

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Retención de Sedimentos en Diferentes Obras de Conservación de Suelos en el
Predio Loma del Gorrión, Saltillo, Coahuila

Por:

SELENA GUADALUPE CANTORAL HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Retención de Sedimentos en Diferentes Obras de Conservación de Suelos en el
Predio Loma del Gorrión, Saltillo, Coahuila.

Por:

SELENA GUADALUPE CANTORAL HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobado por el Comité de Asesoría:



M.C. José Aniseto Díaz Balderas

Asesor Principal



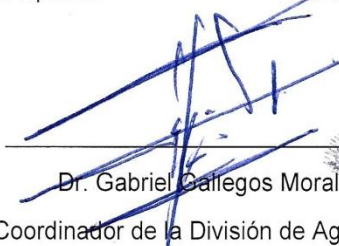
Dr. Alejandro Zárate Lupercio

Coasesor



M.C. Melchor García Valdez

Coasesor



Dr. Gabriel Callegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio 2018

El presente trabajo se realizó con el apoyo de la Asociación Civil Pronatura Noreste en la Reserva Natural Voluntaria “Loma del Gorrión” en donde se realizan actividades exclusivamente a la preservación de los ecosistemas y su biodiversidad; y del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dedicatoria

A Dios

Por haberme permitido llegar a este momento especial, por darme las cualidades y aptitudes necesarias en la vida.

A Mis Padres

Julio César Cantoral Luna y Emilia Hernández Orozco; por su amor, confianza, consejos, valores otorgados, su esfuerzo y constancia, porque a pesar de las adversidades me han brindado todo el apoyo incondicional y motivación a lo largo de mi vida. A tí padre por siempre buscar la forma de estar en familia, por ser ese hombre de gran nobleza, por tus virtudes, por nunca defraudarme, por ser ese hombre de fe, por ser mi maestro de vida. A tí madre por tu sabiduría, por tu paciencia, por apoyarme en cada etapa de mi vida, por tu fortaleza como mujer, por nunca rendirte, por siempre darnos más de lo que podías.

A mis abuelos

Sotero Hernández Canseco (†) y Sofía Orozco Manzos; A tí abuelito que en vida me brindaste amor, cariño, por tus consejos y regaños, por siempre apoyarme, enseñarme e inculcarme el respeto y amor hacia la naturaleza. A tí abuelita por tu amor, cariño, valores otorgados, por ser esa mujer amorosa, cariñosa, amable, responsable, por ser mi mejor ejemplo de vida, sobre todo ser esa mujer de fe y de hermosos sentimientos.

A mi hermana

Sheyla Yulitzín Cantoral Hernández; por tu amor, cariño, por siempre impulsar mis propósitos y acompañarme a lo largo de mi vida, por darme la dicha de ser tía, por nunca dejarme sola, por ser mi amiga.

A mi primo

Daniel Hudai Hernández Matías (†); A tí que en vida fuiste mi hermanito, por brindarme tu amor, cariño, por regalarme las mejores aventuras de la niñez, por demostrarme que en la vida hay que ser felices a pesar de las adversidades, por siempre en mi mente y corazón.

A mi sobrino

Iker Aarón Olán Cantoral; por tu amor sincero, por llenar de alegría nuestro hogar, por enseñarme a ser mejor hija y persona.

Agradecimientos

A mi familia

Por siempre brindarme el apoyo a lo largo de estos años, por su motivación, y quienes hoy día son parte importante de este logro.

A mi Alma Terra Mater.

Por proporcionarme los recursos necesarios para forjarme como Ingeniero Forestal, por ser esa institución de gran prestigio.

Al Departamento Forestal

A todos los que conforman ese gran equipo de trabajo que, a través de su dedicación y desempeño hacen posible la formación de los alumnos al compartir sus conocimientos e impulsar la honestidad en nosotros, para ser mejores en el ámbito forestal.! Muchas gracias ;

A mis Asesores

Al M.C. José Aniseto Díaz Balderas; por sus oportunas revisiones, comentarios asertivos y pertinentes a los avances de tesis que contribuyeron a la misma, también agradezco el valioso tiempo dedicado, así como el apoyo otorgado en las evaluaciones de campo; Al Dr. Alejandro Zarate Lupercio por haber sido parte del comité de asesoría; Al M.C. Melchor García Valdés por haber contribuido al presente trabajo. ¡A ustedes mi cariño y admiración!

A la asociación civil Pronatura Noreste

Por brindarme la confianza, así como las comodidades otorgadas en las fechas de evaluación para realizar este trabajo en el predio “Loma del Gorrión”, fueron parte clave para la investigación y mi formación profesional. ¡Muchas gracias!

Al Doctor Mauricio de la Maza Benignos

Por las facilidades otorgadas para el fácil acceso y el uso de la infraestructura del predio; Por su amabilidad e interés para la elaboración del presente trabajo en el predio “Loma del Gorrión”. ¡Muchas Gracias!

Al Biólogo Jesús Salazar Ortiz

Por su apoyo y disponibilidad otorgada para las evaluaciones de campo, así como las atenciones durante y después de las evaluaciones. ¡Gracias!

A la generación CXXV

Por el compañerismo a lo largo de estos años, por las anécdotas en el aula, así como en las prácticas de campo, por su empeño, por su dedicación. ¡Gracias Infinitas!

A mis amigos

Héctor, Yorlendi, Alejandro Gutiérrez, Deysi, Suriel, Alejandro Sánchez, Jazmín, Noel, Adrián, Nayeli, Adán, Lázaro, Nehemias y Mauricio; Por brindarme su amistad, consejos, cariño sincero, sus virtudes, compañía, confianza, por las anécdotas compartidas, en especial a; Pablo, Julio, Isaías y Luis Miguel por ayudarme a realizar las evaluaciones, sin su esfuerzo y dedicación este trabajo no sería posible. ¡Gracias totales!

A mi tío Salomón Juárez Orozco

Por brindarme su cariño, confianza, por siempre aconsejarme, y por todo el apoyo otorgado en mi estancia en Saltillo. ¡Muchas Gracias!

A tí Andrés Vergara Rodríguez

Por tu cariño sincero, confianza, por tu tiempo otorgado, por tus consejos, por tu compañía, por tu amistad. ¡Gracias!

A tí Sandra Saraí Miranda Granados

Por tu amistad sincera a través de los años, por tu confianza, cariño sincero, por tus consejos, por ser como una hermana para mí. ¡Gracias!

A todas las personas que de una u otra forma fueron parte esencial para la realización de este trabajo; así como para la culminación de mi carrera profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ABSTRACT	viii
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
2.3 Hipótesis.....	4
III REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1 Degradación de las tierras.....	5
3.2 Tipos de degradación	5
3.3 Factores causativos por tipo.....	7
3.3.1 Degradación de la vegetación:	7
3.4 Técnicas de Restauración de ecosistemas	8
3.5 Degradación del suelo.....	9
3.6 Técnicas de conservación	11
3.8 Trabajos a Fines.....	12
VI MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1 Antecedentes	14
4.2 Localización del área de estudio	14
4.3 Clima	16
4.4 Edafología	16
4.5 Vegetación	16
4.6 Hidrología	16
4.7 Fauna	17
4.8 Ubicación y Selección de las obras de conservación de Suelos	17
4.9 Metodología en campo	21
4.9.1 Metodología para la condición en cárcava	21
4.9.2 Metodología en condición de ladera	22
4.9.3 Trabajo de laboratorio	24
4.9.3.1 Para obtener el área sedimentada en cárcava.....	25

4.9.3.2 Para obtener el área sedimentada en piedra acomodada	31
4.9.4 Análisis Estadístico	33
V RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
5.2 Área de suelo sedimentado en condición de cárcava	34
5.3 Volumen de suelo sedimentado en condición de cárcava	36
5.4 Densidad aparente en condición de cárcava	37
5.5 Cobertura herbácea del área sedimentada en condición de cárcava	38
5.2.1 Altura promedio de capa sedimentada en condición de ladera	40
5.2.2 Área de suelo sedimentado en condición de ladera	41
5.2.3 Volumen de suelo sedimentado en condición de ladera.....	42
5.2.4 Densidad aparente en condición de ladera	44
5.2.5 Cobertura herbácea del área sedimentada en condición de ladera	45
VI CONCLUSIONES.....	49
VII LITERATURA CITADA.....	51
VIII ANEXOS	60

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Coordenadas de ubicación de las obras de presa de gavión en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	18
Cuadro 2. Coordenadas de ubicación de las obras de Piedra Acomodada en el predio "Loma del Gorrión" Saltillo, Coahuila.	19
Cuadro 3. Comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$), para el área sedimentada en los tres órdenes de escurrimiento.	35
Cuadro 4. Especies presentes en el área de azolve en los tres órdenes de escurrimiento, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	39
Cuadro 5. Comparación de medias Tukey ($\alpha =0.05$), para la altura promedio en las tres posiciones de la ladera.	40
Cuadro 6. comparación de medias Tukey ($\alpha =0.05$), para el volumen de suelo sedimentado en las tres posiciones de la ladera.	43
Cuadro 7. Especies herbáceas establecidas en las diferentes posiciones de la ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	15
Figura 2 Distribución de los puntos de muestreo en condición de cárcava en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	20
Figura 3 Distribución de los puntos de muestreo en condición de ladera en el predio "Loma del Gorrión" Saltillo, Coahuila.	20
Figura 4 Diagrama para la evaluación de sedimentos en condición de cárcava en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	23
Figura 5 Diagrama para la evaluación de sedimentos en condición de ladera en el predio "Loma del Gorrión" Saltillo, Coahuila.	24
Figura 6 Menú para crear un nuevo archivo en el software SolidWoks 2015.	25
Figura 7. Demostración para crear una pieza una representación en 3D de un único componente de diseño en el software SolidWorks 2015.	25
Figura 8 Representación de la ventana principal y edición de unidades del documento en el software SolidWorks 2015.....	26
Figura 9 Demostración del uso de la barra de tareas del software SolidWorks 2015.	27
Figura 10 Elaboración del croquis en el software SolidWorks 2015 de acuerdo a las dimensiones obtenidas en campo.	28
Figura 11 Representación del croquis de acuerdo a los datos obtenidos en las evaluaciones de campo.	28
Figura 12 Elaboración de la figura irregular de suelo sedimentado en el software SolidWoks 2015 obtenido de los ejes "X" y "Y" en campo.	29
Figura 13 Representación para agregar la altura de sedimentación por cuadrante evaluado en campo, en el software Solidworks 2015.	30
Figura 14 Representación para obtener el área y el volumen del suelo sedimentado, en el software SoliWorks 2015.....	30
Figura 15. Ejemplificación para la obtener el área de suelo sedimentado en condición de ladera, en el software SolidWorks 2015.....	31
Figura 16. Demostración para agregar la altura promedio obtenida en la evaluación de campo para cada punto de muestreo en el metro lineal en condición de ladera.	32
Figura 17.Representación para obtener el área y volumen del metro lineal en condición de ladera.	32

Figura 18 . Área actual de la cárcava en los tres órdenes de escurrimiento en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	34
Figura 19. Área sedimentada en los tres órdenes de escurrimiento en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	35
Figura 20. Volumen de suelo sedimentado por orden de escurrimiento en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	37
Figura 21. Densidad aparente por orden de escurrimiento, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	38
Figura 22. Cobertura herbácea en las tres órdenes de escurrimiento, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	39
Figura 23. Altura promedio de la capa sedimentada de las obras de piedra acomodada, en posición de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	41
Figura 24. Área de suelo sedimentado en las diferentes posiciones de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	42
Figura 25. Volumen de suelo sedimentado en cada posición de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	44
Figura 26. Densidad aparente en cada posición de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.	45

RESUMEN

El objetivo del presente estudio consistió en evaluar la retención de sedimentos a través del área sedimentada, densidad aparente, volumen, y cobertura herbácea; en el área sedimentada en los órdenes de escurrimiento primero, segundo y tercero en la condición topográfica de cárcavas, así como en la ladera alta, media y baja; lo anterior bajo el diseño experimental completamente aleatorio, considerando como covariable la distancia entre las presas filtrantes y entre las barreras de piedra en curvas a nivel en el predio “Loma del Gorrión”, Saltillo, Coahuila. Los datos obtenidos en campo, de las diferentes obras de conservación de suelos, se sometieron a un análisis de covarianza ($\alpha=0.05$) y posteriormente a una prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) en el paquete estadístico STATISTICA 7. Los resultados obtenidos muestran que el área de suelo sedimentado en la condición de cárcava presentó efectos significativos de la covariable ($Pr \geq F=0.05$); el orden de escurrimiento que mostró una media más alta de área actual de la cárcava fue el del tercer orden de escurrimiento (13.36 m^2); seguido por las del segundo orden de escurrimiento (12.38 m^2) y finalmente las del primer orden de escurrimiento (3.55 m^2); para la variable de volumen sedimentado en condición de cárcava no mostró efectos significativos de la covariable ($Pr \geq F 0.13$); la media más alta fueron los del tercer orden de escurrimiento (14.82 m^3); seguido por los del segundo orden de escurrimiento (13.52 m^3) y finalmente por los del primer orden de escurrimiento (3.11 m^3); la densidad aparente en condición de cárcava no presentó efectos significativos ($Pr \geq F=0.82$); la media más alta se presentó en los escurrimientos del tercer orden (0.65 g/ m^3), seguido por los escurrimientos del segundo orden (0.64 g/ m^3) y finalmente por los escurrimientos del primer orden (0.60 g/ m^3); y para la cobertura herbácea tampoco mostró efectos significativos ($Pr \geq 0.47$); La media más alta en la cobertura fue la del tercer orden de escurrimiento (99.16%); seguida por las repeticiones del segundo orden de escurrimiento (92.12%) y finalmente por las del primer orden de escurrimiento (89.58%). Mientras que para la variable altura promedio de la capa sedimentada en condición de ladera no mostró efectos significativos de la covariable ($Pr \geq 0.40$); El análisis de comparación de medias a través de la prueba Tukey ($\alpha=0.05$), presentó dos grupos compuestos de la siguiente manera; el primer grupo está formado por los

tratamientos de la posición media (0.13 m²) y alta (0.11 m²) de la ladera; y el segundo grupo está formado por la posición media (0.13 m²) y la posición baja (0.29 m²) de la ladera; en la variable área de suelo sedimentado no presentó efectos significativos ($Pr \geq 0.45$); la prueba Tukey ($\alpha=0.05$), mostró solo un grupo constituido por las tres posiciones de la ladera, la que mostró la media más alta es la posición baja (0.87 m²); posteriormente la posición media (0.82 m²) y por último la posición alta (6.74 m²) ; en el volumen de suelo sedimentado mostró efectos significativos ($Pr \geq 0.02$); el análisis de comparación de medias a través de la prueba Tukey ($\alpha=0.05$), mostro dos grupos de medias; los tratamientos de la posición media (0.131 m³) y los tratamientos de la posición alta (0.11 m³) de la ladera conforman el primer grupo, el segundo grupo está formado por los tratamientos de la posición baja (0.296 m³) y la posición media (0.131 m³) de la ladera; para la densidad aparente no mostró efectos significativos ($Pr \geq 0.03$); de acuerdo con las medias de las tres la que mostró la media más alta es la posición media (0.73 g/ m³); posteriormente la posición baja (0.71 g/ m³) y por último la posición alta (0.64 g/m³); y la variable cobertura herbácea no presentó efectos significativos de la covariable ($Pr \geq 0.65$); la posición de la ladera que mostró una media más alta fue la posición media de la ladera (56.50 %), seguida por la posición baja de la ladera (56.50 %) y finalmente la posición alta de la ladera (55.66 %) .

Palabras clave: Retención de sedimentos, obras de conservación de suelos, órdenes de escurrimiento, diferentes posiciones de ladera.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate sediment retention through the sedimented area, bulk density, volume, and herbaceous cover; in the sedimented area in the first, second and third runoff orders in the topographic condition of gullies, as well as in the high, medium and low hillside; the above under the completely random experimental design, considering as a covariate the distance between the filtering dams and between the stone barriers in curves at level in the "Loma del Gorrión" site, Saltillo, Coahuila. The data obtained in the field, from the different soil conservation works, were subjected to a covariance analysis ($\alpha = 0.05$) and then to a Tukey comparison test ($\alpha = 0.05$) in the statistical package STATISTICA 7. Los resultados obtenidos muestran que el área de suelo sedimentado en la condición de cárcava presentó efectos significativos de la covariable ($Pr \geq F=0.05$); el orden de escurrimiento que mostró una media más alta de área actual de la cárcava fue el del tercer orden de escurrimiento (13.36 m^2); seguido por las del segundo orden de escurrimiento (12.38 m^2) y finalmente las del primer orden de escurrimiento (3.55 m^2); para la variable de volumen sedimentado en condición de cárcava no mostró efectos significativos de la covariable ($Pr \geq F 0.13$); la media más alta fueron fueron los del tercer orden de escurrimiento (14.82 m^3); seguido por los del segundo orden de escurrimiento (13.52 m^3) y finalmente por los del primer orden de escurrimiento (3.11 m^3); la densidad aparente en condición de cárcava no presentó efectos significativos ($Pr \geq F=0.82$); la media más alta se presentó en los escurrimientos del tercer orden (0.65 g/ m^3), seguido por los escurrimientos del segundo orden (0.64 g/ m^3) y finalmente por los escurrimientos del primer orden (0.60 g/ m^3); y para la cobertura herbácea tampoco mostró efectos significativos ($Pr \geq =0.47$); The highest average coverage was that of the third order of runoff (99.16%); followed by the repetitions of the second order of runoff (92.12%) and finally by those of the first order of runoff (89.58%). While for the variable average height of the sedimented layer in hillside condition did not show significant effects of the covariate ($Pr \geq = 0.40$); The comparison analysis of means through the Tukey test ($\alpha = 0.05$), presented two groups composed as follows; the first group is formed by the treatments of the middle position (0.13 m^2) and high (0.11 m^2) of the slope; and the second group is formed by the average position (0.13 m^2) and the low position (0.29 m^2) of the slope here were no significant effects ($Pr \geq = 0.45$); Tukey test ($\alpha = 0.05$), showed only one group

constituted by the three positions of the slope, which showed the highest average is the low position (0.87 m^2); then the average position (0.82 m^2) and finally the high position (6.74 m^2); in the volume of sedimented soil showed significant effects ($\text{Pr} \geq 0.02$); the comparison analysis of means through the Tukey test ($\alpha = 0.05$), showed two groups of means; the treatments of the average position (0.131 m^3) and the treatments of the high position (0.11 m^3) of the slope make up the first group, the second group is formed by the treatments of the low position (0.296 m^3) and the average position (0.131 m^3) of the slope; for the bulk density it did not show significant effects ($\text{Pr} \geq 0.03$); according to the means of the three, the one that showed the highest average is the average position ($0.73 \text{ g} / \text{m}^3$), then the low position ($0.71 \text{ g} / \text{m}^3$) and finally the high position ($0.64 \text{ g} / \text{m}^3$); variable herbaceous cover did not present significant effects of the covariate ($\text{Pr} \geq 0.65$), the position of the slope that showed a higher average was the average position of the slope (56.50%), followed by the low position of the slope (56.50%) and finally the high position of the slope (55.66%).

Keywords: Sediment retention, soil conservation works, runoff orders, different slope positions.

I INTRODUCCIÓN.

El suelo es un recurso natural considerado como no renovable, debido a lo complicado que resulta su recuperación, ya que tarda miles de años en formarse (Silvia y Correa, 2009); este se forma a medida que la roca se rompe y se integra con ayuda de los organismos que en él habitan, crean partículas que se unirán con la materia orgánica y los restos de seres vivos externos en descomposición y se localiza en la intersección de las capas internas del planeta, litosfera, hidrosfera y atmosfera (Gardi *et al.*, 2014).

Este proporciona los servicios ecosistémicos fundamentales para la coexistencia de los seres vivos en el planeta, mediante el ciclo de nutrientes, la fijación de carbono y nitrógeno, la infiltración, purificación y almacenamiento del agua (SSSA, 2002); mientras que para el ser humano es la base para diversos aspectos económicos como la agricultura, ganadería, extracción de minerales y de materiales para la construcción, soporte para las edificaciones, eliminación de residuos entre otros (Dorronsoro, 2007).

Por otra parte, la erosión es un término que se aplica para describir el desprendimiento y eliminación del suelo por su transporte y dispersión, que como efecto genera suelos pobres, reduciendo el crecimiento de la vegetación. Se clasifica en erosión natural y antropogénica, existen dos procesos principales que determinan la erosión del suelo: la erosión eólica y la erosión hídrica (Olafur *et al.*, 2001); lo anterior ocasiona la degradación del suelo, que reduce o elimina sustancialmente las funciones que en él se realizan y la capacidad para sostener los servicios ecosistémicos esenciales para el ser humano (FAO, 2015). La degradación cubre aproximadamente el 24 por ciento del área terrestre con 35 millones de km², de los cuales, el 23 por ciento está en bosques de latifoliadas, 19 por ciento en bosques de coníferas, y un 20 a 25 por ciento en pastizales (Bai *et al.*, 2008).

La problemática del medio ambiente ha sido un tema importante para la humanidad, por lo que ha surgido el interés tanto por figuras políticas y países, que se han realizado medidas para reducir el impacto de las actividades humanas, a través de

tratados, cumbres y convenios entre países, para el desarrollo sostenible de los recursos naturales.

Los tratados internacionales más relevantes: Carta mundial de la naturaleza aprobada el 28 de octubre de 1982 por la Asamblea General de las Naciones Unidas Establece la estrategia mundial para la conservación de los recursos naturales y preservación del medio ambiente; Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) en 1992, programa diseñado para reducir los gases de efecto invernadero; protocolo de Kyoto en 1998 y tiene como fin promover el desarrollo sostenible, para la limitación y reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero; el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) en 1992 tiene como objetivo general promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación celebrada el 17 de junio de 1994 en París, tiene como objetivo luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía en países afectados por sequía o desertificación.

En México la ley que regula la gestión ambiental es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente emitida el 28 de enero de 1988, de la que derivan los cuatro reglamentos en materia de Impacto Ambiental, en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica; en materia de ordenamiento ecológico; en materia de áreas naturales protegidas y en sus artículos, en materia : 3o, 15o, 78o y 108o estipula las medidas para el uso de los recursos no renovables así como la formulación y ejecución de programas en restauración ecológica.

México es un país mega diverso, lo cual se asocia a diversos factores, entre ellos los tipos de suelos. En nuestro país se presentan 28 de los 32 tipos de suelos existentes en el mundo, en los cuales el 64% de los suelos del territorio nacional presentan problemas de degradación, 13% son terrenos desérticos o rocosos y zonas abandonadas o improductivas y tan solo 23% del territorio nacional cuenta con suelos que mantienen actividades productivas sustentables o sin degradación aparente (INEGI, 2015). La degradación química abarca la mayor parte de la extensión del territorio nacional (34 millones de ha, 17.8%), la erosión hídrica (22.7 millones de ha, 11.9%), eólica (18.1 millones de ha, 9.5%) y, al final, la degradación física (10.8 millones de ha, 5.7%); los suelos que no presentan degradación aparente ocupaban el 55.1% restante del territorio nacional (SEMERNAT,2015).

Una forma de mitigar los procesos erosivos es a través de los servicios ambientales, los cuales son una alternativa para la protección de los ecosistemas, y de procesos ecológicos que tienen como fin asegurar la sustentabilidad de los servicios que estos proporcionan (Cornejo *et al*, 2014); los principales servicios ambientales en México son: Captación, infiltración y provisión de agua de calidad y en cantidad suficiente, conservación de la biodiversidad, mitigación de los efectos del cambio climático mediante la captura y almacenamiento de carbono, retención y formación de suelo, y belleza escénica (SEMARNAT, 2012).

Actualmente en México la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) implementa programas y acciones para frenar y revertir las tendencias de la degradación de los suelos forestales, así como atender las causas y los procesos que provocan su degradación, por lo que ha implementado un programa de Conservación de Suelos, opera el de Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo, el programa de Lucha Contra la Desertificación y el de Restauración Forestal en Cuencas Hidrográficas Prioritarias (COAFOR, 2013).

Las obras de conservación de suelos son estructuras construidas en función de las condiciones de degradación, así como de las características del terreno a restaurar, son realizadas por instancias de gobierno, organizaciones no gubernamentales y particulares, con ello se pretende la protección, conservación y restauración del suelo (CONAFOR, 2007); sin embargo, no se ha evaluado la efectividad en la retención de sedimentos, por lo anterior, el presente trabajo tiene como finalidad evaluar la eficiencia de retención de sedimentos de las obras de conservación de suelo: Presas de Gavión en condición de cárcava dentro de tres órdenes de escurrimiento y de Acondonamiento de Piedra en curva a nivel en tres posiciones de ladera, establecidas en el predio Loma de Gorrión del Municipio de Saltillo, Coahuila.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la retención de sedimentos en diferentes tipos de obras de conservación de suelo en diferentes condiciones topográficas, en el predio Loma del Gorrión, Saltillo, Coahuila.

2.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la cantidad de suelo retenido por presas de gavión en cárcava en los diferentes órdenes de escurrimiento.
2. Evaluar la cantidad de suelo retenido en barreras de piedra en curva a nivel en tres posiciones de ladera.

2.3 Hipótesis

Ho: La retención de sedimento es igual en las obras de conservación de suelo en tres órdenes de escurrimiento en cárcava; así como en las diferentes posiciones de ladera en las barreras de piedra en curva a nivel.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Degradación de las tierras

La degradación es un fenómeno extenso influenciado por factores tanto naturales como socioeconómicos, y es un problema complejo, las definiciones existentes de degradación de la tierra, los métodos para su evaluación, y las acciones relacionadas son variadas y a veces contradictorias (IFPRI, 2011).

La degradación de las tierras es definida como la disminución o pérdida de la capacidad biológica de los ecosistemas, generados por procesos naturales y actividades antropogénicas en base al cambio de uso de suelo, por prácticas de deforestación para promover la agricultura, ganadería y urbanización, siendo estos incrementados por los efectos del cambio climático y la sobreexplotación de los recursos naturales (UNCDD, 2013); mientras que Kertész (2009) considera que la degradación de la tierra es la disminución de manera temporal o permanente de las funciones de un ecosistema en su capacidad productiva a largo plazo, causada por la destrucción o deterioro de los ecosistemas, afectando la biodiversidad asociada, los procesos ecológicos y de resiliencia de los ecosistemas. se presenta en distintos aspectos tanto en espacio y tiempo, esto de acuerdo a la correlación de los componentes o factores que interactúan en la degradación de las tierras como la degradación de los suelos, la calidad y cantidad de agua, así como los recursos bióticos; los factores causativos pueden presentarse de manera natural a través de los fenómenos hidrometeorológicos extremos y los antrópicos, causadas por las actividades agropecuarias, forestales, industriales, mineras en si todas las actividades o aspectos que llegan a sobreexplotar los recursos del planeta, también pueden realizarse a través de una combinación de ambos (SEMARNAT, 2011).

3.2 Tipos de degradación

García (1989) considera al suelo, bosque y agua como un sistema vital que por agentes antrópicos (contaminación, sobre explotación de los recursos naturales, abandono agrícola etc.) y agentes naturales (climas extremos, índice de aridez,

lluvias torrenciales, terremotos, incendios forestales, etc.) llegan a presentar degradación.

La desertificación es un concepto que hace referencia a la degradación que sucede en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas causadas por las variaciones climáticas y actividades humanas, cuando esto sucede en las áreas secas del planeta estas se asemejan y presentan características de un desierto. La degradación se realiza en cualquier lugar, pero se denomina desertificación cuando se realiza en tierras secas.

Las causas de la degradación de las tierras más frecuentes son la deforestación, pastoreo excesivo de las tierras, inundaciones y salinización de las tierras de riego, contaminación por causas industriales (Padilla *et al.*, 2009); por otra parte Gabriels y Cornelis (2015) definen los indicadores de los complementos biofísicos de degradación de tierras; degradación del suelo causadas por efectos de: erosión, disminución de la fertilidad, pérdida de materia orgánica y salinización; degradación de la vegetación por deforestación, incendios forestales o provocados; degradación de los recursos hídricos a través de la contaminación y eutrofización.

El informe GLASOD (1990) identifica y describe cuatro niveles de degradación de las tierras; degradación ligera cuando el terreno a reducido su capacidad para la agricultura, pero puede ser usado para las prácticas agrícolas locales, la restauración puede realizarse por medio de modificaciones en el sistema de manejo, en él las funciones bióticas han sido afectadas parcialmente; degradación moderada, se presenta cuando el terreno a reducido perceptiblemente la capacidad productiva, pero es adecuado para el uso de los sistemas agrícolas locales, en él las funciones bióticas también han sido parcialmente afectadas; la degradación fuerte, es cuando el terreno no es recuperable a nivel de predio, se requieren obras de ingeniería para su restauración y las funciones bióticas originales han sido deterioradas de forma importante; y la degradación total, cuando el terreno no es recuperable y la restauración no es posible en este nivel las funciones bióticas originales están completamente destruidas.

Los principales procesos de degradación del suelo pueden ser clasificados en los que se realizan a causa del desplazamiento del suelo ya sea por erosión hídrica o eólica e interna, mediante la degradación física y química (Porta y López, 2005).

3.3 Factores causativos por tipo

3.3.1 Degradación de la vegetación:

En la actualidad la deforestación se debe a la explotación forestal, que tiene como fin la apertura a campos de cultivo y áreas de pastoreo, establecimiento e infraestructura urbana y rural, lo que conlleva a la construcción de carreteras, presas, caminos, y los fenómenos naturales entre los cuales que destacan los incendios, deslizamientos de tierra, inundaciones, y los huracanes entre otros (Geist y Lambin, 2002).

La deforestación causa el cambio climático debido a que representa un 20 por ciento de las emisiones de efecto invernadero causadas por el ser humano en el mundo, estos fenómenos están directamente interrelacionados, ya que el cambio climático puede realizar efectos de inestabilidad en la temperatura, provocando así el aumento de los incendios forestales, actualmente el cambio climático ya afecta a la biodiversidad de los bosques, los bosques degradados o fragmentados por algún disturbio natural como antropogénico no tienen la capacidad de tolerar la inestabilidad en temperatura y precipitación, en el ámbito social han afectado los cultivos, la disminución del agua (WWF, 2011).

Degradación antropogénica:

El incremento demográfico y las actividades agroindustriales insostenibles han aumentado en todo el mundo los efectos de cambio climático que conllevan modificaciones de las precipitaciones, generando sequias e inundaciones intensas con mayor frecuencia, así como el aumento de las temperaturas (UNCCD, 2015).

Los incendios forestales son causados por fenómenos naturales como descargas eléctricas y la erupción de volcanes, las actividades humanas son las que provocan el mayor porcentaje de estos siniestros causados por las actividades de urbanización, y de roza-tumba y quema, además de las intencionadas con fines de explotación maderable, o provocadas por descuido ya sea por el olvido de apagar fogatas y cigarrillos en áreas forestales (CONAFOR, 2010).

Las sequias son causadas o se clasifican en dos categorías las de origen natural, basados en fenómenos como el niño, las variaciones de temperatura y los de interacción entre el océano y la atmosfera; y los de origen antropogénico, a pesar del que el clima cambia de forma natural se ha demostrado que los cambios climáticos en los últimos años se deben a las actividades humanas, formadas por la degradación de los ecosistemas (degradación del suelo, deforestación y desertificación), quema de combustibles fósiles (Ortega, 2013).

3.4 Técnicas de Restauración de ecosistemas

La restauración ecológica es una actividad intencional realizada por el ser humano en un ecosistema que presenta deterioro de sus componentes bióticos y abióticos que tiene como objetivo mejorar un ecosistema degradado, dañado o destruido en cuanto a su estructura, salud y sustentabilidad (SER, 2004)

Es considerada como una disciplina que tiene como objetivo propiciar el retorno al estado natural del ecosistema a través de la conservación, el grado de recuperación del ecosistema dependerá de la capacidad de resiliencia para mejorar la estructura, y las funciones bióticas y abióticas después de un disturbio natural o antropogénico (Sánchez *et al.*, 2008).

Para llevar a cabo las acciones de restauración en un área determinada intervienen factores naturales como sociales, estos serán definidos de acuerdo con las necesidades de cada ecosistema, así como para cada componente dentro del ecosistema mismo (Vargas y Reyes, 2011).

Ortega *et al.* (2013) describe a las técnicas de restauración ecológica como obras para la conservación de especies de flora y fauna con el fin de mejorar los servicios ambientales para las comunidades que habitan en o a sus alrededores, las acciones a realizarse dependen del grado de deterioro que presenta el ecosistema a restaurar; en el caso de los ecosistemas terrestres usualmente se efectúan las siguientes actividades: restauración pasiva consiste en la eliminación o disminución de los disturbios ocasionados por la agricultura y el sobrepastoreo, siembra de especies nativas, esto se realiza de acuerdo a la capacidad de regeneración del lugar, plantaciones forestales con especies nativas, dispersión de semillas de especies nativas. Para los ecosistemas acuáticos se realizan las siguientes

actividades: se tiene un ecosistema que corresponda a la misma cuenca hidrográfica con características naturales similares el cual servirá como referencia para determinar cuándo se haya llegado a restaurar parcial o completamente el ecosistema, para comenzar las acciones de restauración en ecosistemas acuáticos se debe impedir la entrada de flujos que presenten contaminantes, residuos sólidos y la introducción de especies invasoras acuáticas, semiacuáticas y terrestres, y conjuntamente se realizaran labores como dispersión de semillas nativas, plantación de estacas en la vega de los afluentes que componen al ecosistema.

De acuerdo con FAO (2015) el suelo es considerado un ecosistema debido a su complejidad, ya que en él alberga a un sin fin de organismos que interactúan y ayudan a los ciclos globales que hacen posible la vida en el planeta, dado a que no hay lugar de la naturaleza con mayor existencia de especies que los suelos.

El suelo es un fijador de carbono a través de la fotosíntesis debido a la biomasa vegetal, en él se desarrollan las cadenas tróficas de los seres vivos de microfauna, mesofauna y macrofauna, ya que los herbívoros dependen de la biomasa vegetal, y los carnívoros dependen de estos para coexistir, y por ende sirven como alimento a los organismos descomponedores, es por ello que el suelo es el principal generador de productos y servicios terrestres (Gardi *et al.*, 2014).

Mientras que la Alianza Global de Los Jóvenes y Las Naciones Unidas por sus siglas en inglés (YUNGA, 2014) lo define como la capa más externa de la tierra en la que crecen plantas y árboles, se usan muchos términos para referirse algunos son: tierra, barro y suelo, el término tierra hace referencia al suelo en general, así como un nombre en general para el planeta, la palabra barro a una mezcla líquida o semilíquida creada de una porción de tierra y agua, y el término suelo es la capa superior de la superficie de la tierra en ella se establece las plantas.

La degradación del suelo es definida como erosión, este término proviene del vocablo latín “*enrodare*” el cual hace referencia al desgaste o destrucción realizados en la superficie de un cuerpo por la fricción continua y violenta de otro (Clapton, 1983).

3.5 Degradación del suelo

La degradación física se refiere al deterioro o pérdida de la estructura del suelo a causa de agentes naturales como el viento, agua y está relacionado estrictamente con la disminución del tamaño de las partículas o textura del suelo (Lozano *et al.*, 2002). De acuerdo con Phogat (2015) las propiedades físicas que tienen un papel en la determinación de la capacidad del suelo para usos ambientales, agrícolas y de ingeniería son la textura, estructura, densidad aparente y porosidad; esto en cuanto la capacidad de retención, disponibilidad de agua y de nutrientes para las plantas, las propiedades físicas también influyen en las propiedades químicas y biológicas.

La fragilidad o susceptibilidad de los suelos a la degradación física es primordialmente en la textura y estructura; esta última propiedad física se ve afectada por las actividades antropogénicas del uso inapropiado de maquinaria agrícola, pastoreo excesivo, tala y quema de bosques, otras formas de degradación físicas son el encostramiento del suelo, como efecto de la formación de una capa dura sobre la superficie de éste, disminución del intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera y la emergencia de las plántulas; la compactación se debe al aumento de la densidad aparente, causada por la acción de fuerzas o presiones sobre el suelo; la degradación química, es causada por el hombre por su intervención inapropiada sobre el suelo, siendo estas un poco más resistentes que algunas de las propiedades físicas, las formas comunes de degradación química son: la lixiviación a causa del riego constante o lluvias torrenciales, la explotación de nutrientes por consecuencia del sobrepastoreo, la pérdida o disminución de humos provoca la pérdida de la capacidad de intercambio catiónico, la acidificación como efecto de actividades antropogénicas (riego intensivo, nula o escasa reposición de los nutrientes extraídos por los cultivos, utilización excesiva y continua de fertilizantes ácidos); la degradación biológica de los suelos consiste en la reducción de los contenidos de humus, materia orgánica y la población de organismos (Orsag, 2010).

Los procesos de degradación química de los suelos son causados por los factores, extracción de nutrientes mediante la pérdida de materia orgánica y disminución de elementos físico químicos; por otra parte, la degradación física se puede dar por la concentración de sustancias tóxicas y/o la disminución de los procesos intercambiables del suelo; son causados por los desechos de las actividades industriales como hidrocarburos y metales pesados (Ortiz *et al.*, 1994).

La erosión es un proceso natural, pero se llega a clasificar como degradación cuando se presentan actividades antropogénicas que provoquen su aceleración; por lo tanto, se define degradación de suelo cuando se presenta la pérdida de la capa superficial del suelo por efecto del viento o del agua (Otero, 2010).

La erosión hídrica de acuerdo con Cisneros *et al.*, (2012) es aquella que se produce por el desprendimiento, transporte y depósito de las partículas del suelo por acción de los siguientes agentes: la energía cinética de las gotas de lluvia durante el impacto con la superficie del suelo provocando la separación y dispersión de las partículas de suelo, y al unirse las partículas compuestas por el agua y el suelo provocan la erosión laminar, en surcos y cárcavas; todos estos agentes son causados por los factores climáticos y las características del relieve; y si el suelo presenta una pendiente pronunciada el agua no podrá ser absorbida esta se desplazará a favor de la pendiente en forma de escorrentía, transportando consigo partículas de suelo; los agentes de desplazamiento del suelo son el viento y el agua (Sanders, 2004).

La erosión eólica es un proceso de degradación de las tierras y puede ser de origen natural y ocurre en distintas partes del mundo (Lal, 1990); las regiones susceptibles a este tipo de erosión son los que se caracterizan por presentar o tener climas áridos o que presentan escasas lluvias, elevadas tasas de evapotranspiración, altas temperaturas y fuertes vientos (Woodruff y Lyles, 1967). Martínez (2002) la define como el proceso de disgregación, remoción y transporte de las partículas del suelo por la acción del viento.

Para mitigar el proceso de degradación de los suelos, se han aplicado técnicas o prácticas que ayudan a preservar las características físicas, químicas y microbiológicas que con ello permiten mantener su capacidad productiva. Con las técnicas de conservación de suelos se pretende reducir o eliminar el arrastre de las partículas del suelo por acción del viento y la acción de la escorrentía permitiendo (Gaete, 1999).

3.6 Técnicas de conservación

De acuerdo con Becerra (2005) las técnicas de conservación de suelos son denominadas prácticas para el combate de la erosión, los diseños de éstas se basan

en estudios de la mecánica del desprendimiento y transporte de las partículas del suelo, clasificándolas de la siguiente manera; las estrategias biológicas son aquellas que tienen como materia prima la vegetación, y algunas prácticas agronómicas, estas influyen en el desprendimiento y transporte de las partículas de suelo; las estrategias mecánicas están basadas en la manipulación de la topografía superficial del terreno, tienen como efecto la disminución del transporte de las partículas del suelo; y las estrategias preventivas y curativas son las que pretenden mantener la fertilidad del suelo, los mejores resultados para la disminución de la erosión del suelo se obtienen de la combinación de las practicas biológicas y mecánicas.

García (1962) clasifica a las obras de acuerdo a la localización de la erosión en el terreno; en la cuenca usando acciones biológicas como coberturas vegetales, practicas mecánicas uso de terrazas y fajas, prácticas de obras transversales, fajas, albaradas y palizadas, en el cauce, dentro del área de erosión, realizando obras transversales como diques de consolidación y diques de retenida, en el área de sedimentación obras longitudinales como cubiertas vegetales, muros de defensa y mixta una combinación de las antes mencionadas; en el cauce fluvial utilizando obras longitudinales como revestimientos; mientras que la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2007) clasifica las obras de conservación de suelos de acuerdo al tipo erosión; las obras para el control de erosión en cárcavas (Presa de malla de alambre electrosoldada o ciclónica, presa de morillos, presa de ramas, presa de piedra acomodada, presa de geo costales, presa de llantas, presa de mampostería y presa de gaviones) siendo estas complementadas con obras en taludes (cabeceo de cárcavas, estabilización de taludes, protección y conservación de caminos);Obras para el control de erosión laminar; Terrazas (terrazas de muro vivo, terrazas de formación sucesiva, terrazas individuales y barreras de piedras en curvas a nivel); Zanjias (zanjas trincheras, sistema de zanja bordo, zanjias derivadoras de escorrentía, bordos en curvas a nivel, roturación) y prácticas vegetativas (cortinas rompe vientos, enriquecimiento de acahuales, sistemas agroforestales, acomodo de material vegetal muerto).

3.8 Trabajos a Fines

Bolaños *et al.* (2016) creó con información recopilada un mapa para México de erosión a escala 1:50000, a través de técnicas de fotointerpretación de imágenes de

satélite de alta resolución siendo esta complementada con información cartográfica especializada.

Por otra parte, Muñoz (2006) evaluó la erosión hídrica en la microcuenca San Pedro Huimilpan, Valoración integral para su control, en Querétaro, México, a través de sistemas de sistemas de información geográfica (SIG) y recorridos en campo.

Jiménez (2010) evaluó obras de conservación de suelos en el distrito de Coixtlahuaca (Oaxaca, México) y bases para actuaciones futuras, evaluando un total de 69 obras de conservación de suelos, 20 eran terrazas, 19 bordos, 21 sistemas de zanjas y 9 roturaciones.

Rodríguez (2008) valoró la recuperación y conservación de suelos mediante presas de control de azolves, en siete comunidades ejidales y dos ranchos particulares la cuenca de Burgos, a través de la construcción de 590 presas de control de azolve.

Cotler *et al.* (2015) realizó la evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México, en obras de zanjas trinchera en 28 sitios distribuidos en siete estados (Baja California Sur, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Tlaxcala y Veracruz).

Muñoz *et al.* (2006) realizó la Retribución de escorrentía y sedimento en las laderas de paisajes semi-áridos usando un modelo espacialmente explícito, en Cobar, Nueva Gales del Sur, Australia.

Gómez *et al.* (2013) evaluó el comportamiento de los sólidos en suspensión y sedimentables en cuerpos de agua: búsqueda de métodos aplicables el monitoreo comunitario en Morelia, Michoacán.

Por otra parte, Rodríguez *et al.* (2015) evaluó y recupero las lecciones aprendidas, así como el impacto y los indicadores de éxito aprendidas en el trabajo de conservación de suelos, agua y vegetación en México.

Tipa (2011) realizó la evaluación del Pastizal, donde analizó el comportamiento de diversas técnicas de distancia para el muestreo de vegetación en comunidades vegetativas donde predominan en algunas: arbustivas y en otras las gramíneas en Saltillo, Coahuila.

Cuevas y Marín (2013) evaluaron el efecto del tipo de corte y de tratamientos en el mantillo para la restauración de pastizales naturales invadidos por *Pinus halepensis*, en el Parque Provincial Ernesto Tornquist, Buenos Aires, Argentina

VI MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Antecedentes

El predio Loma del Gorrión es una reserva natural voluntaria propiedad de la Asociación Civil Pronatura Noreste, dicho predio tiene una superficie total de 114 hectáreas, se encuentra ubicado en la Región Terrestre Prioritaria de México (RTP-80), es hábitat de especies endémicas en peligro de extinción por su importancia biológica y ecológica en el año 2012 se realizaron obras de conservación de suelos, mediante el programa de compensación Ambiental Por cambio de Uso de suelo de la comisión Nacional Forestal.

4.2 Localización del área de estudio

El estudio se encuentra establecido en el municipio de Saltillo, Coahuila, en el predio “Loma del Gorrión” perteneciente a Pronatura Noreste A.C. en las coordenadas 25° 1'58.55" Latitud Norte y 100°55'35.76" Longitud Oeste. Para llegar al predio se debe de seguir la siguiente ruta: dirigirse 25 km al suroeste por la carretera 54 Saltillo-Zacatecas, hasta la intersección con el camino rural E-18 los Ángeles recorriendo 18 km de esta ruta hasta topar con la intersección del camino rural de terracería con dirección al ejido el Cercado recorriendo 6.11 km, se tendrá que pasar por el ejido hasta llegar a la población de perrito llanero (*Cynomys mexicanus*), encontrando un letrero de PRONATURA A.C con descripción del gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) dentro del predio (Figura 1).

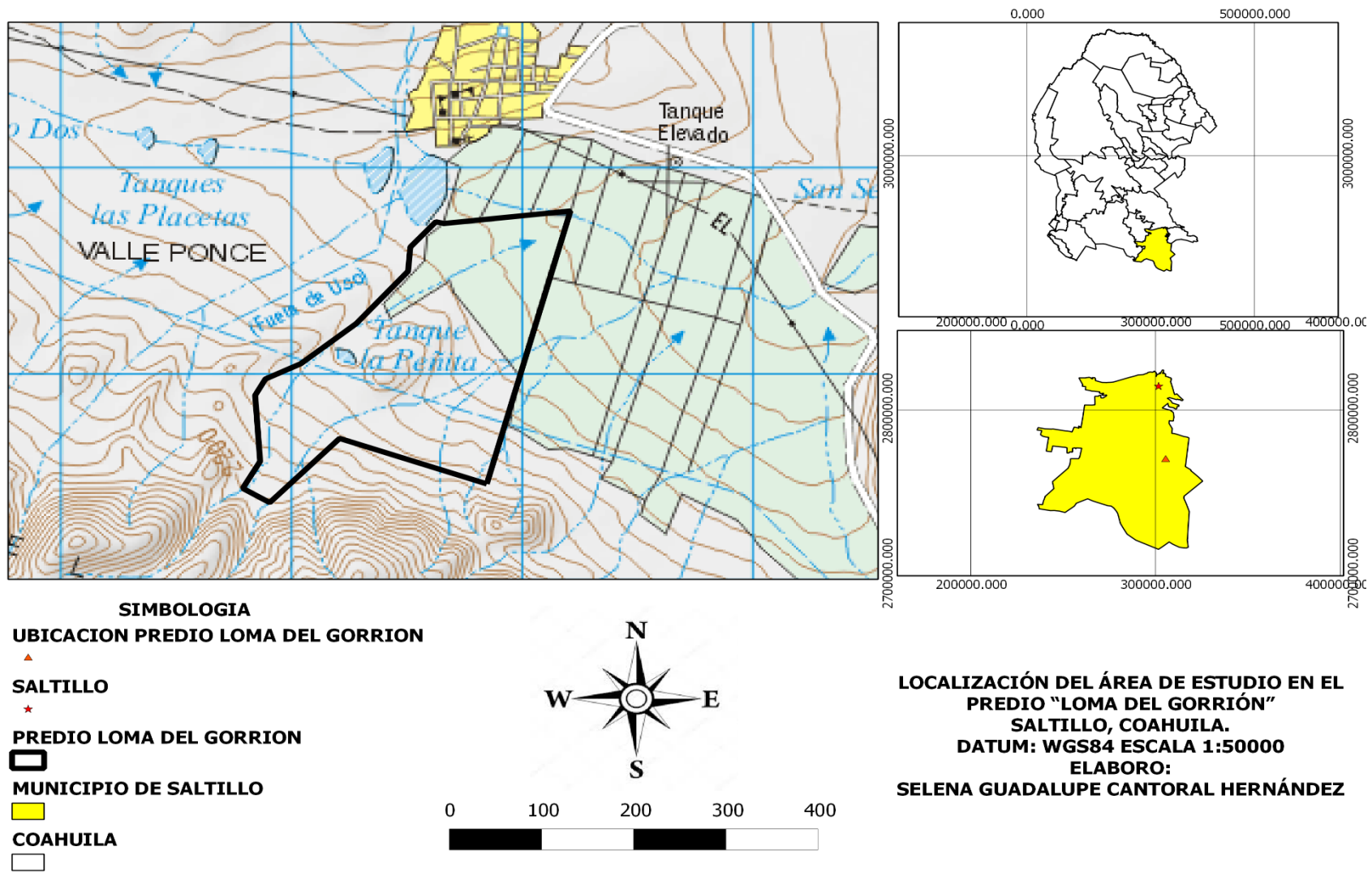


Figura 1. Localización del área de estudio en el predio "Loma del Gorrion", Saltillo, Coahuila.

4.3 Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García (1973) el clima que caracteriza al área de estudio es Semiárido templado (Bs1kw), con temperatura media anual que oscila entre 12°C y 18°C, con lluvias en verano (CONABIO, 2008).

4.4 Edafología

El suelo predominante por unidad de superficie son el Castañozem háplico con clase textural fina son suelos, el Faozem calcárico con clase textural fina y el Litosol con clase textural media (INEGI, 2015).

4.5 Vegetación

El tipo de vegetación corresponde a Matorral desértico micrófilo, asociado con zacatal. Las especies presentes en el predio son: *Agave lechuguilla*, *Dalea bicolor*, *Yucca filifera*, *Mimosa biuncifera*, *cylindropuntia imbricata*, *Dasalirion cedrosanum*, *Ageratina Calophylla*, *Ageratina petiolaris*, *Aristida curvifolia*, *Baccharis pteronioides*, *Brickellia veronicifolia*, *Ceanothus greggii*, *Chysactiania mexicana*, *Dalea eriophylla*, *Gnaphalium semiampiexicaule*, *Hedyotis intricata*, *Lium rupestre*, *Loeselia greggii*, *Physalis hederifolia*, *Polygala macradenia*, *Rynchosia senna*, *Schizachyrium sanguineum*, *Thelesperma simplicifolia*, *Thymophylla setifolia*, *Ageratiha petiolaris*, *Alcalypha monostachya*, *Beotelova hirsuta*, *Bourardia ternifolia*, *Boutelova gracilis*, *Dyschoriste linearis*, *Erioneuron avenaceum*, *Muhlenbergia pheloides*, *Porophyllum linaria*, *Acacia greggii*, *Beotelova curtispindula* (INEGI, 2015).

4.6 Hidrología

El predio se encuentra ubicado en la Región hidrológica el Salado (RH37), dentro de la cuenca Sierra Madre Oriental II y subcuenca San Rafael (RH37Ab). Presenta afluentes y cuerpos de agua intermitentes (INEGI, 2010).

4.7 Fauna

Ubicado en la Región prioritaria el Tokio perteneciente al área identificada como Región Terrestre Prioritaria (RTP-80) es una zona de importancia para la a Conservación de las Aves (AICA-232) como: gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*), aguililla real (*Buteo regalis*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), tecolote llanero (*Athene cunicularia*), chorlito llanero (*Charadrius montanus*) verdugo (*Lanius ludovicianus*), bisbita llanera (*Anthus spragueii*), gorrión de Cassini (*Aimophila Cassinii*), gorrión de Bardi (*Ammodramus bairdii*), zarapito pico largo (*Numenius americanus*), también es hábitat para el perrito llanero (*Cynomys mexicanus*) tlalcoyote (*Taxidea taxus*), zorra del desierto (*Vulpes velox*) (CONABIO 2004).

4.8 Ubicación y Selección de las obras de conservación de Suelos

En la superficie total del predio existen 58 presas de gavión distribuidas en las tres órdenes de escurrimientos que conforman la microcuenca y 18 barreras de piedra acomodada en curva a nivel en la posición de ladera, las obras fueron construidas con el fin de mitigar y reducir la erosión por efecto de la escorrentía como por el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo a través del viento (Terrón, 1997).

Para la condición topográfica de cárcavas se seleccionaron las presas de gavión de acuerdo con el método Strahler (1957) que consiste en jerarquizar los afluentes; se denominan de primer orden de escurrimiento aquellos afluentes que en él no contiene ninguna descarga por parte de otro cause; de segundo orden los que se forman de la unión de dos causes de primer orden y de tercer orden cuando dos causes de segundo orden se unen (Strahler, 1957).

Para la selección de las obras (presa de gavión) , se consideró aquellas obras que cumplían los siguientes criterios: las de primer orden deben contar con cabeceo en la parte inicial de la cárcava debido a que esta obra permitirá frenar el crecimiento en longitud de la cárcava en aguas arriba y con ello el aporte de sedimentos; en las

tres órdenes de escurrimiento no deben presentar derrumbes en el talud, ni en la estructura de la obra, posteriormente se georreferenciaron con un dispositivo GPS de la marca Garmin GPSMAP 78s, con coordenadas geográficas y Datum de referencia WGS84 (Cuadro 1, Figura 2).

Cuadro 1. Coordenadas de ubicación de las obras de presa de gavión en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

Nomenclatura	y	x
Presa de gavión de primer orden		
10	25° 1'43.33"N	100°55'58.05"O
35	25° 1'54.36"N	100°55'37.53"O
58	25° 1'51.69"N	100°55'34.82"O
Presa de gavión de segundo orden		
11	25° 1'44.41"N	100°55'57.32"O
29	25° 1'54.61"N	100°55'40.53"O
51	25° 1'56.66"N	100°55'33.11"O
54	25° 1'53.73"N	100°55'32.92"O
Presa de gavión de tercer orden		
17	25° 1'50.31"N	100°55'54.13"O
33	25° 1'55.01"N	100°55'37.47"O
45	25° 1'57.90"N	100°55'27.42"O

Coordenadas geográficas- DATUM WGS84.

En cuanto a la condición de ladera, las barreras de piedra acomodada en curva a nivel fueron digitalizadas mediante imagen de Google Earth, obteniendo la coordenada inicial y final para cada obra (Cuadro 2; Figura 3).

Cuadro 2. Coordenadas de ubicación de las obras de Piedra Acomodada en el predio "Loma del Gorrión" Saltillo, Coahuila.

NOMENCLATURA	coordenada de Latitud y Longitud			
	Coordenada inicial		coordenada final	
	y	x	y	x
Parte alta de la ladera	25°02'0.13"N	100°55'43.00"O	25° 1'59.58"N	100°55'45.85"O
Piedra acomodada 1	25°1'59.10"N	100°55'37.98"O	25° 2'0.09"N	100°55'37.39"O
Piedra acomodada 2	25° 2'1.11"N	100°55'43.72"O	25° 2'0.84"N	100°55'46.36"O
Piedra acomodada 3				
Parte media de la ladera	25° 2'1.98"N	100°55'39.55"O	25° 2'1.68"N	100°55'45.87"O
Piedra acomodada 4	25° 2'3.03"N	100°55'38.06"O	25° 2'2.25"N	100°55'46.00"O
Piedra acomodada 5	25° 2'0.09"N	100°55'37.39"O	25° 2'3.49"N	100°55'37.47"O
Piedra acomodada 6				
Parte baja de la ladera				
Piedra acomodada 7	25° 1'59.58"N	100°55'36.93"O	25° 2'4.74"N	100°55'36.26"O
Piedra acomodada 8	25° 2'0.98"N	100°55'36.01"O	25° 2'6.30"N	100°55'35.46"O

Coordenadas geográficas-DATUM WGS84.

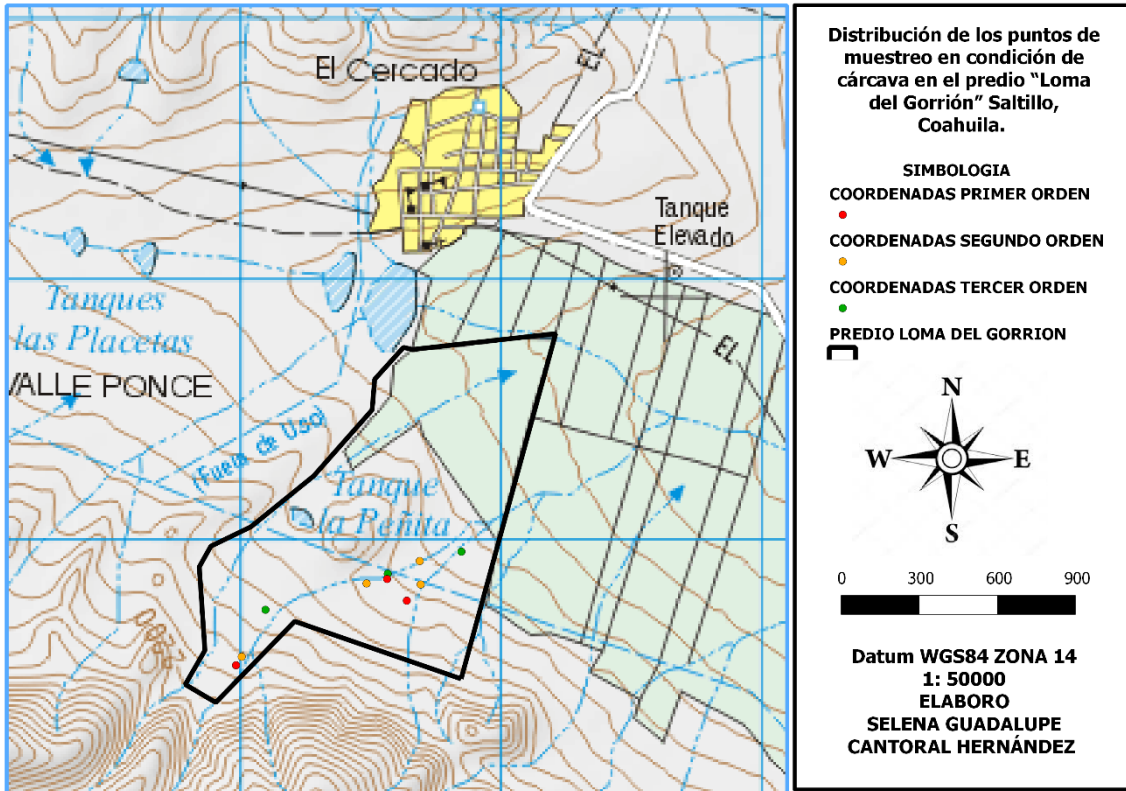


Figura 2 Distribución de los puntos de muestreo en condición de cárcava en el predio "Loma del Gorrion", Saltillo, Coahuila.

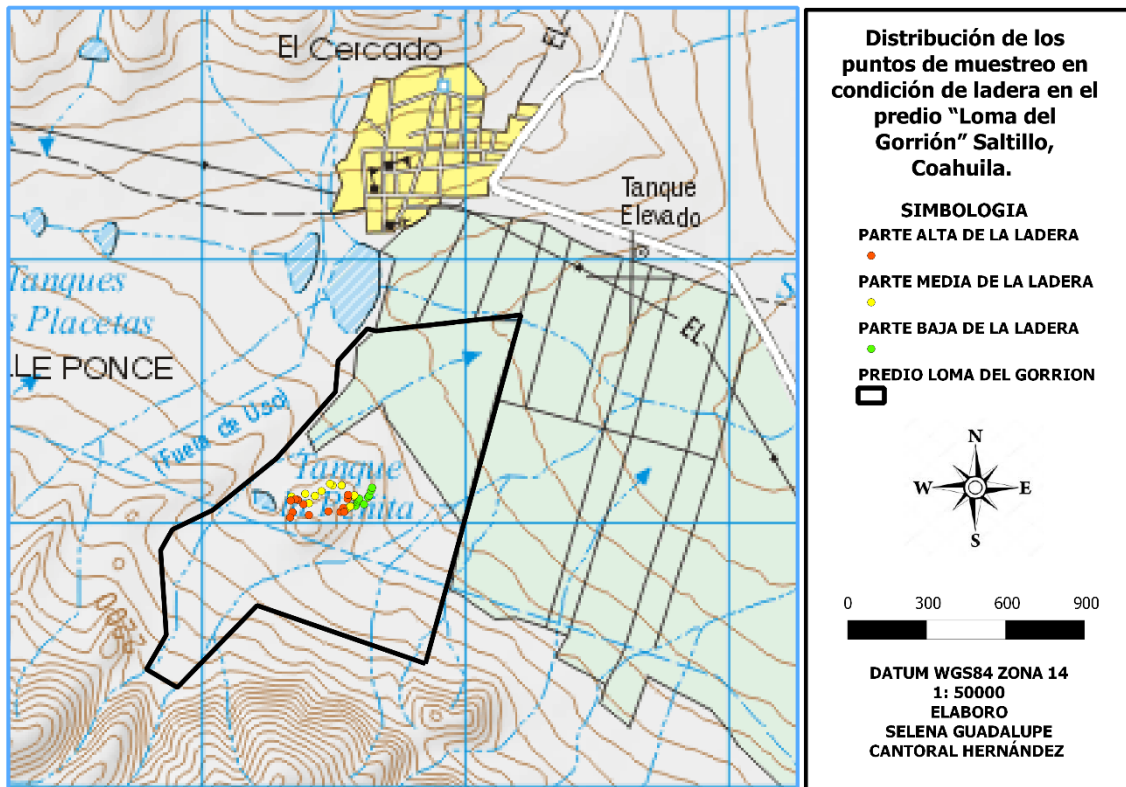


Figura 3 Distribución de los puntos de muestreo en condición de ladera en el predio "Loma del Gorrion" Saltillo, Coahuila.

4.9 Metodología en campo

4.9.1 Metodología para la condición en cárcava

Para la determinación de la retención de sedimentos en cárcava se delimitó el perfil aguas arriba de la presa de gavión (anchura total de la cárcava); se realizó la medición de profundidad a cada medio metro, obteniendo así el área actual de la cárcava; se determinó el área de azolve en la presa de gavión utilizando el nivel manguera, en donde se marcó cada punto a nivel del perímetro del área sedimentada con una varilla; posteriormente se delimitó el área obtenida de sedimentación con rafia, sobre el área se construyó una cuadrícula compuesta por cuadrantes de .50 cm x .50 cm (.25 m²) hasta cubrir el total del área (Figura 4).

Con referencia en aguas arriba se enumeraron los cuadrantes de izquierda a derecha y en zigzag; para obtener las dimensiones del área sedimentada se denominó eje "X" a las secciones de los cuadrantes con dirección a lo ancho en la presa de gavión y eje "Y" a la longitud de los cuadrantes trazados con dirección en aguas arriba, se midió con un flexómetro la intersección de los cuadrantes completos e incompletos con el perímetro del área de sedimentación a cada 10 cm, esto con el fin de obtener las dimensiones de la figura irregular del área de sedimentación (Figura 4).

Para conocer el volumen de suelo retenido se obtuvo la espesura del sedimento, seleccionando tres cuadrantes de manera aleatoria con una calculadora, esto por cada sección y/o línea horizontal; siendo estos completos y en ocasiones incompletos cuando no se cumplía el primer criterio; se utilizó una barrena para evaluar la capa sedimentada (Figura 4).

El área de cobertura herbácea cubierta completa o parcialmente se obtuvo de acuerdo con el método de cuadrantes que consistió en evaluar los cuadrantes completos en sedimentos e incompletos (cuando el criterio no se cumplía)

evaluando así la densidad de cobertura (Mostacedo 2000), y para evaluar la densidad aparente se extrajo una muestra de suelo por cada obra con un cilindro con las siguientes características 8 cm de diámetro por 7 cm de altura; Con los datos obtenidos en campo se realizaron figuras 3D para obtener el área en m^2 , y el volumen m^3 de las figuras de suelo sedimentado de los tres órdenes de escurrimiento en el software SolidWorks 2015 (Figura 4).

4.9.2 Metodología en condición de ladera

Las obras de barreras de piedra en curva a nivel fueron seleccionadas de acuerdo con la separación una a otra aguas arriba y su longitud total fuera similar en tres posiciones de la ladera (alta, media y baja); dentro de la longitud total de cada barrera de piedra acomodada se aleatorizaron con una calculadora cinco puntos de muestreo, se realizaron tres puntos de medición en lo que constituye el metro lineal utilizando la nomenclatura:

S_0 : Inicio del metro lineal.

$S_{0.5}$: a 0.50 metro del metro lineal.

y S_1 : final del metro lineal.

La espesura del área sedimentada se obtuvo para cada sección del metro lineal (S_0 , $S_{0.5}$ y S_1) se midió la altura actual de la obra de la superficie del suelo hacia la altura total de la obra, se escarbo en cada punto de medición del metro lineal hasta observar el nivel original del suelo de la ladera, posteriormente se midió la altura del nivel original del suelo al bordo de la barrera de piedra, se midió también la longitud del sedimento aguas arriba en cada punto de muestreo del metro lineal y de acuerdo al método de cuadrantes se realizó un cuadrante de $1 m^2$ para analizar el porcentaje de vegetación existente (Mostacedo, 2000), se extrajo una muestra de suelo por cada punto de muestreo aleatorizado con un cilindro de 4 cm de diámetro por 5 cm de altura; con los datos obtenidos de la evaluación de campo se diseñaron figuras 3D en

el software SolidWorks para obtener el área de sedimento (m^2) y el volumen (m^3) (Figura 5).

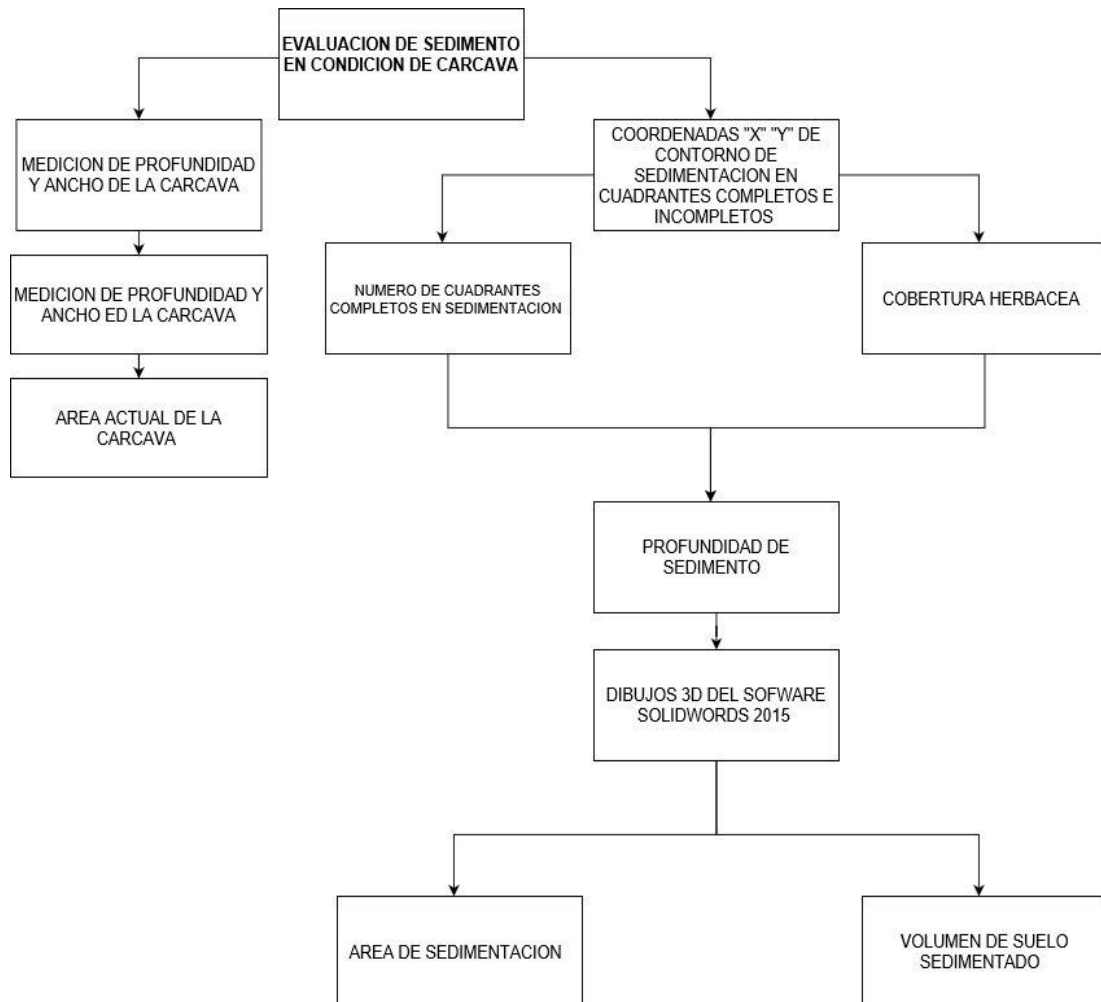


Figura 4 Diagrama para la evaluación de sedimentos en condición de cárcava en el predio “Loma del Gorrión”, Saltillo, Coahuila.

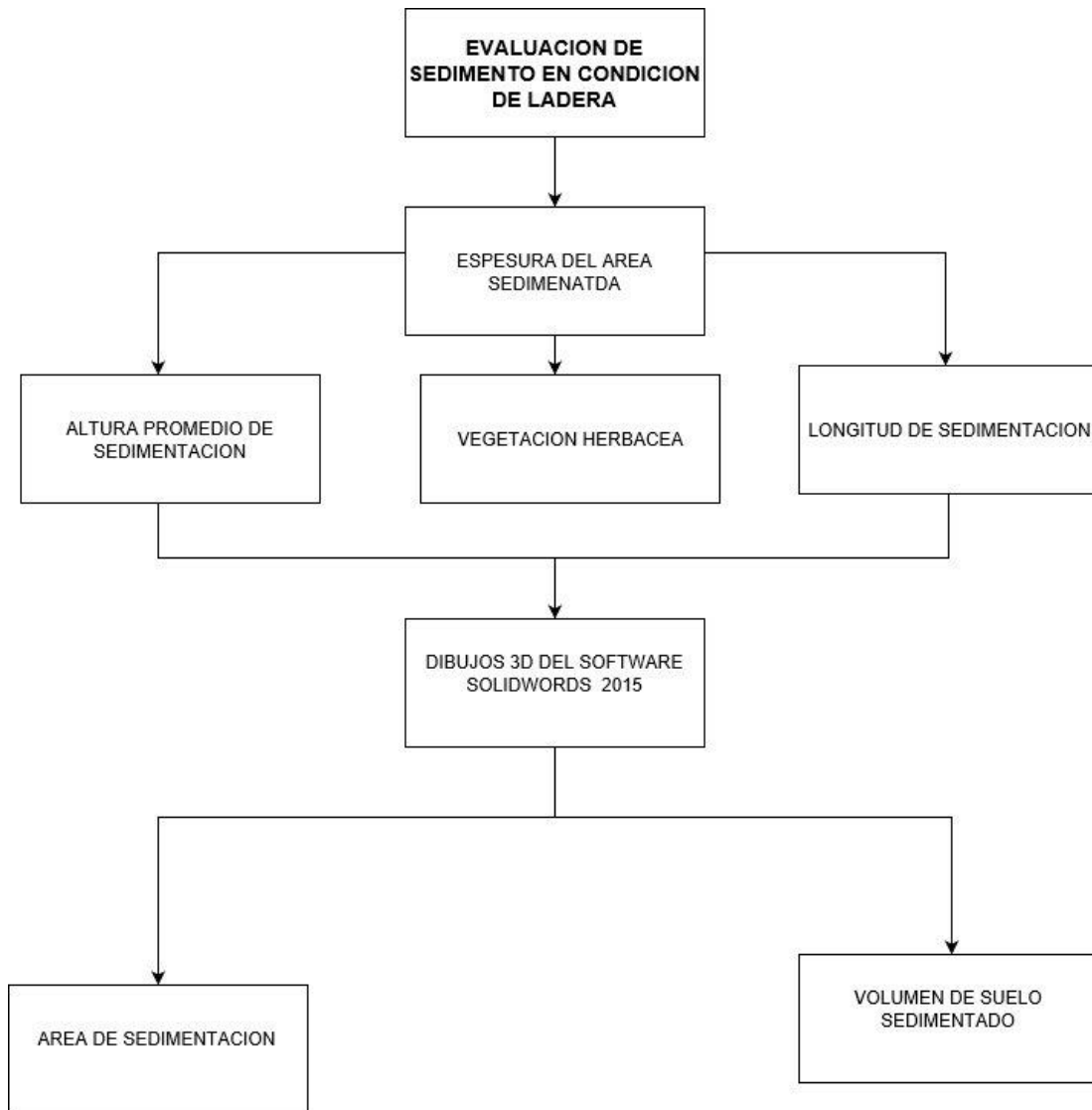


Figura 5 Diagrama para la evaluación de sedimentos en condición de ladera en el predio “Loma del Gorrión” Saltillo, Coahuila.

4.9.3 Trabajo de laboratorio

El secado de las muestras de suelo se hizo en las instalaciones del departamento forestal en el horno de secado Thermo scientific y de acuerdo a

la metodología de Flores (2010) a una temperatura constante de 100° Celsius, el pesado de cada muestra se realizó en una báscula del modelo BCH-3000.

4.9.3.1 Para obtener el área sedimentada en cárcava

- ❖ Se realizaron dibujos en 3D en el programa SolidWorks 2015 de la siguiente forma; en la parte superior se selecciona la opción “archivo” el cual desplegara una lista, ahí se selecciona la opción “Nuevo” (Figura 6).

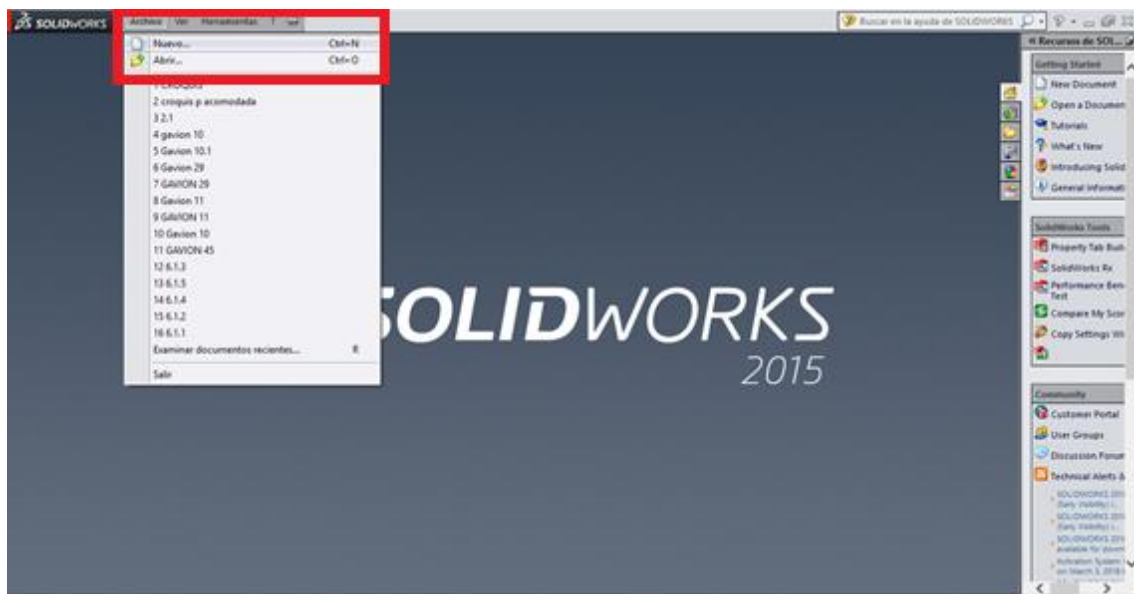


Figura 6. Menú para crear un nuevo archivo en el software SolidWoks 2015.

- ❖ Automáticamente abrirá una ventana la cual proporcionará tres opciones, se selecciona la primera (PIEZA) una representación en 3D de un único

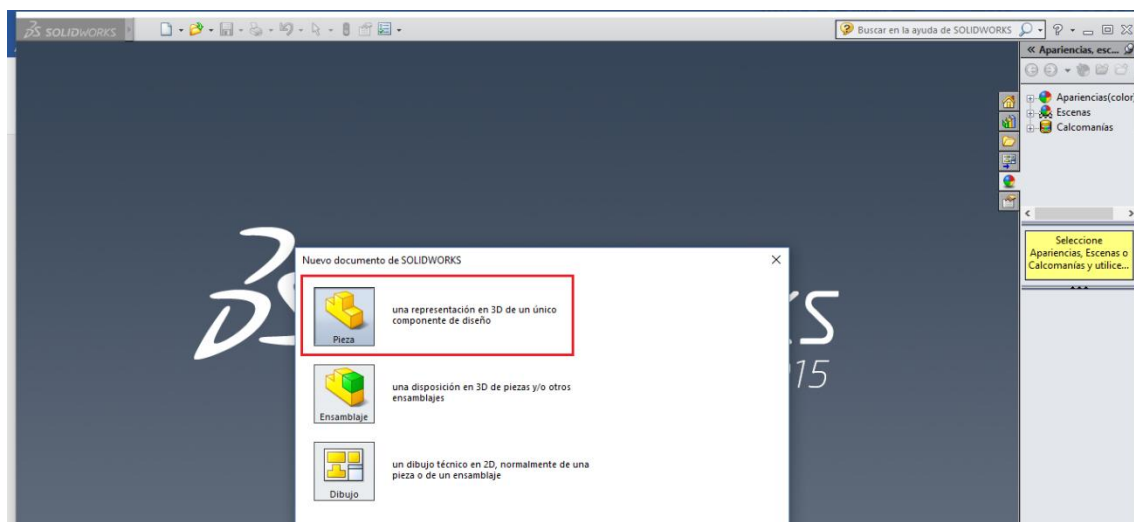


Figura 7. Demostración para crear una pieza una representación en 3D de un único componente de diseño en el software SolidWorks 2015.

componente de diseño, se hace clic en aceptar (Figura 7).

- ❖ Posteriormente mostrará la ventana principal en donde se realiza el desarrollo de los diseños, se editará las unidades de documento en la barra de tarea inferior derecha en la opción editando pieza a CGS (centímetro, gramo, segundo) (Figura 8).

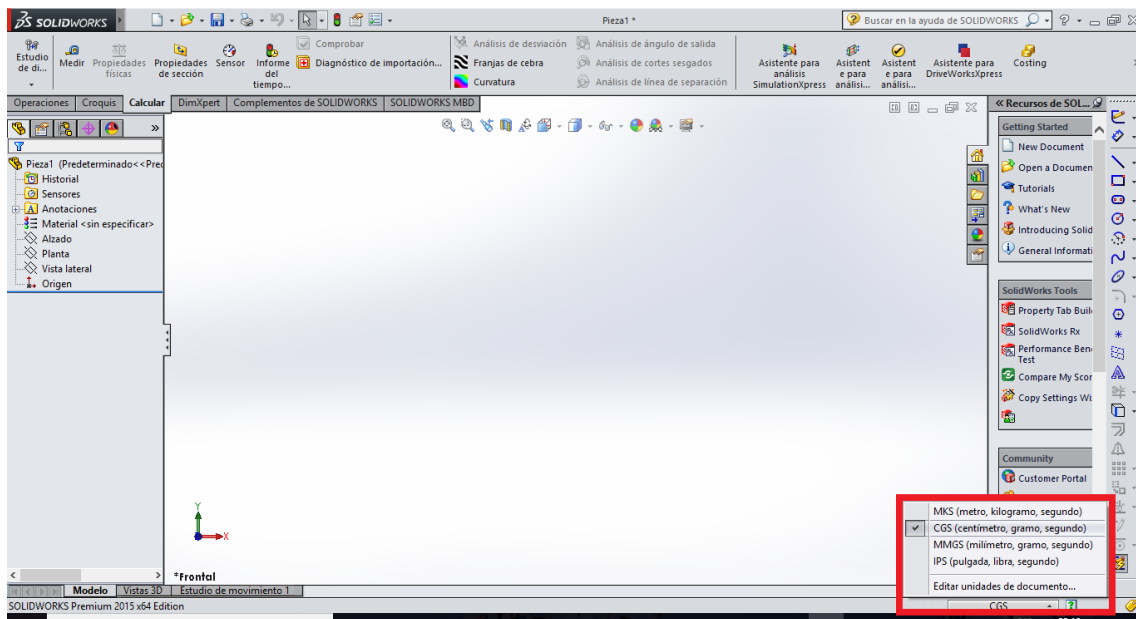


Figura 8. Representación de la ventana principal y edición de unidades del documento en el software SolidWorks 2015.

- ❖ En el menú de opciones constituida por: Croquis, Calcular, DimXpert, Complementos de SOLIDWORKS y SOLIDWORKS MBD, se selecciona la opción croquis, el cual indicará el plano de trabajo en donde se realizará la figura, con las opciones de figuras geométricas de trabajo (representados por iconos para trazar líneas, rectángulos, o cualquier otra (Figura 9).

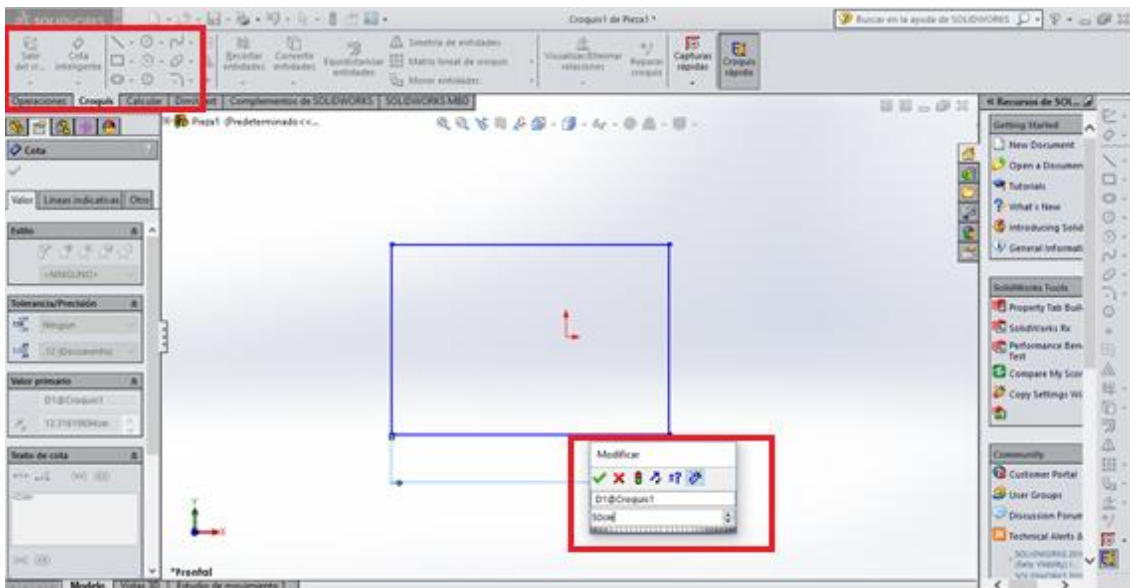


Figura 9. Demostración del uso de la barra de tareas del software SolidWorks 2015.

- ❖ Se elabora el croquis de acuerdo a las dimensiones de los cuadrantes trazados en campo, construyendo rectángulos que con la opción cota inteligente se podrá definir las medidas de longitud de las piezas, se selecciona la opción cota inteligente se coloca el puntero en alguno de los lados del rectángulo al realizar, la arista se colorea de naranja al dar clic en ambas aristas de la figura aparece la cota para establecerla, aparece una pequeña ventana en donde se puede indicar el valor de 50 cm o bien el valor deseado para la cota, una vez realizado esto se da clic en la palomita verde, dentro de los cuadrantes se seccionara con líneas a cada 10 cm tanto de manera vertical como horizontal (Figura 10 y 11).

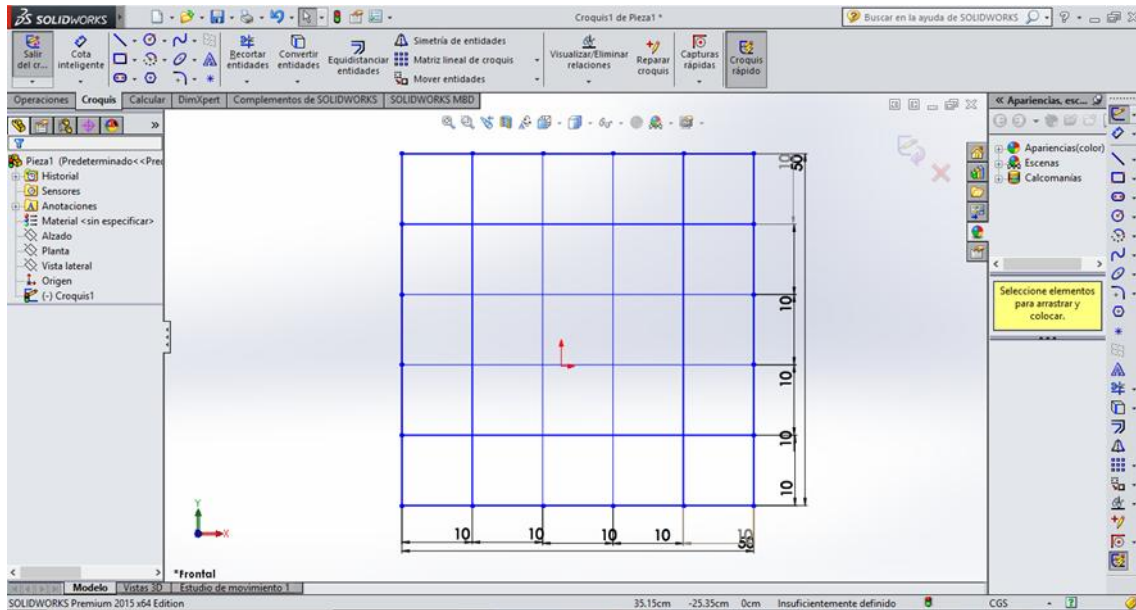


Figura 10. Elaboración del croquis en el software SolidWorks 2015 de acuerdo a las dimensiones obtenidas en campo.

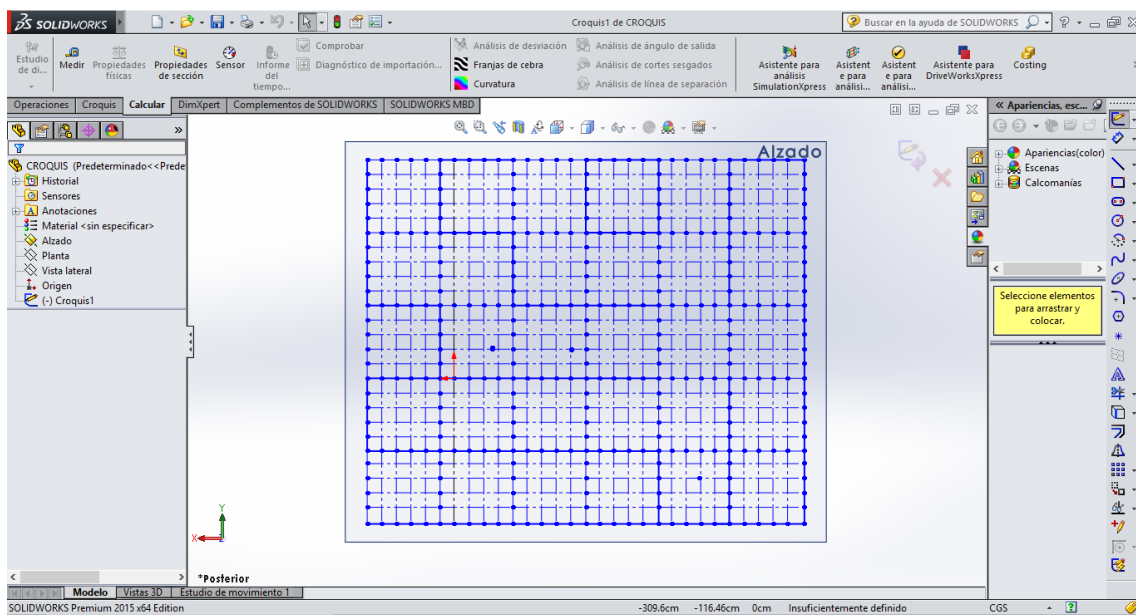


Figura 11. Representación del croquis de acuerdo a los datos obtenidos en las evaluaciones de campo.

- ❖ Obtenido el croquis, se realiza el trazo del polígono irregular con la opción de línea, las dimensiones para estas, son las que se obtuvieron en campo

en los ejes “X” y “Y” de los cuadrantes, de igual forma se utiliza la opción de cota inteligente para dar la longitud específica (Figura 12).

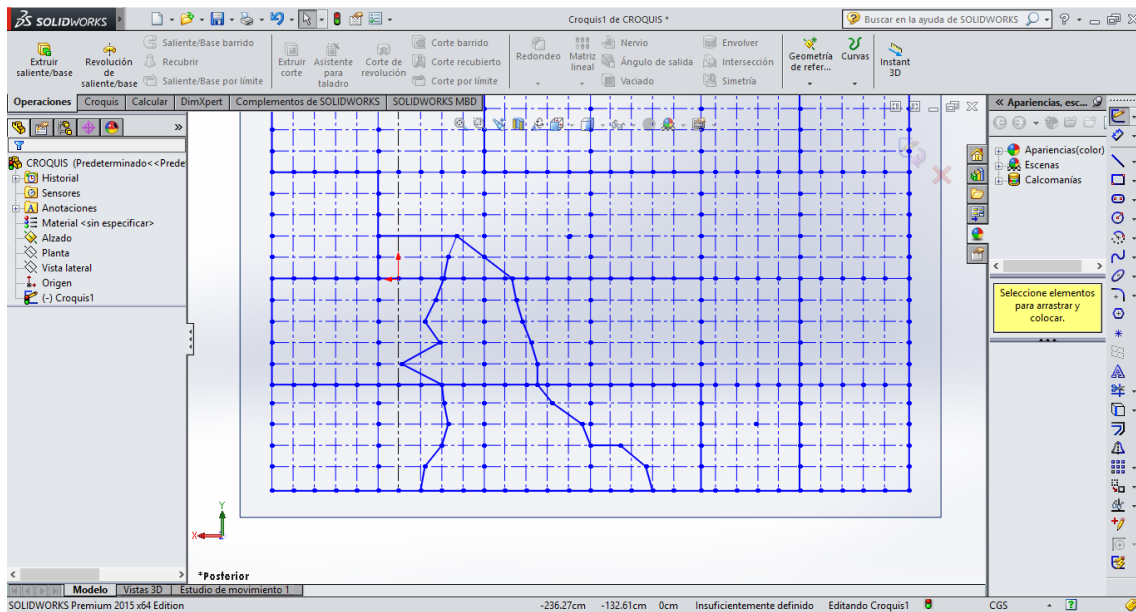


Figura 12. Elaboración de la figura irregular de suelo sedimentado en el software SolidWoks 2015 obtenido de los ejes “X” y “Y” en campo.

- ❖ Terminado el polígono, en el ícono de croquis se da clic y con la opción de línea se remarcan los cuadrantes de acuerdo a la altura obtenida por la barrena; una vez que el cuadrante está definido, se selecciona la opción “Operaciones” y posteriormente en la opción “Extruir base/saliente”, en la parte izquierda aparece una tabla donde se indica la profundidad a la que cada cuadrante va a ser extruido en la parte donde dice “dirección 1” y se confirma en la palomita verde (Figura 13).

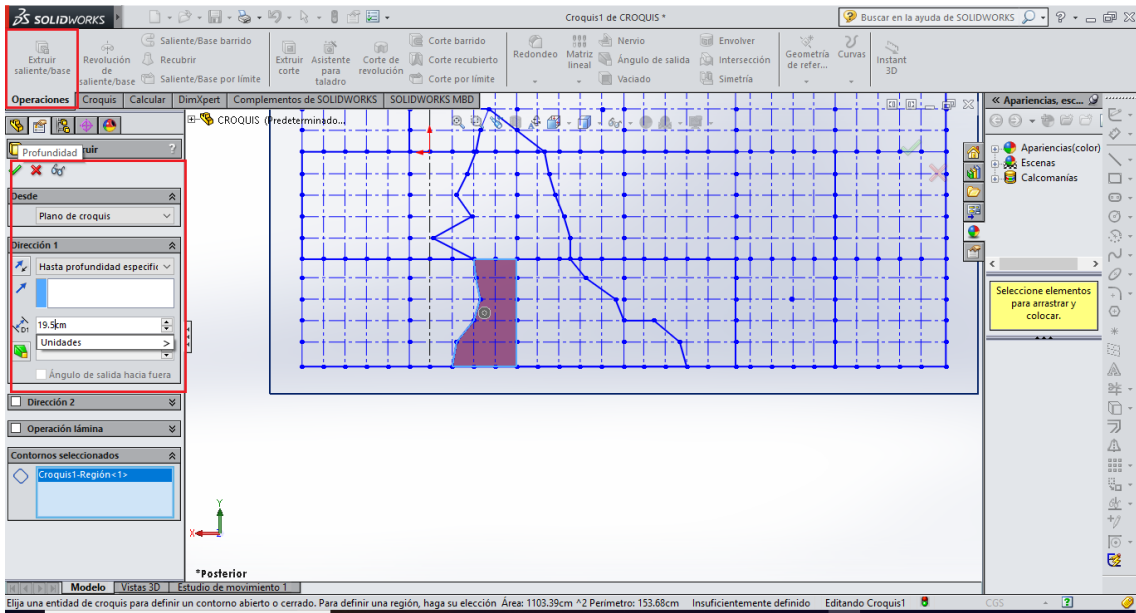


Figura 13. Representación para agregar la altura de sedimentación por cuadrante evaluado en campo, en el software Solidworks 2015.

- ❖ Para obtener el área y volumen del polígono se da clic en la opción “Calcular”, en la opción “Propiedades físicas” se obtiene el área del polígono en cm^2 y el volumen en cm^3 (Figura 14).

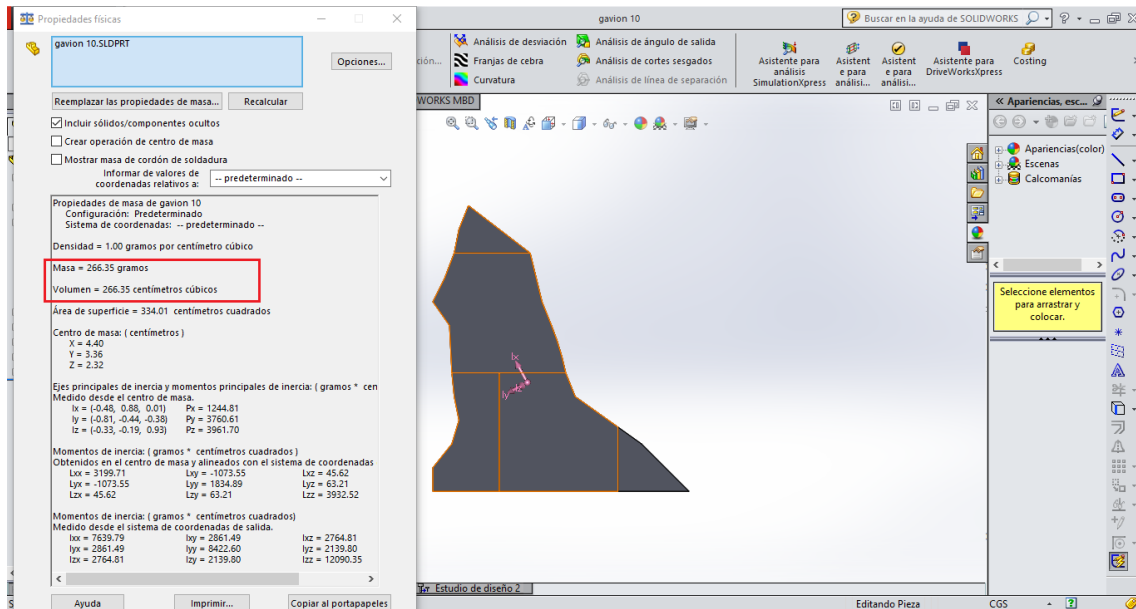


Figura 14. Representación para obtener el área y el volumen del suelo sedimentado, en el software SolidWorks 2015.

4.9.3.2 Para obtener el área sedimentada en piedra acomodada

- ❖ Se crea una línea y utilizando la opción de “Cota Inteligente”, se da la dimensión de 100 cm de longitud, seccionamos la línea semejando el metro lineal realizado en campo S_0 : Inicio del metro lineal, $S_{0.5}$: a 0.50 mitad del metro lineal y S_1 : final del metro lineal. En cada sección se crearán líneas con las dimensiones de longitud de sedimento en aguas arriba obtenido en campo (Figura 15).

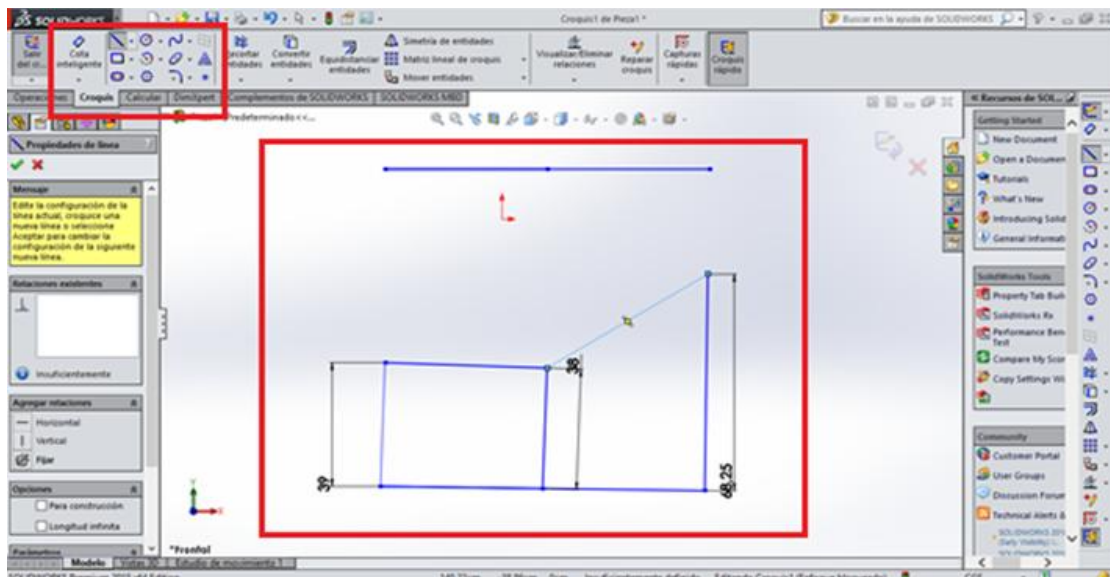


Figura 15. Ejemplificación para la obtener el área de suelo sedimentado en condición de ladera, en el software SolidWorks 2015.

- ❖ Una vez realizado esto se unen las líneas, se obtiene el dibujo, se da clic en la opción “Operaciones” y después en la opción “Extruir base/saliente” la altura a utilizar, será la altura promedio obtenida de la diferencia de la altura actual de la obra de la superficie del suelo hacia la altura total de la obra, se indica la altura promedio en “dirección 1” y se confirma en la palomita verde (Figura 16).

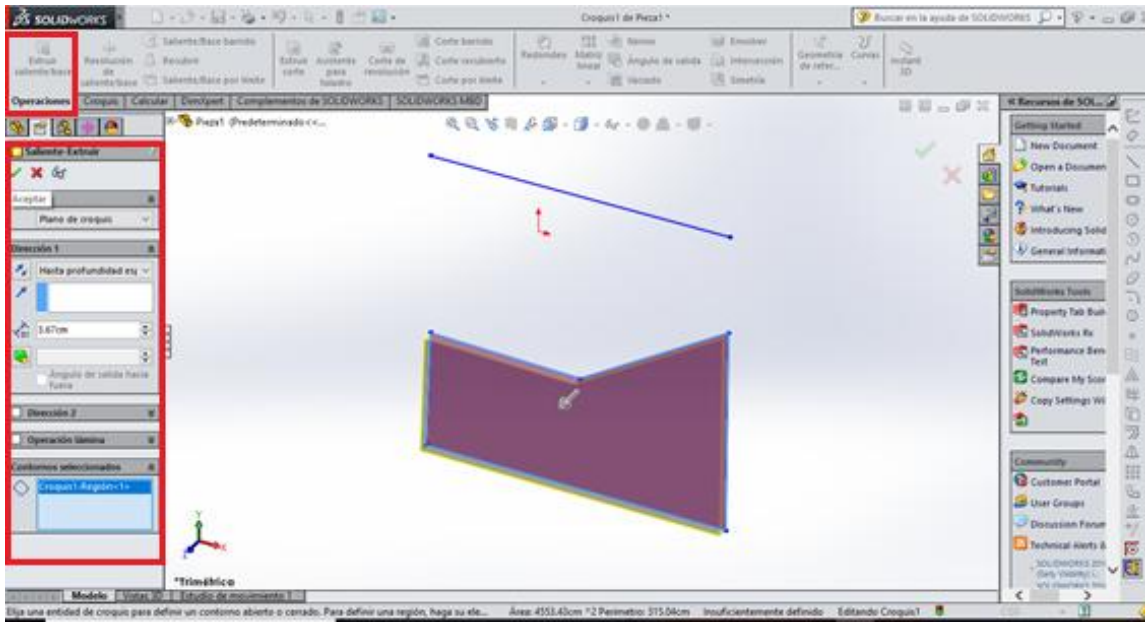


Figura 16. Demostración para agregar la altura promedio obtenida en la evaluación de campo para cada punto de muestreo en el metro lineal en condición de ladera.

- ❖ El área y el volumen de la figura se obtiene dando clic en la opción “Calcular” en la opción “Propiedades físicas” se obtendrá el área de la figura en cm^2 y el volumen en cm^3 (Figura 17).

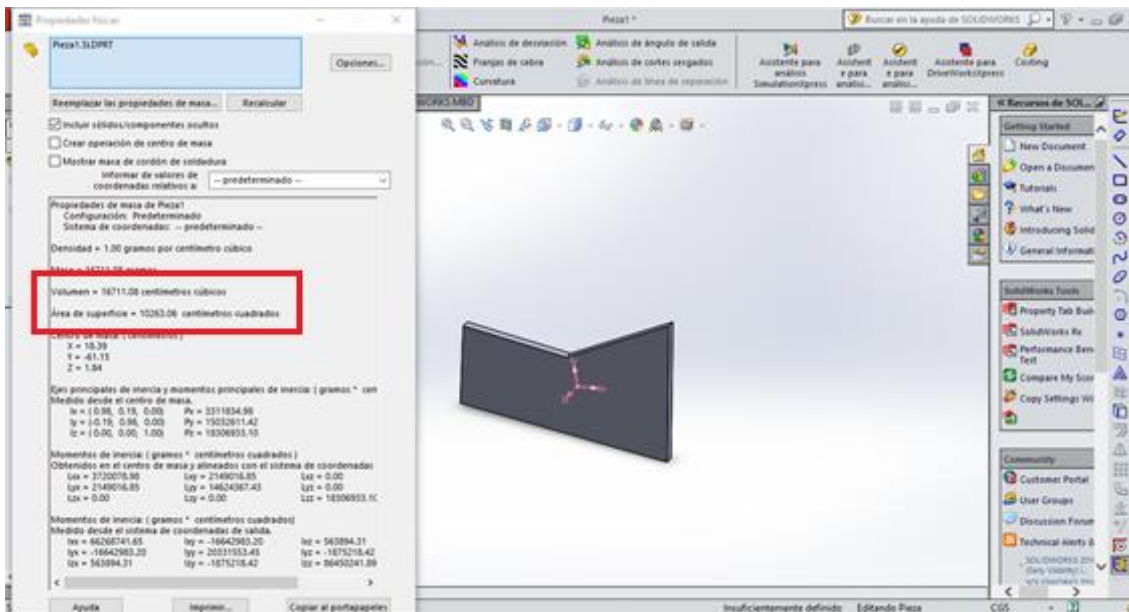


Figura 17. Representación para obtener el área y volumen del metro lineal en condición de ladera.

4.9.4 Análisis Estadístico

Para efectuar la prueba de hipótesis se realizó un análisis de covarianza bajo el diseño completamente aleatorio con un $\alpha = 0.05$, para lo cual cada tratamiento lo constituyó cada orden de escurrimiento (1^{er} orden, 2^o y 3^{er} orden) y cada orden cuanta con tres repeticiones; la covariable se definió como la distancia entre obras. La variable de respuesta es la cantidad de sedimento (área y volumen) retenido en las obras de cada orden. El modelo para dicho diseño es (Koenker y Basset, 1978):

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable dependiente

μ = Media poblacional

τ_i = Es el efecto de i – esimo tratamiento

$X_{ij} - \bar{X}$ = es la desviación de la ij – ésima covariable X de la covariable

β = es la pendiente común para todos los tratamientos

ε_{ij} = Es el componente del error aleatorio

Una vez realizado el análisis de covarianza y si se presentaran significancia en la prueba, se procedió a realizar un análisis de comparación de medias, a través de la Prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

De igual forma se procedió para las obras en ladera, en las cuales se definirán como tratamiento, cada nivel o posición en la ladera y la covariable la distancia entre obra. La variable de respuesta es la cantidad de sedimento retenido por metro lineal de la obra.

V RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Área actual de la cárcava

El análisis de varianza ($\alpha=0.05$) para el área actual de la cárcava por orden de escurrimiento, en el predio Loma del Gorrión, no mostró diferencias significativas ($Pr>F= 0.86$; Anexo 1). El orden de escurrimiento que mostró una media más alta de área actual de la cárcava fue el del segundo orden de escurrimiento (13.61 m^2); seguido por las del primer orden de escurrimiento (12.81 m^2) y finalmente las del tercer orden de escurrimiento (10.74 m^2) (Figura 18).

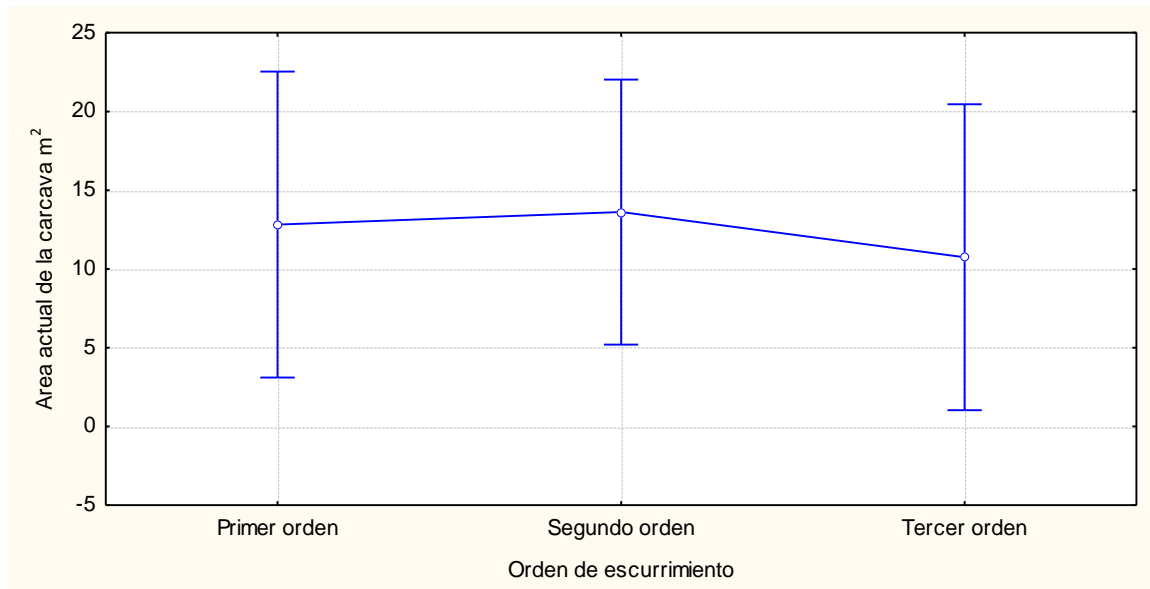


Figura 18 . Área actual de la cárcava en los tres órdenes de escurrimiento en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

5.2 Área de suelo sedimentado en condición de cárcava

Con el análisis de covarianza ($\alpha=0.05$), considerando como covariable la distancia entre obras en los tres órdenes de escurrimiento, mostró efectos significativos de la covariable ($Pr>F=0.05$; Anexo 2); mientras que para los tratamientos (órdenes de escurrimiento) mostró diferencias significativas

($Pr > F = 0.01$; Anexo 2). Por lo tanto, el análisis de comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$) mostró dos grupos de medias, uno integrado por las medias de los escurrimientos del primer (3.55 m^2) y segundo orden (12.38 m^2); mientras que el grupo dos está compuesto por el segundo orden (12.38 m^2) y tercer orden de escurrimiento (13.36); por lo tanto las diferencias se encuentran entre el primer orden y el tercer orden (Cuadro 4; Figura 19).

Cuadro 3. Comparación de medias Tukey ($\alpha = 0.05$), para el área sedimentada en los tres órdenes de escurrimiento.

Tratamiento T	Media (m^2)	Agrupación Tukey*
Primer orden de escurrimiento	3.55436	a
Segundo orden de escurrimiento	12.38373	a b
Tercer orden de escurrimiento	13.36109	b

*Letras iguales mismo grupo

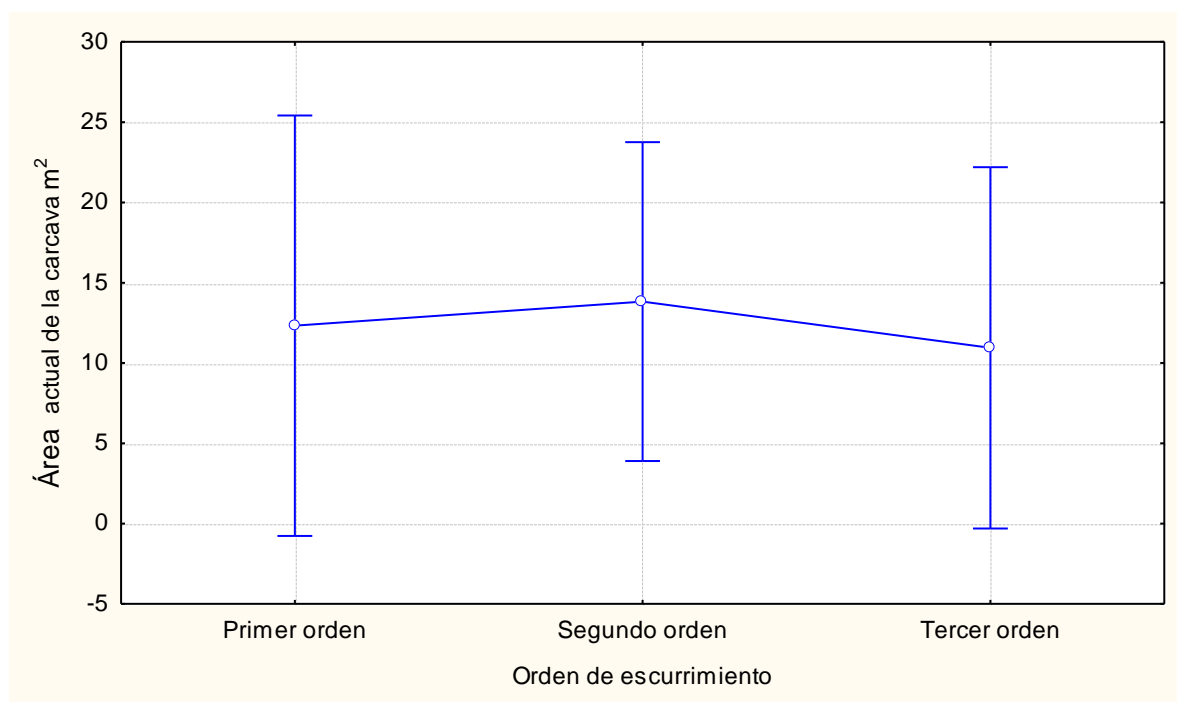


Figura 19. Área sedimentada en los tres órdenes de escurrimiento en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

Los resultados reportados por Gómez (2010); empleando la metodología de medición de sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos sedimentables (SSed) en las posiciones alta, media y baja de la cuenca en Morelia, Michoacán, registró mayor concentración de sedimentos en la parte baja de la cuenca, seguido por la parte media y finalmente por la parte alta de la microcuenca; mientras que en el presente trabajo se evaluó el área de suelo sedimentado de las presas de gavión de acuerdo al orden de escurrimiento de manera directa a través del trazado de cuadrantes de $.25 \text{ m}^2$ y de la figura irregular a nivel.

5.3 Volumen de suelo sedimentado en condición de cárcava

Con el análisis de covarianza ($\alpha=0.05$), para el volumen sedimentado en las tres órdenes de escurrimiento considerando como covariable la distancia entre obras no mostró efectos significativos de la covariable ($\text{Pr}>F = 0.13$; Anexo 3) en el volumen de suelo sedimentado en las tres órdenes de escurrimiento; mientras que para los tratamientos no mostró efectos significativos ($\text{Pr}>F = 0.75$; Anexo 3); el orden de escurrimiento que mostró una media más alta de volumen sedimentado en condición de cárcava, fueron los del tercer orden de escurrimiento (14.82 m^3); seguido por los del segundo orden de escurrimiento (13.52 m^3) y finalmente por los del primer orden de escurrimiento (3.11 m^3) (Figura 20).



Figura 20. Volumen de suelo sedimentado por orden de escurrimiento en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

Muñoz (2006), registró el volumen de suelo sedimentado en presas de gavión en la microcuenca San Pedro en el municipio de Huimilpan en el Estado de Querétaro, registrando volúmenes de suelo sedimentado a través de datos obtenidos de un levantamiento topográfico de las cárcavas, los cuales oscilan entre los 38.8 m³ a 738 m³; difiriendo estos a los del presente trabajo debido a que estos están por debajo ya que las medias de las órdenes de escurrimiento oscilan entre los 3.11 m³ a 14.82 m³, esto pueda deberse a la precipitación, el tipo de vegetación, al tipo de suelo, al tipo de corriente del afluente, las condiciones topográficas del área de estudio y al tiempo de haber establecido las obras.

5.4 Densidad aparente en condición de cárcava

Con el análisis de covarianza ($\alpha=0.05$), para la densidad aparente en los tres órdenes de escurrimiento considerando como covariable la distancia entre obras, no mostró efectos significativos ($Pr>F =0.82$; Anexo 4) en la densidad aparente de suelo sedimentado en las tres órdenes de escurrimiento; mientras que para los tratamientos no mostró diferencias significativas ($Pr>F =0.77$; Anexo 4); la media más alta se presentó en los escurrimientos del tercer orden (0.65 g/ m³), seguido por los escurrimientos del segundo orden (0.64 g/ m³) y finalmente por los escurrimientos del primer orden (0.60 g/ m³) (Figura 21).

Los resultados encontrados en este trabajo difieren con los resultados reportados por Cotler *et al.* (2015) evaluó las prácticas de conservación de suelos forestales en México en el caso de zanjas trincheras; la densidad aparente reportada oscila entre 0.69 g/ m³ a 1.14 g/ m³ pueda deberse al tipo de suelo en el área de estudio los suelos predominantes fueron; Andosol úmbrico, Luvisol crómico, Andosol mólico, Regosol calcárico, Leptosol calcárico, Phaozem háplico, Leptosol lítico, mientras que en el área de estudio del presente trabajo los suelos predominantes son: Catañozem háplico, Faozem calcárico y Litosol.

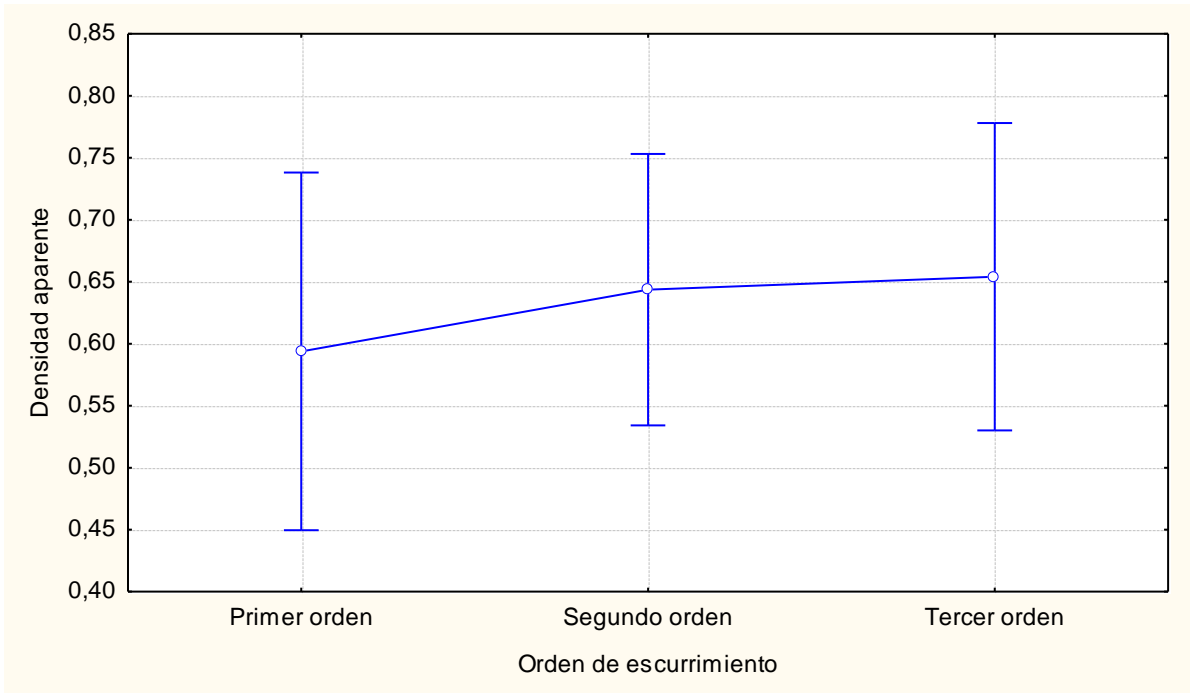


Figura 21. Densidad aparente por orden de escurrimiento, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

5.5 Cobertura herbácea del área sedimentada en condición de cárcava

El análisis de covarianza ($\alpha=0.05$) para la cobertura herbácea del área sedimentada considerando como covariable a la distancia entre obras, no mostró efecto significativo ($Pr>F = 0.47$; Anexo 5); mientras que para los tratamientos tampoco mostró diferencias significativas ($Pr>F=0.69$; Anexo 5). La media más alta en la cobertura fue la del tercer orden de escurrimiento (99.16 %); seguida por las repeticiones del segundo orden de escurrimiento (92.12 %) y finalmente por las del primer orden de escurrimiento (89.58 %) (Figura 22).

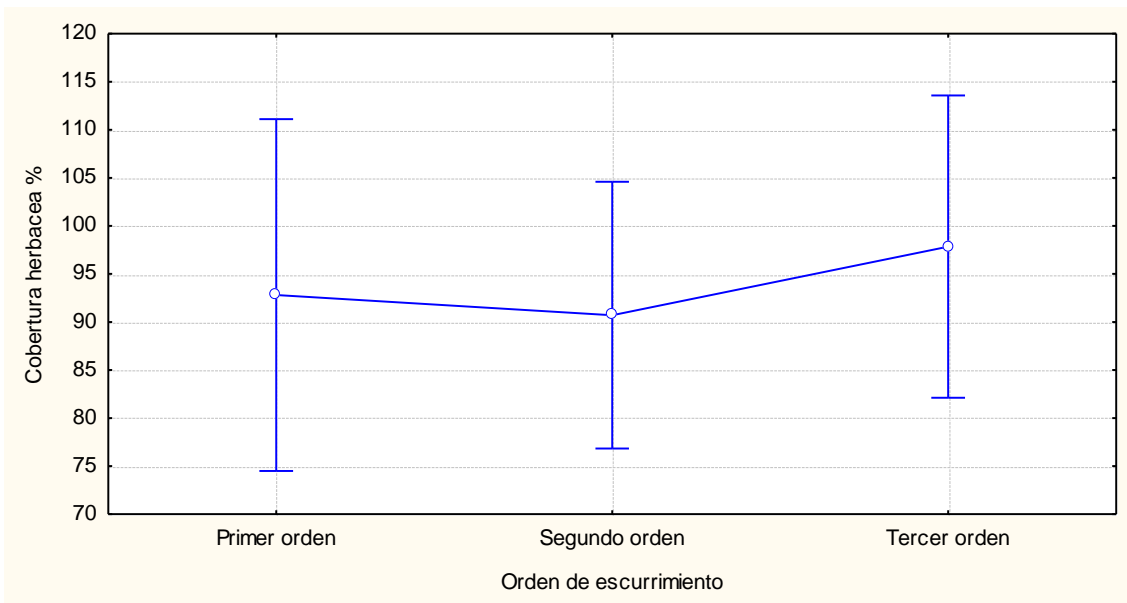


Figura 22. Cobertura herbácea en las tres órdenes de escurrimiento, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

Los resultados obtenidos en este trabajo tienen similitud con el trabajo realizado por Cuevas y Marín (2013) quienes evaluaron el efecto del tipo de corte y de tratamientos en el mantillo para la restauración de pastizales naturales invadidos por *Pinus halepensis*, mediante perécelas de 26 m x 12 m de superficie dispuestas en dos bloques en el rodal, reportando un total de vegetación en áreas de pastizal natural libre de pino de 85.7%; siendo estas gramíneas al igual que en el presente trabajo y no registraron diferencias significativas entre tratamientos ((Pr>F= 0.92) . (Cuadro 4).

Cuadro 4 Especies presentes en el área de azolve en los tres órdenes de escurrimiento, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

Orden de escurrimiento	Nombre científico	Nombre común
Primer orden de escurrimiento	Dalea bicolor	Engorda cabras
	Schizachyrium sanguineum	Pajon tallo azul
	Mimosa biuncifera	Gatuño
Segundo orden de escurrimiento	Boutelova hirsuta	Gramma
	Boutelova curtipendula	Banderilla
	Bickellia reronicifolia	Estrellita

	Mimosa biuncifera	Gatuño
	Thymophyla	
	setifolia	Parraleña
	Buehloe	
Tercer orden de escurrimiento	dactiloides	Zacate búfalo
	Dalea bicolor	Engorda cabras
	Erioeneuron	Falso tridente
	avenaceum	avenaceo
	Mimosa biuncifera	Gatuño

5.2.1 Altura promedio de capa sedimentada en condición de ladera

El resultado de la de covarianza ($\alpha=0.05$), considerando como covariable la distancia entre obras, no mostró efectos de la covariable ($Pr>F =0.40$; Anexo 6); mientras que para los tratamientos (posición de la ladera) mostró diferencias altamente significativas ($Pr>F=0.024$; Anexo 6). El análisis de comparación de medias a través de la prueba Tukey ($\alpha=0.05$), presentó dos grupos compuestos de la siguiente manera; el primer grupo está formado por los tratamientos de la posición media (0.13 m^2) y alta (0.11 m^2) de la ladera; y el segundo grupo está formado por la posición media (0.13 m^2) y la posición baja (0.29 m^2) de la ladera; las diferencias se encuentran entre los tratamientos de la posición alta y baja de la ladera (Cuadro 5, Figura 23).

Cuadro 5. Comparación de medias Tukey ($\alpha =0.05$), para la altura promedio en las tres posiciones de la ladera.

Tratamiento T	Media (m^2)	Agrupación Tukey*
Posición alta	0.11	a
Posición media	0.13	ab
Posición baja	0.29	b

*Letras iguales, mismo grupo.

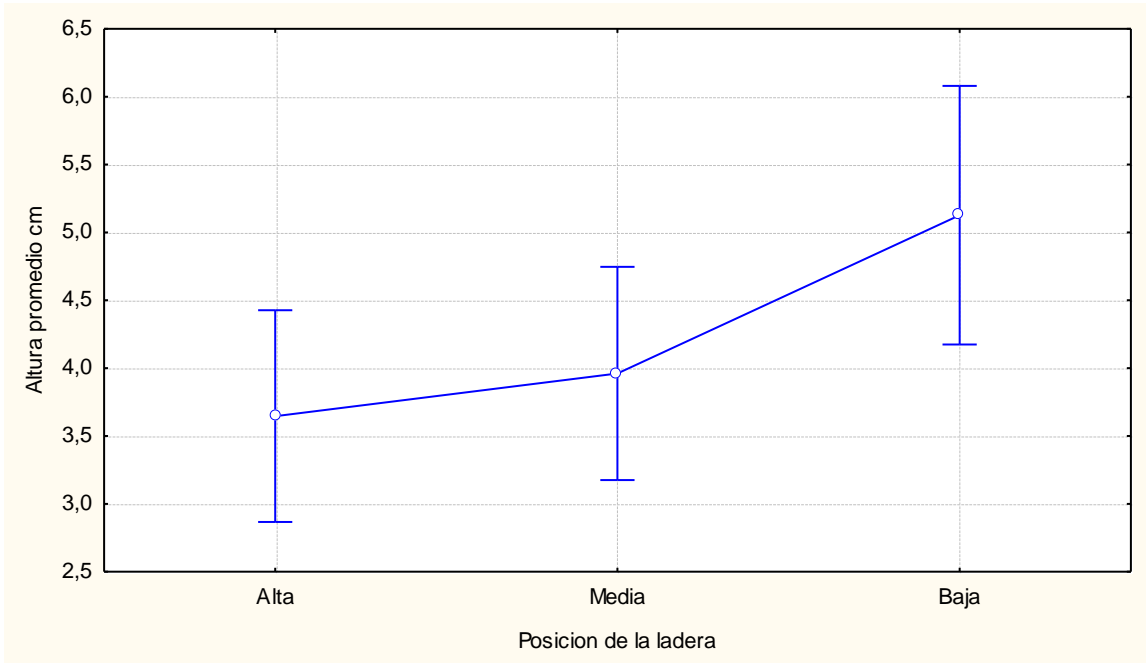


Figura 23. Altura promedio de la capa sedimentada de las obras de piedra acomodada, en posición de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

5.2.2 Área de suelo sedimentado en condición de ladera

Con el análisis de covarianza ($\alpha=0.05$), considerando como covariable la distancia entre obras en el área de suelo sedimentado, no mostró efectos significativos ($Pr>F= 0.45$; Anexo 7); mientras que para los tratamientos (posición en la ladera) no mostró diferencias significativas ($Pr\geq=0.06$). El análisis de comparación de medias a través de la prueba Tukey ($\alpha=0.05$). La media que mostró el valor más alto es la posición baja (0.87 m^2); posteriormente la posición media (0.82 m^2) y por último la posición alta (6.74 m^2) (Figura 24).

De acuerdo con los resultados reportados por Muñoz *et al.* (2009) a través de la metodología de modelo digital de elevación creado por curvas a nivel con equidistancia de 1m procedentes de un levantamiento topográfico a través de una estación total laser en dos laderas en pediplanicie de Cobar, Nueva Gales del Sur, Australia; realizando 55 simulaciones de lluvia en parcelas de 1 m^2 , registró la producción de mayor producción sedimento en la ladera con vegetación de pastizal; estos resultados difieren con el presente trabajo debido

a la ubicación geográfica de las áreas de estudio; y que en el área de estudio del presente trabajo los suelos predominantes son: Castañozem háplico, Faozem calcarico y el Litosol, y en el otro estudio el suelo predominante fueron Luvisoles y Ferrasoles.

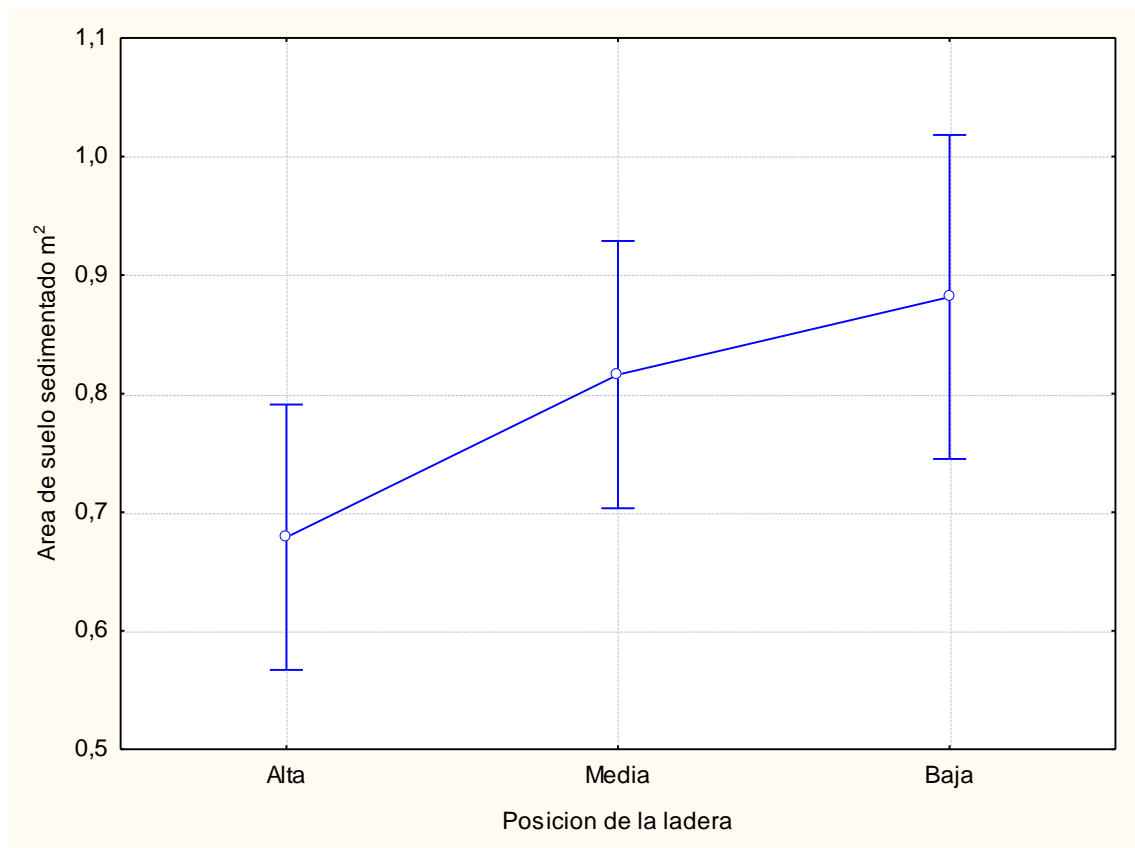


Figura 24. Área de suelo sedimentado en las diferentes posiciones de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

5.2.3 Volumen de suelo sedimentado en condición de ladera

El análisis de covarianza ($\alpha=0.05$), considerando como covariable la distancia entre obras en la condición de ladera mostró que existen efectos significativos ($Pr>F=0,02$; Anexo 8) en el volumen de suelo sedimentado para las tres posiciones de ladera; por consiguiente, el análisis de comparación de medias a través de la Tukey ($\alpha=0.05$), mostró dos grupos de medias; los tratamientos de la posición media (0.131m^3) y los tratamientos de la posición alta (0.11) de la

ladera conforman el primer grupo, el segundo grupo está formado por los tratamientos de la posición baja (0.296 m³) y la posición media (0.131 m³) de la ladera ; las diferencias entre medias están en los tratamientos de la parte alta de la ladera y el tratamiento de la parte baja de la ladera (Cuadro 6, Figura 25) .

Rodríguez *et al.* (2015) reportó a través de una evaluación física con respecto al tipo y volumen de sedimentos, que 72% de las obras presentaba sedimentos gruesos destacándose las gravas y arenas, encontró que, en zonas con pendiente elevada, pero con vegetación abundante las obras de presas filtrantes no presentaban un volumen significativo de sedimentos retenidos; estos datos difieren de este trabajo debido al tiempo de la evaluación con respecto al tiempo de establecimiento de las obras, realizando las evaluaciones dos años posteriores al establecimiento de las obras, mientras que en el presente trabajo se realizaron las evaluaciones seis años posteriores al establecimiento de las obras de conservación de suelos.

Cuadro 6. comparación de medias Tukey ($\alpha =0.05$), para el volumen de suelo sedimentado en las tres posiciones de la ladera.

Tratamiento T	Media (m ³)	Agrupación Tukey*
Posición alta	0.113016	a
Posición media	0.131432	ab
Posición baja	0.296820	b

*Letras iguales, mismo grupo.

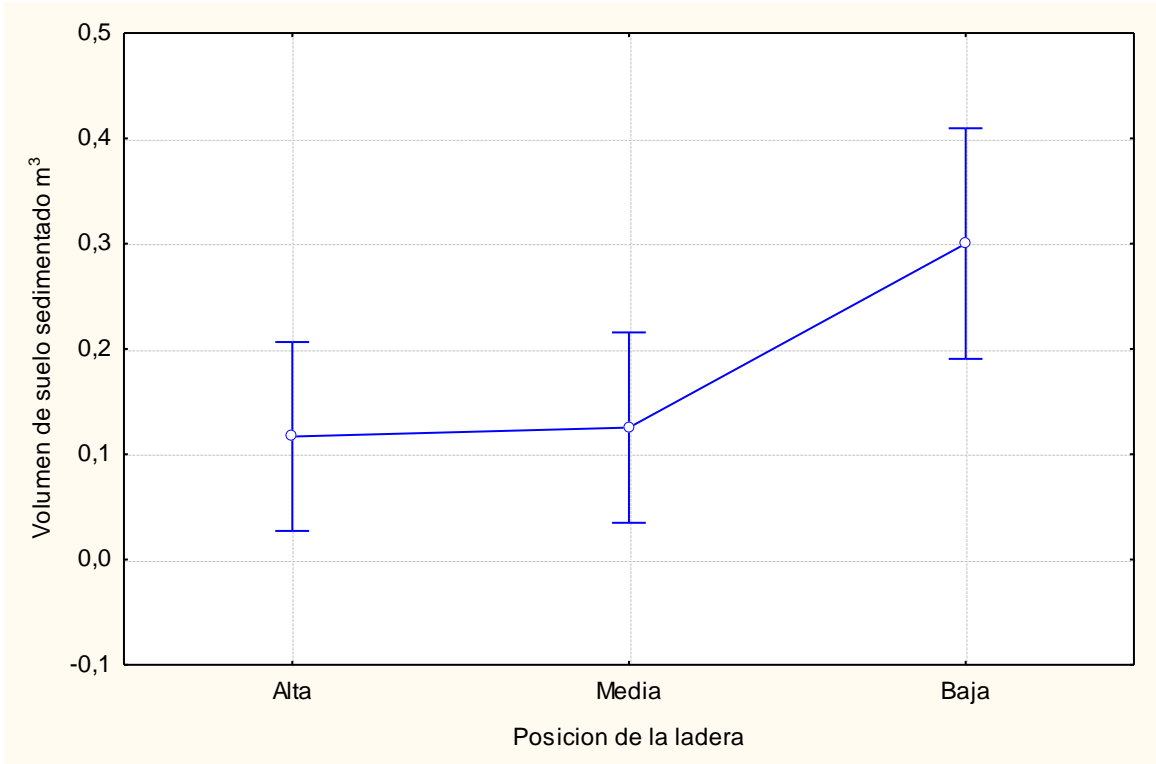


Figura 25. Volumen de suelo sedimentado en cada posición de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

5.2.4 Densidad aparente en condición de ladera

De acuerdo con el análisis de covarianza ($\alpha=0.05$), considerando como covariable a la distancia entre obras en la condición de ladera, mostró que existen efectos significativos ($Pr>F=0.03$; Anexo 9) en la densidad aparente en las tres posiciones de la ladera; mientras que para los tratamientos también presentó diferencias significativas ($Pr>F=0.03$; Anexo 9); de acuerdo con las medias de las tres posiciones de ladera, la que mostró la media más alta es la posición media (0.73 g/ m^3 ; posteriormente la posición baja (0.71 g/ m^3) y por último la posición alta (0.64 g/ m^3) (Figura 26).

Los resultados encontrados en este trabajo difieren de los encontrados en el trabajo realizado por la Universidad autónoma de Tamaulipas y la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO), en la cuenca de Burgos, dónde la densidad aparente vario entre 1.2 a 1.8 g/ m^3 ,

mientras que en el presente trabajo se registraron valores de densidad aparente que oscilaban de 0.53 g/m³ a 0.92 g/m³, pudiéndose deber al tipo de suelo de cada área de estudio.

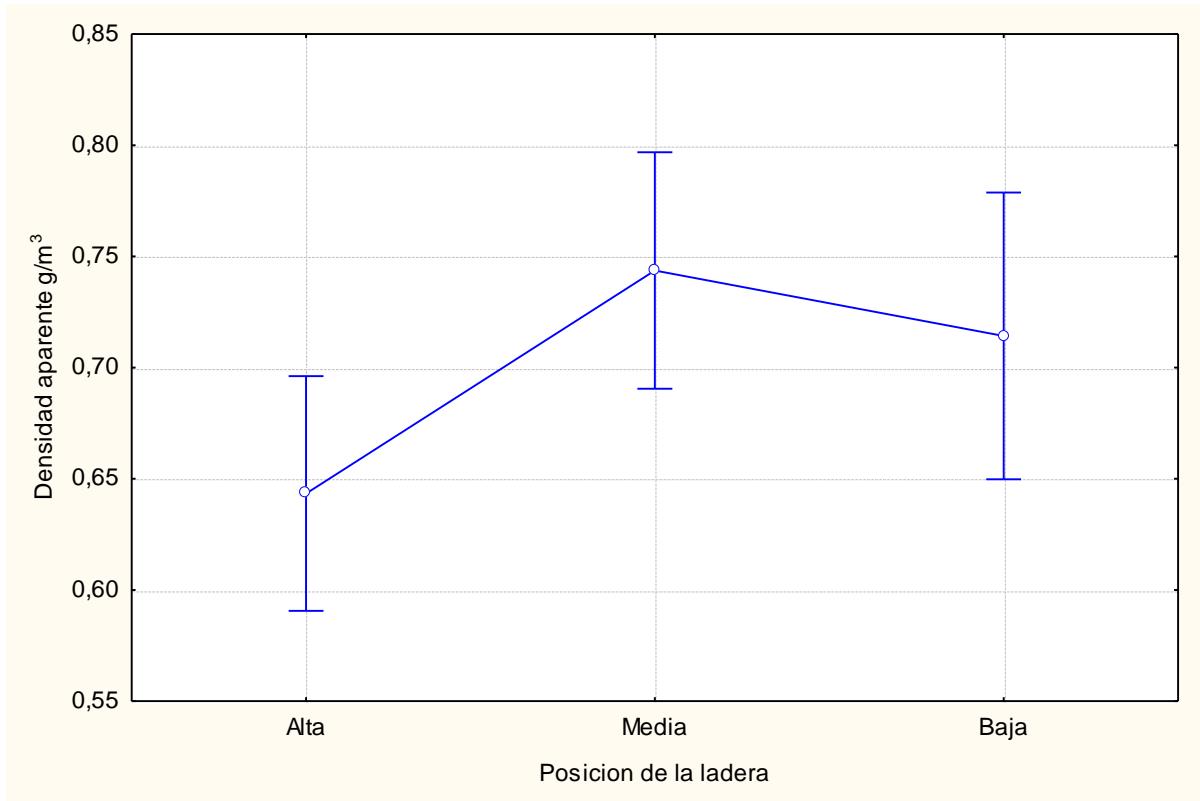


Figura 26. Densidad aparente en cada posición de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

5.2.5 Cobertura herbácea del área sedimentada en condición de ladera

Con el análisis de covarianza ($\alpha=0.05$), considerando la distancia entre obras como covariable en las tres posiciones de ladera como covariable, no mostró efectos significativos ($Pr>F=0.65$; Anexo 10); del mismo modo no se encontró diferencias significativas para los tratamientos (posición de la ladera) ($Pr>F=0.53$; Anexo 10); la posición de la ladera que mostró una media más alta fue la posición media de la ladera (56.50 %), seguida por la posición baja de la ladera (56.50 %) y finalmente la posición alta de la ladera (55.66 %) (Figura 27, Cuadro 10).

Tipa (2011) determinó la cobertura vegetal de dos herbáceas y dos gramíneas utilizando tres técnicas de muestreo (PCC, IMC, VMC) en pastizales nativos en El Rancho “El Olvido” en Saltillo, Coahuila; donde registró los siguientes porcentajes de vegetación en El; 53.09 % de cobertura absoluta total de la especie *Bouteloua gracilis* por hectárea; 9.72 % de la especie *Lesquerella fendleri*; y en especies de gramíneas como *Erioneurum pulchellum* 3.54 % y de *Larrea tridentata* fue 33.69 %; y los resultados encontrados en el presente trabajo difieren, pueda deberse a las especies establecidas en cada área de estudio en el presente trabajo algunas especies encontradas fueron: *Brickellia veronicifolia*, *Physalis hederifolia*, *Schizachyrium sanguineum*, *Rynchosia senna*, *Ageratina Calophylla* (cuadro 7).

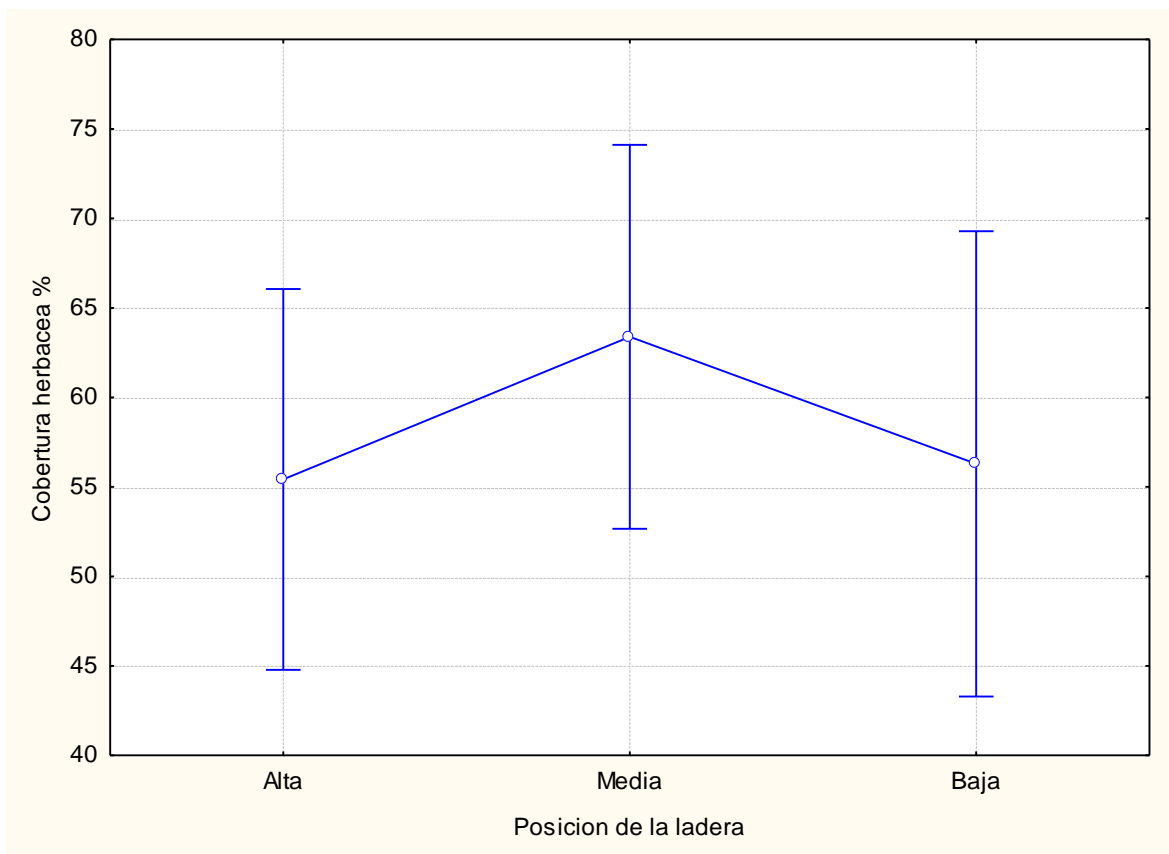


Figura 27. Cobertura herbácea en diferentes posiciones de ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

Cuadro 7 Especies herbáceas establecidas en las diferentes posiciones de la ladera, en el predio "Loma del Gorrión", Saltillo, Coahuila.

Posición de la ladera	Nombre científico	Nombre común	
Alta	<i>Ageratina Calophylla</i>	Raíces de serpiente	
	<i>Ageratina petiolaris</i>	Amargocilla	
	<i>Aristida curvifolia</i>	Fourn	
	<i>Baccharis pteronioides</i>	Caratuaca	
	<i>Brickellia veronicifolia</i>	Estrellita	
	<i>Ceanothus greggii</i>	Palo de zorrillo	
	<i>Chysactiania mexicana</i>	Damianita	
	<i>Dalea eriophylla</i>	Charrasquillo	
	<i>Gnaphalium semiampiexicaule</i>	Gordolobo	
	<i>Hedyotis intricata</i>	Sin nombre común	
	<i>Lium rupestre</i>	Lino	
	<i>Loeselia greggii</i>	Huachichile	
	<i>Physalis hederifolia</i>	Tomatillo	
	<i>Polygala macradenia</i>	sin nombre común	
	<i>Rynchosia senna</i>	sin nombre común	
	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	Pajon tallo azul	
	<i>Thelesperma simplicifolia</i>	sin nombre común	
	<i>Thymophylla setifolia</i>	Paraleña	
	Media	<i>Ageratiha petiolaris</i>	Amargocilla
		<i>Alcalypha monostachya</i>	Hierba del cáncer
<i>Aristida curvifolia</i>		Fourn	
<i>Beotelova hirsuta</i>		Grama	
<i>Bourardia ternifolia</i>		Contrahierba	
<i>Boutelova gracilis</i>		Navajita azul	
<i>Brickellia veronicifolia</i>		Estrellita	
<i>Dalea bicolor</i>		Engorda cabras	
<i>Dyschoriste linearis</i>		Sin nombre común	
		Falso tridente	
<i>Erioneuron avenaceum</i>		avenaceo	
<i>Loeselia greggii</i>		Huachichile	
<i>Muhlenbergia pheloides</i>		Liendrilla lisa	
<i>Polygala macradenia</i>		Sin nombre común	
<i>Porophyllum linaria</i>		Sin nombre común	
<i>Schizachyrium sanguineum</i>		Pajon tallo azul	
<i>Thymophylla setifolia</i>		Paraleña	
Baja	<i>Acacia greggii</i>	Tesota	

<i>Aristida curvifolia</i>	Fourn
<i>Beotelova curtispindula</i>	Banderilla
<i>Beotelova hirsuta</i>	Grama
<i>Brickellia veronicifolia</i>	Estrellita
<i>Buehloe dactiloides</i>	Zacate búfalo
<i>Dalea bicolor</i>	Engorda cabras
	Falso tridente
<i>Erioneuron avenaceum</i>	avenaceo
<i>Gnaphalium semiplexicule</i>	Gordolobo
<i>Loesselia greggii</i>	Huachichile
<i>Polygala macradenia</i>	Sin nombre común
<i>Thymphyla setifolia</i>	Paraleña

VI CONCLUSIONES

La hipótesis nula se rechaza, debido a que se encontraron diferencias en el área de suelo sedimentado para las presas de gavión en los tres órdenes de escurrimiento; y en condición de ladera en el volumen de suelo sedimentado en las obras de acordonamiento de piedra en las diferentes posiciones de la ladera.

Se registraron efectos significativos de la covariable en el área de suelo sedimentado en las presas de gavión distribuidas en las tres órdenes de escurrimiento, siendo el tercer orden de escurrimiento con la media más alta (13.36 m^2).

En la variable volumen sedimentado para los tres órdenes de escurrimiento no se encontraron efectos significativos considerando la distancia entre obras como covariable; Para la variable de densidad aparente en los órdenes de escurrimiento no mostro efectos significativos de la covariable distancia entre obras.; Considerando la distancia entre obras como covariable en la cobertura herbácea para las obras de conservación de suelos en condición de cárcava, no presento efectos significativos.

En las obras de piedra acomodada en las diferentes posiciones de la ladera en la variable volumen de suelo sedimentado mostró diferencias significativas considerando la covariable distancia entre obras, siendo la posición baja con la media más alta (0.29 m^3); Se encontraron efectos significativos en la variable densidad aparente considerando como covariable a la distancia entre obras, siendo la posición media con la media de más alta (0.73 g/m^3)

En las obras de piedra acomodada distribuidas en las diferentes posiciones de ladera, no presentaron efectos en la altura promedio del área de suelo sedimentado, considerando como covariable la distancia entre obras; En la variable área de suelo sedimentado considerando como covariable la distancia entre obras no mostro efectos significativos; En la variable de cobertura herbácea en donde se consideró a la distancia entre obras no mostró efectos significativos.

VII RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones constantes en los diferentes órdenes de escurrimiento, así como en las diferentes posiciones de la ladera.
- Realizar el mantenimiento adecuado para obras de conservación de suelos establecidas en el predio “Loma del Gorrión”, Saltillo, Coahuila.
- Hacer nuevas obras de conservación de suelos en la parte baja de la microcuenca del predio “Loma del Gorrión”, Saltillo, Coahuila.
- Evaluar la frecuencia y dispersión de las especies herbáceas en los órdenes de escurrimiento; así como en las posiciones de ladera.

VII LITERATURA CITADA

- Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L. and Schaepman, M.E. 2008. Pox global assessment of land degradation. Soil Use and Management, London, England. 223–234 pp.
- Becerra M.A. 2005. Escorrentía, erosión y conservación de suelos: Determinación de las prácticas para el combate de la erosión. Universidad Autonoma Chapingo, Texcoco, México. pp: 375p.
- Bolaños G., M., A., Paz P., F., Cruz G., C., O., Argumedo E., J., A., Romero B., V., M. y de la Cruz C., J., C. 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo, vol.34, num 3.18p.
- Clapham. W.B. 1983. Natural Ecosystems. Publishers Macmillan , New York, USA. 6-8 pp.
- CONABIO 2004. Regiones Terrestres Prioritarias <http://www.conabio.gob.mx> (Enero ,2018).
- CONAFOR 2007. Protección Restauración Y Conservación De Suelos Forestales, Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco, México. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf> (Febrero, 2018).
- CONABIO 2008. Catálogo de metadatos geográficos, Portal de geo información <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Enero ,2018).
- CONAFOR 2010. Incendios Forestales guía práctica para comunicadores. [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20%20Incendios%20Forestales.p](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20%20Incendios%20Forestales.pdf)df (Febrero, 2018).

- CONAFOR 2013. Programa de restauración forestal en cuencas prioritarias. Zapopan, Jalisco, México. 85 p.
- Cornejo C., Calderón J.M., Suarez R.L. 2014. Los servicios ambientales y la biodiversidad. https://www.researchgate.net/profile/Cristian_Cornejo_Latorre/publication/264545146_Los_servicios_ambientales_y_la_biodiversidad/links/53e42be30cf25d674e94b889/Los-servicios-ambientales-y-la-biodiversidad.pdf (Marzo ,2018).
- Cotler H., Cram S., Martínez S.T., y Bunge V. 2015. Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM ISSN 0188-4611, núm. 88.13 p.
- Cuevas A., Martin Z., S. 2013. Efecto del tipo de corte y tratamientos en el mantillo para la restauración de pastizales naturales invadidos por *Pinus halepensis*. Boletín de la sociedad argentina de botánica, vol. 48, no. 2, 315-329 pp.
- Diez A Y Bergesio L. 2012. Erosión Hídrica Principios y técnicas de manejo. El proceso de la degradación hídrica, Argentina : 61-81 pp.
- Dorronsoro F., C. 2007. Edafología y química agrícola. En investigación y desarrollo medioambiental en Andalucía. Universidad de Sevilla, España. 277p
- FAO. 2015. Suelos y biodiversidad. <http://www.fao.org/3/a-i4551s.pdf> (Febrero, 2018).
- FAO 2015. Status of the world's soil resources <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf> (Febrero, 2018).
- Flores D. L. 2010. Manual de Procedimientos Analíticos. Universidad Nacional Autónoma De México. Instituto de geología departamento de edafología. Mexico, D.F., 56p.
- Gabriels D. and W. Cornelis 2015. Human-Induced land degradation. Department of Soil Management and Soil Care, International Centre for Eremology, Ghent

University, Belgium <http://www.eolss.net/sample-chapters/c12/E1-05-03-05.pdf>
(Marzo , 2018.)

Gaete N., y Carrasco, J. 1999. Prácticas de conservación de suelos y aguas, para el control de la erosión hídrica. in: Técnicas para el Manejo de los Recursos Naturales en el Programa de Recuperación de Suelos Degradados en la Novena Región”. Serie INIA-Carillanca N° 75. Temuco. Chile. pp. 107-128

García C.J., 1989. Zonas y Ecosistemas en Degradación. Madrid, España,3 p.

García E., W koppen. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) ISBN-UNAM, México 56p.

García N.J.M., 1962. Principios de hidráulica torrencial, Madrid, España.186 p.

Gardi C., Angelini, M., Barceló S., Comerma J., Cruz Gaistardo C., Encina Rojas, A., Jones A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin M.L., Montanarella L., Muñiz Ugarte O., Schad P., Vara Rodríguez M.I., Vargas, R. 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Comisión Europea Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo, pp 177.

Gayoso J., 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Programa de producción forestal y medio ambiente facultad de ciencias forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. pp: 10-19

Geist, H.J. y E. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. BioScience,USA.143-149 pp.

Gómez 2010. Comportamiento de los sólidos en suspensión y sedimentables en cuerpos de agua: búsqueda de métodos aplicables al monitoreo comunitario; Tercer congreso nacional de manejo de cuencas hidrográficas. Morelia, Michoacán. 85-93 p

- IFIPRI 2011. The Economics of desertification, Land Degradation, and Drought. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?rep=rep1&type=pdf&doi=10.1.1.26.3778> (Febrero, 2018).
- INEGI 2008. Espacio y Datos de México, Estados Unidos Mexicanos Conjunto de datos vectoriales climatológicas escala 1:1000 000 <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/> (Enero, 2018).
- INEGI 2008. Espacio y Datos de México, Estados Unidos Mexicanos Conjunto de datos vectoriales Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250 000 <http://www.inegi.org.mx/> (Enero, 2018).
- INEGI 2010. Simulador de Flujos de Aguas de Cuencas Hidrográficas <http://www.beta.inegi.org.mx> (Enero 2018).
- INEGI 2015. “Estadísticas a propósito del día mundial del suelo”. <http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2015/suelo0.pdf> (Marzo, 2018)
- Jiménez B., C. 2010. Evaluación de obras de conservación de suelos en el distrito de Coixtlahuaca (Oaxaca, México) y bases para actuaciones futuras. Tesis profesional Universidad Politécnica de Madrid. España.196p
- Kertez. A. 2009. The global problem of land degradation and desertification. Hungarian Geographical Bulletin. p 20 http://www.mtafki.hu/konyvtar/kiadv/HunGeoBull2009/HunGeoBull_2009_1_19-31.pdf
- Koenker R., Basset G.; (1978) Regression Quantiles. *econometrica* 46, 33-50 pp
- Lal L. 1990. Soil erosion and land degradation: the global risks. *In*: Lal R., Stewart B.A. (Eds) Soil Degradation. *Adv. Soil Sci.* 11: pp 129-172.
- Lozano P. Z., Lobo L.D., y I Pla S. 2002. Susceptibilidad a la degradación física de Alfisoles de los llanos centrales y occidentales de Venezuela. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay, Venezuela. 57p

- Martínez P.E., 2002. Inventario nacional de suelos. Madrid, España. 177 p.
- Mostacedo B., 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Editorial el País, Santa Cruz, Bolivia. 92p
- Muñoz G.R. 2006. Erosión Hídrica en la microcuenca San Pedro Huimilpan: Valoración Integrada para su Control, Querétaro, México. Tesis Maestría Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, Querétaro, México. 88 p.
- Muñoz R. C., Tghe M., Frazier P., Briggs S. y Wilson B., 2009. Redistribución de escorrentía y sedimento en laderas de paisajes semi-áridos usando un modelo espacialmente explícito Carlos Muñoz: Memorias del tercer congreso nacional de manejo de cuencas hidrográficas Morelia, Michoacán.117-125 p.
- Olafur I., Fjola T., Sigmar M., Asgeir J., Einar G. and Arnor A., 2001 Soil erosion in island. Islan. The Soil Conservation Service and the Agricultural Research Institute. 17p.
- Ortega *et al.* 2013 Sequia: causas y efectos de un fenómeno global. Instituto del Agua de Nuevo León (IANL). Apodaca, N.L., 222 p.
- Ortega.G. D, Díaz T.J.E, Reyes.B.S.P,Gomez. R. 2012. Guías Técnicas Para La Restauración Ecológica de Los Ecosistemas de Colombia,Grupo de restauración ecológica, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Colombia.194 p.
- Ortiz, S., Anaya G.M, y Estrada B. W.1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Comisión Nacional de las Zonas Áridas. Texcoco, Estado de México, México. 161 p.
- Osarg V., 2010. El recurso suelo principios de manejo y conservación, editorial Zeus, La Paz, Bolivia. 489p

- Otero J., Sánchez R, Ojeda E, Milena A.C, Gómez C.E, Carrillo H, Castro C.E., Alejandro Palacios, Camacho M.A. 2010. Protocolo para la identificación y evaluación de los procesos de degradación de suelos y tierras por erosión. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 12 p.
- Padilla, C.; Crespo, G.; Sardiñas, 2009. Degradación y recuperación de pastizales Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba vol. 43, núm. 4. 351-354 p.
- Phogat V.K., Tomar V.S. And Ritadahiya. 2015. Soil Physical Properties. Aryana Agricultural University https://www.researchgate.net/publication/297737054_Soil_Physical_Properties
- Porta, C. J., López 2005. Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. 541 p.
- Rodríguez J.A., I. Pineda 2015 Lecciones aprendidas en la conservación de suelos en la Cuenca Alta del Río: Memorias del tercer congreso nacional de manejo de cuencas hidrográficas Morelia, Michoacán.39-47 p.
- Rodríguez R.H. 2008. Recuperación y conservación de suelos mediante presas de control de azolves, en la cuenca de Burgos Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CJ068. México D. F.
- Terrón P, U. 1997. Erosión y conservación de suelo. Editorial mundi. Madrid, España. 375 p.

- Sánchez *et al.* 2008. Temas Sobre Restauración ecológica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología. México. D.F.255 p.
- Sanders D. 2004. SOIL CONSERVATION, *in* Land Use, Land Cover and Soil Sciences, [Ed. Willy H. Verheye], in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford,UK <http://www.eolss.net> (Febrero, 2018).
- SER, 2004. International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration, Washington, D.C. 48p
- Sánchez O. 2008. Temas Sobre Restauración ecológica, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, México. 255 p.
- SEMARNAT 2011. Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras. http://www.ccmss.org.mx/wpcontent/uploads/2014/10/Estrategia_Nacional_de_Manejo_Sustentable_de_Tierras.pdf (Febrero, 2018).
- SEMARNAT 2012. Servicios ambientales y cambio climático <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/24/2727DOSSIER.pdf> (Marzo, 2018)
- SEMARNAT 2015. Informe de la situación del medio ambiente en México <http://apps1.semarnat.gob.mx> (Marzo, 2018).
- Silvia S., Correa F. 2009. Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. 13-14 p.
- SSSA, Soil Science Society of America. 2002. Helping to Create Solutions from the Ground Up <https://soils.org/files/science-policy/sssa-marketing-2013.pdf>
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1995. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2ª ed. 1ª en español. McGraw-Hill. México. 622 p.

Strahler, A. N. (1957), "Quantitative analysis of watershed geomorphology",
Transactions of the American Geophysical Union 38: 913–920 p.

Tipa S, N (2011). Determinación De Cobertura Vegetal De Dos Herbáceas Y Dos Gramíneas Utilizando Tres Técnicas De Muestreo (PCC, IMC, VMC) En Pastizales Nativos En Saltillo Coahuila. Tesis profesional. UAAAN, Saltillo, Coahuila. México

UNCCD 2013. Desertification, a visual synthesis. United Nations Conventions to Control Desertification. UNCCD Publications.
<http://www.unccd.int/en/resources/publication/Pages/default.aspx>

UNCCD 2015. Cambio climático y degradación de las tierras.
http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/2015_Climate_LD_Outcomes_CST_conf_SPA.pdf

Vargas. R.O, Reyes.S.B .2011. La Restauración Ecológica en La Práctica. Bogota, Colombia. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Colombia.194 p.

Woodruff N.P., Lyles L. 1967. Tillage and land modification to control wind erosion. Reprinted from: Tillage for Greater Crop Production (Conference Proceedings. December 11 and 12, 1967, pp 63; 64; 65; 66; 67; 70). Published by American Society Engineers, St. Joseph, Michigan.

WWF 2011. Informe bosques vivos.
https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/living_forests_chapter_3_spanish.pdf

World map of the status of human-induced soil degradation. Global Assessment of Soil Degradation GLASOD 1990. International Society of Soil Science, Food and Agricultural Organization of the United Nations, International Institute for Aerospace Survey and

EarthSciencefile:///C:/Users/selen/AppData/Local/Temp/Rar\$Dla0.445/ExplanN
ote.pdf

Yunga, OUTH AND UNITED NATIONS GLOBAL ALLIANCE. 2014. Soils Challenge
badge. [http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/a-
i3855e.pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/a-
i3855e.pdf)

(Febrero, 2018).

VIII ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para el área actual de la cárcava en los tres órdenes de escurrimiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Orden de escurrimiento	2	14.478	7.239	0.14293	0.8692
Error	7	354.515	50.645		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 2. Análisis de covarianza para el área de suelo sedimentado en los tres órdenes de escurrimiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	85.8753	85.8753	5.86309	0.051766
Orden de escurrimiento	2	256.6257	132.8129	9.06773	0.015363
Error	6	87.8805	14.6468		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 3. Análisis de covarianza para el volumen de suelo sedimentado en los tres órdenes de escurrimiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	144.8627	144.8627	2.96038	0.136116
Orden de escurrimiento	2	399.8903	199.9451	4.08604	0.075885
Error	6	293.6025	48.9337		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 4. Análisis de covarianza de la densidad aparente en los tres órdenes de escurrimiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	0.000394	0.000394	0.05511	0.822209
Orden de escurrimiento	2	0.003936	0.001968	0.27544	0.776835
Error	6	0.042865	0.007144		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 5. Análisis de covarianza para la cobertura herbácea en los tres órdenes de escurrimiento.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	67.62	67.62	0.5880	0.472272
Orden de escurrimiento	2	88.63	44.31	0.3853	0.695933
Error	6	690.03	115		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 6. Análisis de covarianza para la altura promedio de la capa sedimentada en condición de ladera.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	0.11071	0.110710	0.05046	0.823543
Posición de la ladera	2	13.86185	6.93093	3.15878	0.054459
Error	36	78.99035	2.19418		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 7. Análisis de covarianza para el área de suelo sedimentado en condición de ladera.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	0.025871	0.025871	0.57287	0.454045
Posición de la ladera	2	0.274422	0.137211	3.03833	0.060353
Error	36	1.62576	0.04516		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 8. Análisis de covarianza para el volumen de suelo sedimentado en condición de ladera.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	0.020389	0.020389	0.702644	0.407428
Posición de la ladera	2	0.239568	0.119784	4.122883	0.024317
Error	36	1.044609	0.029017		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 9. Análisis de covarianza para la densidad aparente del suelo en condición de ladera.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	0.049457	0.049457	4.9202	0.032940
Posición de la ladera	2	0.076502	0.038251	3.8054	0.031678
Error	36	0.361864	0.010052		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Anexo 10. Análisis de covarianza para la cobertura herbácea en condición de ladera.

FV	GL	SC	CM	F	Pr
Distancia entre obras	1	83.6	83.600000	0.20471	0.653662
Posición de la ladera	2	526.17	263.08	0.64419	0.531032
Error	36	14702.23	408.40		

FV= Fuente de variación; GL=Grados de libertad; SC= Suma de cuadrados; CM= Cuadrados medios; Pr>F= Probabilidad de F calculada.

Diseño del área actual de la cárcava y área de sedimentación, en gaviones del primer orden de escurrimiento

Figura 1. Gavión 10

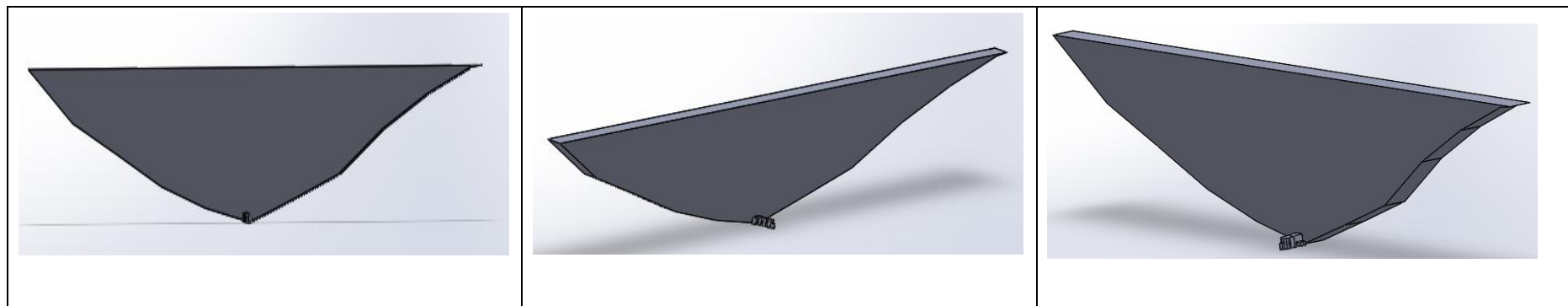


Figura 2. Gavión 35

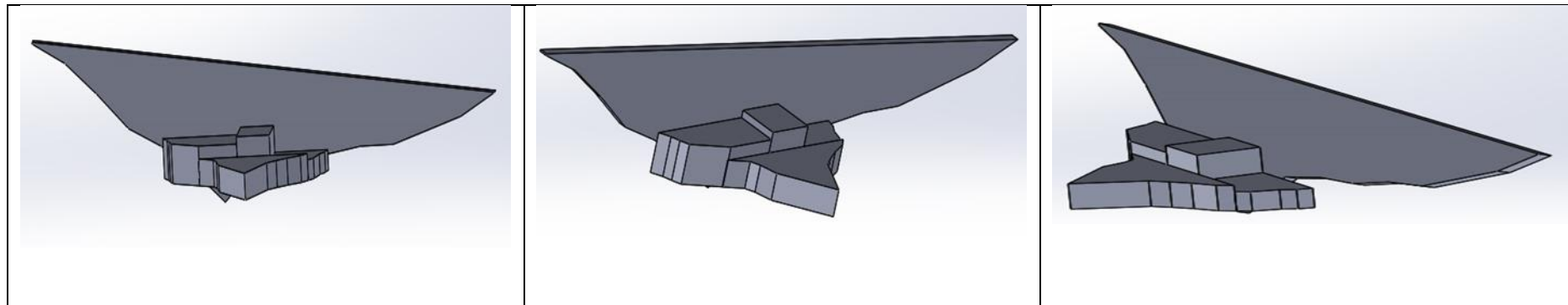
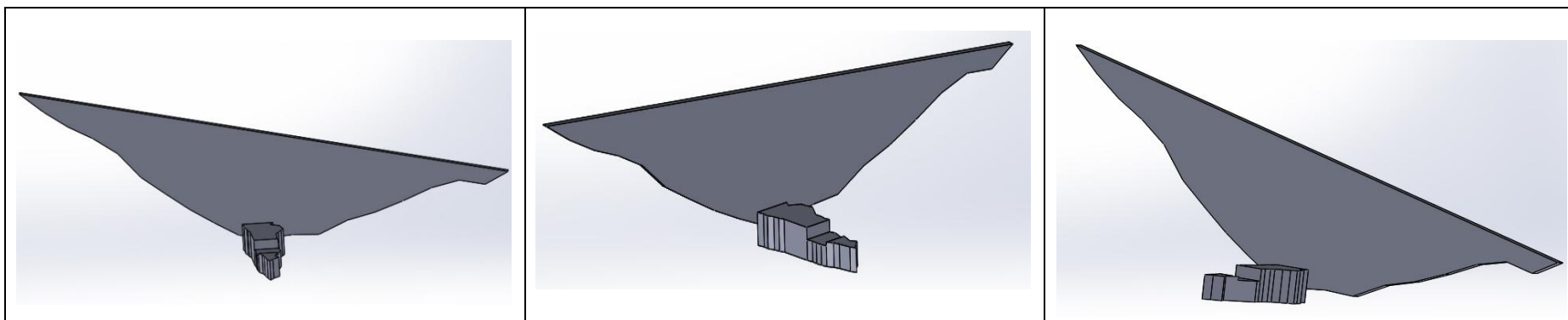


Figura 3. Gavión 58



Diseño del área actual de la cárcava y área de sedimentación en, gaviones del segundo orden de escurrimiento

Figura 4 Gavión 11

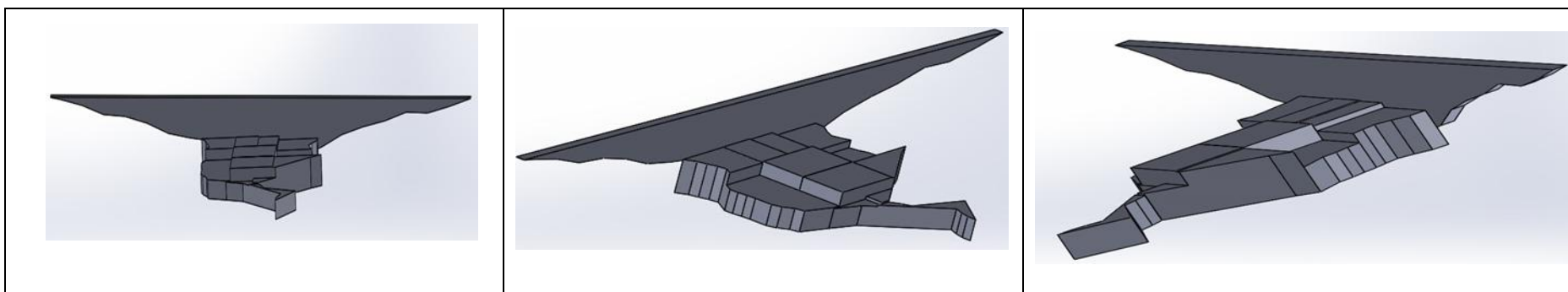


Figura 5 Gavión 29

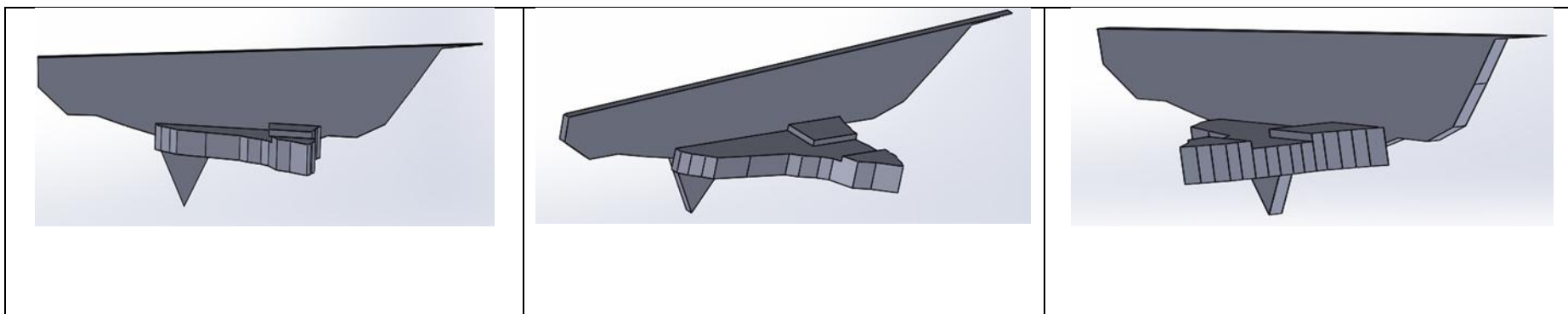


Figura 6 Gavión 33

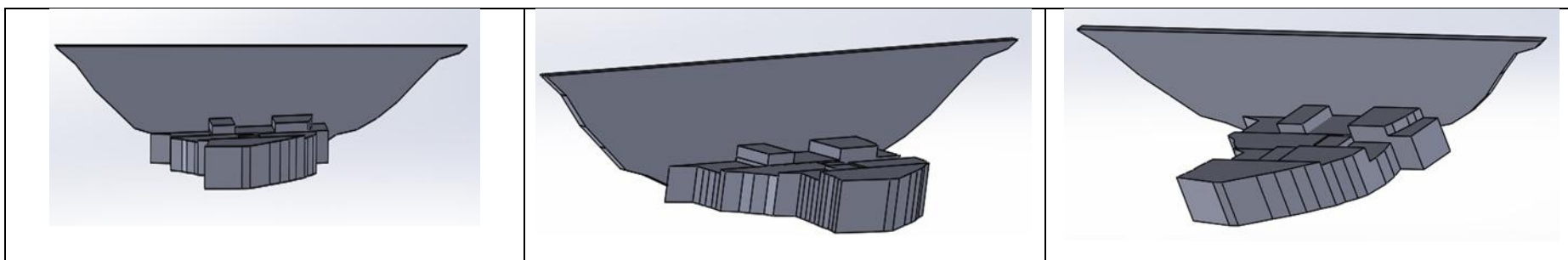
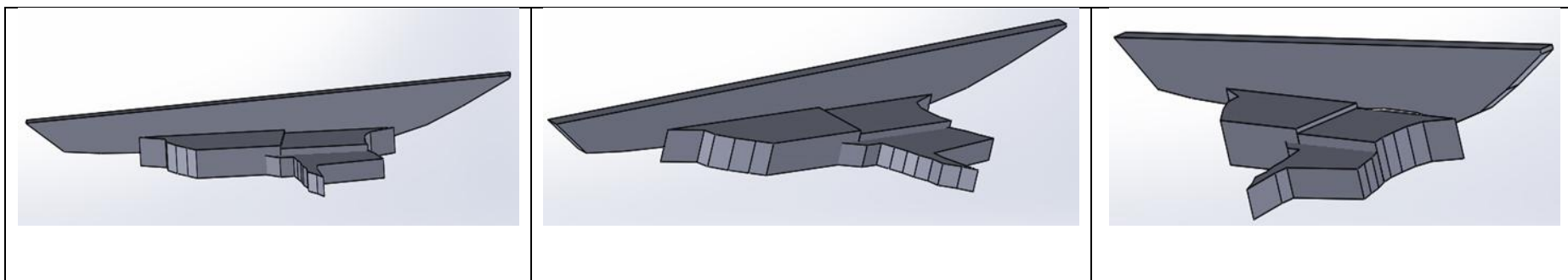


Figura 7 Gavión 54



Diseño del área actual de la cárcava y área de sedimentación en, gaviones del tercer orden de escurrimiento

Figura 8 Gavión 17

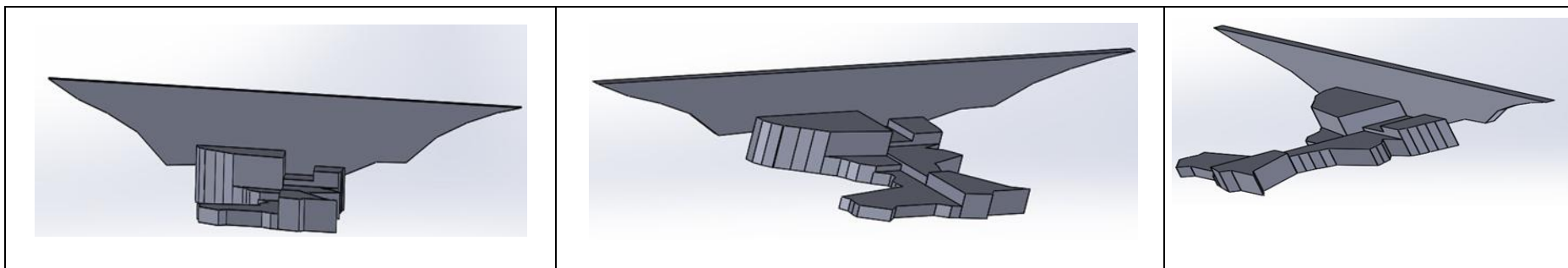


Figura 9 Gavión 33

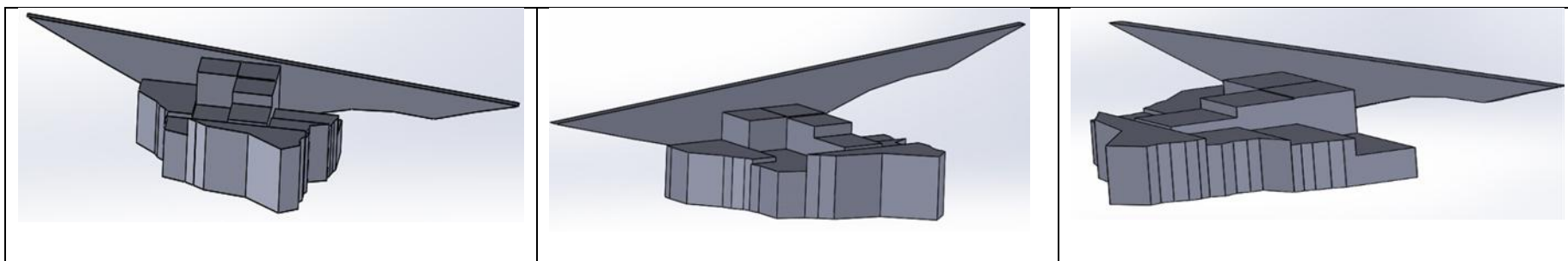


Figura 10 Gavión 45

