

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**CUANTIFICACIÓN DE UNA OBRA DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y
SU IMPACTO AMBIENTAL EN EL EJIDO BENITO JUÁREZ**

POR:

FLORINA SERRANO SÁNCHEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico

Mayo 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

**Cuantificación De Una Obra De Conservación De Suelo Y Su
Impacto Ambiental En El Ejido Benito Juárez**

POR:

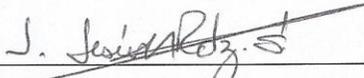
Florina Serrano Sánchez

TESIS

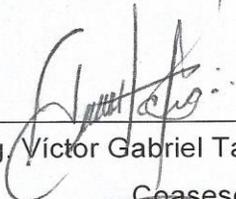
**Que somete a consideración del H. Jurado examinador como
Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrícola y Ambiental

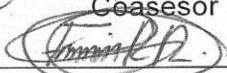
Aprobada por:


Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún

Asesor principal


Ing. Víctor Gabriel Tapia González

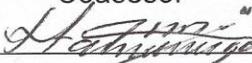
Coasesor


M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

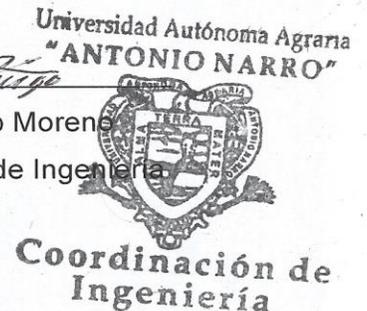
Coasesor


M.C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez

Coasesor


Dr. Luis Samaniego Moreno

Coordinador de División de Ingeniería



Saltillo, Coahuila, México. Mayo del 2017

AGRADECIMIENTOS

A esta gran Institución Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto las puertas de esta mi segunda casa, que me hizo crecer y desarrollarme como profesionista, y así haber concluido una etapa tan importante en mi vida. Mil gracias a mi Alma Terra Mater.

A mis asesores

Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún, Ing. Víctor Gabriel Tapia González, M.C Alejandra Rosario Escobar Sánchez, Fidel Maximiano Peña Ramos. Muchas gracias por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, el conocimiento, experiencias y su valioso tiempo el cual fue fundamental en el proceso de este proyecto.

A mis compañeros de generación

Por formar parte de mi vida durante estos 5 años de convivencia juntos, donde hemos pasado alegrías, tropiezos, diversiones, aventuras, fiestas, siendo una gran familia por todo el apoyo recibido.

A mis amigos de la UAAAN

Por estas personas especiales que me brindaron su apoyo incondicional, sus consejos, regaños, por la compañía que me brindaron para que se culminara este proyecto, muchas gracias por su ayuda la cual fue indispensable, por formar parte muy importante durante mi estancia en esta Universidad, los quiero mucho.

DEDICATORIA

A Dios

Al creador de todas las cosas, por darme la vida, una familia, la fortaleza para continuar cuando estoy a punto de caer, por permitirme despertar día con día, por estar siempre conmigo y no abandonarme a pesar de todo, por ayudarme a culminar una de mis metas en la vida y haberme ayudado a terminar esta etapa en mi vida.

A mi madre

Que aunque ya no esté físicamente, siempre está presente en mi corazón y mente, por sus sabios consejos, sus valores y su amor incondicional, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre lo mejor para mí.

A mis hermanos

Por ser el sustento incondicional en el transcurso de mi carrera profesional, otorgándome su apoyo moral, comprensión y amor, sin importar la distancia que nos separaba, siempre estando al cuidado de mí, los quiero mucho!!!

A mi hermana Saida que a pesar de la distancia, quien con mucho cariño y sacrificio pudo sacarme adelante en los momentos que más lo requerí, por eso y mucho más gracias.

A mi hermana Lupe por su apoyo y cariño, pues es fuente de inspiración para ser mejor persona y seguir luchando.

A mis hermanas Norbis y Analy, quienes siempre mostraron su apoyo, sus consejos y regaños e interés por mi persona.

A mi hermano Rolando por ser un gran amigo para mí, que junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables y uno de los seres más importantes de mi vida.

A mis sobrinos

Ever, Braulio, Ailani, Yulieth, y Andy, el mejor regalo que me han dado mis hermanos.

A mis amigos

Por darme ánimos en los momentos más frágiles de mi carrera y todas esas personas que han rodeado mi vida, quienes siempre han mostrado su apoyo. Y también agradezco a mis amigos de generación por todos esos bellos momentos que se quedaran grabados en mi mente, donde compartimos alegrías, tristezas y apoyo incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. OBJETIVO GENERAL	14
2.1. Objetivos específicos	14
III. HIPÓTESIS	14
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	15
4.1 Suelo	15
4.2 Conservación de suelo y agua.....	15
4.3 Erosión	15
4.4 Clasificación de la erosión	16
4.5 Calculo de la pérdida de suelo por medición directa	17
4.5.1 Clavos con rondanas.	17
4.5.2 Método de varillas marcadas.....	17
4.5.3 Cubicación de cárcavas	18
4.5.4 Parcelas de escurrimiento.....	18
4.5.5 Cuantificación de la producción de sedimentos en una cuenca.....	19
4.6 Curvas de nivel	19
4.7 Tipos de GPS	20
4.7.1 GPS de mano	20
4.7.2 GPS Navegadores	20

4.7.3 GPS integrados	21
4.8 Ecología del paisaje.....	21
4.9 Restauración.....	21
4.10 Degradación de la tierra.....	23
4.11 La LGEEPA	24
4. 12 Definición de impacto ambiental	26
4. 13 Definición de matriz de Leopold	26
4.14 Taxonomía y descripción del Maguey	27
V. MATERIALES Y MÉTODOS	29
5.1 Localización del sitio experimental.....	29
5.2 Edafología	31
5.2.1 Textura	32
5.2.2 Densidad aparente del suelo.....	32
5.2.3 Clima.....	32
5.3 Vegetación.....	33
5.4 Fauna	35
5.5 Establecimiento de Área de Exclusión	35
5.6 Realización de las curvas a nivel	36
5.7 Cálculo del peso de suelo perdido por erosión.....	36
5.8 Método de Clavos acumulación de suelo.....	37
5.9 Procedimiento.....	38
5.10 Mediciones de la erosión hídrica.....	38
5.11 Medición de la acumulación de suelo.....	40
5.12 Diseño experimental	42
5.13 Datos obtenidos de la medición de los clavos para la acumulación o perdida de suelo según es el caso	43
5.14 Obtención de los datos para la variable perdida de suelo	43

5.15	Obtención de los datos para la variable acumulación de suelo.	45
5.16	Datos de acumulación de suelo seleccionados para la parte alta, media y baja	47
5.17	Densidad	49
5.18	Identificación de los impactos ambientales	51
5.18.1	Descripción de la etapa preparación de sitio.....	51
5.18.2	Descripción de la segunda operación segunda etapa:.....	52
5.18.3	Características de los factores ambientales.....	53
5.18.4	Asignación de magnitud e importancia de los impactos	53
5.19	Identificación de impactos ambientales significativos.....	54
VI.	RESULTADOS	56
6.1	Pérdida de suelo (PS).....	56
6.2	Acumulación de suelo (ACS)	57
6.3	Resultados de la acumulación ubicados en la parte alta media y baja	59
6.4	Desarrollo de la Matriz de Leopold.....	60
6.4.1	Acciones a implementar de los impactos antes mencionados.	64
6.5	Comparación paisajística.....	66
VII.	CONCLUSIÓN.....	70
VIII.	LITERATURA CITADA	71
Anexo 1.	Valores de acumulación y pérdidas de suelo muestreados en campo realizados en 20 sitios (Curvas de nivel)	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción taxonómica del maguey pulquero	27
Cuadro 2. Coordenadas UTM de los 20 puntos del predio	30
Cuadro 3. Descripción del clima en el Municipio de Saltillo (INEGI 2008)	33
Cuadro 4. Datos experimentales de la variable perdida de suelo	44
Cuadro 5. Valores de perdida de suelo con tres repeticiones obtenidos del cuadro 4	45
Cuadro 6. Valores de acumulación de suelo obtenidos durante el experimento realizado en esta investigación	46
Cuadro 7. Concentración de datos de la variable acumulación de suelo muestreados	47
Cuadro 8. Valores de acumulación de suelo parte alta, media y baja en el área de estudio con tres repeticiones.....	48
Cuadro 9. Valores de la variable acumulación de suelo de la parte alta (T1), media T2 y baja (T3).....	48
Cuadro 10. Resultados de la Textura del suelo.....	50
Cuadro 11. Descripción de la Da del suelo	50
Cuadro 12. Análisis de varianza de la variable pérdidas de suelo.	56
Cuadro 13. Cuadro de Análisis de varianza de la variable acumulación de suelo. ...	58
Cuadro 14. Cuadro de Análisis de varianza de la variable acumulación para la comparación alta media y baja de suelo.	59
Cuadro 15. Resultados de la identificación de la magnitud de la matriz de Leopold.	62
Cuadro 16. Valoración de las áreas de impactos	62
Cuadro 17. Total de áreas de impacto con sus valores positivos y los negativos	63
Cuadro 18. Resumen de los resultados por factor ambiental.....	63
Cuadro 19. Resumen de los resultados por etapa de proyecto.....	64
Cuadro 20. Sitios de muestreo = S1, S2, S3....S20	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización satelital del ejido Benito Juárez municipio de Saltillo donde se desarrolló el experimento. GOOGLE EARTH.	29
Figura 2. Lechuguilla (Agave lehuguilla).	34
Figura 3. Sangre de drago (Crotonlechleri).	34
Figura 4. Bisnaga (Echinocactus).....	34
Figura 5. Palma samandoca (<i>Yuccacarnerosana</i>).	35
Figura 6. Colocación de clavos y rondanas.....	38
Figura 7. Herramientas para la medición de suelo.	39
Figura 8. Distancias a medir entre clavos de 6".	40
Figura 9. Colocación del clavo.	41
Figura 10. Referencia para ubicar el punto.	41
Figura 11. Piedras pintadas con el aerosol para facilitar la ubicación del sitio.	42
Figura 12. Efecto de tratamientos (Curvas de nivel) en la variable perdida de suelo.	57
Figura 13. Efecto de tratamientos (Curvas de nivel) en la variable acumulación de suelo.	58
Figura 14. Efecto de tratamientos (Región alta, media y baja) en la variable acumulación de suelo.	60
Figura 15. Matriz de Leopold.....	61
Figura 16. Paisaje 2013 y 2016.....	67
Figura 17. Crecimiento de magueyes 2013 y 2016.....	67
Figura 18. Panorámica de la palma samandoca 2013 y fotografía 2016.	68
Figura 19. Representación 2013 y 2016.	68
Figura 20. Dominancia de piedras 2013 y 2016.....	69
Figura 21. Pastizales con arbustos bajos y cactáceas 2013 y 2016.	69

RESUMEN

El intenso crecimiento demográfico e industrial, la falta de estrategias de planeación y manejo, así como el desconocimiento del valor ecológico y socioeconómico de los ecosistemas, han inducido graves problemas de contaminación e impacto ambiental y la pérdida valiosa de recursos naturales y económicos en todo el mundo. Esta situación ha determinado la necesidad de incorporar la variable ambiental y los criterios ecológicos dentro de las políticas orientadas hacia la planificación y el desarrollo sustentable de las actividades humanas, con el fin de hacer compatibles la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales con el desarrollo social y económico.

En el presente trabajo se analizó los efectos de la erosión hídrica en el suelo a través de una obra de conservación de suelos: los bordos de curvas a nivel que abarca el predio de exclusión del ejido, así como los parámetros de evolución de la vegetación, la textura del suelo e identificando los diferentes suelos de la área de exclusión.

Los resultados del experimento en cuanto a la erosión hídrica revelaron que la erosión se presenta en áreas con pendiente o que son alterados por el paso del ganado o del hombre. Los bordos sirven para acumular suelo es decir retener el suelo y que haya una mejor infiltración.

Palabras claves: impacto ambiental, conservación, erosión hídrica, acumulación, infiltración.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas que afrontan la gran mayoría de los agricultores de nuestro país, es la baja fertilidad de los suelos y, por consiguiente, los bajos rendimientos de los cultivos. Estos bajos niveles de fertilidad en gran medida son resultado de las malas prácticas de manejo que los agricultores aplican al suelo, como la quema y el sobre pastoreo, principalmente; cuando se siembra en terrenos inclinados, que es donde se produce la mayor pérdida de suelo y de nutrientes, bajando así la fertilidad y la capacidad productiva del mismo. Para mantener fértil y productivo el suelo, es necesario aplicar prácticas de manejo y de conservación, que además ayuden a mantener la humedad del suelo por más tiempo. (FHIA, 2011).

La agricultura de conservación aporta la base para sustentar la productividad de los recursos naturales y la protección del ambiente y la salud. Ello le permite incluso el desarrollo de servicios ambientales como la fijación de carbono, la generación de oxígeno, la agro-diversión, el agro-ecoturismo y en general productos alimenticios de calidad que juegan un papel cada vez más importante en el desarrollo de la sociedad.

A pesar de numerosas restricciones económicas y agroecológicas para mejorar el:

- Uso de las tierras, los agricultores pueden mejorar la calidad del suelo a través
- De tecnologías que fomenten tanto la productividad como la conservación de los suelos.

La combinación del uso de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas mejoran la calidad del suelo a través de tres principios técnicos cruciales: no alterar el suelo de forma mecánica (se planta o siembra directamente); cobertura permanente del suelo; especialmente con el uso de rastrojos y cultivos de cobertura; selección juiciosa para las rotaciones de los cultivos y cultivos múltiples, agroforestería e integración pecuaria. Estos sistemas muestran que cuando la calidad del suelo mejora, aumenta la producción agrícola y disminuye la erosión del suelo. (FAO, 2005)

En los últimos 50 años la actividad humana ha modificado los ecosistemas con mayor rapidez y amplitud que en cualquier otro período equivalente en la historia, en gran medida para satisfacer la demanda de alimentos, agua dulce, madera, fibras y combustibles. Hoy en día, cerca del 60 por ciento de los "servicios del ecosistema" evaluados en la Evaluación de ecosistemas del Milenio, de las Naciones Unidas, se están degradando o utilizando en forma insostenible, y la degradación podría agravarse en la primera mitad de este siglo. Es evidente, dice un informe de la FAO al COAG "que no hay otra opción que producir más con menos. La sostenibilidad ambiental en la agricultura ya no es una opción sino un imperativo."(FAO, 2007).

La evaluación del impacto ambiental es uno de los instrumentos de la política ambiental con aplicación específica e incidencia directa en las actividades productivas, que permite plantear opciones de desarrollo que sean compatibles con la preservación del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales. A lo largo de las dos últimas décadas ha logrado construirse en una de las herramientas esenciales para prevenir, mitigar y restaurar los daños al medio ambiente y a los recursos renovables del país y ha evolucionado con el propósito de garantizar un enfoque preventivo que ofrezca certeza pública acerca de la viabilidad ambiental de diversos proyectos de desarrollo.

La evaluación del impacto ambiental tiene sus bases jurídicas en las disposiciones que al respecto establece la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual considera como instrumento de la política ambiental a los siguientes:

- Planeación ambiental
- Ordenamiento ecológico del territorio
- Instrumentos económicos
- Regulación ambiental de los asentamientos humanos
- Evaluación del impacto ambiental
- Normas oficiales mexicanas en materia ambiental
- Autorregulación y auditorías ambientales. (INE, 2000).

II. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto de los bordos a nivel en pérdidas o ganancias de suelo y la influencia en la vegetación.

Describir las estructuras entre el paisaje, y la obra de conservación para diagnosticar el impacto que pudiera tener en el ambiente.

2.1. Objetivos específicos

- Monitorear la erosión hídrica o acumulación de suelo a través del método de clavos y rondanas.
- Comparar los cambios de la vegetación con los bordos a nivel.

III. HIPÓTESIS

La curva a nivel funciona eficazmente como obra de conservación de suelo para reducir la erosión y favorece la acumulación de suelo.

Todas y cada una de las especies vegetales son aptas para impedir la pérdida de humedad en el suelo, mejora sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas y reduce la erosión.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Suelo

El suelo es el cuerpo natural que sostiene la vida, el elemento sin el cual no podría haber plantas, arboles ni cultivos agrícolas, ya que brinda soporte, aporta nutrientes, almacena el agua que requieren las plantas para su desarrollo y actúa como filtro de contaminantes que produce el hombre. (SAGARPA, 2012).

4.2 Conservación de suelo y agua

El manejo integral del suelo y agua, que las considere como principales factores de producción, es clave para la producción agrícola sostenible. El suelo y el agua sustentan la producción de biomasa en general, y de productos agropecuarios (alimentos), en particular. El suelo provee materias primas, garantiza el secuestro y almacenamiento de carbono, el almacén del patrimonio geológico, facilita la reserva de agua, el ciclo de nutrientes y la reserva de la biodiversidad. Así, es crucial para satisfacer la necesidad de cultivos y el bienestar de la población creciente. (FAO, 2016).

4.3 Erosión

Ha sido definida como el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo principalmente por la acción del agua y el viento (Shar, 1977); este proceso se desencadena básicamente cuando el hombre provoca, con sus actividades, el deterioro de la cobertura vegetal.

La erosión hídrica es el principal proceso de deterioro de la tierra en el mundo; por ella, miles de hectáreas han sido inutilizadas para la producción, e incluso Stallings (1977) le atribuye la desaparición de algunas civilizaciones importantes del pasado.

En la erosión interviene diversos factores, para el caso de la erosión hídrica, han sido agrupados por FAO (1980) en:

- a. Climáticos, expresados sobre todo por la agresividad de la lluvia para erosionar.
- b. Edáficos, los cuales en conjunto se manifiestan por la susceptibilidad del suelo para ser erosionado.
- c. Topográfico, constituidos por la longitud, forma y pendiente del terreno.
- d. Humanos, los cuales se manifiestan fundamentalmente por sus efectos sobre la cubierta vegetal, alterando:
 - El tipo de vegetación
 - El desarrollo de la misma a través del año
 - El porcentaje de cobertura
 - La aspereza del terreno
 - Las condiciones de la superficie del suelo.
(Becerra Moreno Antonio, 1999).

4.4 Clasificación de la erosión

Para su estudio, la erosión ha sido clasificada desde diversos puntos de vista, siendo los más comunes los siguientes:

- .- Por su naturaleza, la erosión puede ser:** Natural o geológica, inducida o acelerada
- .- Por el agente activo que la produce:** Hídrica y eólica

.- Por el modo de acción y/o señales dejadas en el terreno: (formas de la erosión hídrica). Por salpicamiento, en canalillos, en surcos, en cárcavas, por caída y remontante.

.- Por la intensidad del proceso: Ligera, moderada, severa, muy severa (Becerra Moreno Antonio, 1999).

4.5 Calculo de la pérdida de suelo por medición directa

Entre los métodos desarrollados para la estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica mediante medición directa, se tienen los siguientes:

- 1) Uso de estacas, varillas marcadas, o clavos y rondanas
 - 2) Cubicación de cárcavas
 - 3) Lotes de escurrimiento
 - 4) Cuantificación de la producción de sedimentos en una cuenca.
- (Becerra Moreno Antonio, 1999).

4.5.1 Clavos con rondanas.

Este método consiste en utilizar clavos de 30 cm de largo con rondanas holgadas que se colocan cuidadosamente a lo largo de un transecto a intervalos regulares, de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente. El propósito de las rondanas es marcar cortes en el terreno ocasionados por erosión, y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdida a intervalos de tiempo regulares. (Anaya *et al.*1991).

4.5.2 Método de varillas marcadas.

Es útil solo en terrenos no cultivados, consiste en clavar firmemente una serie de varillas sobre el terreno bajo estudio, distribuida en cuadrículas para

representatividad. Al instalarlas cada varilla debe ser marcada al nivel de la superficie del suelo para referencia posterior.

Después de un periodo dado (por ejemplo, un año), se registra la distancia (mm) desde la marca de la varilla hasta el nivel actual de la superficie del suelo; el promedio de esas distancias será el espesor de suelo perdido, dato que puede ser expresado en ton/ha año, conocidas la densidad aparente del suelo y la superficie del terreno. (Becerra Moreno Antonio, 1999).

4.5.3 Cubicación de cárcavas

Consiste en cuantificar el volumen “vacío” del suelo, esto es, el volumen dejado por el suelo y/o material subyacente que fue arrastrado durante el proceso erosivo en la cárcava. Para ello se requiere medir la superficie de una serie de secciones transversales en la cárcava, las que multiplicadas por la longitud del transecto del cual son representativas, proporcionan el volumen de material perdido por erosión. (Becerra Moreno Antonio, 1999).

4.5.4 Parcelas de escurrimiento

Las parcelas de escurrimiento constituyen uno de los métodos más precisos para cuantificar la pérdida de suelo bajo diversas condiciones de manejo. Se le utiliza en experimentación (con exclusividad). El método consiste en coleccionar el escurrimiento y los sólidos arrastrados, que se generan en una pequeña parcela de forma alargada en el sentido de la pendiente, generalmente con dimensiones de unos 20 o 25 m de largo por 2 m de ancho. La escorrentía es aislada del terreno adyacente colocando láminas de asbesto o un material similar alrededor de la parcela, en cuya parte inferior se colecta la escorrentía y se conduce por tubería a un tanque de almacenamiento.

Diariamente, después de cada tormenta, hay que registrar el volumen colectado en el tanque, tomar muestra para cuantificar los sedimentos arrastrados desde la parcela, y desalojar el agua del estanque con el fin de dejarlo listo para coleccionar la producción de sedimentos en el evento siguiente. Este método requiere de datos y cálculos sobre la escorrentía máxima esperada, la capacidad de almacenamiento y otros para su diseño adecuado. (Becerra Moreno Antonio, 1999).

4.5.5 Cuantificación de la producción de sedimentos en una cuenca

La producción (también llamada: rendimiento) de sedimento en cuenca, se refiere a la cantidad de sólidos que el agua de escorrentía transporta fuera de la cuenca. La estimación directa de dicha producción se realiza en una estación de aforo a la salida de la cuenca, realizando dos tipos de mediciones a intervalos regulares de tiempo: a) se mide el tirante de flujo para estimar los gastos y elaborar el hidrograma respectivo b) se coleccionan muestras para determinar su concentración de sólidos en el laboratorio. (Becerra Moreno Antonio, 1999).

4.6 Curvas de nivel

Es un apoyo que se requiere no solamente para los trabajos de conservación del suelo y agua, sino que en ocasión con fines agrícolas principalmente, por lo tanto, su trazo se ejecuta con la ayuda de diferentes Instrumentos según las circunstancias. (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.2006).

Existen algunas prácticas y obras de conservación de suelos que no requieren aparatos de alta precisión. En estos casos, los que se utilizan comúnmente, por su fácil construcción, bajo costo y buen funcionamiento son:

- Niveles de caballete, en específico el triangular, comúnmente llamado aparato "A".
- Niveles de manguera.
- Niveles de mano.
- Niveles digitales (ópticos).

4.7 Tipos de GPS

Existen diferentes tipos de GPS, de acuerdo al uso que se les dé, se pueden clasificar en:

4.7.1 GPS de mano

Son receptores que permiten guardar los recorridos realizados, seguir rutas precargadas en el receptor, y se pueden conectar a un ordenador para descargar o programar rutas. Este tipo de GPS se puede encontrar con y sin cartografía, y resultan ideales para campismo. Algunos modelos incluyen una brújula y/o un barómetro electrónico. Su sistema operativo y software son totalmente cerrados y no se pueden modificar. (SAGARPA, 2012).

4.7.2 GPS Navegadores

Estos tipos de GPS son similares a los de mano, pero orientados a su uso en ciudad y carretera. Estos permiten introducir un destino sobre la marcha y el Navegador calcula la ruta, basándose en su cartografía. Estos GPS generalmente no graban el recorrido ni se conectan a una computadora. En teoría son sistemas cerrados, aunque en la práctica a algunos modelos se les puede modificar su sistema operativo. (SAGARPA, 2012).

4.7.3 GPS integrados

Corresponden a dispositivos móviles que llevan un GPS integrado, como son Pocket PC o teléfonos móviles. d) GPS de alta precisión: el GPS de alta precisión típico incluye dos receptores (GPS) y antenas GPS. Este tipo de GPS permite: levantar datos topográficos con rapidez y alta precisión, además dispone de interface con SIG y navegación. (SAGARPA, 2012).

4.8 Ecología del paisaje

Incluye de manera inseparable dos aspectos: el tratamiento analítico de procesos que rigen en la naturaleza y el de la visión sintética de los mismos (Troll, 1968). El concepto, a su vez, está integrado por la inclusión de las interacciones verticales y horizontales de los diversos componentes de un ecosistema. En otras palabras, la ecología del paisaje representa el marco espacial del “ecosistema”, enriquecido por la indisoluble participación social propia de cada espacio geográfico (Velázquez y Bocco, 2003). Bajo esta concepción resulta obvio considerar que la ecología del paisaje, como marco conceptual, puede ayudar a entender y sobre todo a ejecutar acciones propias de la “restauración” de los ecosistemas.

4.9 Restauración

La restauración nace a partir del reconocimiento de la alteración en los procesos que naturalmente rigen a un ecosistema en condiciones prístinas. Las causas que desencadenan procesos de alteración y que más ocupan a la restauración son aquellas derivadas de la acción humana desmedida. La necesidad de restauración no son las causas sino las consecuencias, a saber: pérdida de variabilidad genética (biodiversidad), degradación de bienes y servicios ecosistémicos (agua, suelo, aire),

transformaciones climáticas, reducción de la calidad de vida por alteración de belleza escénica, entre muchas otras (Harker et al., 1999).

Existen dos formas de implementar acciones de restauración de ecosistemas; La primera se refiere a la “naturalización” del paisaje y la segunda al “refuncionamiento” del mismo. La naturalización comprende la recuperación escénica o visual de un ecosistema ya sea a través de elementos oriundos, que conforman la estructura original del paisaje o exóticos; éstos últimos pueden ser utilizados especialmente en condiciones de stress como desertificación o salinidad, y sólo como una etapa sucesional temprana, evitando su propagación en áreas naturales.

El refuncionamiento concibe la recuperación de los procesos inherentes al ecosistema oriundo, por encima de pura percepción visual. Un ejemplo de la naturalización es el efecto de una plantación forestal, donde si bien se recupera la estructura original no necesariamente se activan los procesos propios del ecosistema, aún menos si son especies exóticas. El refuncionamiento pone énfasis en aquellos procesos formadores de suelo, ciclos biogeoquímicos, interacciones suelo-planta-animal, entre otros, como los actores que ayudarán a la permanencia del ecosistema (Harker et al., 1999). En general, si se planea adecuadamente, la naturalización del paisaje debe ser una fase del refuncionamiento, que en conjunto llevará a la restauración del ecosistema.

La ecología del paisaje incluye la conformación de una línea base como punto de partida para un manejo efectivo. Además, permite la identificación de las áreas y los procesos críticos y finalmente involucra el agente principal, al hombre, como actor desencadenador de la acción deseada.

Un buen análisis del paisaje permite alcanzar objetivos deseables tales como la conservación de la integridad funcional de los ecosistemas, la permanencia de la funcionalidad ecológica (ciclos productivos y regulativos), el control de tasas de erodabilidad (edáfica, genética y ecológica), la continuidad en la aportación de bienes y servicios ecosistémicos (agua, suelo, aire). Esto se fundamenta en el hecho de comprender a la restauración como una acción espacio-dependiente. Por ejemplo, una

acción puntual de restauración será inútil si no se enmarca dentro de un contexto socio-espacial en donde los actores locales y los procesos son tomados en cuenta de manera conjunta. Preguntas como el mínimo espacio necesario, la ubicación de la actividad inicial, el proceso clave a restaurar, entre otras, son temas en donde la ecología del paisaje tiene mucho que aportar. (INEGI, 2007).

Un mayor número de personas están ahorrando agua y energía tanto dentro como fuera de sus hogares. Está creciendo el interés en el paisajismo con árboles, arbustos y coberturas vegetales, tanto nativos como de otras especies beneficiosas.

Los propietarios están escogiendo plantas que combinan la belleza con beneficios ambientales. La gente está seleccionando alternativas más sanas al uso de químicos en el interior y exterior. Lo mejor de todo, es que muchos de esos beneficios al ambiente ahorran tiempo y dinero. (Universidad de Florida, 1996).

4.10 Degradación de la tierra

Es un conjunto de procesos dinámicos (físicos, químicos y biológicos) que afectan la productividad de los ecosistemas, la cual puede ser irreversible y tener consecuencias sociales, económicas, ecológicas y políticas. Esta degradación se relaciona con el uso inadecuado de los recursos agua, suelos, flora y fauna, siendo los dos primeros la base fundamental para el abastecimiento de alimentos; para las plantas, los animales y el ser humano (Ortiz et al., 1994). Se manifiesta en tres tipos principalmente tales como degradación de la fertilidad (Química, Física y biológica), contaminación y erosión.

La degradación y pérdida de suelo es un problema que afecta a muchas familias y comunidades rurales del país, debido a que se pierden bastantes áreas agrícolas, baja la cantidad y calidad de los productos y se reduce la producción, siendo únicamente para el autoconsumo. Por eso, es importante conocer aquellas áreas que presentan un alto riesgo de degradación, con el fin de actuar y mejorar dichas áreas.

Se han encontrado registros de erosión en los documentos de los romanos y de los griegos: Platón describía la destrucción del suelo como resultado de las deforestaciones (García y Dottonoro, 2007).

En nuestro país ocurren procesos naturales que condicionan o favorecen a los procesos erosivos. Sin embargo, el verdadero problema radica en la actitud humana al explotar los ecosistemas convirtiéndolos en áreas estériles, erosionadas y contaminadas entre otras, por la sobreexplotación de los recursos naturales como suelo, agua. Fauna y flora principalmente (Roldan y Trueba, 1978).

Los bosques han sido degradados, esto ha llevado al país al umbral de una crisis ecológica por la erosión masiva del suelo. A mediados de 1985, se consideraba que el 85% del territorio mexicano presentaba diversos grados de erosión. Solo se liberaron del problema algunas zonas climáticas húmedas. Un 30.5% del territorio padecía erosión acelerada, y en un 16.7% de la superficie del país el proceso erosivo había culminado ya con la desaparición completa de la cobertura edáfica y la consiguiente exposición de la roca madre. (INEGI, 2008).

4.11 La LGEEPA

Define en su artículo 3º al impacto ambiental como la “modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza”. Además, señala que el desequilibrio ecológico es “la alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos”. Indica, asimismo, que la manifestación de impacto ambiental es “el documento mediante el cual se da a conocer, con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o atenuarlo en caso de que sea negativo”.

La evaluación del impacto ambiental está dirigida a efectuar análisis detallados de diversos proyectos de desarrollo y del sitio donde se pretenden realizar, con el propósito de identificar y cuantificar los impactos ambientales que puede ocasionar su ejecución. De esta manera es posible establecer la factibilidad ambiental del proyecto (análisis costo beneficio ambiental) y, en su caso, determinar las condiciones para su ejecución y las medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales que será necesario tomar para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Entre las principales características de la evaluación del impacto ambiental, están las siguientes:

- Es un instrumento que tiene un carácter preventivo.
- Se aplica en obras o actividades humanas.
- Su objetivo es prevenir los efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente que pudieran derivarse del desarrollo de una obra o actividad.
- Basa su efectividad en un análisis prospectivo-predictivo.
- Establece regulaciones a las obras o actividades sujetas a evaluación.
- Es un procedimiento integrador de diversas disciplinas científicas.

Además, señala que el desequilibrio ecológico es “la alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos”. Desde entonces, la evaluación del impacto ambiental —cuyo objetivo primordial fue desde un inicio disminuir los costos derivados de la contaminación que genere un proyecto— fue adoptada en la práctica y/o incorporada a la legislación ambiental de numerosos países.

En México, los estudios de impacto ambiental se realizan desde hace poco más de 20 años. En la administración pública federal, se aplicaron a partir de 1977 para la evaluación preliminar de proyectos de infraestructura hidráulica, aunque se tiene noticia de estudios realizados previamente, la mayoría como investigaciones académicas, sobre todo para tesis profesionales. (INE, 2000).

4. 12 Definición de impacto ambiental

Como la “Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. Un huracán o un sismo pueden provocar impactos ambientales, sin embargo el instrumento Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se orienta a los impactos ambientales que eventualmente podrían ser provocados por obras o actividades que se encuentran en etapa de proyecto (impactos potenciales), o sea que no han sido iniciadas. De aquí el carácter preventivo del instrumento. (SEMARNAT, 2013).

4. 13 Definición de matriz de Leopold

Fue desarrollado por el Servicio Geológico del Departamento del Interior de los Estados Unidos para evaluar inicialmente los impactos asociados con proyectos mineros

Posteriormente su uso se fue extendiendo a los proyectos de construcción de obras. El método se basa en el desarrollo de una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto. El método de Leopold está basado en una matriz de 100 acciones que pueden causar impacto al ambiente representadas por columnas y 88 características y condiciones ambientales representadas por filas. El procedimiento de elaboración e identificación es en donde se elabora un cuadro (fila), donde aparecen las acciones del proyecto. 2) Se elabora otro cuadro (columna), donde se ubican los factores ambientales. (Rio negro Universidad Nacional, 2013).

4.14 Taxonomía y descripción del Maguey

El agave (Cuadro 1), planta originaria de América y con un importante número de endemismos en México, ha sido una fuente de múltiples usos desde tiempos ancestrales.

Cuadro 1. Descripción taxonómica del maguey pulquero

Maguey pulquero	
Taxonomía	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Liliidae</i>
Orden	<i>Asparagales</i>
Familia	<i>Asparagaceae</i>
Subfamilia	<i>Agavoideae</i>
Genero	<i>Agave L.</i>
Especie	<i>Agave salmiana</i>

4.14.1 Diversidad genética de maguey pulquero (*Agave salmiana* y *A. mapisaga* Trel.):

Los agaves son un recurso fitogenético estratégico para el país, ya que representan una alternativa para el desarrollo sostenible desde el punto de vista ecológico y social, siendo de particular importancia su capacidad bioproductiva en ambientes extremos de temperatura y disponibilidad de agua. (Colunga et al., 2007).

El maguey pulquero es una planta de la familia Agavaceae que crece en el altiplano mexicano, se distribuye principalmente en los estados de Hidalgo, Estado de México, Puebla y Tlaxcala. Desde antaño, los pobladores lo cultivaron para extraer del centro de su tallo un jugo (aguamiel) que al fermentarse se convierte en pulque, que es una bebida de bajo grado alcohólico.

El maguey es una planta capaz de adaptarse a suelos someros pedregosos e inapropiados para otros cultivos. (Barrios et al., 2006). El maguey pulquero (Agavesalmiana) el sistema de reproducción es de tipo semelparo o monocarpico (García, 2007), ya que las flores aparecen solo una vez en el ciclo de vida al cabo del cual mueren (Enríquez, 2008). Las especies grandes alcanzan su madurez entre los 10 y 25 años, mientras que la especies pequeñas lo hacen después de crecer entre cuatro y cinco años (García, 2007). (García, 2007. Citado por Nava Rodríguez, 2014).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del sitio experimental

El ejido Benito Juárez se localiza al sur en el municipio de Saltillo Coahuila a una distancia de 61 km sobre la carretera 54 y circulando por terracería 15 km con rumbo oeste a una altitud media de 1892 msnm con coordenadas UTM 275859.29 m E 2761246.57 m N (Figura 1), cuenta con una población total de 109 habitantes (INEGI CPV 2010) de los cuales 57 son mujeres y 52 hombres; la población económicamente activa es de 30 personas, todos varones, de estas 28 se encuentran ocupadas y 2 desempleadas. En el Cuadro 2, se muestran los 20 sitios seleccionados en el predio que fueron referenciados con GPS con las coordenadas UTM.

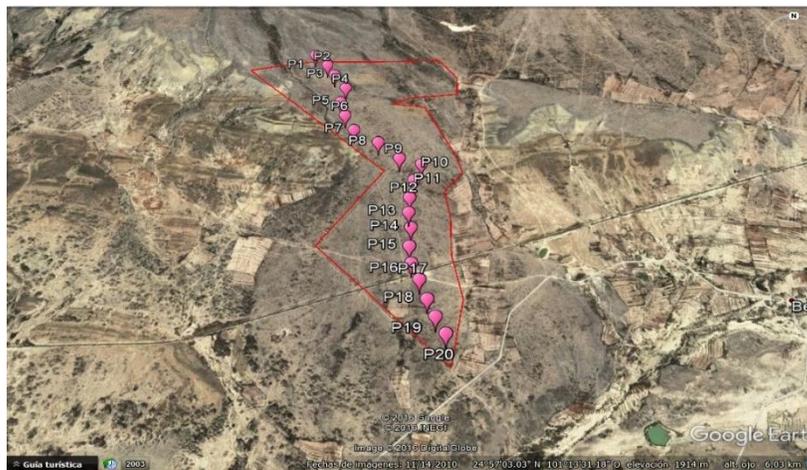


Figura 1. Localización satelital del ejido Benito Juárez municipio de Saltillo donde se desarrolló el experimento. GOOGLE EARTH.

De acuerdo a las condiciones edáficas que imperan en la región presenta serios problemas de erosión; del total de la superficie de 4571.7086 ha el 96 %, es decir 4384.7086, se destinan a agostadero, donde pastan 585 semovientes de diversas especies; la explotación de la ganadería se ve deteriorada por la escasez de agua, afectando la producción ganadera al disminuir la vegetación que es consumo de los animales.

Cuadro 2. Coordenadas UTM de los 20 puntos del predio

Punto	Coordenadas UTM	
1	274563.00 m E	2763101.00 m N
2	274662.00 m E	2762982.00 m N
3	274721.00 m E	2762867.00 m N
4	274810.00 m E	2762718.00 m N
5	274776.00 m E	2762561.00 m N
6	274815.00 m E	2762413.00 m N
7	274883.00 m E	2762259.00 m N
8	275059.00 m E	2762131.00 m N
9	275210.00 m E	2761970.00 m N
10	275364.00 m E	2761913.00 m N
11	275309.00 m E	2761758.00 m N
12	275277.00 m E	2761594.00 m N
13	275269.00 m E	2761460.00 m N
14	275282.00 m E	2761323.00 m N
15	275270.00 m E	2761161.00 m N
16	275281.00 m E	2761019.00 m N
17	275330.00 m E	2760886.00 m N
18	275376.00 m E	2760730.00 m N
19	275424.00 m E	2760595.00 m N
20	275483.00 m E	2760466.00 m N

5.2 Edafología

En el estado de Coahuila las condiciones de clima, fisiografía y geología han determinado la ocurrencia y abundancia de los diferentes tipos de suelo. Para efectos de un mejor análisis de las unidades de suelo que se presentan en el municipio.

La importancia de conocer los aspectos morfológicos, físicos y químicos de los suelos es el hecho de estar íntimamente ligadas al uso y potencialidad del suelo permitiéndonos conocer las particularidades del mismo como son: potencial agrícola, forma de drenaje y la cantidad de arenas, limos y arcillas, entre otros. Los tipos de suelo predominantes en el territorio municipal son:

.- **Xerosol.** Este tipo de suelo cuya cobertura es de entre 50 y 60% del municipio se distribuye principalmente en las zonas áridas y semiáridas al sur del mismo, su vegetación natural son los matorrales y pastizales. Este tipo de suelo se caracteriza por su color claro y por ser pobre en humus; debajo de este tipo de suelo puede haber un subsuelo rico en arcillas. Su uso agrícola está condicionado al riego. Su susceptibilidad a la erosión es baja excepto cuando se localiza en pendientes.

.- **Litosol.** La cobertura en el territorio municipal de este tipo de suelo varía entre el 15 y el 20% se localiza primordialmente en una franja central y abarca gran parte de la zona protegida de Zapalinamé. Este tipo de suelo tiene en promedio menos de 10 centímetros de profundidad hasta la roca y por lo general está presente en todas las sierras de Coahuila. La vegetación que lo cubre condiciona su uso que es de bosque, con potencial agropecuario cuando se presentan matorrales o pastizales, su rendimiento agrícola, forestal y pecuario depende de la presencia de suficiente agua. (SEMARNAT, 2008).

5.2.1 Textura

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las clases de tamaño de partícula (o separaciones de suelo, o fracciones) en un volumen de suelo dado y se describe como una clase textural de suelo (Cuadro 3). Los nombres para las clases de tamaño de partícula corresponden estrechamente con la terminología estándar comúnmente utilizada, incluida aquella del sistema utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Sin embargo, muchos sistemas nacionales que describen el tamaño de las partículas y las clases texturales usan más o menos los mismos nombres, pero diferentes fracciones de grano de arena, limo y arcilla, y clases texturales. (FAO, 2009).

5.2.2 Densidad aparente del suelo

La densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C). Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Valores de densidad aparente bajos (generalmente por debajo de 1,3 t m⁻³) indican generalmente una condición porosa del suelo. La densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua. (FAO, 2009).

5.2.3 Clima

El municipio de Saltillo como en la mayoría del estado se caracteriza por tener climas continentales, secos y muy secos que van desde los semicálidos hasta los templados en las partes más altas. En el sur del municipio se presentan climas del tipo

seco, secos templados y semiseco templado, en el extremo suroeste se registran climas muy secos, semicálidos y semiseco templado, en la parte central se tienen climas templados y una pequeña porción de clima semifrío en la cercanía de la Concordia, en el extremo norte aledaño a la cabecera municipal se presentan mayormente el clima de tipo seco, seco muy cálido y cálido.

Cuadro 3. Descripción del clima en el Municipio de Saltillo (INEGI 2008)

Tipo de suelo	Símbolo	% de la superficie Mpal.
Templado Subhúmedo con lluvias escasas todo el año	Cx	26.70
Semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año	C(E)x	0.86
Semiseco Templado	BS1k	28.69
Seco Semicálido	BSh	13.12
Seco Templado	BSk	23.83
Muy Seco Semicálido	BWh	3.89
Semicálido Subhúmedo con lluvias en Verano	ACw	2.91

5.3 Vegetación

Las especies de vegetación con predominancia son: Nopal (*Opuntia ficus-indica*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*) (Figura 2), Huizache (*Acacia farnesiana*), Tepame (*Acacia Penatula*), Mezquite (*Prosopis glandulosa*), Palma samandoca (*Yuccacarnerosana*) (Figura 5), sotoles (*Dasyilirion*), huapillamorado (*Hechtiaglomerata*), gatuño (*Mimosa monancistra*), sangre de drago (*Crotonlechleri*) (Figura 3), gobernadora (*Larrea tridentata*), maguey (*Agave*), Carnenche (*Cylindropuntiaimbricata*) coyonoxtle (*Opuntia imbricata*), oveja echada (*cylindropuntiatunicata*), bisnaga (*Echinocactus platyacanthus*) (Figura 4).



Figura 2. Lechuguilla (*Agave lehuguilla*).



Figura 3. Sangre de drago (*Crotonlechleri*).



Figura 4. Bisnaga (*Echinocactus*).



Figura 5. Palma samandoca (*Yuccacarnerosana*).

5.4 Fauna

La fauna se circunscribe a especies del semidesierto como coyote (*Canislatrans*), armadillo (*Dasypodidae*), conejo de cola blanca (*Oryctolagus cuniculus*), tlacuache (*Didelphismarsupialis*), venado (*Odocoileusvirginianus*), tejón (*Nasuanarica*), zorrillo (*Mephitismacroura*), liebre (*Lepus europaeus*), víbora de cascabel (*Crotalus*sp), tejón mexicano (*Taxideataxus*) entre otras.

5.5 Establecimiento de Área de Exclusión

Los productores reservaron 200 hectáreas para el área de exclusión donde además del establecimiento de la bordaría a nivel se plantó material vegetativo.

El perímetro del área fue cerrada con postas, retenidas e hilos de alambre de púas para la construcción del cercado hasta su terminación; con postes metálicos a cada 3 m 4 hilos de alambre con púas, retenidas de tubo negro en las esquinas y a cada 250 ó 300 m.

Se plantó el material vegetativo en cepas de 20 x 20 x 20 cm sobre el talud aguas arriba de la bordaría a una distancia entre plantas de unos 3 m en total se hicieron 84,000 m de curvas a nivel y se plantaron 26660 plantas de maguey.

Asimismo, con la plantación de maguey se logró dos objetivos, uno es brindarle consistencia a la bordaría y el otro es desahijar los magueyes adultos para tener un reservorio de material viviente y de forraje para el ganado, en tiempo del estiaje.

5.6 Realización de las curvas a nivel

Con la construcción de bordaría o terrazas de formación sucesiva se pretende aprovechar las precipitaciones in-situ, para inducir la retención e infiltración de la humedad a capas más profundas. En principio, la intención es que las raíces obtengan y dispongan de suficientes nutrientes a través de la solución del suelo que forma el agua, y simultáneamente viene la conservación y acumulación del suelo que es arrastrado por el escurrimiento dentro del área entre los bordos.

Se procedió a la nivelación con nivel montado y estadal graduado, cada uno de estos niveles a intervalos de cada 25-30 m caminando sobre el buzamiento de la cota a nivel hasta llegar a las brechas donde se colocará la cerca (límite del área de exclusión). Se van colocando banderillas con cinta o listón de un mismo color para un mismo nivel, haciendo series de 5 colores diferentes, una para cada línea y así sucesivamente, o bien que el tractor bordeador vaya atrás del estadalero marcando una raya para que posteriormente se levante sobre esta el bordo definitivo.

5.7 Cálculo del peso de suelo perdido por erosión

Se puede conocer la capa de suelo en milímetros, perdida por efecto de la erosión: sin embargo, es útil determinar el peso del suelo removido en un área dada. Los pasos son los siguientes:

- a. Determinar el área a la cual se quiere cuantificar la erosión.
- b. Medir la altura promedio de la capa que ha sido removida por la erosión.
- c. Determinar la textura media y la densidad aparente del suelo del área en cuestión.
- d. Multiplicar la altura promedio de la capa perdida por el área conocida y así obtener el volumen de suelo removido; este valor se multiplica por la densidad aparente del suelo y se obtiene el peso del mismo, correspondiente a la superficie considerada.

Formula:

$$P=h \times A \times Da$$

Dónde:

P= Peso del suelo (t)

h= Altura de la capa de suelo removida (m)

A= Área del terreno (m²)

Da= Densidad aparente (t/m³)

(Anaya *et al.*1991).

5.8 Método de Clavos acumulación de suelo

Se puede conocer la capa de suelo acumulado en milímetros, ganancia por efecto del suelo: sin embargo, es útil determinar el peso del suelo acumulado en el área dada.

Los pasos son los siguientes:

- a. Determinar el área a la cual se quiere cuantificar la acumulación de suelo.
- b. Medir la altura promedio de los clavos aguas arriba del bordo, siendo 8 cm.
- c. Determinar la textura media y la densidad aparente del suelo del área en cuestión.
- d. Multiplicar la altura promedio de la capa acumulada por el área conocida y así obtener el volumen de suelo ganado; este valor se multiplica por la

densidad aparente del suelo y se obtiene el peso del mismo, correspondiente a la superficie considerada. Se usó la misma fórmula de pendiente de suelo.

5.9 Procedimiento

La metodología empleada para el experimento desarrollado en el mes de agosto a enero, para desarrollar e implementar la evaluación de las variables pérdida y acumulación de suelo se puede resumir en las siguientes actividades:

5.10 Mediciones de la erosión hídrica

En campo se ubicaron los 20 puntos sobre el transecto principal del área de estudio, posteriormente se ubicaron los puntos de referencia, se tomó las coordenadas con el GPS de cada curva a nivel.

Se utilizó 25 fichas (Figura 6) en 20 sitios a cada 200 metros aproximadamente sobre el transecto central. Se hace una triangulación por el método de tres bolillos para formar 3 m² de superficie total.



Figura 6. Colocación de clavos y rondanas.

Los clavos y rondanas se colocaron formando triángulos equiláteros (lados iguales). Se tomó el martillo para penetrar los clavos y colocarle encima la rondana. La distancia es de 50 cm entre cada fila y 25 cm por cada columna después del bordo aguas arriba, formando un trazado en el bordo de una distancia total de 6 m.

Las líneas de la colocación de los clavos y rondanas siguen los bordos aguas abajo. Las rondanas se colocan sobre el suelo y se introducen los clavos tocando la cabeza ligeramente con la rondana. Dentro del lugar se ubicó un punto de referencia en donde se colocó un pedazo de cinta (Figura 7), y en las esquinas de los clavos se colocaron piedras, estas fueron marcadas con aerosol.



Figura 7. Herramientas para la medición de suelo.

Materiales

1. Clavos de 4" y rondanas
2. Botes de Pintura (2)
3. Cinta métrica
4. Flexómetro
5. Martillo
6. Cinta
7. Sistema de posicionamiento global GPS

5.11 Medición de la acumulación de suelo

La metodología empleada para desarrollar la evaluación de la acumulación de suelo, se puede resumir en las siguientes actividades, se utilizó 11 clavos en 20 sitios a cada 200 metros aproximadamente sobre el transecto central.

A continuación, se presentan los materiales que se usaron.

Materiales

1. Clavos de 6"
2. Pintura (2)
3. Cinta métrica
4. Flexómetro
5. Martillo
6. Cinta
7. Sistema de posicionamiento global GPS

Para medir la ganancia de suelo se siguieron los siguientes pasos: Se seleccionó el lugar y los puntos de referencia y se ubicaron con el GPS.

Después se mide a una distancia 10 m aguas arriba (Figura 8) en dirección con el bordo aguas abajo.



Figura 8. Distancias a medir entre clavos de 6".

Se colocan los clavos de 6" por cada metro dejándolos a una altura de 8 cm introducido sobre el nivel del suelo, (Figura 9).



Figura 9. Colocación del clavo.

De igual manera se ubicó un punto de referencia para colocar la cinta (Figura 10).



Figura 10. Referencia para ubicar el punto.

Se pintaron las piedras (Figura 11) en los puntos de inicio y al final de la colocación de los clavos en la distancia de los 6 metros, ya que así se pudo tener una fácil ubicación.



Figura 11. Piedras pintadas con el aerosol para facilitar la ubicación del sitio.

5.12 Diseño experimental

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar con tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, donde los tratamientos fueron las curvas a nivel. Los resultados se evaluaron con un análisis de varianza (ANVA) y con una prueba de comparación de medias por Diferencia Mínima Significativa ($p \leq 0.05$). Los datos de los Cuadros 4, 5, 6, 7, 8 y 9, se ordenaron (Cuadro 5, 7 y 9) para efectuarles los análisis mencionados. Los datos obtenidos de estos cuadros (4, 6,8) fueron con un muestreo selectivo, es decir, se seleccionaron puntos con características específicas para cumplir con los objetivos propuestos. Los datos ordenados se analizaron usando el software R. Versión 3.2.5.

Modelo del diseño completamente al azar

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

$$i = 1,2,\dots,t; \quad j = 1,2,\dots,n_i$$

Donde:

Y_{ij} es la observación del tratamiento i en la repetición ij

μ es la media verdadera general

τ_i es el tratamiento i -ésimo tratamiento

e_{ij} es el error experimental de la ij -ésima observación

5.13 Datos obtenidos de la medición de los clavos para la acumulación o pérdida de suelo según es el caso

Enseguida se presentan los datos obtenidos de las mediciones de los clavos tanto de pérdida y acumulación del suelo, durante los meses de evaluación (agosto 2016 a enero de 2017).

Para llevar a cabo un análisis de forma más clara se creó un archivo en Microsoft Excel, en donde se realizó el vaciado de todos los datos obtenidos para posteriormente ser analizados por medio de tablas y gráficas.

Los datos obtenidos de acumulación y pérdidas de suelo (cm) en campo se muestran en el Cuadro 20 del anexo 1, de este cuadro se obtuvo una base de datos homogénea para tres repeticiones en cada tratamiento (Curva de nivel) y realizar los análisis de varianzas que se presentan en esta investigación (ver cuadros 4-9). Para llegar a lo anterior, primero identificamos las variables tales como, pérdida y acumulación de suelo, que continuación se mencionan, tomando en cuenta en que la zona de estudio hubo algunas curvas de nivel que no se tomaron en cuenta ya que no se presentaron ningún dato en el experimento.

5.14 Obtención de los datos para la variable pérdida de suelo

Para la variable pérdida de suelo se seleccionaron los sitios que representan las curvas de nivel, y son los datos de valores del Cuadro 20 del anexo 1. La condición indicaba que para valores mayores de 8 cm presentaba pérdida. Esta selección

consistió en tomar dos datos y con estos se obtuvo un promedio para generar un tercer dato. Lo anterior, fue para obtener tres repeticiones por tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Datos experimentales de la variable pérdida de suelo

C N	Clavo	Pérdida cm	C N	Clavo	Pérdida cm
C1	1	8.1	C7	11	8.6
	2	8.2		3	8.5
		8.15		6	8.6
C2	10	8.2		7	8.2
	2	8.2		9	8.5
	4	8.1		10	8.1
	7	8.3	C13	7	9
	8	8.2		1	8.4
C4	9	8.1		6	8.4
	9	8.3	C14	8	8.6
	4	8.2		10	8.1
		8.25			8.35
C6	8	8.6	C15	1	8.1
	2	9.9		2	8.7
				3	8.5
	10	8.1		4	9.4
				7	8.3
				8	8.2
				9	8.3
				10	8.3

En esta selección donde había dos datos se sacó un promedio para obtener un tercer dato, y las curvas que tenían mayores datos se tomaban de dos pares y solo se obtenía un promedio. Ejemplo, tratamiento 1 curva 1 del Cuadro 4 ($8.1+8.2/2=8.15$)

Cuadro 5. Valores de perdida de suelo con tres repeticiones obtenidos del cuadro 4

Tratamientos	Repeticiones	Pérdida cm	Tratamientos	Repeticiones	Pérdida cm
T1	R1	8.1	T5	R1	8.55
	R2	8.2		R2	8.4
	R3	8.15		R3	8.3
T2	R1	8.2	T6	R1	9
	R2	8.2		R2	8.4
	R3	8.15		R3	8.4
T3	R1	8.3	T7	R1	8.6
	R2	8.2		R2	8.1
	R3	8.25		R3	8.35
T4	R1	8.6	T8	R1	8.4
	R2	9.9		R2	8.95
	R3	8.1		R3	8.25

5.15 Obtención de los datos para la variable acumulación de suelo.

Consideraciones

Los sitios representan las curvas de nivel, los valores que estas tienen (Cuadro 20 anexo1).

Variable acumulación. Se asignó a la variable acumulación a los clavos que en la medición inicial de enero nos midieron menos 8cm con valores encontrados en el rango 6.1<7.9 cm y los que no estuvieron en ese rango no se tomaron en cuenta por no ser significativos para el análisis estadístico, (Cuadro 6). Esto se realizó para obtener una muestra representativa de acumulación de suelo.

Parte alta, media y baja. A los datos ordenados en el rango mencionado se les clasificó como, parte alta, media y baja del área de estudio (Cuadro 8), a los cuales también se les efectuó un análisis de varianza como se le describe en el apartado diseño experimental.

Cuadro 6. Valores de acumulación de suelo obtenidos durante el experimento realizado en esta investigación

C N	Clavo #	Acum (cm)	C N	Clavo #	Acum cm	C N	Clavo #	Acum cm
C1	3	7.2	C13	2	7.1	C12	1	7.6
	4	6.4		3	7.6		2	7.6
	5	7.2		4	7.3		3	6.1
	8	6.8		5	7.6		4	6.6
	9	7.8		7	7.6		5	7.5
	11	6.6		9	6.8		6	7.6
C3	3	7.3	C14	10	7.6	C19	7	7.1
	8	7.9		11	7.4		8	7.6
C4		7.6	C16	1	7.6	C20	10	6.9
	2	7.8		2	6.8		11	6.7
	5	7.8		3	7.6		1	7.3
C6	11	7.8	C17	4	7.2	C18	2	7.4
	1	7.6		5	7.6		3	7.8
C7	3	7.9	C18	6	7.1	C19	4	6.8
	4	7.6		7	7.5		5	6.5
	5	7.7		8	6.9		6	6.8
	7	7.9		9	7.8		7	6.7
	8	7		11	7.4		9	7.5
	9	7.4		1	7.1		10	7.4
	1	7.8		2	7.3		3	6.5
C11	2	7.7	C19	3	7	C20	5	7.2
	8	7.9		4	6.5		6	6.8
C11	1	7.5	C20	6	6.5	C21	7	7.1
	2	7.1		8	6.2		8	6.6
	3	7.6		9	6.5		9	6.7
	4	7.7		10	7			
	5	7.4		11	7.2			
	6	7.5		1	7.2			
	10	7.8		2	6.8			
	11	7.6		3	6.9			
				4	7.2			
				5	7.3			
				6	7			
		7	7.7					
		8	7.4					
		9	7.9					

CN= Curva a nivel

Cuadro 7. Concentración de datos de la variable acumulación de suelo muestreados

Tratamientos	Repeticiones	Acumulación cm	Tratamientos	Repeticiones	Acumulación cm
T1	R1	6.8	T8	R1	7.35
	R2	7		R2	7.45
	R3	7.2		R3	7.2
T2	R1	7.3	T9	R1	7.2
	R2	7.9		R2	7.4
	R3	7.6		R3	7.35
T3	R1	7.8	T10	R1	7.2
	R2	7.8		R2	6.75
	R3	7.8		R3	6.35
T4	R1	7.75	T11	R1	7
	R2	7.65		R2	7.05
	R3	7.45		R3	7.15
T5	R1	7.8	T12	R1	7.35
	R2	7.7		R2	7.3
	R3	7.9		R3	6.65
T6	R1	7.3	T13	R1	6.85
	R2	7.65		R2	6.95
	R3	7.45		R3	6.65
T7	R1	7.6			
	R2	6.35			
	R3	7.55			

5.16 Datos de acumulación de suelo seleccionados para la parte alta, media y baja

De los datos anteriores de la acumulación de suelo del cuadro (6) se dividieron las curvas a nivel (Cuadro 8 y 9) alrededor del área de estudio en tres partes: alta, media y baja para conseguir un promedio final.

Cuadro 8. Valores de acumulación de suelo parte alta, media y baja en el área de estudio con tres repeticiones

Tratamientos	Curva real	Promedio acumulación	Promedio final cm
PARTE ALTA			
T1	C1	7	
T2	C3	7.65	R1 7.325
T3	C4	7.8	
T4	C6	7.61	R2 7.705
T5	C7	7.8	R3 7.8
PARTE MEDIA			
T6	C11	7.46	
T7	C12	7.16	R1 7.31
T8	C13	7.33	R2 7.33
T9	C14	7.31	R3 7.31
PARTE BAJA			
T10	C16	6.76	
T11	C17	7.066	R 1 6.913
T12	C19	7.1	R2 7.1
T13	C20	6.81	R3 6.81

Cuadro 9. Valores de la variable acumulación de suelo de la parte alta (T1), media T2 y baja (T3)

Tratamientos	Repeticiones	Acumulación	Ubicación
T1	R1	7.325	Alta
	R2	7.705	
	R3	7.8	
T2	R1	7.31	Media
	R2	7.33	
	R3	7.31	
T3	R1	6.913	Baja
	R2	7.1	
	R3	6.81	

5.17 Densidad

Para llevar a cabo esta actividad, se obtuvieron cuatro muestras (Cuadro 10) en distintos puntos de la curva a nivel a partir del transecto central. Para extraer la muestra de suelo se usaron los materiales utilizados para obtener la densidad aparente: la pala de jardinero para excavar el suelo, bolsas de plástico para guardar el suelo y luego tamizarlo con un tamiz de 10 mm, se usó también una probeta graduada de 1000 ml para medir el agua, se utilizó una balanza analítica para pesar el suelo, y periódico en donde se puso a secar.

Los pasos que se siguieron fueron: Se eliminó la basura de la superficie del suelo, luego se excavo un hoyo de aproximadamente 10x10x10 cm, con la pala de jardinero guarde todo el suelo extraído y se cerró para evitar pérdidas de humedad. Se recubrió la excavación con la bolsa de plástico, acomodándola dentro de la excavación cuidando que no se formaran pliegues mu gruesos en las paredes. Se llenó de agua un volumen conocido en la probeta graduada y se vertió el agua en la excavación cubierta con plástico hasta que la superficie del agua coincidió con la superficie del suelo. Después se anotó el volumen de agua empleado. Se trasladó la muestra de suelo a secar en el periódico, luego tamizar con el tamiz de 10 mm, se peso la bolsa con la muestra de suelo una vez que este seco. Y finalmente se calculó la densidad aparente tm^{-3} .

Cuadro 10. Resultados de la Textura del suelo

Punto	Textura	Método
3	Suelo migajón limoso Arena 38% Arcilla 20% Limo 42%	Método del Hidrómetro de Bouyoucos
8	Suelo arcilloso Arena 52% Arcilla 22% Limo 26%	Método del Hidrómetro de Bouyoucos
13	Suelo migajón Arena 52.4 % Arcilla 21.2% Limo 26.4%	Método del Hidrómetro de Bouyoucos
18	Suelo migajón arenoso Arena 68% Arcilla 19.2% Limo 12.8%	Método del Hidrómetro de Bouyoucos

Cuadro 11. Descripción de la Da del suelo

Punto	Textura	Volumen (ml)	Peso seco (g)	Ton/m³
3	Migajón limoso	630	768.1	1.21
8	Suelo arcilloso	700	918.2	1.31
13	Suelo migajón	558	741.0	1.32
18	Suelo migajón arenoso	525	675.4	1.28

5.18 Identificación de los impactos ambientales

La evaluación de los impactos de una mina de fosfato en California se desarrolla mediante la matriz de Leopold. Consiste en un cuadro de doble entrada cuyas columnas están encabezadas por una amplia relación de factores ambientales, y cuyas entradas por filas están ocupadas por otra relación de acciones causa de impacto. La matriz es un modelo para realizar estudios de impacto ambiental, es una forma de sintetizar y visualizar los resultados de tales estudios. (Pardo, 2002).

El diagnóstico del impacto se hizo en dos etapas: la preparación del sitio y operación segunda etapa en las cuales se hicieron la evaluación del impacto ambiental.

5.18.1 Descripción de la etapa preparación de sitio

En este apartado se mencionan las actividades que se desarrollaron en su momento.

.- Limpieza del terreno. Primeramente se realizó la limpieza del terreno el cual consistió en recoger todos los materiales existentes tales como escombros, pedería de madera, y basura en general.

.- Operación de equipo de maquinaria (ruido). El ruido que se produjo durante la ejecución del proyecto fue el generado por la máquina que efectuó el desmonte, nivelación y excavaciones por lo que no se ocasionaron impactos adversos de importancia significativa, ya que el efecto fue temporal y local.

.- Remoción de material de despilme (polvo). Se previó un impacto poco significativo sobre la calidad del aire causado por la circulación de vehículos. Se consideró la emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, y óxidos de nitrógeno los factores que determinen la cantidad de contaminantes emitidos por los automotores. No se previó una fácil dispersión de emisiones, dadas las condiciones

orográficas del predio, aun así el volumen de polvos y humos derivados del proyecto, en comparación con la totalidad del sistema ambiental, se considera parcialmente bajo.

.- Disposición de materia orgánica. Se estableció un buen manejo de los residuos que evito la contaminación del área del proyecto.

.- Construcción de bordos. Esta actividad comprendió la realización de las curvas a nivel.

.- Plantación de maguey. Consistió en la introducción de los magueyes en los bordos.

.- Limpieza en general de la obra. Después de establecer la plantación de maguey y de que todo quedo listo se recogió los materiales que pudieron haber quedado y fueron colocados o llevados a un basurero municipal.

5.18.2 Descripción de la segunda operación segunda etapa:

.- Colocación de los clavos y rondanas. El experimento fue en el mes de agosto se colocaron sobre aguas abajo los clavos y rondanas.

.- Medición de la erosión hídrica. Al término del experimento se fue a tomar los resultados siendo estos no significativos ya que solo pasó a ser a una acumulación del suelo.

.- Cálculo de la pérdida de suelo. Se hicieron los cálculos para obtener la perdida de suelo.

.- Cálculo de la acumulación de suelo. Se calculó la ganancia de suelo con su respectiva formula.

.-Diagnóstico del paisajismo. Se hizo una comparación paisajística en lo que fue la evaluación de este proyecto.

5.18.3 Características de los factores ambientales

- .- **Suelo:** recursos minerales, suelo, geomorfológicos.
- .- **Agua:** superficial, océano, subterránea, calidad.
- .- **Atmósfera:** Calidad (gases, partículas), clima (macro, micro) y temperatura.
- .- **Flora:** árboles, arbustos, pastos, cultivos, microflora, plantas acuáticas, especies amenazadas y barreras.
- .- **Fauna:** aves, animales terrestres incluyendo reptiles, pescados y mariscos, organismos bentónicos, insectos y micro fauna.

5.18.4 Asignación de magnitud e importancia de los impactos

El análisis del impacto ambiental (F) requiere la definición de dos aspectos de cada una de las acciones que puedan tener un impacto sobre el medio ambiente. El primer aspecto es la "magnitud" del impacto sobre sectores específicos del medio ambiente. El término "magnitud" se usa aquí en el sentido de grado, tamaño, o escala. El segundo aspecto es la "importancia" de las acciones propuestas sobre las características y condiciones ambientales específicas. La magnitud del impacto puede ser evaluada en base a hechos; sin embargo, la importancia del impacto se basa generalmente en un juicio de valor. Los valores numéricos de magnitud (cuantitativos) e importancia (cualitativos) reflejan un estimado de los impactos de cada acción (G). (Leopold *et al.*, 1971 citado Ponce 2008).

5.19 Identificación de impactos ambientales significativos

A continuación, se describe la metodología que se utilizó para la evaluación de los impactos ambientales del proyecto que nos compete en el presente estudio y sus resultados.

Esta matriz presenta una forma resumida del método de Leopold, en la cual se presentan todos los factores que afectarán tanto positiva o negativamente a los sistemas ambientales que se encuentren dentro de la esfera de acción del proyecto. (Pardo, 2002).

La Matriz está compuesta de un eje horizontal que contiene las acciones derivadas de las actividades, los procesos y las obras o lo que ocasiona impacto ambiental:

- Preparación del Sitio
- Operación primera etapa, y operación segunda etapa. Son las etapas que se enfocan principalmente este estudio

También está compuesta por un eje vertical que contiene las condiciones naturales del área, los elementos abióticos, y bióticos, sociales, culturales y económicos afectados por las actividades del proyecto.

- Factor Agua
- Factor Suelo
- Factor Atmósfera
- Factor Flora y fauna
- Factor Paisaje Natural
- Factor Socioeconómico

Los impactos relacionados con las acciones y las características afectadas se representan en las intersecciones de los ejes verticales y horizontales por medio de:

- Un signo - (perjudicial) ó
- Un signo + (benéfico).

- Un número que indica la Magnitud del impacto
- Un número que indica su importancia.

Magnitud: es la medida de la escala o la extensión del impacto (escala del -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3).

+3 Impacto Positivo Significativo.

+2 Impacto Positivo Poco significativo

+1 Impacto Positivo No Significativo

0 No se Identifica Impacto.

-1 Impacto Negativo No Significativo

-2 Impacto Negativo Poco Significativo

-3 Impacto negativo Significativo

Importancia: es la medida de la significancia comprendida como la generación de impactos relacionados (escala del 1, -10).

- 1 Puntual.
- 10 Regional.

Por su duración los impactos pueden ser

- Temporales
- Permanentes
- Por su Ubicación
- Puntuales
- Locales
- Regionales

La suma de filas y columnas, dan una idea muy clara del impacto global generado por una actividad o recibido por una característica (condición, proceso o factor). (Pardo, 2002).

VI. RESULTADOS

6.1 Pérdida de suelo (PS)

El análisis de varianza (ANVA) para la variable pérdida de suelo no mostró diferencia significativas ($p>0.05$) entre tratamientos. Sin embargo, al analizar los valores promedios de la variable con la prueba de comparación múltiple de medias DMS (Diferencia mínima significativa, $p=0.05$) se presentó diferencia significativas.

Los tratamientos T1 y T2 presentaron menor pérdida de suelo, con un valor para T1 de 43.56 ton/ha/año y T2 53.1432 ton/ha/año (Figura 12), esto indica en forma general que los bordos están haciendo su función demostrando que hay una infiltración, y no se desgata el suelo. Los cuales muestran que estas curvas de nivel son más aceptables para evitar la pérdida de suelo. Sin embargo, los tratamientos T3, T5, T6, T7, y T8 mostraron mayor pérdida de suelo los cuales mostraron valores de 72.6, 121.0968, 190.08, 110.88, y 158.8224 ton/ha/año respectivamente.

Se observa que la curva en la que hay mayor pérdida de suelo es el T4 con un valor de 251.7768 ton/ha/año.

Cuadro 12. Análisis de varianza de la variable pérdidas de suelo.

F.V	gl	SC	CM	Fc	Pr(>F)
Tratamientos	7	1.2224	0.17463	1.161	0.3767 NS
Error	16	2.4067	0.15042		
Error total	23				

C.V. = 4.60% Nivel de significancia NS= No significativo ($p>0.05$), **=0.01, Prueba (DMS, $p=0.05$)

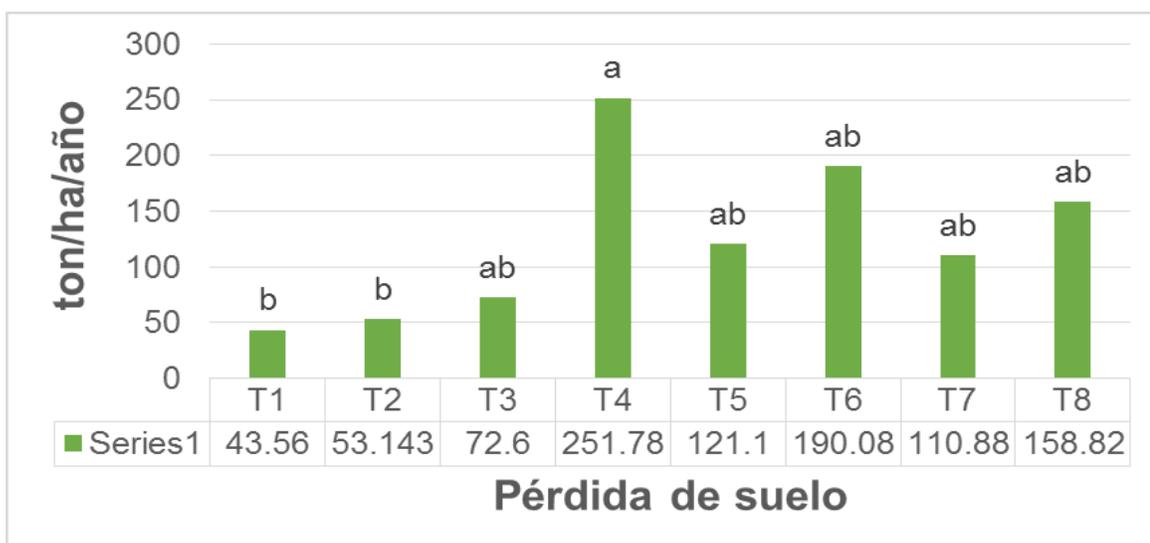


Figura 12. Efecto de tratamientos (Curvas de nivel) en la variable perdida de suelo.

6.2 Acumulación de suelo (ACS)

El análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de media (DMS, $\rho=0.05$) para la variable ACS mostró diferencia significativas ($p<0.05$) entre tratamientos (Cuadro 13 y Figura 13), los tratamientos en donde se concentró mayor ACS fueron: T1, T7, T10 y T13 los cuales presentaron mayores valores de ACS tales como: 290.4, 261.9, 387.6 y 374.7 ton/ha/año (Figura 13), estos tratamientos (curva de nivel) se encuentran en la parte media del predio, para efectos de ACS deben implementarse, ya que a mayor frecuencia de aplicación se obtendrían mejores resultados de conservación de suelos, lo cual favorecerá a la vegetación así como a una mejora de la pendiente (Figura 13). Por otro lado, el tratamiento T6 fue estadísticamente similar al T2 y T4 mostrando valores de 154.7832, 116.16 y 111.22 ton/ha/año, con lo cual se pueden establecer estrategias de conservación en menor grado con los tratamientos T1, T7, T10 y T13. Sin embargo, los tratamientos T3 y T5 mostraron menor ACS, con un valor para ambos de 58.08 ton/ha/año (Figura 13), indicando que estos tratamientos proveen de menor ACS para efectos de conservación ya que estadísticamente fueron iguales (Figura 13). Por lo tanto, no se recomiendan

se apliquen en terrenos con pendientes muy pronunciadas (del 30% o más). Las curvas a nivel tienen la finalidad de retener suelo en las escorrentías y en zonas con presencia de erosión y promueven la mayor humedad para el desarrollo de especies vegetales. La agricultura a curvas a nivel implica que las actividades agrícolas, tales como el barbecho, surcado, siembra y el resto de las prácticas de mantenimiento de los cultivos se realicen siguiendo las curvas a nivel. El propósito es reducir el escurrimiento superficial y propiciar la infiltración de agua en el perfil del suelo. Los cultivos se establecen de acuerdo con las curvas a nivel siguiendo la configuración del terreno. Para mantener el suelo en buenas condiciones se necesitan realizar acciones para restaurar suelos erosionados.

Cuadro 13. Cuadro de Análisis de varianza de la variable acumulación de suelo.

F.V	gl	SC	CM	Fc	Pr(>F)
Tratamientos	12	4.3186	0.35988	4.3153	0.0008786**
Error	26	2.1683	0.8340		
Error total	38				

C.V. = 3.95 %, Nivel de Significancia (p<0.05), Prueba (DMS, p=0.05)

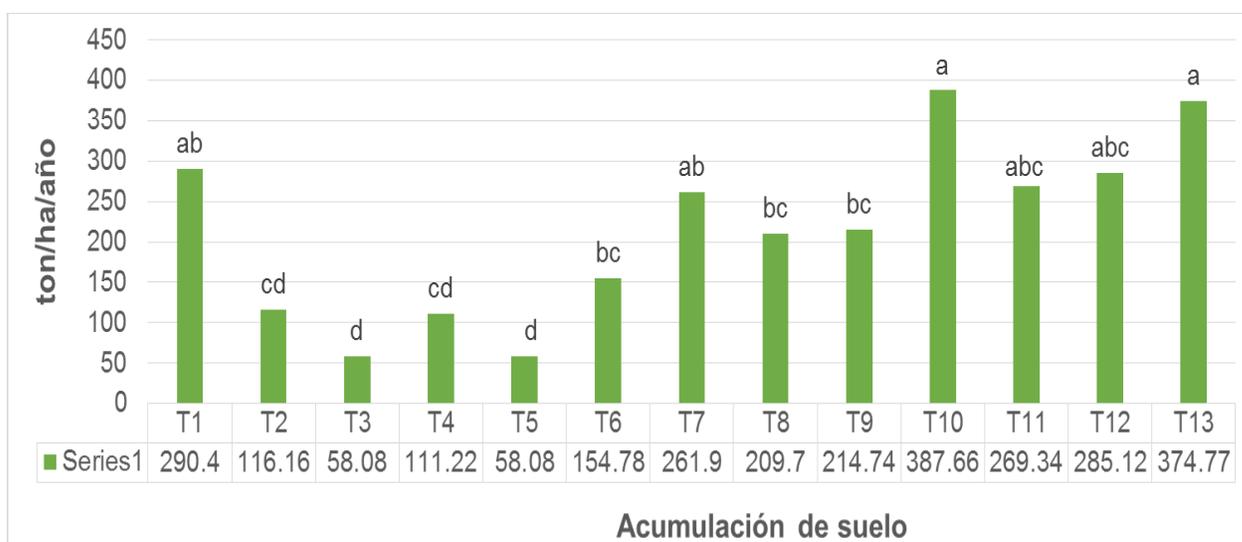


Figura 13. Efecto de tratamientos (Curvas de nivel) en la variable acumulación de suelo.

6.3 Resultados de la acumulación ubicados en la parte alta media y baja

El análisis de varianza (ANVA) para la variable acumulación de suelo de la parte alta, media y baja del área de estudio mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos (Figura 14). El tratamiento T3 presenta mayor acumulación de suelo, con un valor de 325.632 ton/ha/año, (Figura 14), lo cual indica a que influye la pendiente y la vegetación, así como también por el arrastre de sedimentos que estos vienen de la parte norte del área de estudio y se acumulan en ese tratamiento.

Por otro lado el T2 mostró un valor de 216.37 ton/ha/año de acumulación en la parte media del área de estudio, (Figura 14), esto indica que el suelo que se perdió en las curvas a nivel solo se acumuló la mayor concentración de ACS en la parte media y baja del área de estudio, es decir que solo hubo un cambio de suelo por arrastre. El T1 presentó un valor de 113.25 ton/ha/año, el cual indica menos ACS (Figura 14). Lo anterior es por el efecto (pendientes) de las curvas de nivel.

Cuadro 14. Cuadro de Análisis de varianza de la variable acumulación para la comparación alta media y baja de suelo.

F.V	gl	SC	CM	Fc	Pr(>F)
Tratamientos	2	0.67473	0.33737	11.918	0.008133**
Error	6	0.16984	0.02831		
Error total	8				

C.V. = 2.30%; **Nivel de Significancia ($p < 0.05$), Prueba (DMS, $p = 0.05$)

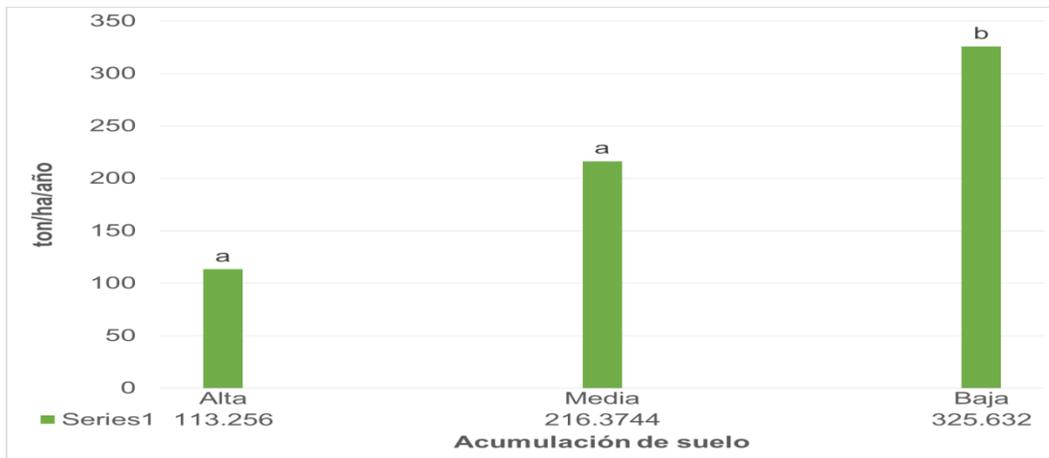


Figura 14. Efecto de tratamientos (Región alta, media y baja) en la variable acumulación de suelo.

6.4 Desarrollo de la Matriz de Leopold

Los resultados indican cuales son las actividades más nocivas o favorables para el ambiente y cuáles son los aspectos ambientales más afectados, positiva o negativamente. Una vez obtenido los valores de impactos, estos se conjugan con los parámetros establecidos de la Magnitud e Intensidad, para obtener el rango de valores de los impactos ambientales, según como se a continuación:

MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL														
	1	2	3	4	6	7	9	10	11	12	13	14	15	
	OPERACIÓN PRIMERA ETAPA PREPARACIÓN DEL SITIO							OPERACIÓN SEGUNDA ETAPA						
	LIMPIEZA DEL TERRENO	OPERACIÓN DE EQUIPO DE MAQUINARIA (RUIDO)	REMOCIÓN DE MATERIAL DE DESPALME (POLVO)	DISPOSICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA	CONSTRUCCIÓN DE BORDOS	PLANTACION DE MAGUEY	LIMPIEZA EN GENERAL DE LA OBRA	COLOCACION DE LOS CLAVOS Y RONDANAS	MEDICION DE LA EROSION HIDRICA	CÁLCULO DE LA PERDIDA DE SUELO	CÁLCULO DE LA ACUMULACION DE SUELO	DIAGNOSTICO DEL PAISAJISMO		
CAMBIOS DE CALIDAD	0	0	0	0	3	3	0	1	0	2	3	1		
MODIF. DE CAUCES DE LOS ESC.	0	0	0	0	1	1	0	1	0	2	2	1	AGUA	
CAMBIO NIVEL FREÁTICO DE LA PRESA	0	0	0	0	2	2	0	1	0	-1	1	2		
EROSIÓN HÍDRICA	0	0	0	0	3	3	-1	3	0	2	3	2	SUELO	
USO ACTUAL	1	0	0	0	2	2	0	1	0	2	2	2		
CAMBIO DE CALIDAD AIRE	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	ATMÓSFERA	
CLIMA	0	0	0	0	1	2	0	0	2	-1	3	3		
PRECIPITACIÓN	-1	0	0	0	2	3	0	0	1	1	2	1		
GASES DE COMBUSTIÓN	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
VEG. NOPAL, HUZACHE, TEPAL, MEZQUITE	-1	-1	0	0	-1	3	1	1	3	3	3	1	FLORA	
VEG. INDUCIDA MAGUEY	-1	0	0	0	2	2	0	0	3	3	3	3		
FAUNA (COYOTE, ARMADILLO, CONEJO)	-1	-1	0	0	2	3	0	0	0	1	1	2	FAUNA	
ESTÉTICA	-1	-1	0	0	1	3	1	1	1	-1	1	3	PAISAJE NAT.	
DEMOGRAFÍA	0	0	0	0	2	1	1	1	0	1	1	1	SOCIOECONÓMICOS	
EMPLEO	1	1	1	1	3	3	1	1	0	0	0	0		
SALUD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
NIVEL DE INGRESOS	0	1	1	1	2	2	1	0	0	0	0	0		
CULTURA Y EDUCACIÓN	1	0	0	1	2	2	1	0	0	1	1	3		

Nota: Valores positivos están de color verde y los valores negativos están de color rojo. Magnitud: (+) 3 Impacto Positivo Significativo, (+2) Impacto Positivo Poco Significativo, (+1) Impacto positivo No Significativo, (0) No Se Identifica Impacto, (-1) Impacto Negativo No Significativo, (-2) Impacto Negativo Poco Significativo, (-3) Impacto Negativo Significativo.

Figura 15. Matriz de Leopold

En base a la Figura 15, los valores obtenidos de la matriz de Leopold se suman cada fase del proyecto dando como resultado el Cuadro 15.

Cuadro 15. Resultados de la identificación de la magnitud de la matriz de Leopold

Preparación del sitio		Operación primera etapa		Operación segunda etapa	
Áreas de impacto		Áreas de impacto		Áreas de impacto	
Impacto positivo significativo +3	0	Impacto positivo significativo +3	10	Impacto positivo significativo+3	14
Impacto positivo poco significativo +2	0	Impacto positivo poco significativo +2	14	Impacto positivo poco significativo +2	12
Impacto positivo no significativo +1	10	Impacto positivo no significativo +1	11	Impacto positivo no significativo +1	24
No se identificó impacto 0	53	No se identificó impacto 0	16	No se identificó impacto 0	36
Impacto positivo no significativo -1	9	Impacto positivo no significativo -1	3	Impacto positivo no significativo -1	4
Impacto negativo poco significativo -2	0	Impacto negativo poco significativo -2	0	Impacto negativo poco significativo -2	0
Impacto negativo significativo -3	0	Impacto negativo significativo -3	0	Impacto negativo significativo -3	0
Total	72	Total	54	Total	90

Se suman cada uno de los impactos en cada etapa de la matriz para así obtener una suma total como se muestra en la figura 15.

Cuadro 16. Valoración de las áreas de impactos

Impactos	
impacto positivo significativo +3	24
impacto positivo poco significativo +2	26
impacto positivo no significativo +1	45
no se identificó impacto 0	105
impacto negativo no significativo -1	-16
impacto negativo poco significativo -2	0
impacto negativo significativo -3	0
Total	216

De la sumatoria total de los impactos que se presentaron en cada etapa de la matriz de Leopold (Figura 15) se obtuvo un total de 216 impactos(Figura 15), de los cuales 105 no se impactaron del total de impactos positivos si le estamos los impactos negativos tenemos un dominio de impactos positivos cuantificados (Cuadro 17).

Cuadro 17. Total de áreas de impacto con sus valores positivos y los negativos

Impactos	
Total de impactos positivos	95
Total de impactos negativos	-16
Resultado	79 de impacto positivo

La Matriz Leopold desarrolló una interacción para la identificación de impactos, de las acciones y factores ambientales como se puede apreciar en los siguientes cuadros 18 y 19 siendo los impactos a nivel regional.

Cuadro 18. Resumen de los resultados por factor ambiental

Resultados por factor ambiental								
	Agua	Suelo	Atmosfera	Flora	Fauna	Paisaje nat	Socioec.	
Impacto positivo significativo +3	3	4	3	8	1	2	3	
Impacto positivo poco significativo +2	6	7	4	2	2	0	5	
Impacto positivo no significativo +1	8	2	4	3	2	5	21	
No se identificó impacto 0	18	10	32	7	5	2	31	
Impacto negativo no significativo -1	1	1	5	4	2	3	0	
Impacto negativo poco significativo -2	0	0	0	0	0	0	0	
Impacto negativo significativo -3	0	0	0	0	0	0	0	
Totales	36	24	48	24	12	12	60	216

Con los resultados de la matriz en su sumatoria total de impactos por cada etapa del proyecto ha tenido más consecuencias positivas que negativas Figura 19.

Cuadro 19. Resumen de los resultados por etapa de proyecto

	Prep. Del sitio	Op. Primera et.	Op. Segunda et.	
Impacto positivo significativo +3	0	10	14	
Impacto positivo poco significativo +2	0	14	12	
Impacto positivo no significativo +1	10	11	24	
No se identificó impacto 0	53	16	36	
Impacto negativo no significativo -1	-9	-3	-3	
Impacto negativo poco significativo -2	0	0	0	
Impacto negativo significativo -2	0	0	0	
Totales	72	54	90	216

El impacto en los factores ambientales fue positivo, su magnitud tiene importancia a nivel regional y su duración es permanente.

6.4.1 Acciones a implementar de los impactos antes mencionados.

A continuación, se mencionan las medidas de prevención, mitigación y control, que se emplearon para mitigar los impactos ambientales adversos que ocasiono el desarrollo del proyecto:

.- Factor aire. Polvos fugitivos (atenuación). Durante el desarrollo de las excavaciones (para tomar nivel y para el desplante de plantas) se tuvieron humedecidas

las superficies de trabajo y terracerías susceptibles de formar tolvánicas, que evitó la dispersión de materiales particulares, mediante riego continuo con agua.

Se considerará el uso de lonas en los camiones que transportaron el material para evitar dispersión de polvos en el trayecto a la obra. No se permitió la quema a campo abierto de desperdicios sólidos.

.- Factor suelo. El retiro de la capa orgánica y de vegetación se llevó a cabo única y exclusivamente en las áreas que ocupó el proyecto y se almacenó en las áreas de maguey previamente desarrolladas.

Se prohibió quemar maleza, usar herbicidas y productos químicos en las actividades correspondientes a la limpieza del terreno.

.- Factor agua. La posible contaminación por infiltración al subsuelo por aguas alcantarilladas fue controlada con la implementación de las curvas a nivel con lo cual permitió que la erosión del suelo sea controlada; que estas acumulen suelo y permita una humedad en el suelo.

.- Factor biótico (flora y fauna). Una vez terminado el trazo de las curvas a nivel fue necesario implementar un programa de acondicionamiento de áreas verdes, utilizando los magueyes no se dejó al descubierto el suelo por un período largo de tiempo. De preferencia se debe manejar especies propias de la zona, que no tengan problemas de adaptación a las condiciones físicas y bióticas locales.

Lo anterior trae consigo que el proyecto minimice y amortigüe el impacto que puede provocar en algunos aspectos:

- Controlar y proteger el medio circundante.
- Favorecer la integración de proyecto al medio en donde se pretende desarrollar, dándole mejores elementos estéticos.
- Mejor conservación del suelo y de sus características.

.- Paisaje y valor escénico. El impacto visual negativo podrá ser mejorado con ayuda de las labores de jardinería, en este caso con el uso de magueyes.

.- Salud pública. En el caso de residuos sólidos se destinarán al basurero municipal. No deberá permitir la acumulación de los residuos sólidos en el sitio, por lo menos cada tercer día deberán ser entregados a las unidades de Limpia Pública.

.- Seguridad e higiene. Para prevenir cualquier contingencia, la empresa deberá:

- a. Capacitar al personal en materia de seguridad e higiene de acuerdo a la legislación vigente.
- b. Proporcionar el equipo de protección personal para el desempeño adecuado de sus actividades. Implementar servicios médicos de primeros auxilios.
- c. Para la contratación del personal, se les dará prioridad a las personas cercanas al proyecto esto para colaborar en la economía local en sus diferentes etapas.

6.5 Comparación paisajística

A continuación, se muestran unas fotos de una comparación paisajística de cuando se inició a trabajar en las curvas a nivel con la plantación de maguey que fue en el año 2013 a 2017 a la fecha. Se muestra como hay un incremento de vegetación y el crecimiento de algunas especies como es la gobernadora.

Zona norte del predio, a un lado del primer gavión. Poste que delimita la zona de estudio, con abundancia de gobernadora. (Figura 16).



Figura 16. Paisaje 2013 y 2016.

La vegetación ha incrementado y se ha extendido en el transcurso del tiempo.
(Figura 17)



Figura 17. Crecimiento de magueyes 2013 y 2016.

Se hizo una Práctica topográfica de la UAAAN utilizando el nivel montado para obtener la pendiente, y curvas a nivel. Crecimiento de la palma samandoca.(Figura 18)



Figura 18. Panorámica de la palma samandoca 2013 y fotografía 2016.

Poste ubicado en la cerca. Progresión de gobernadora. (Figura 19)



Figura 19. Representación 2013 y 2016.

Suelo de lomerío donde se encuentra de arenisca y lutita. Es un suelo litosol con poca vegetación (Figura 20)



Figura 20. Dominancia de piedras 2013 y 2016.

Aquí se puede apreciar el camino trazado por la maquina en ese entonces, se observa como aumento la vegetación en los últimos años. (Figura 21)



Figura 21. Pastizales con arbustos bajos y cactáceas 2013 y 2016.

VII. CONCLUSIÓN

El trazo de bordos a nivel y la plantación de magueyes tuvieron un efecto positivo en la zona de estudio, ya que evitaron la erosión del suelo y favorecieron la colonización de especies nativas.

Los tratamientos que mostraron mayor efectividad en la acumulación de suelo fueron el T3 presenta mayor acumulación de suelo, con un valor de 325.632 ton/ha/año, el T2 mostró un valor de 216.37 ton/ha/año y el T1 presentó un valor de 113.25 ton/ha/año.

No se detectaron efectos sobre la erosión hidria, posiblemente debido a una inadecuada posición de los clavos y rondanas, los cuales deberían haber sido colocados en la parte media entre un boro y otro para contrarrestar la influencia del bordo aguas abajo.

Para mejorar la estabilidad de los bordos se requiere sembrar pasto u otra herbácea o nopales, en los puntos de paso de los animales refozar con piedras, trazar nuevos bordos intermedios.

VIII. LITERATURA CITADA

- Anaya C. M., Martínez M. M., Trueba C.A., Figueroa S. B., Fernández M.O.** 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. 3ª edición. México. Pp 18, 21-23.
- Becerra Moreno Antonio.** 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. ed. UACH. 1ª edición. México. Pp 43-44, 50-51, 138, 140, 142, 145.
- Cotler H., Bocco G. y Velázquez A.** 2007. El análisis del paisaje como base para la restauración ecológica. INE Semarnat.
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/467/cotler.html> (22, agosto, 2016)).
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA.** 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo.
https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf (13, diciembre, 2016). P. 57.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola).** 2011. Guía sobre prácticas de conservación de suelos. Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras.
http://www.fhia.org.hn/downloads/guia_conservacion_de_suelos.pdf (15, agosto, 2016).
- FAO.** 2007. La agricultura y el medio ambiente: es hora de intervención mundial.
<http://www.fao.org/ag/esp/revista/0704sp1.htm> (19, agosto, 2016).
- FAO.** 2009. Guía para la descripción de suelos. <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf> (18, noviembre, 2016).
- FAO.** 2016. <http://www.fao.org/americas/perspectivas/suelo-agua/es/> (30, noviembre, 2016).
- Instituto Nacional Forestal Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.** 2005. Manual de agricultura de conservación para Nicaragua.
http://www.fao.org/ag/ca/doc/MANUAL_%20AC_%20PARA_%20NICARAGUA_1.pdf (18, agosto, 2016).
- INEGI.** 2011. Evaluación del riesgo de degradación del suelo en la cuenca del río Lerma, estado de México, utilizando plataformas SIG'S
http://www.inegi.org.mx/eventos/2011/Conf_Ibero/doc/ET6_52_DELACRUZ.pdf (28, agosto, 2016).
- Mercedes Pardo Buendía.** 2002. La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI teorías, proceso, metodología. Editorial fundamentos. Primera edición 2002. España. P. 138.

- Nava Rodríguez Bertha O.** 2014. Diversidad genética de maguey pulquero (*Agave salmiana* y *A. mapisaga*Trel) y uso de tecnologías agroecológicas. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. P. 235.
- Ponce M.** 2008. La matriz de Leopoldo para la evaluación del impacto ambiental. (http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html) (28, marzo, 2017).
- Rio negro, Universidad Nacional.** 2011. Evaluación del impacto ambiental. <http://unrn.edu.ar/blogs/matematica1/files/2013/04/5%C2%B0-Matriz-de-Leopold-con-plantilla.pdf> (10, abril, 2017).
- SAGARPA.** 2012. El suelo y la producción agropecuaria <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/EI%20suelo%20y%20la%20produccion%20agropecuaria.pdf> (30, noviembre, 2016).
- SAGARPA.** 2012. Topografía aplicada a obras coussa. Secretaria De Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México 2012. Pp. 7, 12, 13, 14. http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_TOPOGRAF%C3%8DA.pdf (01, febrero, 2017).
- SEMARNAT.** 2008. IPIA FREIGHTLINER. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. P. 10, 16. (<http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/coah/estudios/2008/05CO2008G0005.pdf>) (03, Febrero, 2017).
- SEMARNAT.** 2013. Impacto ambiental y tipos. <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/impacto-ambiental-y-tipos> (10, abril, 2017).
- Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.** 2006. Manejo de conservación de suelo y agua. <https://es.scribd.com/document/116558928/Manejo-y-Conservacion-de-suelo> (2, septiembre 2016).
- Universidad de Florida. Instituto de Ciencias de la Alimentación y de la Agricultura.** 1996. Guía para un paisajismo altamente favorable. http://www.saber.ula.ve/dspace/bitstream/123456789/35172/1/fynspanish_001.pdf (22, agosto, 2016).

Anexo 1. Valores de acumulación y pérdidas de suelo muestreados en campo realizados en 20 sitios (Curvas de nivel)

Cuadro 20. Sitios de muestreo = S1, S2, S3....S20

Clavo	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
1	8.1	8	SD	SD	SD	7.6	7.8	SD	SD	SD	7.5	7.6	8.4	7.6	8.1	7.1	7.2	SD	7.3	SD
2	8.2	8.2	SD	7.8	SD	9.9	7.7	SD	SD	SD	7.1	7.6	7.1	6.8	8.7	7.3	6.8	SD	7.4	5.7
3	7.2	8.5	7.3	2.2	SD	7.9	8.5	SD	SD	SD	7.6	6.1	7.6	7.6	8.5	7	6.9	SD	7.8	6.5
4	6.4	8.1	SD	8.2	SD	7.6	5.6	SD	SD	SD	7.7	6.6	7.3	7.2	9.4	6.5	7.2	SD	6.8	SD
5	7.2	8	SD	7.8	SD	8	8	SD	SD	SD	7.4	7.5	7.6	7.6	SD	1.6	7.3	SD	6.5	7.2
6	SD	SD	SD	SD	SD	7.7	8.6	SD	SD	SD	7.5	7.6	8.4	7.1	SD	6.5	7	SD	6.8	6.8
7	8	8.3	SD	SD	SD	7.9	8.2	SD	SD	SD	9	7.1	7.6	7.5	8.3	SD	7.7	SD	6.7	7.1
8	6.8	8.2	7.9	SD	8.6	7	7.9	SD	SD	SD	SD	7.6	8.6	6.9	8.2	6.2	7.4	SD	SD	6.6
9	7.8	8.7	8.3	SD	SD	7.4	8.5	SD	SD	7.6	3.7	5.1	6.8	7.8	8.3	6.5	7.9	SD	7.5	6.7
10	8.2	8.1	SD	8.3	SD	8.1	8.1	SD	SD	SD	7.8	6.9	7.6	8.1	8.3	7	8.2	SD	7.4	SD
11	6.6	SD	SD	7.8	SD	8.8	8.6	SD	SD	SD	7.6	6.7	7.4	7.4	7	7.2	5.9	SD	SD	SD