adaptation, and with traditional uses, perspectives of use are generated in seven places of forestry and productive interest that show ecological disturbance. Ecological skills, traditional uses of native Agaves and the participation of social actors are used for the ecological restoration of the El Potrero micro-basin.

Keywords: native Agaves, environmental characterization, water erosion.

Introducción

Desde 2014, cerca del 75 % de los ecosistemas de la superficie terrestre presentaban perturbaciones por actividades humanas (IPBES, 2016). En México, a partir del 2013, el 54 % del territorio mostró algún tipo de degradación y el 27% presentaba degradación severa (Conafor, 2013). La restauración ecológica es el conjunto de acciones, estrategias y planes enfocados en recuperar la capacidad productiva, funcional y estructural y los equilibrios ecosistémicos en un territorio después del deterioro (Vargas, 2011).

El proceso de restauración ecológica implica procedimientos participativos con los actores sociales involucrados, planeación y diseño, incluido el conocimiento y análisis de las variables biofísicas, geomorfológicas y sociales, el análisis y descripción de la zonas más dañadas (zonas prioritarias), para la toma de decisiones sobre los planes de manejo, métodos, técnicas y prácticas restaurativas que aseguren la perdurabilidad de las acciones y resultados; todo esto para que se puedan alcanzar las metas y objetivos con beneficios ecológicos, sociales y económicos (Sabogal *et al.*, 2015).

El tiempo que se requiere para la restauración de las condiciones funcionales y estructurales de los sistemas agroecológicos y naturales es muy largo, en comparación con el tiempo con el que fueron degradados, por eso la restauración tiene que ser asistida con acciones que contemplen el conocimiento integral de la problemática, su delimitación espacial, la participación de los actores sociales con planes y proyectos para integrar y canalizar los recursos disponibles, y con prácticas que incorporen las especies vegetales más idóneas, preferentemente nativas (Sabogal *et al.*, 2015).

El *Agave* posee características físicas y biológicas que puede transferir a los procesos de restauración de cuencas, éstas son: su alta capacidad de adaptación a diferentes ecosistemas, su resistencia a la sequía, es tolerante a rangos climáticos adversos, por la forma extendida de sus raíces afianza el suelo a su disposición y facilita la captura del agua durante las lluvias, al igual que la forma y estructura de sus pencas, tiene alta capacidad fotosintética y producción de biomasa, su inflorescencia alimenta abundantes especies de polinizadores; estas aptitudes y características se enfatizan cuando se trata de especies de *Agaves* nativos (Vázquez-Alvarado *et al.*, 2011).

Diversas especies vegetales ya han sido probadas en procesos de restauración ecológica en sistemas productivos y forestales y en la aplicación de prácticas de conservación de suelo, agua y biodiversidad que fueron seleccionadas por sus atributos, usos y funciones dentro de los ecosistemas, como algunas especies del género *Agave* (Zorrilla y Hernández, 2014) que han sido utilizadas tanto en México como en otros países. Tal fue el caso de Bolivia, donde Goitia (2014) las utilizó para medir sus aptitudes en la contención de la erosión, y en México, donde se aprovechó en un sistema agrosilvopastoril y al mismo tiempo contribuyó en la restauración de suelos degradados en el municipio de San Luis de la Paz, Guanajuato.

Las condiciones que prevalecen en perturbación de suelos por erosión hídrica en la zona de estudio requieren de trabajos para su restauración. Con base en las

JUAN MONTOYA ESCUTIA, TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ,
ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA, JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO

características del uso de *Agaves* para la restauración ecológica, en este trabajo se tiene como objetivo realizar una propuesta de restauración con *Agaves* nativos mediante un proceso participativo en la microcuenca El Potrero en San Isidro Corralillos, Victoria, Guanajuato.

Métodos

El área de estudio es la microcuenca El Potrero, la cual se encuentra en el centro de la república mexicana, en el noreste del estado de Guanajuato, y pertenece al municipio de Victoria. Sus coordenadas extremas son: Norte 21°10'22.4"; Sur 21°07'39.5"; Este 100°09'53.1" y Oeste 100°15'11.2". Esta microcuenca está registrada como 26DcB-GA "Zona alta de Corralillos" (Firco, 1999). El territorio pertenece al ejido San Isidro Corralillos y forma parte de la región hidrológica número 26 Pánuco, que pertenece a la cuenca del río Moctezuma y la subcuenca del río Estorax; cubre una superficie de 20.86 km². Su topografía se ubica entre los 1,720 y 2,550 msnm.

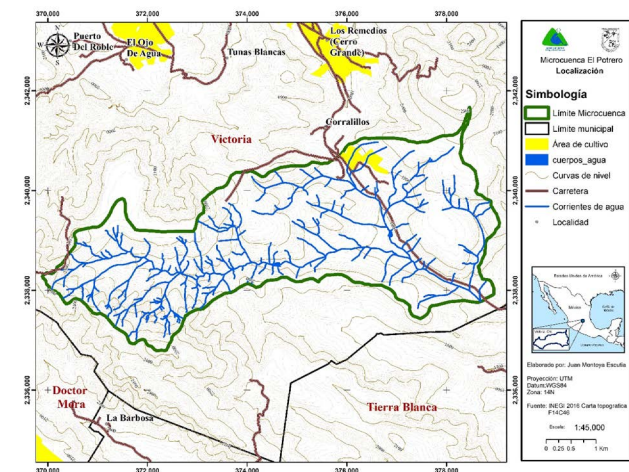
Actualmente, la erosión hídrica laminar y vertical en la microcuenca tiene una superficie cercana al 50% del territorio, de un total de 2,086 ha, concentrándose mayormente en la zona funcional alta (1980–2550 msnm) y la zona funcional media (1850–1980 msnm). Indicadores comunes son la escasa cobertura vegetal, suelos inmaduros poco profundos no aptos para la agricultura y removidos por influencia de un relieve con pendientes promedio de 28.11% y con vegetación perturbada de bosque de encino, matorral crasicaule, vegetación de galería y pastizal inducido (Montoya, 2022). Estas características son muy similares a las de otras microcuencas vecinas en la Sierra Gorda de Guanajuato.

Se trata de una microcuenca exorreica de origen volcánico y sedimentario donde predominan las rocas ácidas. Pertenece a la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental y a la Subprovincia de la Sierra Gorda, con presencia de laderas escarpadas y muy escarpadas, domos, piedemonte, valles de piedemonte y mesas, por lo que predominan las pendientes pronunciadas y prevalecen suelos inmaduros y poco profundos. Las vegetaciones y usos de suelo que soportan esta estructura

son bosque de encino y encino perturbado, y predomina el matorral crasicaule y crasicaule perturbado, pastizal inducido, vegetación de galería, agricultura de temporal y tres cuerpos de agua. Su clima es semiseco y con precipitación de 513 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2016; Inegi, 2014 y 2016). Es una microcuenca pequeña rectangular oblonga con una pendiente S de 28.11% que le permite drenar con facilidad en 332 corrientes hasta la desembocadura (Figura 1).

Figura 1

Localización: microcuenca El Potrero



Fuente: elaborada con base en Inegi (2017)

Caracterización ambiental y selección de los *Agaves* nativos para la restauración en la microcuenca El Potrero

La selección de especies de *Agave* para utilizar en la restauración de la microcuenca se realizó siguiendo el método de tipos funcionales de plantas propuesto por Bermeo (2010), adaptado al ambiente biofísico del género *Agave* presente en la microcuenca El Potrero. Los rasgos funcionales considerados para agrupar los tipos de *Agave* fueron: 1) el tamaño, 2) el grado de la pendiente en que se adaptan y 3) los usos tradicionales (socioambientales). El interés de los rasgos funcionales del *Agave* está encaminado para que puedan contribuir a conformar una propuesta de restauración ecológica de la microcuenca, considerando los modelos definidos de zonas prioritarias por zonas funcionales alta, media y baja

JUAN MONTOYA ESCUTIA, TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ,
ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA, JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO

(Montoya, 2022), de modo que dichos rasgos puedan expresar respuestas y efectos similares a las condiciones ambientales de restauración en la microcuenca.

Se recopilaron los datos de las especies de *Agave* en cinco parajes de la microcuenca: Las Lomas, Palos Blancos, El Tepozán, El Durazno y La Mesa Segura. En los recorridos se abarcaron las tres zonas funcionales de la microcuenca y los diferentes tipos de vegetación (matorral crasicaule, matorral crasicaule perturbado, bosque de encino, bosque de encino perturbado y pastizal inducido). Estos fueron identificados por Montoya (2022) en un modelo cartográfico que vinculó, a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG), la erosión actual USLE y la erosión laminar por medio de la susceptibilidad a la erosión para definir las zonas prioritarias por zonas funcionales para restauración.

Los parámetros ambientales y morfológicos que permitieron caracterizar y clasificar a las especies de *Agave* por tipos funcionales fueron: 1) localización (coordenadas), 2) altitud (msnm), 3) pendiente (grados), 4) zona funcional (alta, media y baja), 5) tipo de vegetación, 6) asociación a otras especies vegetales (nombres científicos), 7) profundidad de suelo (cm), 8) orientación y 9) tamaño (radio y altura de individuo) (Fonseca y Ganade, 2001).

Diagnóstico participativo

El diagnóstico participativo se aprovechó para conocer los usos tradicionales del *Agave*, facilitar los recorridos de campo y estructurar la propuesta de restauración mediante una entrevista semiestructurada, un taller participativo apoyado del método cartografía participativa de Iglesias y Herrera (2013) y con la colaboración de actores clave o focales (Geilfus, 2002) que son ejidatarios y mostraron interés por la utilidad que puedan tener los resultados del estudio.

Usos tradicionales del Agave

El contenido temático de las entrevistas semiestructuradas en la localidad se centró en: los diferentes tipos de *Agaves*, qué usos les han dado, en qué lugares se con-

centran y qué funciones ecológicas o productivas han aprovechado. Posteriormente, se desarrolló un taller participativo que dio a conocer los resultados obtenidos y después se estructuró la propuesta de restauración.

Propuesta de restauración

El taller consistió en el reconocimiento de las problemáticas de degradación física de la microcuenca (erosión potencial y actual USLE) con cartografía participativa para identificar los parajes con mayor perturbación, los usos y las funciones de las especies de *Agave* nativas caracterizadas para las diversas prácticas de conservación de las zonas a restaurar de la microcuenca. Se aprovechó la cartografía de localización de los *Agaves* nativos.

Resultados

Caracterización ambiental de los *Agaves* nativos

Se caracterizaron y agruparon los *Agaves* para su uso en la propuesta de restauración, estableciendo dos criterios de intereses socioambientales: 1) contribuir a la restauración ecológica formando parte de las prácticas de conservación de suelo, agua y biodiversidad; y 2) contribuir a incrementar la productividad agropecuaria de manera sustentable. Las especies posibles encontradas en la microcuenca son: especie 1. *A. salmiana*, con tres variedades: *A. salmiana* var. *angustifolia*, *A. salmiana* var. *Ferox* y *A. salmiana* ssp. *crassispinia*; especie 2. *A. americana*; especie 3. *A. applanata*; especie 4. *A. asperrrima*; y especie 5. *A. lechuguilla*.

Se encontró que los *Agaves* de menor altura crecen en espacios con pendientes pronunciadas de 32 a 38% (*A. lechuguilla*), mientras que los *Agaves* de mayor altura lo hacen en zonas con escasas pendientes de 0 a 8% [*A. salmiana* y *A. americana*] y con escasa abundancia, y los de talla mediana lo hacen en pendientes entre los 8 y 17% [*A. aspérrima* y *A. applanata*] con escasa abundancia. De esa manera se conformaron tres grupos, para los cuales se consideraron los criterios antes mencionados, pero el criterio de mayor peso fue la altura, debido a que ésta se

JUAN MONTOYA ESCUTIA, TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ, ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA, JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO

encuentra vinculada con su peso y volumen mayor, razón por la cual su establecimiento quedaría influenciado por las pendientes presentes en las zonas funcionales.

El grupo uno lo conforman los *Agaves* más robustos y de mayor tamaño y volumen, con altura de 1.8 a 2.2 m; sus raíces abarcan suelos más profundos. Pueden incluir las especies de *A. salmiana*, *A. salmiana* var. *angustifolia*, *A. salmiana* var. *Ferox*, *A. salmiana* ssp. *crassispina* y *A. americana*, que se desarrollan en áreas con poca pendiente (Tabla 1). Por sus características, se recomienda utilizarlos en la restauración de valles de piedemonte, mesas y en las parcelas productivas en áreas con escasas pendientes.

Tabla 1
Grupos de *Agave* para la restauración

Criterios	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Zona funcional	Media y alta	Media y alta	Media y alta
Especies posibles	<i>A. salmiana</i> y <i>A. americana</i>	<i>A. asperrima</i> y <i>A. applanata</i>	<i>A. lechuguilla</i>
Usos	Restauración, pulque, aguamiel, quiote y forraje	Mezcal, quiote y forraje	Artesanías, ixtle y leña
Parajes	Las Lomas, Palos Blancos, El Tepezán y La Mesa Segura	Las Lomas, Palos Blancos, El Tepezán, El Durazno y La Mesa Segura	Las Lomas, Palos Blancos, El Tepezán, El Durazno y La Mesa Segura
Altura (m)	1.8–2.2	1.2–1.75	0.4–0.7
Pendiente (%)	0–8	8–30	>30
Profundidad del suelo (m)	0.39–0.4	0.34–0.37	0.25

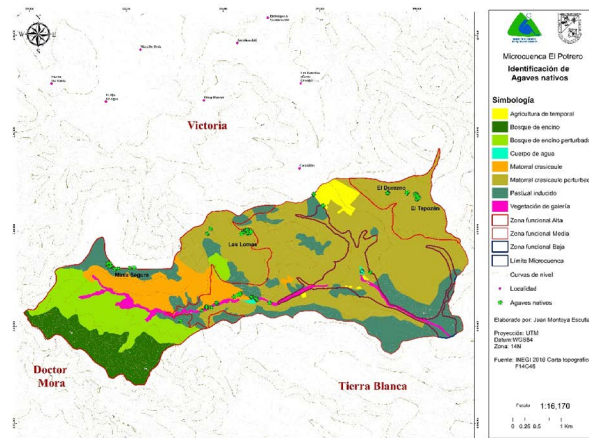
Fuente: elaborada con base en trabajo de campo

El grupo dos lo conforman los *Agaves* con altura media de 1.2 a 1.75 m. Su demanda de suelo es de menor profundidad y crecen en zonas con mayor pendiente. Las posibles especies son *A. asperrima* y *A. applanata*, y pueden establecerse con facilidad en laderas y parte media de las lomas.

El grupo tres lo conforman *Agaves* con altura de 0.4 a 0.7 m, son los más pequeños y poco robustos. Su demanda de suelo es de baja profundidad y, aunque crecen en todo tipo de pendiente, abundan en pendientes pronunciadas. Las posibles especies pertenecen a las *A. lechuguillas*. Estos *Agaves* pueden favorecer la restauración de laderas escarpadas y muy escarpadas.

La Figura 2 muestra los parajes donde se localizaron con mayor densidad las especies nativas de *Agave*: La Mesa Segura, Las Lomas, Palos Blancos, El Durazno y El Tepezán.

Figura 2
Mapa de identificación de *Agaves* nativos



Fuente: elaborada con base en Inegi (2017)

La asociación vegetal del *Agave* a otras especies está ligada a la composición estructural y funcional de los ecosistemas en la microcuenca; por ello, su convivencia o relaciones interespecíficas facilitan sus procesos adaptativos que bien pueden contribuir a la restauración. En la zona alta y media son comunes las especies asociadas a las diferentes especies de magueyes. Algunas de las especies asociadas presentes que destacan son pastos, mezquite, huizache, diversos nopales, garabatillo, rama santa, ocotillo, flor de San Pedro y sangre de grado, entre otras; éstas crecen alrededor o bajo el follaje de los magueyes. En la zona funcional baja, los magueyes son escasos y las especies asociadas más abundantes son los pastos y los nopales.

JUAN MONTOYA ESCUTIA, TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ,
ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA, JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO

Usos tradicionales de los *Agaves* y propuesta de restauración

Los ejidatarios identifican cuatro especies de maguey por su nombre común: el verde como una sola especie, el maguey cenizo con dos especies, ambas de tamaño mediano, y una especie pequeña llamada puerco. Dentro de los no nativos se encuentra el maguey manso (lo llaman blanco) y solo una persona identifica la lechuguilla como maguey de uso histórico para hacer ixtle.

Reconocen el maguey verde *A. salmiana*, con su uso frecuente como forraje y para producción de quiote horneado, mientras que el maguey manso se utiliza para pulque (aunque esta especie no es nativa, ya tiene tiempo de estar presente en los traspatios y en parcelas). Para el caso del maguey cenizo criollo (*A. aspérrima*), de tamaño medio, se utilizó para producir mezcal, y la lechuguilla se utilizó mucho en la extracción de ixtle para elaborar diversos utensilios con los que se comerciaba. Los productos comestibles más comunes identificados fueron aguamiel, pulque, mezcal, quiote, barbacoa y forraje para ganado. Los utensilios elaborados a partir del ixtle fueron ayates, costales, mecates, hondas, catres y artesanías. Actualmente, la penca del maguey se continúa utilizando como leña y en el pasado se usó para los techos de las casas.

Aun cuando se desconoce el aporte nutricional del maguey, la especie mejor valorada para forraje es el maguey verde (*A. salmiana*) por tener mayor número y dimensiones de pencas; además, produce una mayor cantidad de hijuelos y se adapta con facilidad a cualquier lugar, encontrándose disperso en todo el ejido. Actualmente consideran importante aprovecharlo como ensilado para un mayor rendimiento. Otro gran valor del maguey es su uso para la restauración y conservación de suelo y agua por sus amplias dimensiones y por formar colonias numerosas que cubren mayores espacios; aunque se ubica con más frecuencia en espacios con escasas pendientes, se reconoce que todas las especies aportan a los procesos de restauración.

Propuesta de restauración con base en especies de *Agave*

Se consideraron los resultados de la investigación, los intereses, la disposición y las capacidades de los actores sociales para delimitar los parajes para las acciones de restauración. Se tomaron en cuenta las pendientes, la cobertura vegetal y la erosión, entre otros aspectos.

Los parajes a restaurar como prioridad se definieron relacionando la erosión, las pendientes y las diversas coberturas vegetales por zonas funcionales. Las acciones se concentran en la zona funcional alta y media, que presenta mayores porcentajes de erosión y coincide con las pendientes más pronunciadas, así como también con las coberturas vegetales más dañadas; por otro lado, los trabajos de restauración en la zona funcional baja estarían encaminados a conservar los manantiales y las parcelas de producción, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2
Propuesta de acciones para restauración

Acciones	Zona alta 1980–2250 msnm	Zona media 1850–1980 msnm	Zona baja 1720–1850 msnm
Barreras vivas	Cerro Prieto, Biznagas Gigantes, El Roblar, Manantiales, La Carbonera y Las Montoya	El Chiquiñal, parcelas de temporal, El Durazno, Manantiales, Agua Salada, Palos Blancos y Las Lomas	Parcelas de temporal y bordo
Terraceo	Biznagas Gigantes, El Roblar y La Carbonera	El Chiquiñal y El Durazno	Parcelas de temporal
Cercado perimetral	El Roblar	Parcelas de temporal	Parcelas de temporal
Zona de exclusión	Cerro Prieto	-----	-----
Presas y deflectores	Río principal	Río principal	Río principal

Fuente: elaborada con base en trabajo de campo

JUAN MONTOYA ESCUTIA, TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ,
ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA, JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO

Las acciones de restauración estuvieron diseñadas a base de *Agaves* nativos y contemplaron principalmente prácticas no estructurales para hacer uso de los *Agaves* de acuerdo con la propuesta de los tres grupos caracterizados, con el fin de facilitar su adaptación y favorecer su aprovechamiento, siguiendo los usos tradicionales para los parajes que presentaron la problemática más severa de erosión laminar y vertical.

De manera complementaria, se hizo una serie de recomendaciones de obras estructurales que pueden facilitar la restauración de la microcuenca El Potrero: 1) contemplar presas filtrantes en los parajes de Cerro Prieto, El Chiquiñal y Biznagas Gigantes para evitar que avancen las cárcavas que inician; 2) en el río y arroyos, reforestar con especies nativas para evitar los azolves de los cuerpos de agua; 3) construir presas de una piedra sobre el lecho del río y deflectores para recuperar la sinuosidad; 4) construir cercados para el control y manejo del ganado en bordos y presas de agostadero; 5) construir atarjeas como bebederos.

Para los cultivos se sugirió la labranza de conservación, cobertura permanente, rotación de cultivos, control biológico de plagas y agricultura orgánica. En la ganadería se recomendó la administración y control de la carga animal (bovinos y equinos), rotación de potreros, producción de forraje, disminución de la explotación extensiva e implementación de explotación intensiva, restauración y manejo sostenible de los agostaderos, y producción de forraje en parcelas y traspacios para disminuir la demanda de pastoreo. En lo relacionado con silvicultura y agroforestería se sugirió la propagación de especies vegetales que por sus funciones ecológicas contribuyan a la restauración y que al mismo tiempo tengan un valor comercial por sus usos, como algunos cactus, nopal, mezquite, orégano, damiana, chile quipín, pino piñonero y encino; además, se sugirió resembrar pasto en zonas estratégicas (pastizal inducido).

Discusión

La caracterización ambiental de las especies de *Agave* nativas se orientó con los usos tradicionales y con crite-

rios ambientales para enfocarse en los requerimientos ambientales de dichas especies (Bermeo, 2010). En la selección de las especies se favoreció el aprovechamiento de las aptitudes ecológicas con diversas opciones productivas que pertenecen al conocimiento tradicional de la población.

En la presente investigación se coincide con Zorrilla y Hernández (2014) en las aptitudes que el *Agave* tiene para contribuir a los procesos de restauración aplicadas en las prácticas de conservación de suelo agua y biodiversidad. No obstante, se propone de manera más específica su aplicación en las zonas de restauración con criterios ambientales de acuerdo con sus diferentes posibilidades de uso para su aprovechamiento, integrando los grupos de *Agave* por criterios ambientales, tipos de vegetación y usos tradicionales en los parajes, para favorecer la adaptabilidad y un mejor manejo.

Con respecto al uso de *Agaves* para las prácticas de restauración, Goitia (2014) lo incorpora directamente sobre zonas erosionadas para evaluar sus aptitudes y contener los procesos erosivos; mientras tanto, Velázquez (2021) lo integra en las prácticas de restauración y como parte de un sistema agrosilvopastoril, acompañado de otras especies, en un sitio cercano a la zona de estudio. A diferencia de Goitia (2014), se proponen las especies nativas del género *Agave*, por su desempeño probado en procesos de restauración, como especies pioneras que resisten condiciones climáticas adversas y son capaces de afianzar y retener suelo y sedimentos en su fibrosa estructura radicular, con la cual logra formar familias durante su reproducción asexual por vástagos, además de que favorece la asociación vegetal canalizando humedad y suelo a especies nativas que podrían incorporarse en una segunda etapa o de manera paulatina para alcanzar la continuidad vegetativa y fortalecer la restauración.

En esta investigación, al igual que Velázquez (2021), se perfiló la intencionalidad de múltiples aprovechamientos para los usos tradicionales que representan las diversas especies nativas de *Agave*, caracterizadas por los factores que influyen en su adaptación. Abonan un beneficio

JUAN MONTOYA ESCUTIA, TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ,
ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA, JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO

ecológico, favoreciendo cobertura y continuidad vegetal, captura de agua y carbono, retención de suelo y sedimentos orgánicos, así como contribuyen en la reactivación de la producción agropecuaria en forma de forraje y diversos productos que se obtienen y comercializan de los magueyes y que corresponden a usos tradicionales en la región.

Conclusión

Se construyó una propuesta de restauración ecológica con *Agaves* nativos con base en una caracterización ambiental que conformó tres grupos de *Agave* integrados con nueve criterios ambientales que influyen en la adaptación de las especies y son parte de la dinámica funcional y estructural de la microcuenca. Con el conocimiento de los usos tradicionales y el aprovechamiento de las aptitudes ecológicas y productivas de los *Agaves*, se propusieron prácticas de restauración para ser ubicadas en los parajes que presentaban altos niveles de perturbación en sistemas productivos y forestales en la microcuenca El Potrero, en Corralillos, Victoria, en la Sierra Gorda de Guanajuato, donde los actores sociales mostraron su disposición e interés por dicha propuesta a través de un diagnóstico participativo, su acompañamiento y acciones de restauración.

Como recurso metodológico, el diagnóstico participativo logró la articulación de los resultados obtenidos mediante la participación de los ejidatarios como actores sociales, quienes tras conocer y analizar los resultados integraron sus opiniones y sugerencias. La propuesta contempla los parajes para restauración, así como la aplicación de las prácticas de restauración con los tres grupos de *Agaves* nativos con caracterización ambiental y de acuerdo con los usos tradicionales para contribuir a mitigar los procesos erosivos e incrementar la productividad agropecuaria en la microcuenca.

Referencias bibliográficas

Aguilar, R. y Ortega, M.A. (2017). "Análisis de la dinámica del agua en la zona no saturada en un suelo sujeto a prácti-

- cas de conservación: implicaciones en la gestión de acuíferos y adaptación al cambio climático". *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 34(2), 91-104. Doi: <http://dx.doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2017.2.430>
- Arias, M.L.A., Bonfil, C. y Valverde, T. (2016). "Demographic analysis of *Agave angustifolia* (Agavaceae) with an emphasis on ecological restoration". *Botanical Sciences*, 94(3), 513-530. Doi: <https://doi.org/10.17129/botsci.525>
- Bermeo, D.F. (2010). *Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas*. (Tesis doctoral). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. Recuperado de: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4766>
- Comisión Nacional Forestal y Universidad Autónoma Chapingo (Conafor/UACH). (2013). *Línea Base Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación, Informe Final*. Zapopan, Jalisco. Recuperado de: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/06/linea-base-nacional-de-degradacion-C3%B3n-de-tierras-y-desertificacion.pdf>
- Farber, S.C., Costanza, R. y Wilson, M.A. (2002). "Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services". *Ecological Economics*, 41(3), 375-392. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00088-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00088-5)
- Frêne, C. y Oyarzún, C. (2014). "Manejo integrado de cuencas forestales". En: C. Donoso, M. González y Lara, A. *Ecología forestal: bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile*. Chile: Ediciones Universidad Austral de Chile.
- Fonseca, C.R. y Ganade, G. (2001). "Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems". *Journal of Ecology*, 89(1), 118-125.
- García, I.J. (2015). *Propuesta de reforestación con *Agave salmiana* de la región centro del país, en el ejido de San Mateo Chipiltepec, Acolman, Estado de México, 2015*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

JUAN MONTOYA ESCUTIA, TAMARA GUADALUPE OSORNO SÁNCHEZ,
ALEJANDRO CÉSAR VALDÉS CARRERA, JUAN ALFREDO HERNÁNDEZ GUERRERO

Goitia, M.A. (2014). *Evaluación de especies forestales en la formación de barreras vivas y comportamiento de la erosión hídrica en el cantón Cohoni*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Mayor de San Andrés Bolivia.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Conjunto nacional de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI. Escala 1:250,000. Aguascalientes, México.

Montoya, J. (2022). *Modelo para la restauración de zonas prioritarias en la Microcuenca El Potrero en San Isidro Corralillos, Victoria, Guanajuato*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.

Sabogal, C., Besacier C. y McGuire, D. (2015). “Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución”. *Unasyuva*, 66(245), 3-10.

Torres, F. y Rojas, A. (2018). “El suelo agrícola en México: retrospectiva y prospectiva para la seguridad alimentaria”. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 9(3).

Vázquez-Alvarado, R.E. et al. (2011). “Reforestación a base de nopal y maguey para la conservación de suelo y agua”. *Revista Salud Pública y Nutrición*, (5).

Velázquez, A. (2021). *Establecimiento de sistemas agrosilvo-pastoriles con maguey, nopal y mezquite y fortalecimiento de capacidades de gestión y manejo de pobladores en la microcuenca Zamarripa*. [Tesis de Maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro. Recuperado de: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/2408>

Zorrilla, J.M. y Hernández, J. (2014). “El caso México”. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(1), 27-52.