



Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Forestales

Maestría en Restauración Ecológica



Monitoreo y evaluación de una reconversión agrícola-forestal y técnica de restauración de suelos en el municipio de Los Ramones, Nuevo León.

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

ING. MARISSA ANAHI DUEÑAS PEÑA

LINARES, N.L.

OCTUBRE DEL 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Monitoreo y evaluación de una reconversión agrícola-forestal y
técnica de restauración de suelos en el municipio de Los Ramones,
Nuevo León.

PROYECTO FINAL DE MAESTRÍA

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Presenta:

MARISSA ANAHÍ DUEÑAS PEÑA



Dra. Marisela Pando Moreno
Directora Interna

Dr. José Manuel Mata Balderas
Director Externo

DEDICATORIA

A Dios por guiar mis pasos y ayudarme a lograr mis sueños, por ponerme a las personas correctas en mi camino y hacer de mi vida una aventura llena de aprendizaje.

A mis padres Ma. Luisa Peña y Jorge Dueñas, por su apoyo incondicional en cada objetivo que me propongo ya que sin ellos no habría logrado llegar a este punto de mi vida, gracias por ayudarme a recordar lo fuerte y capaz que puedo llegar ser ¡LOS AMO INFINITAMENTE!

A mis hermanos Jorge y Juan Carlos por convertir mis días estresantes a divertidos y siempre estar ahí, a mis amigos por estar al pendiente y por brindarme siempre palabras de aliento para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo final de Maestría, es la culminación de una etapa más de mi formación profesional, pero no es un trabajo de una sola persona, en él han participado en diferentes maneras, instituciones y personas a las cuales estoy muy agradecida y si llegara omitir a alguien pido disculpas de antemano.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) quien me otorgó la beca Nacional para realizar mis estudios de maestría dentro de la Facultad de Ciencias Forestales UANL y al centro de internacionalización de la UANL por otorgarme la beca de movilidad para poder seguir mis estudios en la Universidad Politécnica de Madrid, España.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y en especial a su cuerpo académico de profesores-investigadores quienes con su experiencia y amplio conocimiento han sido pieza fundamental para mi formación profesional.

A mi asesor el Dr. Manuel Mata, muchísimas gracias por su apoyo durante toda la maestría y por toda su ayuda para la realización de los trabajos de campo y captura de datos para el trabajo final, no tengo más que palabras de agradecimiento infinito y que gracias a sus clases y pláticas fuera del aula siempre me mantuve motivada hacia el camino de la Restauración y confirmar mi gusto hacia esta rama, gracias porque aparte de un excelente profesor y profesionista conocí una gran persona la cual ve por los estudiantes.

A la coordinadora de la Maestría de Restauración, tutora, motivadora de vida y mi ejemplo a seguir, a la Dra. Marisela Pando, agradezco de todo corazón por estar siempre al pendiente de mí, tanto en el lado académico como personal, muchas gracias por demostrarme su apoyo siempre y ayudarme a resolver cualquier duda y pasar con migo los momentos de nervios y estrés para los tramites de intercambio, el cual fue una de las mejores experiencias que he tenido.

Al Director Humberto, por su apoyo a los inicios de la maestría y por facilitarnos los recursos para poder seguir con nuestros estudios, muchas gracias por toda su ayuda.

A mi familia que estuvo siempre presente durante mi proceso en la maestría y que fortalecieron mi crecimiento tanto personal como profesional.

A mi compañero de maestría y amigo Juan Núñez, gracias por animarme en esos días difíciles y por calmar mi mal humor con galletitas en el cubículo.

A mis amigos que son la familia que yo elegí y que muchos los conocí en esta facultad, mil gracias por su apoyo durante todos estos años.

Y a todas esas personas que colaboraron de una u otra manera en mi formación durante el programa de maestría, Muchas gracias!

INDICE

Introducción	05
Antecedentes y datos generales	06
Objetivo general	20
Objetivos específico	20
Justificación del proyecto	20
Descripción de las técnicas realizadas	20
- Programa de reforestación	20
- Programa de restauración de suelo y conservación de agua	24
Evaluación de los programas	33
Resultados	34
Bibliografía	35

INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica se ha reconocido a nivel mundial como un proceso fundamental para el restablecimiento de las capacidades de los ecosistemas para soportar los requisitos que la humanidad demanda, usar los recursos naturales de manera sostenible, mitigar los efectos del cambio global y conservar e incrementar el capital natural (Choi 2004, Aronson *et al.* 2006, Hobbs 2007). En otras palabras, es asistir a un ecosistema que ha sido dañado, degradado o destruido para mejorar su estructura, composición y función (SER, 2004).

La actividad de la restauración ecológica requiere de compromisos a largo plazo ya que toma décadas para mostrar los resultados esperados y conlleva un alto nivel de incertidumbre por la naturaleza socioecológica de los proyectos, del entorno biofísico y de la naturaleza experimental de metodologías aun en desarrollo (Moreno-Mateos *et al.*, 2012).

Esta combinación de incertidumbre, largo plazo y alto costo le brinda a la restauración ecológica un alto nivel de riesgo, lo cual puede inferir con el apoyo del público y los donantes. Una manera para asegurar el apoyo es demostrando la eficiencia, efectividad e impacto de los proyectos, lo cual se logra con un programa de monitoreo, ya que brinda transparencia y claridad en la rendición de cuentas y así genera confianza sobre el proyecto y su administración entre donantes y otros actores (Crawford y Bryce, 2003).

Para medir el éxito de una restauración ecológica se propone el monitoreo como un proceso esencial, ya que sirve para orientar el curso de la restauración hacia su objetivo, ya que brinda alertas tempranas a lo largo del tiempo para corregir, ajustar, mejorar o complementar algunas técnicas o estrategias. Ya que al ejecutar el monitoreo trae consigo beneficios respecto a los costos en los futuros proyectos de restauración (Ribeiro *et al.*, 2013).

El monitoreo permite controlar durante la implementación del proyecto, que la inversión se haya hecho de forma planificada en monto y tiempo. También, determina en distintos hitos de la ejecución, si se están cumpliendo o se han cumplido los objetivos a corto plazo y las metas a largo plazo, como también, administran el proyecto de forma adaptativa para hacer ajustes en respuestas a amenazas o resultados inesperados y extrae lecciones aplicables a otros proyectos (Legg y Nagy, 2006). La información que se obtiene para realizar el programa de monitoreo debe ser una recolección sistemática y repetida de datos, observaciones y estudios sobre un área o fenómeno determinado con el fin de caracterizar el estado actual, documentar los cambios que ocurren a lo largo del tiempo y analizar la información necesaria para entender la relación de dichos cambios con las presiones o factores que causan alteraciones en un ecosistema (Vos *et al.*, 2000).

ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES

La compañía de Electricidad Los Ramones, S.A.P.I. de C.V. realizó un proyecto para la “Construcción y Operación de una central Termoeléctrica en el Municipio Los Ramones, Nuevo León”. El cual, presentó ante la SEMARNAT la Manifestación de Impacto Ambiental, junto con el Estudio de Riesgo Ambiental del proyecto, estableciendo las acciones de compensación con las que deberá cumplir la empresa.

El sitio donde se realizó la compensación del proyecto, corresponde a dos polígonos con una superficie total de 41,953.56 m², que es la misma superficie que necesitó el proyecto eléctrico para la remoción de la vegetación nativa del Matorral Espinoso Tamaulipeco con vegetación secundaria.

Por esto, se realizaron medidas para mitigar y prevenir los impactos con la ejecución del proyecto, las actividades que se realizaron fueron reubicar a especies catalogadas dentro de la NOM059-SEMARNAT-2010, que se encuentren dentro el proyecto. Se realizaron técnicas para controlar la erosión del suelo favoreciendo la captación de agua, el manejo de los residuos domésticos generados por los trabajadores durante el desarrollo de obra, como también la delimitación del área sujeta al cambio de uso de suelo como la supresión de polvos mediante riego con agua tratada para evitar alterar la calidad del aire, establecimiento de letrinas móviles y el suelo que fue removido será utilizado para la nivelación del sitio ayudando también a promover el ciclaje de nutrientes para el mejoramiento de la calidad del suelo.

Una vez mencionadas las medidas de mitigación, se realizaron la caracterización de los elementos bióticos y abióticos del área integral del proyecto, los cuales se mencionan a continuación:

- *Clima y vientos:* Basándose en la clasificación de Wladimir Köppen modificada por Enriqueta García (1988) para la República Mexicana, dentro del Sistema Ambiental referenciado se registran un clima semiárido cálido con lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual, de 22° A 24°C (Figura 1).

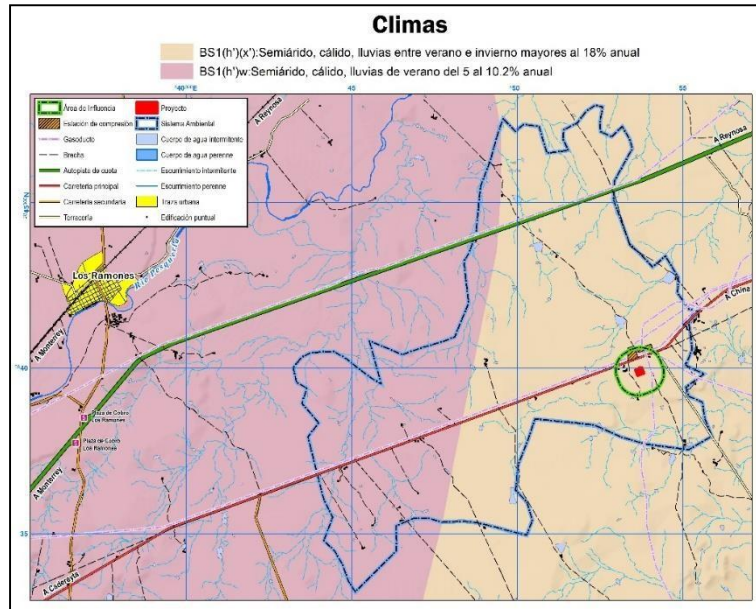


Figura 1. Climas presentes en el área del proyecto.

La velocidad máxima para los vientos dentro del área del proyecto, según la notificación de la Comisión Federal de Electricidad se encuentra entre los 130.00 y 160.00 km/h (Figura 2). La dirección de los vientos, en general, son de este a oeste.

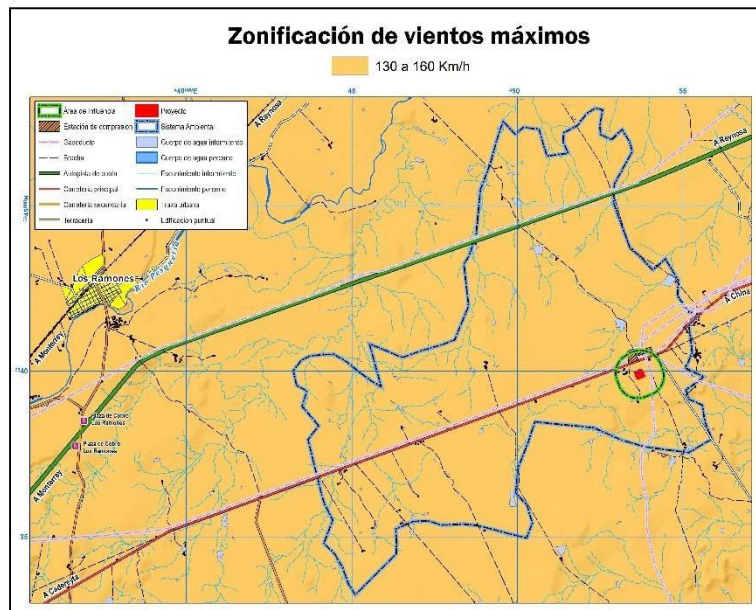


Figura 2. Zonificación de los vientos máximos en el área del proyecto.

- **Precipitación:** Se presentan lluvias en los primeros meses del año, las cuales están dadas por la entrada de los “Nortes” al país, que producen lluvias ligeras o moderadas en estos meses. Aproximadamente en junio, se percibe la influencia de las lluvias de verano en forma torrencial y de chubascos. Por el efecto dominante de los vientos alisios que pierden fuerza hacia junio y agosto, hay una disminución de las precipitaciones, llamada canícula. En septiembre cuando se activa la circulación ciclónica, se vuelven a sentir las masas de aire húmedo, cada vez de mayor importancia como productoras de lluvia en la región. Con los datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua (CNA), el S.A. presenta dos tipos de precipitación media anual de los cuales, para el área del proyecto se registra una isoyeta media anual de 500 a 600 mm (Figura 3), el régimen de lluvia es intermedio entre verano e invierno; para esta zona se presenta un registro de cero meses de humedad en el suelo (Figura 4 y Figura 5).

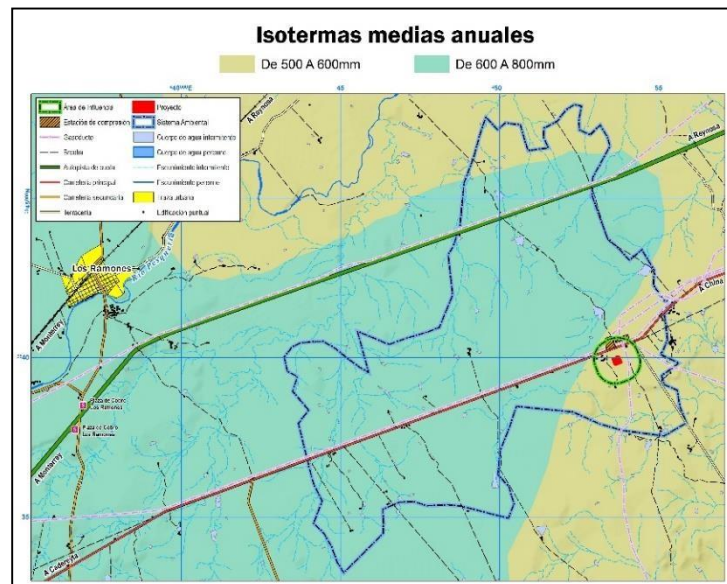


Figura 3. Rangos de precipitación en el área del proyecto.

Monitoreo y evaluación de un programa de restauración, analizando la sobrevivencia de las plantas y la técnica de restauración de suelos en el municipio de Los Ramones, Nuevo León.

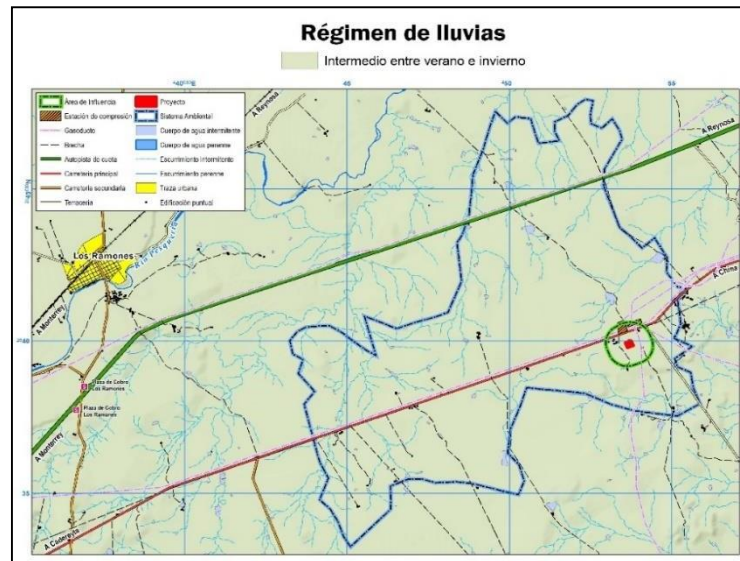


Figura 4. Régimen de lluvias en el área del proyecto.

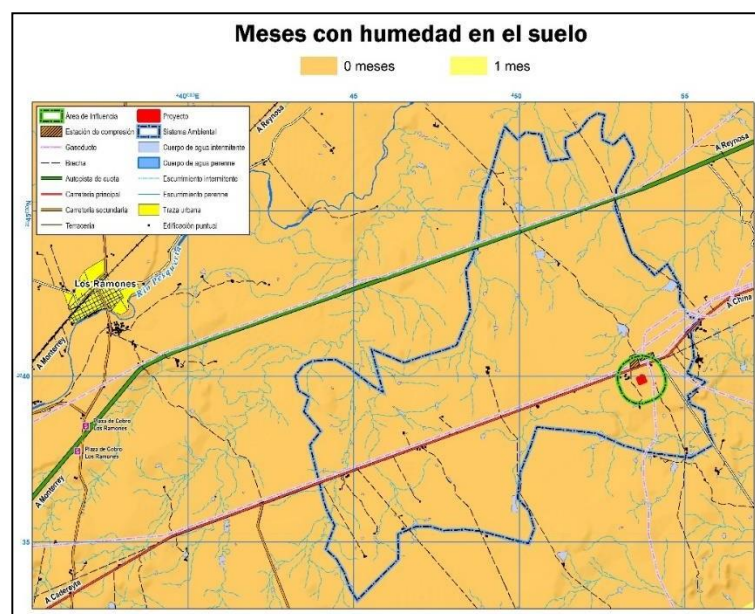


Figura 5. Meses en los que se presenta la humedad en el suelo.

- *Heladas*: Se presentan de manera muy esporádica, con la posibilidad de que ocurran en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre. Sin embargo, en octubre se presentan ocasionalmente heladas tempranas y en marzo heladas tardías.
- *Granizadas*: se presenta regularmente en los meses de marzo o abril. Su distribución es muy irregular y no guardan un patrón de comportamiento definido; en general se presentan con un rango de 0 a 2 días en el 80% del Estado y en casi todos los climas. En un 10% del área, sobre todo en las zonas con climas muy secos, secos y semisecos, este fenómeno es inapreciable. En una mínima parte de las áreas con climas secos templados y secos semicálidos, se presentan de 2 a 4 días por año. La incidencia de este fenómeno está asociada a los primeros meses del periodo de lluvias: abril, mayo y junio.
- *Sequías*: Nuevo León es un estado muy vulnerable a este evento climatológico, siendo una de las entidades federativas que sufrieron el mayor número de sequías anuales durante 1979-1988, ocho años de ocurrencia en el periodo.
- *Nortes*: Durante el invierno, la temperatura es muy fría sobre la zona norte de Estados Unidos y sur de Canadá. Al enfriarse, el aire se torna muy pesado y ocasiona centros de alta presión atmosférica, los cuales se desplazan hacia el sur y provocan las llamadas ondas frías en la Altiplanicie Mexicana. El aire polar también fluye hacia los centros de baja presión que se forman sobre los mares, que al pasar sobre las aguas del Golfo de México recoge humedad y se calienta, llegando a las costas mexicanas como aire polar modificado, pero aun conservando una temperatura menor que la del aire que priva en esos lugares. De esta forma produce un descenso en la temperatura y lluvias sobre las montañas de la parte oriental de México. A los vientos generados por este aire se le conocen como “Nortes”.
- *Huracanes*: La frecuencia de huracanes corresponde a uno cada tres años, en los últimos 100 años. El Atlas Nacional de Riesgos establece, tanto al centro como al norte del Estado como una zona afectable por perturbaciones ciclónicas tropicales a lo largo del año.
- *Nevadas*: Su distribución es muy irregular y no cuentan con un comportamiento definido, sin embargo, su ocurrencia generalmente es de cada tres o cuatro años.

- **Geología y geomorfología:** El origen geológico para el sistema ambiental (S.A) se encuentra estratificado en dos eras: Cenozoico, y Mesozoico, el proyecto solamente dentro del Cenozoico; igualmente con dos clases de roca: unidad de roca y sedimentaria, esta última registrada para el área del proyecto; los tipos de roca en el S.A. son Aluvial, Lutita-Arenisca y Conglomerado, los dos últimos registrados para el área del proyecto (Figura 7). Los atributos encontrados en el área del proyecto se describen a continuación.

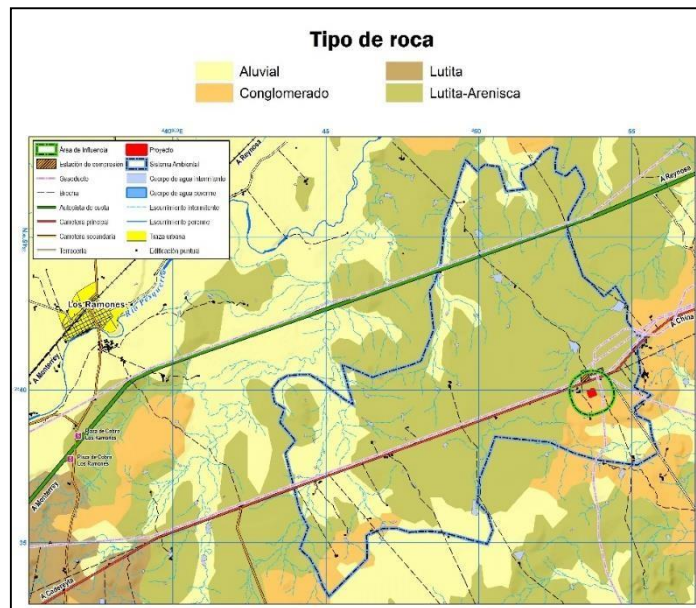


Figura 7. Tipos de roca presentes en el área (<http://www.inegi.gob.mx/>).

- **Fisiografía:** Mediante la Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica, escala 1:1'000,000; se determina que el sistema ambiental (S.A) se encuentra en dos subprovincias: Grandes Llanuras de Norteamérica y Llanura Costera de Golfo Norte, correspondientes a las subprovincias Llanuras de Coahuila y Nuevo León, y Llanuras y Lomeríos, respectivamente; las segundas en mención comprenden el área del proyecto (Figura 8 y 9).

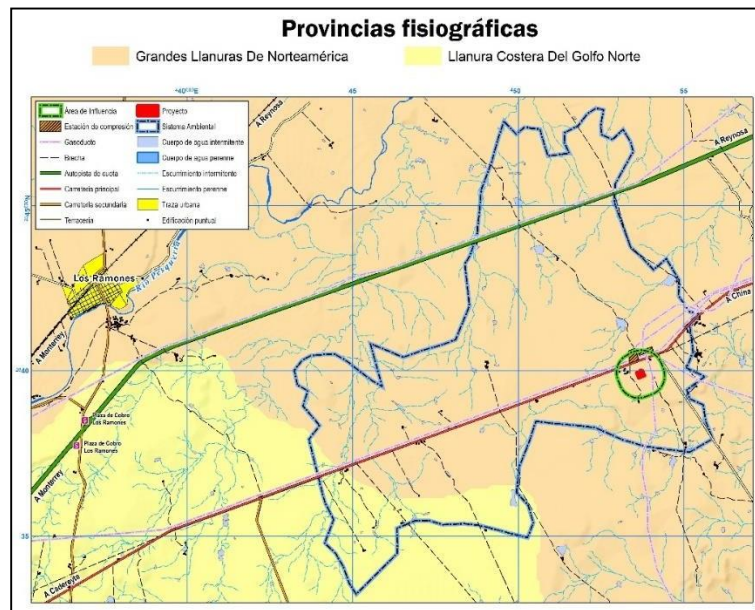


Figura 8. Provincia fisiográfica registrada para el S.A. y área del proyecto.

En México las Grandes Llanuras de Norteamérica presentan una alternancia de llanuras y lomeríos compuestos por rocas sedimentarias del Terciario que no han sido plegadas fuertemente, por lo que muestran un relieve suave, semejante a la penillanura

En general, los grandes llanos tienen una amplia variedad de clima durante todo el año, con inviernos muy fríos y duros, así como veranos muy calurosos y húmedos. Las velocidades del viento son a menudo muy altas. Los pastizales son algunos de los biomas más desprotegidos. La región se somete periódicamente a periodos prolongados de sequía; vientos fuertes en la región pueden entonces generar tormentas de polvo devastadoras. Las grandes llanuras del este de la frontera oriental caen en zona de clima subtropical húmedo en las zonas del sur y el norte y centro caen en el clima continental húmedo.

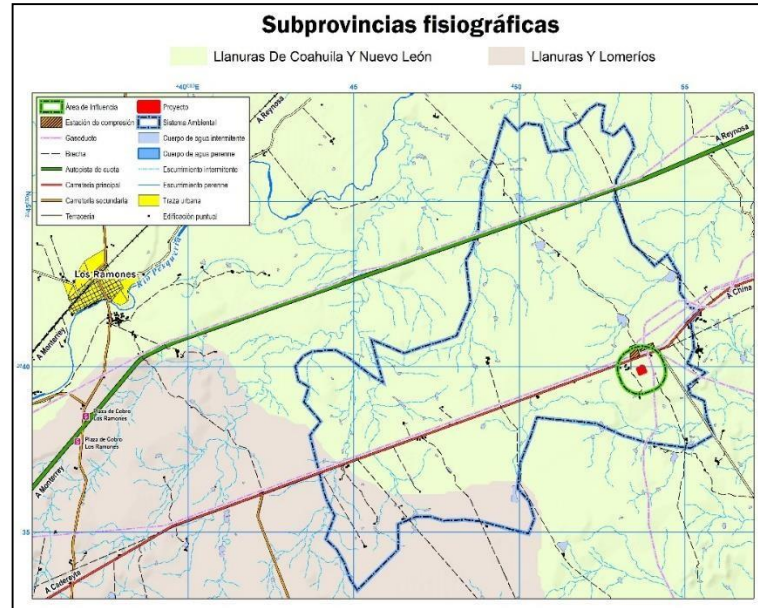


Figura 9. Subprovincia fisiográfica registradas para el S.A. y área del proyecto.

- *Presencia de fallas y fracturamientos:* El Sistema Ambiental registra un sinclinal, localizado aproximadamente a 4 km al oeste del proyecto, por lo que no se considera riesgo alguno para la estabilidad del proyecto propuesto (Figura 10).

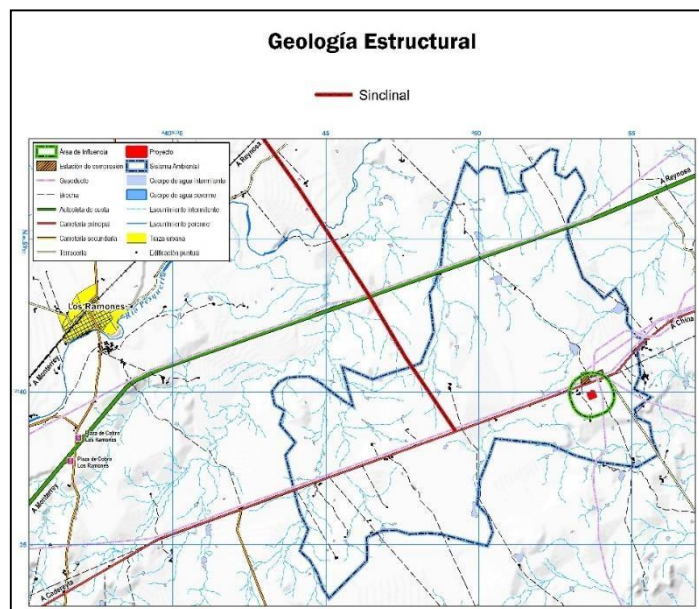


Figura 10. Registro de geología estructural para el área del proyecto.

- *Susceptibilidad de la zona a riesgos geológicos:* Conforme al contenido del Atlas Nacional de Riesgos, el S.A. y el predio se localiza en una zona donde los riesgos por deslizamientos o derrumbes, sismos y actividad volcánica no son significativos. En esta región, es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado estos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores, esta se encuentra de color verde en la figura siguiente (Figura 11).

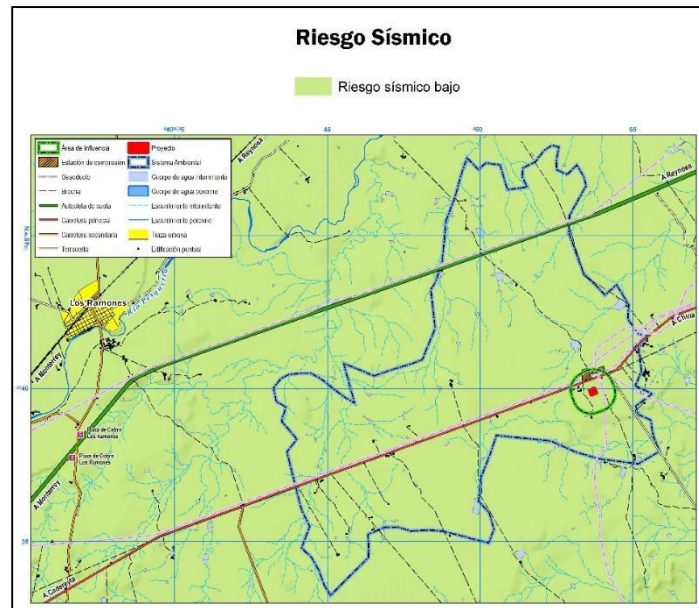


Figura 11. Riesgos sísmicos para el S.A. y área del proyecto

- *Tipo de suelo:* Se registran tres tipos de suelos dentro del sistema ambiental, Vertisol, Calcisol y Chernozem con dos tipos de textura media y fina; estos se clasifican de acuerdo al Sistema de Clasificación de Suelos, modificado por la Dirección General de Geografía (DGG) del Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), información contenida en la carta edafológica escala 1:1'000,000 del estado de Nuevo León. El tipo de suelo registrado para el área del proyecto es Vertisol, con clase textural fina y son suelos cuyo contenido en arcilla es superior al 30%, al menos en los primeros 50 cm. Se trata de arcillas hinchables, que sufren grandes cambios de volumen con las variaciones de humedad, lo que propicia que aparezcan en el suelo grietas verticales durante la estación seca, grietas que deben llegar hasta 50 cm de profundidad y tener al menos uno de espesor. Son suelos muy pesados, difíciles de trabajar y con un tempero muy corto, por el contrario, retienen gran cantidad de agua y su contenido en bases es muy alto. El Ph

depende de la naturaleza del material original, aunque suele ser neutro o ligeramente alcalino.

- *Textura del suelo*: Proporción porcentual de las partículas minerales (arena, limo y arcilla) que constituyen el suelo, en los 30 cm de profundidad. Gruesa (1): Menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena. Media (2): Menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena. Suelos con equilibrio de arcilla, limo y arena. Fina (3): Más del 35% de arcilla.
- *Erosión del Suelo*: Se realizó una evaluación por medio de SEMARNAT en toda la república mexicana y se obtuvo que la superficie con riesgos de pérdida de suelo por erosión potencial hídrica es del 42% (ligera 10.9%, moderada 20.5%, alta 7.8% y muy alta 2.8%). A nivel estatal, 15 estados de la República presentan más del 50% de su superficie sin riesgo aparente de erosión hídrica, siendo los menos afectados Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco y Baja California Sur. Los restantes 17 estados presentan riesgos de erosión potencial hídrica en más del 50% de su superficie (Figura 12), destacan entre ellos el estado de Nuevo León.

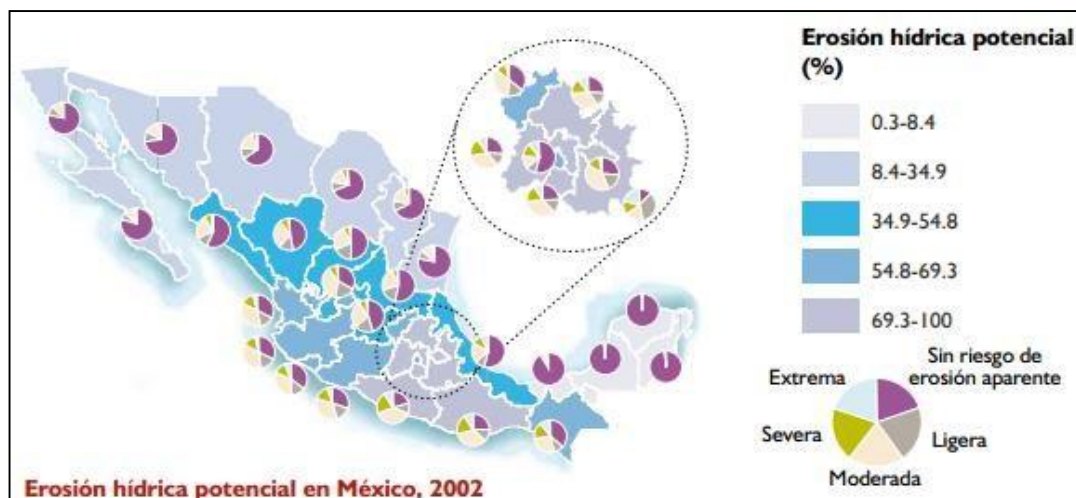


Figura 12. Erosión hídrica potencial en México según SEMARNAT-UACH (2002).

- **Hidrología superficial.** La Región Hidrológica que se registra para el S.A. y área del proyecto, pertenece a la Región Hidrológica (RH) No.24 “Río Bravo-Conchos”, en la Cuenca “B” Río Bravo-San Juan (Figura 13), en cuanto a las Subcuencas se registran dos para el S.A. R. San Juan y R. Pesquería, siendo la segunda en la que se encuentra el área del proyecto (Figura 14).

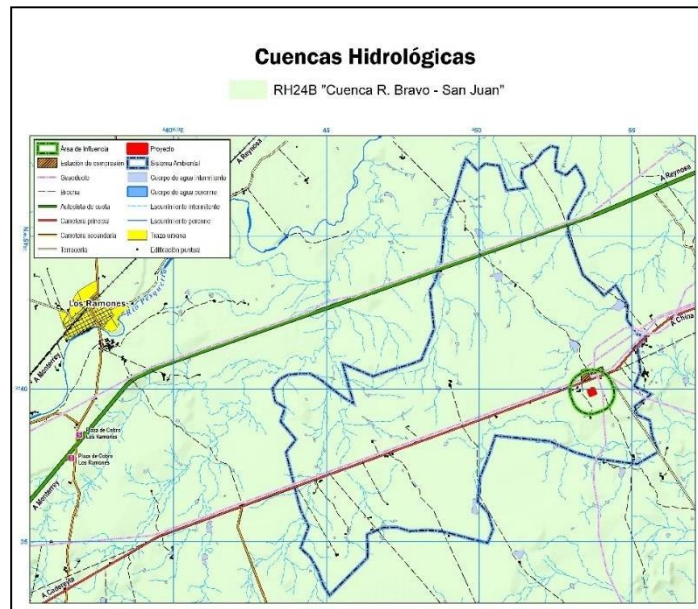


Figura 13. Hidrología superficial para el S.A. y área del proyecto (<http://www.inegi.gob.mx/>).

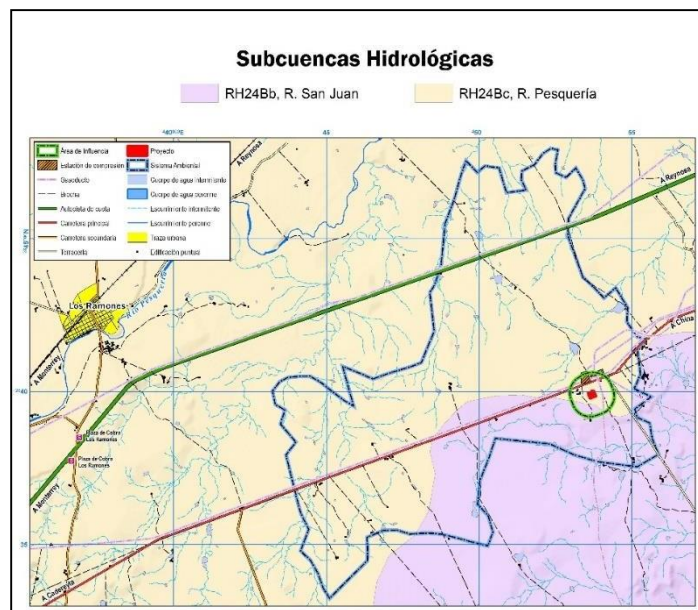


Figura 14. Subcuenca Hidrológica para el área del proyecto (<http://www.inegi.gob.mx/>).

De acuerdo al INEGI, dentro del S.A. se registraron varios escurrimientos intermitentes, puntualmente para el área del proyecto no se registró escurrimiento alguno (Figura 15). Por su parte, el estudio hidrológico señala que el área del proyecto no se encuentra impactado hidrológicamente ya que los caudales de las cuencas externas calculadas se mitigan debido a la gran superficie de absorción en la zona, funcionando como regulador de caudales y favoreciendo las recargas al nivel freático.

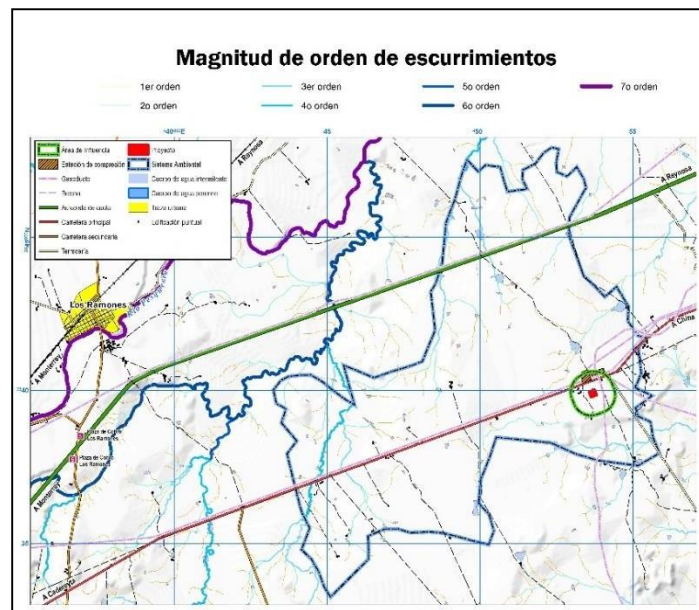


Figura 15. Escurrimientos registrados para el S.A. y área del proyecto (<http://www.inegi.gob.mx/>).

Al considerar las características hidrológicas del S.A., el área del proyecto se encuentran en una zona donde los escurrimientos son bastante pobres, estos fluctúan entre los 10-50 mm de escurrimiento medio anual, como se muestra en la Figura 16.

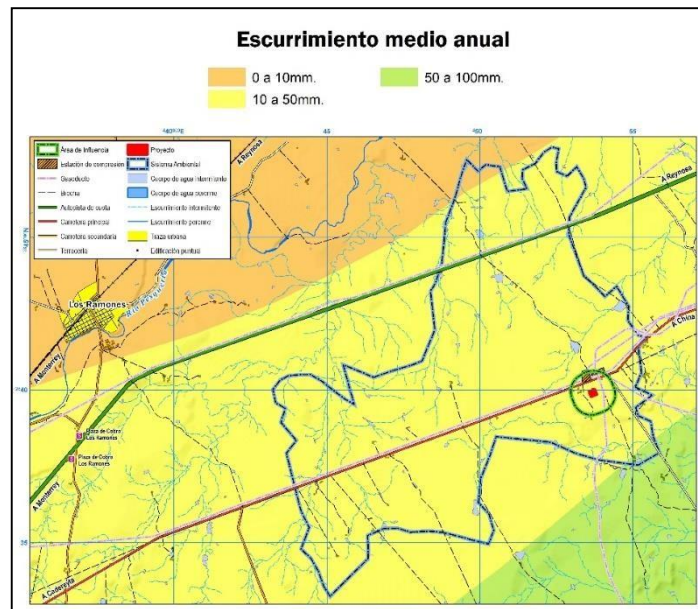


Figura 16. Escurrimientos registrados para el área del proyecto (<http://www.inegi.gob.mx/>).

- **Hidrología subterránea.** Los acuíferos de la Cuenca Río Bravo - San Juan se dividen en dos tipos: libres y confinados. Dentro del S.A. el acuífero se registra solo uno, el China-General Bravo, que es donde también se encuentra localizada el área del proyecto, no se encuentra ni S.A. ni el área del proyecto en contacto ni en las cercanías de un área de veda, siendo importante mencionar que para este proyecto no se considera ningún aprovechamiento (Figura 17 y 18). El acuífero China-General Bravo se localiza en la porción noreste del estado de Nuevo León, y abarca un área de 2828.0 km². y comprende parcialmente a los municipios de Los Ramones, China, Los Herrera, Doctor González, Cerralvo, General Bravo, Marín y Doctor Coss.

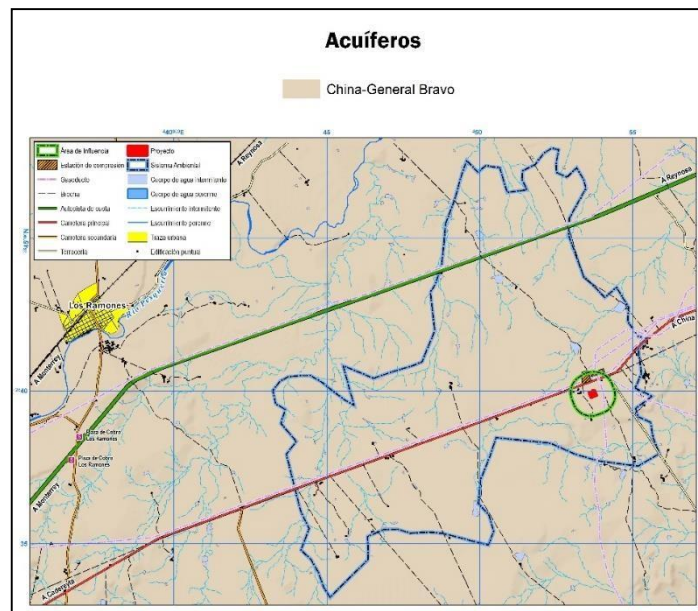


Figura 17. Acuífero registrado para el S.A. y área del proyecto (<http://www.cna.gob.mx>).

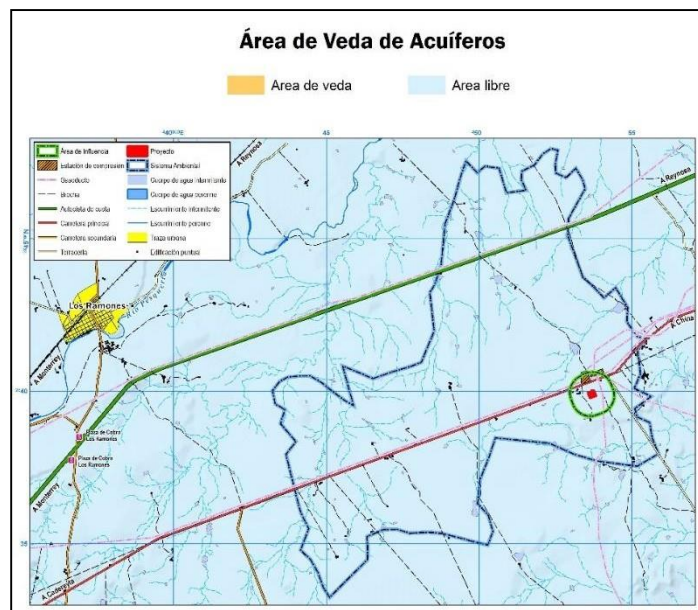


Figura 18. Zonas de veda registrada para el S.A. y área del proyecto (<http://www.cna.gob.mx>).

OBJETIVO GENERAL

Monitorear y evaluar los resultados obtenidos del proyecto, poniendo a prueba las practicas realizadas para la restauración del terreno ubicado en el municipio de los Ramones, Nuevo León.

OBJETIVO ESPECIFICO

Determinar la sobrevivencia de las plantas en el terreno como también observar si las técnicas de infiltración de agua en el suelo resultaron exitosas para la compensación del terreno por la construcción termoeléctrica.

JUSIFICACION DEL PROYECTO

Acorde a solicitud de las autoridades competentes, debido al impacto generado por el desmonte de vegetación, en su mayoría matorral espinoso tamaulipeco y pastizal cultivado, del polígono de 16.40 ha destinado a actividades industriales del proyecto “Construcción y Operación de una Central Termoeléctrica en el Municipio Los Ramones, Nuevo León”, publicado en el resolutivo del manifiesto de impacto ambiental, se desarrolló un programa integral de restauración de 20.00 ha como compensación y mitigación de los impactos ambientales y se deberán cumplir las medidas de control, prevención y mitigación correspondientes.

DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS REALIZADAS

- **Programa de reforestación**

Es importante implementar acciones de restauración activa, como es la reforestación en el matorral espinoso tamaulipeco (MET), ya que este es un ecosistema semiárido que se ha caracterizado por sostener una gran diversidad de plantas, con altos valores de abundancia en su estrato arbóreo-arbustivo (Cram y et al., 2006; Alanís-Rodríguez et al., 2008; González-Rodríguez et al., 2010; Alanís y col., 2015; Pequeño-Ledezma et al., 2017), pero el cual se ha visto afectado por actividades antropogénicas como la extracción de especies vegetales para diferentes usos (seto, combustible, textil, medicinal y alimenticio) (Estrada y col., 2004; Rzedowski, 2006; García y Jurado, 2008). De la misma manera, ha sido afectado por la ganadería extensiva a gran escala, práctica que ha aumentado su extensión los últimos 350 años (Foroughbakhch et al., 2009), siendo una de las causas principales de deforestación en el mismo (Arriaga-Cabrera, 2009; Alanís-Rodríguez et al., 2015).

Para este proyecto se seleccionaron sólo especies nativas con requerimientos adecuados para su crecimiento, que sea eficiente en el uso del agua y con un diseño adecuado. Esto se llevó a cabo en una superficie de 20.00 ha, en un predio rústico ubicado en el municipio de Los Ramones, N.L., el cual guarda características de Matorral Espinoso Tamaulipeco con un grado de degradación el cual será encaminado para restablecer sus condiciones naturales y así evitar la pérdida de suelo y mejorar la infiltración de agua. El tipo de planta que se utilizó tiene una altura que oscila entre los 50 y 90 cm.

Para determinar el número de plantas a utilizar se calculó la densidad en tresbolillo con un espaciamiento de 4 x 5 metros por lo que, para la superficie a compensar (20.00 hectáreas, o bien, 200,000.00 m²) se requieren de 12,596 plántulas (630 plantas por hectárea). En la siguiente tabla se mencionan ejemplares que se necesitaron para el proyecto:

Nombre científico	Nombre común	cantidad de planta
<i>Ebenopsis ebano</i>	Ebano	2943
<i>Diospyros texana</i>	Chapote prieto	920
<i>Ehretia anacua</i>	Anacua	1087
<i>Cordia boissieri</i>	Anacahuita	6150
<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	200
<i>Caesalpinia mexicana</i>	Hierba del potro	200
<i>Condalia hookeri</i>	Brasil	341
<i>Acacia greggii</i>	Uña de gato	50
<i>Yucca filifera</i>	Yuca	10
<i>Parkinsonia aculeata</i>	Retama	141
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache	347
<i>Bahuinia divaricata</i>	Pata de vaca	60
<i>Acacia berlandieri</i>	Guajillo	100
<i>Havardia pallens</i>	Tenaza	47
TOTAL:		12,596

Tabla 1. Ejemplares utilizados en la Reforestación.

Para comenzar con el Programa de Reforestación se seleccionaron áreas dentro de un predio en el municipio de Los Ramones, N. L., las cuales se encuentran a una distancia aproximada de 1,040 Metros lineales de la Central Termoeléctrica Los Ramones propuesta (Foto 1).



Foto 1. Áreas propuestas a restaurar sin vegetación y con vegetación invasora.

Cabe mencionar que es importante ubicar un área a reforestar que se encuentre dentro de un predio que no tengan futuras actividades de aprovechamiento o de desarrollo de infraestructuras. Las áreas mencionadas con anterioridad cuentan con antecedentes de aprovechamiento cinegético y ganadero y que se encuentran en sus alrededores con vegetación del matorral espinoso tamaulipeco (Foto 2 y 3).



Foto 2 y 3. Condiciones de degradación en las que se encuentran las áreas a reforestar.

Una vez alcanzadas las propiedades requeridas de las plantas seleccionadas para el proyecto, fueron entregadas a las cuadrillas de reforestación para su posterior proceso de plantado en las zonas designadas, donde previamente se ejecutó el cavado de pozos

destinados para albergar a las plantas con una altura de 30 – 40 cm, que son enterradas con el sustrato aun intacto de los pozos mencionados con una mezcla de hidrogel y aseguradas con protecciones plásticas.



Foto 4. Muestra proceso de perforación de pozos de siembra



Foto 5. Muestra llenado con mezcla de hidrogel el pozo



Foto 6. Muestra plantado de ejemplar vegetal.

En el mes de enero del 2019 se realizó la reposición de plantas, dado que se tuvo una pérdida debido a la fauna silvestre local (lagomorfos y mamíferos mayores), los cuales consumieron el material vegetal plantado durante la parte final del otoño (diciembre del 2018, principalmente) ya que al no tener alimento disponible en el ecosistema consumieron las plántulas colocadas en el predio como resultado del programa de reforestación.

De esta manera, se llevó a cabo la reposición de estas plantas las cuales ascienden un total de 1,115 plántulas respuestas en el predio de reforestación.

Con esta reforestación se pretende aumentar la diversidad florística del ecosistema presente, como también dar al ecosistema otros servicios como la fijación de nitrógeno y la retención de suelo como mejorar los procesos de infiltración.

- **Programa de restauración de suelo y conservación de agua.**

Fue seleccionada un área de amortiguamiento de 225,437.87 m² (Figura 19), donde se mantendrá la protección del suelo mediante Obras de Manejo de Suelos y Recarga de Acuíferos, lo cual se añade a los beneficios proporcionados por las actividades de reforestación que se llevan a cabo en esa zona.

Áreas de Amortiguamiento



Figura 19. Localización del área de amortiguamiento sobre las cuales se ubicarán las obras de mitigación.

En el área del proyecto no se registró escurrimiento alguno, de acuerdo al INEGI. Por su parte, el estudio hidrológico señala que el área del proyecto no se encuentra impactada hidrológicamente, ya que los caudales de las cuencas externas calculadas se mitigan debido a la gran superficie de absorción en la zona, funcionando como regulador de caudales y favoreciendo las recargas a nivel freático (Figura 20).

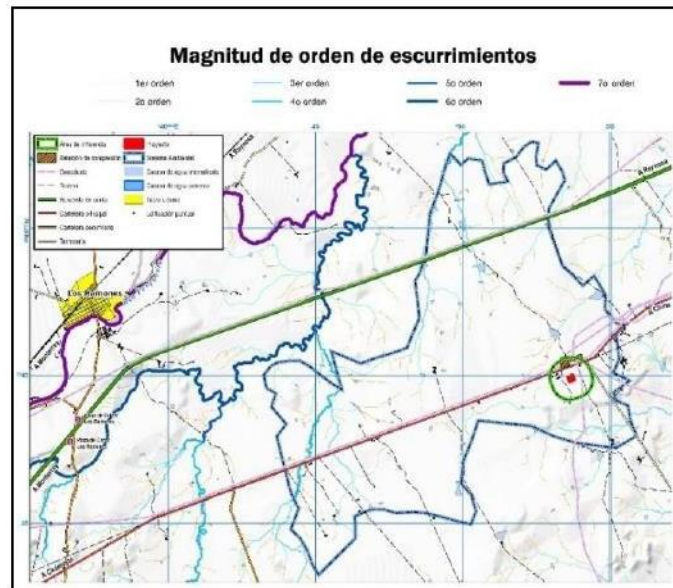


Figura 20. Vista de los escurrimientos que inciden en el área del proyecto.

Se realizó un análisis de la recarga de agua subterránea con el método RAS, con el cual se elaboró un mapa que sirve como una herramienta para tomar decisiones en la protección y el manejo sostenible del recurso hídrico, como también en el ordenamiento territorial.

Se calculó el agua que se infiltra en el subsuelo, basado en los principios de Schosinky y Losilla (2000), Requiere de coeficientes para calcular la infiltración.

Este coeficiente se multiplica por un coeficiente climático, para lo cual se realiza un balance climático (BC). La ecuación para determinar la recarga acuífera de una zona es:

$$R = BC * C * ET$$

R = Recarga acuífera (mm/año)

BC = Balance climático

C = Coeficiente de infiltración

C = $k_{fc} + k_p + k_v$

k_{fc} = Coeficiente del tipo del suelo

k_p = Coeficiente de pendiente

k_v = Coeficiente del uso del suelo

ET = Coeficiente de evapotranspiración = 0.1

El coeficiente de infiltración para el área es de 0.68, de acuerdo a las características bióticas y abióticas en del proyecto, pues $k_{fc} = 0.10$ por el registro de una textura media, $k_p = 0.40$ ya que la pendiente cae dentro del rango de 0-1%, y $k_v = 0.18$ por estar cubierto por matorral espinoso tamaulipeco. La ecuación de recarga de agua en el subsuelo se expresa en la siguiente tabla, donde se concluye que en el área antes de realizarse la construcción de la central termoeléctrica, la recarga de agua en el subsuelo total (R_t) es de 1,058.39 $m^3/año$ (Tabla 2).

Concepto	Balance climático	Coeficiente de infiltración	Coeficiente de Evapotranspiración	Recarga de agua en el subsuelo potencial (mm/año)	Recarga de agua en el subsuelo potencial (m/año)	Superficie del proyecto (m^2)	Recarga de agua total
Sin proyecto	BC= 95	C= 0.68	ET=0.1	$R=95 \cdot 0.68 \cdot 0.1$ R = 6.46 mm/año	R= 6.46/1000 R=0.00646	S =613,838.49 m^2	Rt= 1058.39 $m^3/año$

Tabla 2. Calculo de la cantidad de agua que se infiltra en el área.

Con la ejecución del desmonte para la construcción de la obra, está claro que disminuirá la infiltración de agua en el subsuelo, ya que se removerá vegetación en la superficie, sin embargo, a diferencia de la erosión la infiltración no se verá mitigada por el sellamiento del suelo, por el contrario, se perdería por la construcción del proyecto y su operación.

Por ello, ahora en la estimación del coeficiente de infiltración (C), la variable de K_v (uso de suelo) toman el valor de 0.10 que corresponde a sin vegetación aparente y a asentamientos humanos, que es el uso que correspondería por las etapas de construcción y operación del proyecto, respectivamente; la variable K_p (pendiente del suelo) un valor de 0.40 ya que se respetara la pendiente natural del terreno (0-1%) por el giro del proyecto; y la variable K_{fc} (textura del suelo) permanece con el valor de 0.10 al no verse afectada esta propiedad del suelo, por lo que $C = 0.60$.

Así mismo, las variables BC y ET en la ecuación de Recarga de agua en el subsuelo permanecen constantes, ya que describen características abióticas propias de la zona del proyecto (Tabla 3), por lo tanto, se obtiene una recarga de agua total de 933.88 $m^3/año$ para la superficie total del proyecto.

Concepto	Balace climático	Coefficiente de infiltración	Coefficiente de Evapotranspiración	Recarga de agua en el subsuelo potencial (mm/año)	Recarga de agua en el subsuelo potencial (m/año)	Superficie del proyecto (m ²)	Recarga de agua total
Con proyecto	BC= 95	C= 0.60	ET=0.10	R=95*0.60*.10 R=5.7mm/año	R= 5.7/1000 R=0.0057	S =163,838.49 m ²	Rt= 933.88 m ³ /año

Tabla 3. Infiltración del agua con la construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

Con el desarrollo del proyecto, en teoría se estaría sellando el suelo (sin la implementación de medidas de mitigación), por lo que se disminuiría drásticamente la capacidad de recarga de agua, motivo por el cual se proponen las siguientes medidas para mantener la capacidad de recarga de agua actual de 1,058.39m³/año: la implementación de un área de amortiguamiento de 225,437.87 m², así como la construcción de 42 zanjas de infiltración de acuerdo a la siguiente metodología.

Para determinar la cantidad de agua infiltrada por el área de amortiguamiento, se determinó el coeficiente de infiltración para el cual se obtuvieron los datos de K_{fc} con un valor de 0.10, K_p con un valor de 0.40 por la permanencia de pendiente plana (0-1%) y un valor de K_v de 0.18 considerando que en el área de amortiguamiento se favorecerá la permanencia estructural de vegetación nativa de matorral espinoso tamaulipeco, el cual está siendo actualmente complementado por actividades de reforestación que favorezca el área como infiltrante, así como la retención del suelo como prevención de la erosión hídrica.

De esta manera se considera que el área de amortiguamiento sostendrá un coeficiente de infiltración de 0.68.

El resto de las variables en la recarga de agua en el subsuelo (infiltración) permanecen constantes ya que son características abióticas propias de la zona, se considera la superficie total que abarcará el área de amortiguamiento (225,437.87 m²) que multiplicado por la infiltración potencial de 0.01520 m/año, da una infiltración de agua total de 1,456.33 m³/año proyectados con el desarrollo del proyecto, el procedimiento se expresa en la siguiente Tabla 4.

Concepto	Balace climático	Coficiente de infiltración	Coficiente de Evapotranspiración	Recarga de agua en el subsuelo potencial (mm/año)	Recarga de agua en el subsuelo potencial (m/año)	Superficie de áreas verdes (m ²)	Recarga de agua total
Medida de mitigación: áreas verdes	BC= 95	C= 1.60	ET=0.10	R=95*0.78*0.1 R=15.20 mm/año	R= 7.41/1000 R=0.01520	S =225,437.87	Rt= 1,456.33 m ³ /año

Tabla 4. Cantidad de agua infiltrada por las obras de conservación de suelo de áreas verdes.

- Zanjas de infiltración

Las zanjas de infiltración son un tipo de obras alternativas de drenaje urbano, usadas para captar parcial o totalmente el escurrimiento superficial generado por una tormenta. El fin es disminuir el caudal máximo y volumen total de escorrentía, recargar la napa subterránea y mejorar la calidad del efluente. Son excavaciones largas y angostas, de profundidad del orden de 1 a 3 metros, las cuales deben estar rellenas con suelo poroso.

El funcionamiento es bien simple, primero ingresa el agua a través de la superficie o desde redes de conducto, luego ésta se almacena temporalmente en su interior para posteriormente ser evacuada a través de las paredes y fondo de la zanja mediante infiltración.

Los objetivos que se persiguen con esta práctica son:

- Reducen la erosión hídrica.
- Interceptan los escurrimientos superficiales.
- Incrementan la infiltración del agua de lluvia.
- Auxiliar a la reforestación en la sobrevivencia de especies vegetales.
- Favorecen una mayor infiltración de agua.
- Retienen y conservan humedad en áreas localizadas.
- Favorecen el desarrollo de especies forestales y de vegetación natural.

Una de las ventajas del uso de zanjas es su facilidad para integrarse al paisaje, debido a que sólo comprometen una franja angosta de superficie y son poco visibles. Igualmente, son obras de bajo costo y de fácil puesta en marcha.

La construcción de este tipo de obras para la captura de agua de lluvia, ha permitido proporcionar una técnica adecuada para reducir los actuales índices de desertificación y también propiciar el proceso de infiltración de las aguas de lluvia bajo condiciones edafoclimáticas desfavorables (Foto 2).



Foto 7 .Ejemplo de una zanja de infiltración a realizar.

Para estimar el volumen de almacenamiento que proporcionarían las zanjas se obtendrá de la siguiente ecuación:

$$Valm = p (L)(b)(h)$$

Dónde:

Valm = Volumen de almacenamiento.

P = Porosidad del material de relleno de la zanja.

L = Largo en m

b = Ancho en m.

h = Profundidad Libre en m.

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2019).

Para determinar la porosidad, se estima con base a la permeabilidad del tipo de suelo con el que se rellenara la zanja, para este caso tomamos en cuenta un suelo de tipo arenoso el cual posee el 50% de porosidad con respecto a los demás tipos de suelo (Tabla 5, Figura 40).

Tipo de suelo	Porcentaje de porosidad	Tamaño de poros
Arcillo	40%	Pequeño
Limoso	45%	Equilibrado
Arenoso	50%	Grande

Tabla 5. Porosidad de acuerdo al tipo de suelo.

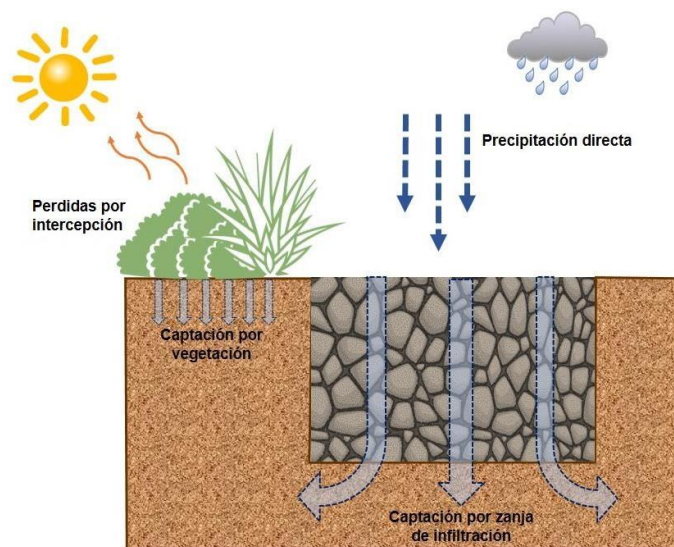


Figura 21. Ejemplo del proceso de permeabilidad del tipo de suelo con el que se rellenara las zanjas.

Los demás factores se determinaron con base a la superficie en la cual se establecen las obras de conservación. Considerando que cada una de las zanjas se establece en el área de amortiguamiento, estas cuentan con una longitud (promedio) de 12.50 m, una profundidad de 1.50 metros y un ancho de 1.00 m (Figura 22).

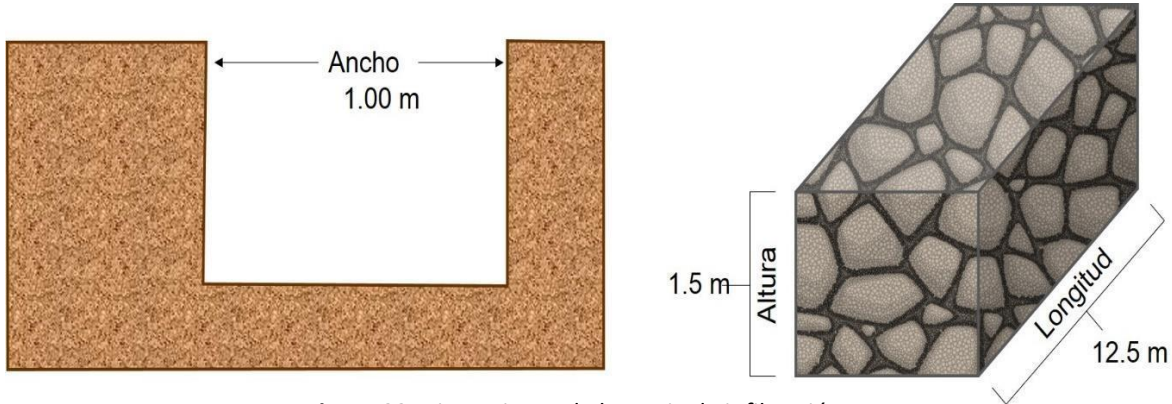


Figura 22. Dimensiones de la zanja de infiltración.

Se menciona que las dimensiones a establecerse, son con base a las necesidades de superficie, captación e infiltración del área afectada.

$$Valm=p(l)(b)(h)$$

$$Valm= (1.50)(12.50)(1)(1.00)$$

$$Valm= 18.75 \text{ m}^3$$

Se recuerda que el volumen de captación de agua a mitigar es de 1,058.39 m³/año (recarga sin proyecto), por medio del establecimiento del área de amortiguamiento y 42 zanjas de infiltración, coadyuvadas por acciones de reforestación. Cada zanja infiltra un aproximado de 18.75 m³ por zanja (Tabla 6) para abastecer y compensar los requerimientos de infiltración necesarios, por lo que en total estaría apoyando a la infiltración en total de 787.50 m³.

Medida de mitigación	Número de obras establecidas	Volumen total de agua infiltrado por zanjas
Zanjas de infiltración	42	787.50 m ³ /año

Tabla 6. Volumen de agua total a infiltrar por la zanjas.

Cabe mencionar que este volumen es una infiltración es una capacidad de recarga de agua potencial, más no segura, ya que al igual que en las áreas infiltrantes la captación de agua estará en función del volumen de precipitación anual, los resultados son sólo un promedio de la capacidad esperada.

Para lograr la ubicación de las zanjas se consideró el Análisis de Riesgo de Erosión realizado previamente para la Sistema Regional Ambiental de la Obra, determinando su ubicación dentro del área de amortiguamiento, la cual se emplazó dentro de la zona susceptible de erosión en un grado alto, en el orden de que las obras a realizar tuviesen un mayor impacto de mitigación (Figura 23).

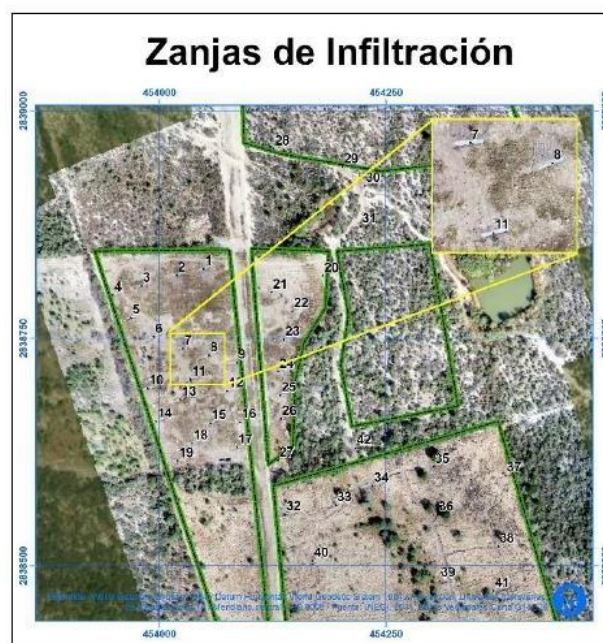


Figura 23. Ubicación de las zanjas de infiltración propuestas.

Se calculó que la cantidad de agua de infiltración sin proyecto es de 1,058.39 m³/año comparado con el valor total que se infiltrara con la realización de las obras propuestas 1,534.87 m³/año y las zanjas de infiltración (787.50 m³/año) se estaría mitigando y compensado este servicio ambiental.

EVALUACIÓN DE LOS PROGRAMAS

La reforestación del proyecto inicio en marzo del 2018 y durante en el mes de diciembre del 2018 se realizó la plantación de 630 plantas por hectárea, dando un total de 12,596 plántulas para las 20.00 hectáreas (Tabla 7).

Durante el mes de enero del 2019 se realizó la reposición de 1,115 plantas, ya que se tuvo una afectación por la intervención de la fauna silvestre, los cuales depredaron el material vegetal plantado con anterioridad.

Recalcando que se lleva a cabo una reposición mensual de la plantación ya sea por plántulas secas y/o dañadas, se recurrió nuevamente a una reposición de 2,100 plantas debido a de depredación de plantas por ganado vacuno, por lo que se realizaron medidas de delimitación del terreno más drásticas, las cuales fueron la colocación de malla gallinera en todo el perímetro del polígono de reforestación y también se optó por realizar un monitoreo visual en el área con la colocación de 2 cámaras trampa para determinar el responsable del cuidado del ganado vacuno y recurrir a los acuerdos que sean necesarios.

Fecha de evaluación	Meta de plantas propuestas	Plantas repuestas	Total de plantas vivas	Porcentaje de supervivencia (%)
dic-18	12, 596	0	12,596	100
ene-19		1,115	10,223	81.16
ago-19		2,100	10,156	80.62

Tabla 7. Porcentaje de supervivencia de la plantación.

Se realizó un muestreo representativo y aleatorio de 100 ejemplares de plantas dispersas en donde se verificó una supervivencia del 80.62% después de más de 15 meses desde que inició la reforestación, teniendo una sobrevivencia bastante aceptable.

Otro aspecto a evaluar fueron las zanjas de infiltración construidas en el área del proyecto, las cuales solo se monitorearon de manera visual y se fue evaluando cualitativamente. Las áreas en donde fueron construidas estas zanjas, presentaban inundación de acuerdo con el estudio de riesgo hidrológico, precisamente para favorecer la infiltración del suelo y la dispersión del flujo hídrico en la zona de plantación, obteniendo que la vegetación alrededor de las zanjas sea más abundante (Foto 8 y 9).



Foto 8. Zanja recién terminada enero 2019.



Foto 9. Zanja con vegetación octubre 2019.

RESULTADOS

1. Se realizaron líneas de conteo de 100 metros (en donde se registraron 20 cepas con planta por línea) y contando alrededor de 10 líneas, con un conteo de 200 cepas de muestreo. Teniendo un total de 157 plantas vivas, siendo una sobrevivencia del 78.5%. que es un porcentaje muy parecido con el que cuenta la empresa con un 80.62%.
2. En las zanjas y en la reforestación ya existe la colonización de otras especies de una comunidad en proceso de recuperación, por lo que sería importante seguir evaluando el proceso de colonización de otras especies, arbustivas como herbáceas y volver a evaluar el ecosistema el siguiente 2020.
3. Se realizaron actividades secundarias que ayudaron a obtener el éxito en el proyecto como la delimitación del área cercando el lugar y en la colocación de protectores plásticos en las plantas para evitar que fueran dañadas por los depredadores. Como se mencionó con anterioridad, el clima en donde se realizó el proyecto es semiárido, lo que dificulta que haya suficiente humedad en las plantas con lo cual al utilizar hidrogel en las plantaciones ayudo a la sobrevivencia de las mismas. Otra actividad que es necesario mencionar, fue la construcción de las zanjas de filtración ya que basándose en la topografía del lugar fueron de grande éxito resguardando la humedad en el área.

BIBLIOGRAFIA

- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez- Pérez, J., Aguirre-Calderón, O.A., Treviño-Garza, E.J., Jurado-Ybarra, E. y González-Tagle, M. A. 2008. Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*. 11(1): 56-62.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez- Pérez, J., Canizales-Velázquez, P. A., González-Rodríguez, H., Mora-Olivo, A. 2015. Estado actual del conocimiento de la estructura arbórea y arbustiva del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2(7): 69-80.
- Aronson J., J. N. Bignaut, S. J. Milton, D. Le Maitre, K.J. Esler, A. Limouzin, C. Fontaine, M. P. de Wit, W. Mugido, P. Prinsloo, L. van der Elst y N. Lederer. 2010. Are socioeconomic benefits of restoration adequately quantified? A meta-analysis of recent papers (2000–2008) in *Restoration Ecology* and 12 other scientific journals. *Restoration Ecology* 18 (2): 143–154.
- Arriaga, L. 2009. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental*, 1(1): 6-16.
- Choi Y. D. 2004. Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration. *Ecological Research* 19: 75–81.
- CNA, 2001, Programa Nacional Hidráulico 2001-2006, Comisión Nacional del Agua, México.
- CONAFOR, 2009. Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores. Unidad de Comunicación Social. Coordinación de Conservación y Restauración de Comisión Nacional Forestal. Jalisco, México, 69 Pp.
- Cram, S., Sommer, I., Morales, L. M., Oropeza, O., Carmona, E., and González-Medrano, F. (2006). Suitability of the vegetation types in México’s Tamaulipas state for the siting of hazardous waste treatment plants. *Journal of Environmental Management*. 80: 13-24.
- Crawford P. y P. Bryce. 2003. Project monitoring and evaluation: a method for enhancing the efficiency and effectiveness of aid project implementation. *International Journal of Project Management* 21:363-373.
- Estrada, E., Yen, A.D. y Villarreal, J. 2004. Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 75: 73-85.
- Foroughbakhch, R y Heiseke, D. (1990). Manejo silvícola del matorral: raleo, enriquecimiento y regeneración controlada. *Reporte científico, FCF-UANL* 19:1-41.
- García E. 1998. Modificaciones al sistema de Koppen. Instituto de geografía- UNAM 968-36-7398-8.
- Hobbs R. J. 2007. Setting Effective and Realistic Restoration Goals: Key Directions for research. *Restoration Ecology*. 15 (2): 354-357.
- INEGI, 2005. Sistema municipal de bases de datos. www.inegi.gob.mx.
- Legg C. J. y L. Nagy. 2006. Why most conservation monitoring is, but need not be, a waste of time. *Journal of Environmental Management* 78: 194-199.

Moreno-Mateos D., M. E. Power, F. A. Comin, y R. Yockteng. 2012. Structural and functional loss in restored wetland ecosystems. *PLoS Biology* 10:e1001247. DOI:0.1371/journal.pbio.1001247.

Pequeño-Ledezma, M. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A. y Molina-Guerra, V. M. (2017). Alanís estructural de dos áreas del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Madera y Bosques*. 23(1): 121-132.

Ribeiro Rodrigues R., A. Padovezi, F. Turini-Farah, L. Couto García, L. Dias Sanglade, P. H. Santin-Brancalion, R. Barreiro, R. Gorne-Viani, T. E. Barreto, B. Strassburg y C. A. Mattos. 2013. Protocolo de monitoración para programas/proyectos de restauración forestal. Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica. Versión en Español. http://www.pactomataatlantica.org.br/pdf/_protocolo_projetos_restauracao.pdf

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 431 pp.

SEMARNAT. 2001. Especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial. NOM-059-SEMARNAT-2001. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca – Instituto Nacional de Ecología. Diario Oficial de la Federación. México D.F. 40 pp.

SER (Society for Ecological Restoration International). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International. Tucson.

Vos P., E. Meelis y W. J. Ter Keurs. 2000. A framework for the design of ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management. *Environmental Monitoring and Assessment* 61:317-344.