



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales
Facultad de Ingeniería
Facultad de Psicología
Facultad de Filosofía
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales
Facultad de Química

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS Y VEGETACIÓN EN EL PARQUE LA JOYA-LA BARRETA.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestra en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

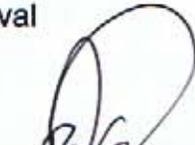
Biól. Alina Silva Ramírez

Dirigido por:

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval

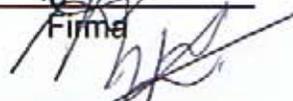
SINODALES

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval
Presidente



Firma

Dr Humberto Suzán Aspiri
Secretario



Firma

M. en C. Lucía Sanaphre Villanueva
Vocal

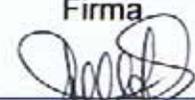


Firma

M. en C. Alberto Hernández Sánchez
Suplente

Firma

Dra. Norma E. García Calderón
Suplente



Firma



Biól Jaime Ángeles Angeles
Director de la Facultad



Dr. Luis Hernández Sandoval
Director de Investigación y
Posgrado

Facultad de Ciencias Naturales
Querétaro, Qro. México
Noviembre 2009

Resumen

La composición de la vegetación como cobertura del suelo es de mucha importancia, ya que de ella depende en gran medida la intercepción de la humedad para su consecuente infiltración en el suelo, y se tenga un buen aporte para la filtración de agua hacia los mantos freáticos; o en su defecto, que ocasione la pérdida del suelo e inundaciones. Se calcula que en México la pérdida de bosques y selvas es de 260,000 hectáreas por año durante el periodo de 2000 a 2005, a causa de la deforestación (cambio de suelo de bosque a otro destino de uso como urbanización, infraestructura, agrícola o ganadera), lo que ubica al país en el lugar 51 a nivel mundial en cuanto a su tasa de cambio con 0.4% anual de pérdida de cubierta forestal. Debido a lo anterior se propuso una metodología para la recuperación de suelos y de vegetación mediante redes de ixtle, en una zona alta del área de escurrimiento prioritaria del parque donde los ríos se comienzan a formar en la época de lluvias, ya que el acarreo de sedimento por la lluvia se deposita en la parte media y baja de la cuenca, ocasionando problemas de asolvamiento en los bordos y presas que se encuentran en la zona. Estas redes fueron hechas por los artesanos de una comunidad indígena llamada Villa Progreso, perteneciente al municipio de Ezequiel Montes, Qro. Se midieron datos de cobertura vegetal, haciéndose un análisis de varianza para determinar las diferencias entre los muestreos y entre los sitios de estudio, dando como resultado diferencias significativas entre las redes, entre los muestreos, y entre los sitios. Además se midieron el área y volumen de captación de sedimento en ambos sitios, donde el sitio 1 obtuvo un tiempo de respuesta más rápido, mientras que el sitio 2 fue más lento debido a sus características, sin embargo, ambos sitios no tuvieron diferencias significativas en este aspecto.

(Palabras clave: redes de ixtle, cobertura vegetal, sedimento, erosión)

Summary

Soil vegetative layer is a very important matter because water filtration depends on it, or in its defect causes soil loss and floods. The tropical forest loss in Mexico is calculated in 260,000 hectares per year between 2000 and 2005 period, the cause is deforestation (soil change to another use destination like urbanization, infrastructure, agriculture or cattling), which locates the country in the 51st place on changing rate with 0.4% of annual forest loss. Due to this, it was proposed a soil and vegetation recovery methodology by means of using organic fiber mats, this in the higher part in a priority zone in the park, where the rivers start to form in the rainy season, because the sediments begin to go down stream and deposits itself in the middle and low part from the watershed, causing problems in the dams located in this region. These mats where made by artisans from a community named Villa Progreso, which belongs to Ezequiel Montes, Qro. Vegetal coverage was measured, also a variance analysis was made to determine differences between fiber mats, sampling days and between the study sites, resulting in a significant difference between fiber mats, samples and study sites. Also, it was measured the sediment captation area and the volume in both sites, where site 1 had a quicker response time than site 2, while site 2 had a slower response due to its characteristics although both sites didn't have significant differences in this aspect.

Key Words: (organic mats, vegetal coverage, sediment, erosion).

AGRADECIMIENTOS

A mis maestros, por compartir conmigo su experiencia académica y profesional, sus enseñanzas de vida y por servir de guía en la elaboración de este proyecto.

A los artesanos de Villa Progreso, Qro., por mostrarme la sabiduría de su oficio y las ganas de salir adelante.

A mis compañeros, porque en ellos encontré una parte muy significativa de la vida que es la amistad. Porque compartieron conmigo sus vidas y formaron una parte importante de la mía, y porque dentro de sus diferentes disciplinas me enseñaron a ver la vida de otra perspectiva.

A mi familia, Mariana, Daniela y David por su compañía en los muestreos, porque sin su apoyo no habría podido realizar este proyecto tanto de vida como profesional.

A mi mamá, gracias por tu paciencia, por acompañarme en mis salidas de campo y por ser una mujer que con su ejemplo me ha llevado a ser lo que soy.

A mi papá, porque donde estés sé que estás pendiente de mi y apoyándome.

A Daniel, por ser mi compañero de vida, por formar parte de este proyecto, y por tu ayuda y apoyo.

A mi Camila, por ser el regalo más grande que Dios me dio durante esta maestría, por portarte tan bien en los muestreos y por tu sonrisa que siempre es y será mi motor para seguir adelante y ser mejor.

A Dios, por darme la oportunidad de conocer y formar parte de toda esta gente que ha estado a mi lado; por darme la sabiduría para tomar los consejos y por terminar una etapa más de todas las que vienen.

ÍNDICE

Resumen	i
Summary	ii
Agradecimientos	iii
Índice.....	iv
Índice de Figuras.....	vi
I. Introducción.	1
II. Antecedentes.	4
2.1. Antecedentes en la Microcuenca Buenavista.	6
2.1.1. <i>Caracterización de la Zona de acuerdo al Plan de Manejo (2002)</i>	7
2.1.2. <i>Área de Estudio</i>	7
2.1.2.1. <i>Medio físico</i>	9
Clima	9
Geología y geomorfología.....	9
Suelos	10
Erosión.....	11
Hidrología superficial.....	12
2.1.2.2. <i>Medio Biótico</i>	13
Vegetación.....	13
Fauna	16
2.1.2.3. <i>Medio socioeconómico</i>	17
Demografía.....	17
Vías de comunicación	19
2.2. <i>Rehabilitación de Suelos</i>	20
2.2.1. <i>Otros Métodos de Retención de Suelos</i>	22
III. Justificación.	24
IV. Objetivo General.	25
V. Objetivos Específicos.	25
VI. Metodología.	26
6.1. <i>Área de estudio</i>	26
6.2. <i>Material</i>	30
6.3. <i>Obtención de Mediciones</i>	35
VII. Costos.....	36

VIII. Resultados.....	38
8.1. Colocación de Redes.	38
8.2. Cobertura vegetal del Sitio 1.....	39
8.3. Cobertura vegetal del Sitio 2.....	41
8.4. Superficie y Volumen de Acumulación de Sedimento del Sitio 1.....	44
8.5. Superficie y Volumen de Acumulación de Sedimento del Sitio 2.....	46
8.6. Comparación de Datos de Cobertura Vegetal y Volumen de Sedimento Acumulado entre los Sitios 1 y 2.....	48
IX. Conclusiones.	51
X. Discusión.	53
Bibliografía.....	55
ANEXO I. Datos obtenidos del Sitio 1.	58
ANEXO II. Datos obtenidos del sitio 2.....	60
ANEXO III.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Potencial Hídrico Erosivo del Parque La Joya-La Barreta.	9
Figura 2. Localización del área de escurrimiento de La Barreta.	10
Figura 3. Unidad de escurrimiento de la Barreta y delimitación.	10
Figura 4. Mapa de Edafología de la unidad de escurrimiento La Barreta.	13
Figura 5. Mapa de hidrografía de la unidad de escurrimiento La Barreta.	15
Figura 6. Mapa de vegetación del parque.	16
Figura 7. Esquema de la microcuenca Buenavista (en rojo) y el Parque La Joya-La Barreta (en azul). Obtenido de Google Earth.	28
Figura 8. Esquema del área del Parque La Joya-La Barreta delimitada en azul oscuro. Obtenido de Google Earth.	29
Figura 9. Acercamiento de la zona experimental en la parte alta de la cuenca, mostrándose un alto grado de erosión. Obtenida de Google Earth.	29
Figura 10. Sitio 1. Se presentan los manchones de vegetación que están reteniendo el poco suelo que existe.	30
Figura 11. Cárcava que se encuentra justo arriba del sitio 1.	30
Figura 12. Sitio 2. Afloración de roca, con pequeños manchones de vegetación.	31
Figura 13. Don Urcino mostrando el proceso de escarmenar.	32
Figura 14. Técnica de varear el ixtle.	33
Figura 15. Don Urcimo mostrando la técnica de hilar en una máquina muy rústica.	33
Figura 16. Obtención de cuerda de un solo hilo.	34
Figura 17. Técnica de torcer la cuerda con el antebrazo para la obtención de cuerda más gruesa.	34
Figura 18. Cuerda terminada con el grosor adecuado de aproximadamente 2.5 cm.	35
Figura 19. Sr. Isaías mostrando su trabajo.	35
Figura 20. Red de ixtle de 2 m × 5m.	36
Figura 21. Cuadrícula de 10 cm × 10cm.	36
Figura 22. Muestra de la medición aérea y basal de la cobertura.	37
Figura 23. Anclaje de las redes.	40
Figura 24. Colocación de redes en el sitio 1.	41
Figura 25. Gráfica de la superficie ocupada por la cobertura vegetal en el Sitio 1.	41
Figura 26. Gráfica de análisis estadístico ANOVA de los datos por muestreo de sitio 1.	42
Figura 27. Porcentaje de cobertura vegetal por red del sitio 1.	43

Figura 28. Gráfica de la superficie ocupada por la cobertura vegetal en el Sitio 2.....	43
Figura 29. Gráfica de análisis estadístico ANOVA de los datos por muestreo de sitio 1.	44
Figura 30. Red 2, se muestra que es un paso de agua por lo cual guarda mayor humedad.	45
Figura 31. Porcentaje de cobertura vegetal por red del sitio 1.	45
Figura 32. Superficie de acumulación de sedimento del sitio 1.	46
Figura 33. Volumen de sedimento acumulado por red durante los siete muestreos.	47
Figura 34. Ejemplo de cuáles cuadros no se tomaron en cuenta para el conteo.....	47
Figura 35. ANOVA de la acumulación de sedimento por muestreo.....	48
Figura 36. Superficie acumulada de sedimento en el sitio 2.	49
Figura 37. Volumen de sedimento acumulado por red en el sitio 2 durante siete muestreos.....	49
Figura 38. ANOVA de la acumulación de sedimento entre muestreos del sitio 2.....	50
Figura 39. Gráfica representativa de la superficie de la cobertura vegetal de los sitios 1 y 2.	51
Figura 40. Porcentaje de cobertura vegetal total presente en los sitios 1 y 2.....	51
Figura 41. Volumen de sedimento acumulado en los sitios 1 y 2.....	52
Figura 42. ANOVA de la acumulación de sedimento en los sitios 1 y 2.....	52

I. Introducción.

El manejo de cuencas hidrográficas proporciona el marco conceptual y espacial que permite elaborar e implementar normas y prácticas de conservación basadas en el entendimiento de procesos e interacciones ecológicas y sociales necesarias para asegurar la integridad ecológica de la cuenca y el suministro de productos para una población en aumento (Pineda y Hernández, 2000). Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en el largo plazo para la sustentabilidad de los recursos (Instituto Nacional de Ecología, 2007).

Dentro de los diversos procesos ambientales que se suceden en las microcuencas, la cobertura vegetal representa la expresión integral de las diferentes condiciones ecológicas de cada lugar (geología, topografía, clima, hidrología, suelos) y en la actualidad, se considera también un resultado del manejo de los recursos naturales de estas zonas (Pineda y Hernández, 2000). La vegetación juega un papel prioritario en el equilibrio, conservación y manejo de las microcuencas, ya que su presencia va de la mano con la captación y la conservación del agua en el ecosistema, y sobre todo, la protección del suelo.

La composición de la capa vegetal del suelo es de mucha importancia, ya que de ella depende la retención del suelo, que de acuerdo a sus características permitirá la filtración de agua a los mantos freáticos, y sin la presencia de esta cobertura vegetal, se ocasionará la pérdida del suelo e inundaciones. Los bosques proveen una gama de servicios al ecosistema como el secuestro de carbono, mantenimiento del hábitat y biodiversidad, estabilización de corrientes hídricas, mitigación de la erosión, y además el desarrollo de microclimas (Pattanayak y Butry, 2005). Las formas de utilización desmedida e irracional de los recursos naturales han provocado la degradación continua de los ecosistemas. Las estimaciones de la constante degradación indican que en México la superficie deforestada es de 600 mil hectáreas anuales (SEMARNAT, 2001).

La explotación total de los bosques impide su regeneración, debido a las características propias de ellos. La semilla no puede germinar debido a la radiación y sólo una reforestación da resultados satisfactorios (Wagner y Lenz, 1989). Todo esto siempre y cuando los brotes o los transplantes sean cuidados del ganado y otras amenazas que pudieran perjudicar a los nuevos árboles.

La deforestación y la degradación del bosque pueden alterar las funciones de un ecosistema de manera irreversible y significativa. Debido a esto se genera la pregunta de por qué la sociedad y el gobierno permiten una deforestación rápida o excesiva, y una de las razones es que no se consideran importantes toda la variedad de bienes y servicios que proveen los bosques. Aunado a esto, la presión social debido a la falta de energía combustible en las zonas marginadas, aumenta la problemática de conservación de los recursos naturales.

La degradación de los suelos está definida como la reducción en su capacidad de producir, en términos de cantidad y calidad, bienes y servicios (LGDFS, 2003). Todos los paisajes en el mundo, han estado siempre sujetos a ciertos procesos de transformación que van asociados con alguna forma de degradación natural, pero generalmente son compensados por la resiliencia de los ecosistemas para recuperarse. Y se considera una degradación neta cuando estos procesos rebasan significativamente la capacidad restaurativa de la naturaleza.

Existen varios factores responsables de la degradación de los suelos, y entre ellos se encuentran la erosión, por la deforestación, el sobrepastoreo, y la degradación química. La erosión es la principal amenaza ya que existen cifras que indican que en Sudamérica alcanza unos 170 millones de hectáreas y en Mesoamérica hasta 52 millones de hectáreas. En cambio, la degradación química alcanza hasta 70 millones de hectáreas en Sudamérica y siete millones en Mesoamérica (Chávez, 2007). Se calcula que en México la pérdida de bosques y selvas alcanza alrededor de 260,000 ha por año durante el periodo de 2000 a 2005, a causa de la deforestación (cambio de suelo de bosque a otro destino de uso como urbanización, infraestructura, agrícola o ganadera), lo que ubica al país en el lugar 51 a nivel mundial en cuanto a su tasa de cambio con 0.4% anual de pérdida de cubierta forestal (CONAFOR, 2002). México ocupa el lugar número 12 en cuanto a superficie forestal en el mundo, 80% de sus bosques son propiedad de ejidos y comunidades, lo que ha permitido entrar en un desarrollo de silvicultura comunitaria a fin de manejarlos sustentablemente, y existen cerca de 11 millones de hectáreas susceptibles a plantaciones forestales comerciales (CONAFOR, 2002). Sin embargo, es bien sabido que el manejo no ha sido exitoso, el potencial en México es muy alto, pero son necesarias técnicas sencillas de recuperación y/o conservación de suelos para que sean adoptadas por las personas responsables de estos bosques.

Es por esto que las autoridades han desarrollado la formación de áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad, mitigación de la erosión y servicios que proveen los bosques, sin embargo, muy pocas reservas o parques fueron diseñadas con este concepto en un principio (Kremen *et al.*, 1999). Muchas de las áreas protegidas contemporáneas fueron creadas inicialmente para la recreación o por su belleza, más que para conservar la biodiversidad (Banco Interamericano de Desarrollo, 1993).

Un problema muy grande es que aunque se promuevan estas reservas o parques con los fines adecuados, sigue habiendo degradación debido a que no se toman en cuenta los intereses de la población local, existen cultivos agrícolas, invasiones, litigios por la tierra, incendios y plagas forestales (Vargas, 1997). Además, poco del conocimiento científico que se genera en estas áreas sirve para influenciar a la gente ya que presentan poco interés en el tema, así como las ventajas que trae tener un espacio con una vegetación adecuada que impida la degradación del suelo que ellos utilizan o con el cual se benefician indirectamente.

En la unidad de escurrimiento de La Barreta, que pertenece a la microcuenca Buenavista se han definido varios tipos de vegetación: Matorral crasicaule, Matorral espinoso, Bosque de Encinos y Pastizal (Pineda y Hernández, 2000). Los bosques de encino perturbados y conservados están teniendo un uso forestal, ya que se extrae leña y tierra. Los suelos son muy susceptibles a la erosión debido a la pendiente, a la ausencia de vegetación, el clima, y los factores antropogénicos; además existen zonas donde el suelo se ha perdido completamente. Las plantas que crecen en condiciones adversas o en ambientes áridos, salinos, alpinos, árticos, bajos en nutrientes, etc., se desarrollan más lentamente que las que crecen en condiciones más aceptables (Lambers *et al.* 1998). Por lo tanto, se plantea una técnica de redes orgánicas en el área donde pueda generar un ambiente de colonización de vegetación secundaria, principalmente de especies oportunistas, pero que a largo plazo puede generar un microambiente apto para la llegada de otras especies, además de retener suelo de la parte alta ya que justo en esos sitios es donde se empieza a formar uno de los escurrimientos importantes que lleva el agua a la parte baja, llevándose los sedimentos de la parte degradada y susceptible de la parte alta de la cuenca.

La necesidad de estas redes orgánicas en el Parque La joya-La Barreta se debe a que es una zona con características turísticas y de enseñanza de conservación para los visitantes. Dentro de la cartera de proyectos del Fideicomiso Queretano para la

Conservación del Medio Ambiente (FIQMA), con respecto al manejo del parque se encuentra uno que menciona la rehabilitación de suelos, laderas y cauces. Este proyecto tiene la doble finalidad de mejorar el estado de conservación de los ecosistemas del parque promoviendo la capacitación y demostración de toda una serie de técnicas o “buenas prácticas” para conservar y rehabilitar suelos de planicies, laderas y los cauces de arroyos de montaña. Estas técnicas permitirán la conservación y mejoramiento del suelo en zonas críticas que fueron sujetas al sobrepastoreo o en zonas donde se debe recuperar la profundidad deseable del suelo de los encinares (Hernández *et al.*, 2005).

II. Antecedentes.

Los problemas de la degradación de los suelos y la deforestación se han vuelto temas de interés mundial ya que la población se da cuenta de la importancia y de los beneficios que presentan los bosques. En el 2003, se llevó a cabo el XII Congreso Forestal Mundial, donde se abordaron las causas de los problemas antes mencionados y se abrió el panorama a nuevas reflexiones, como lo hace Lovera (2003), donde expone claramente un punto de vista integral entre la parte económica, social y ecológica. Se menciona que la pobreza mundial va de la mano con el modelo económico de consumismo a la par de una sobrepoblación y una necesidad inherente de producción de alimento. Esto genera que las comunidades más pobres, en su afán de crear empleos de la mano de su gobierno, crean proyectos productivos mal diseñados que acaban definitivamente con los suelos de la zona. Después, cuando la zona está completamente deforestada, se presentan a manera de compensación los “desiertos verdes”, que son extensiones amplias de terrenos que no se parecen en nada a la condición original. Lovera (2003) en este mismo documento generado del XII Congreso Forestal Mundial, menciona que la prioridad es la conservación, protección y restablecimiento de los bosques remanentes en el mundo y que las zonas donde ya han sido utilizadas o perturbadas para la agricultura, generar proyectos viables, con el fin de generar alimento y empleos.

Un problema social es que la deforestación con fines económicos, ha desplazado a los pueblos indígenas y algunas comunidades adyacentes que le daban un uso sustentable a sus recursos. Las políticas tienen que incorporar y basarse en los valores sociales, culturales y espirituales asociados a los bosques.

Pearce *et al.* (1997) publicaron un trabajo donde simularon en charolas con pendiente distintas precipitaciones en suelos con pastos en diferentes etapas de crecimiento ó sin vegetación (suelo desnudo), además de tomar medidas de retención de suelo. Los resultados indicaron que no era significativa la retención de suelo y la filtración en cuanto a la longitud del pasto. Determinaron que las charolas de suelo desnudo, obviamente no retenían suelo y las charolas con la vegetación, que en este caso era un pastizal de (*Poa pratensis* L.) retenían mayor cantidad de suelo y filtraban mayor cantidad de agua.

Mendoza *et al.* (2002). publicaron la existencia de las implicaciones que se presentan cuando existe un cambio de la cobertura vegetal y el uso de suelo, teniendo como resultado la cuantificación de los procesos hidrológicos durante algunos años. Con base en este trabajo se determinó el balance hídrico medio anual de la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán, donde se hace notar el cambio de este balance de forma negativa a lo largo del tiempo debido a los factores antes mencionados.

La expansión de la frontera agrícola, la tala inmoderada de árboles, la inercia del desarrollo y la suma de las diversas actividades humanas han sido causas de la deforestación de más de 120,000 km² anuales en las dos últimas décadas; en contraste sólo se ha recuperado una décima parte de esta superficie por regeneración natural y labores de reforestación (FAO, 2000). En 1987, se iniciaron reforestaciones con especies nativas para la recuperación de bosques en Costa Rica, donde se muestra que éstas son más efectivas en algunos casos, tomando en cuenta la situación en la que se encuentran los suelos, dando como resultado alternativas de domesticación de especies en conjunto con el manejo de la regeneración natural de los bosques (Morera, 2003).

Teniendo como antecedente los daños que provoca la erosión, y que en México es un problema muy serio que afecta gran parte del territorio nacional en diferentes grados de severidad, se han llevado a cabo estudios para mitigarla desde épocas prehispánicas, y se han implementado metodologías para predecir la pérdida de suelo como el llevado a cabo por Montes *et al.* (2000). Este estudio fue desarrollado en la cuenca Santa Catarina para determinar las zonas afectadas en sus diferentes niveles con fines de desarrollar prácticas adecuadas y de impacto positivo de conservación de suelos.

Para que las prácticas de conservación tengan impactos positivos más importantes, se crean los Parques Nacionales, Áreas Naturales Protegidas y Reservas. En 1997, Vargas

publica una lista de Parques Nacionales en México donde expresa la problemática de los mismos, y hace notar la falta de coordinación entre los actores porque siguen teniendo grandes problemas de degradación en la zona. La problemática hace notar el desinterés de la población y en otros casos la falta de integralidad en los proyectos, por lo que los hacen no viables para la zona según el concepto o el régimen de protección de la región.

2.1. Antecedentes en la Microcuenca Buenavista.

Como antecedente principal, se cuenta con la caracterización de la microcuenca Buenavista llevada a cabo por alumnos de la materia de cuencas de 8º semestre de la Facultad de Ciencias Naturales. Teniendo este enfoque de integralidad, se desarrolla el Plan de Manejo del Parque La Joya- La Barreta (Facultad de Ciencias Naturales, 2002), donde se hace un diagnóstico físico, biótico y socioeconómico de las 471 ha que corresponden a el área del parque; así como propuestas de conservación de especies y hábitats, rehabilitación y manejo de recursos naturales; además del uso público y recreación con fines educativos y de generación de conciencia ambiental. Dentro del plan de manejo del Parque La Joya-La Barreta se proponen diversas estrategias como la rehabilitación de las zonas degradadas mediante parcelas demostrativas y de acuerdo a esos resultados se pretende hacerlo a gran escala dentro del Parque para su uso posterior en el área de recreación y como demostración para las áreas aledañas de cómo se puede dar un proceso de manejo en áreas degradadas.

Dentro del Plan de Manejo del Parque La Joya-La Barreta, se menciona que existen seis tipos de vegetación: Bosque de *Quercus* o de encinos, matorral crasicaule, matorral espinoso (como resultado de alteraciones), bosque tropical caducifolio, pastizal y vegetación rupícola, en transición o similar a algunos rosetófilos de los alrededores del área (Hernández *et al.* 2000). Debido a lo antes mencionado, es necesario establecer medidas de rehabilitación de las zonas degradadas, ya que se tienen suelos en pendientes altas alterados en extremo quizá por sobrepastoreo, quedando expuesto el material conocido como tepetate. Se tienen datos de erosión del Parque importantes, incluidos también en el Plan de Manejo donde se indica que la precipitación pluvial es de tipo torrencial, es decir, muy intensa en periodos de tiempo muy cortos (Facultad de Ciencias Naturales, 2002). Además, se encuentra concentrada en los meses de junio a septiembre. Esto hace que su potencial para causar erosión sea considerado como alto (Fig. 1). Además, si tomamos en cuenta que las tormentas caen durante el inicio de verano sobre terrenos con escasa cobertura vegetal, el daño se agrava.

Potencial Hídrico Erosivo

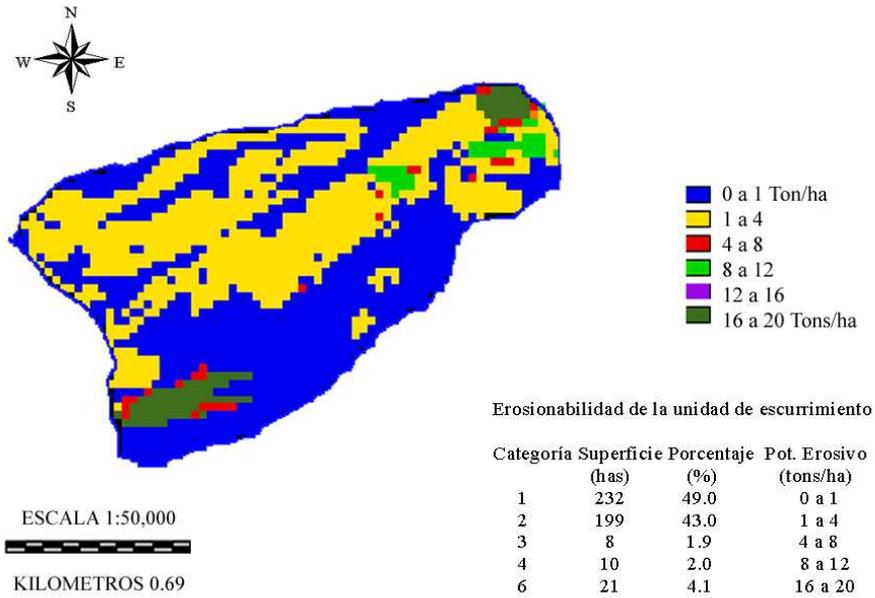


Figura 1. Potencial Hídrico Erosivo del Parque La Joya-La Barreta.

2.1.1. Caracterización de la Zona de acuerdo al Plan de Manejo (2002).

2.1.2. Área de Estudio.

El parque “Joya la Barreta” se localiza en la delegación Santa Rosa Jáuregui, municipio de Querétaro y en el estado del mismo nombre. Forma parte de la microcuenca Buenavista, en los límites de los estados de Querétaro y Guanajuato. Las coordenadas geográficas en unidades UTM del área de interés son: 2304000 N; 2300000 S; 338000 O; 343000 E (Fig. 2 y 3), (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

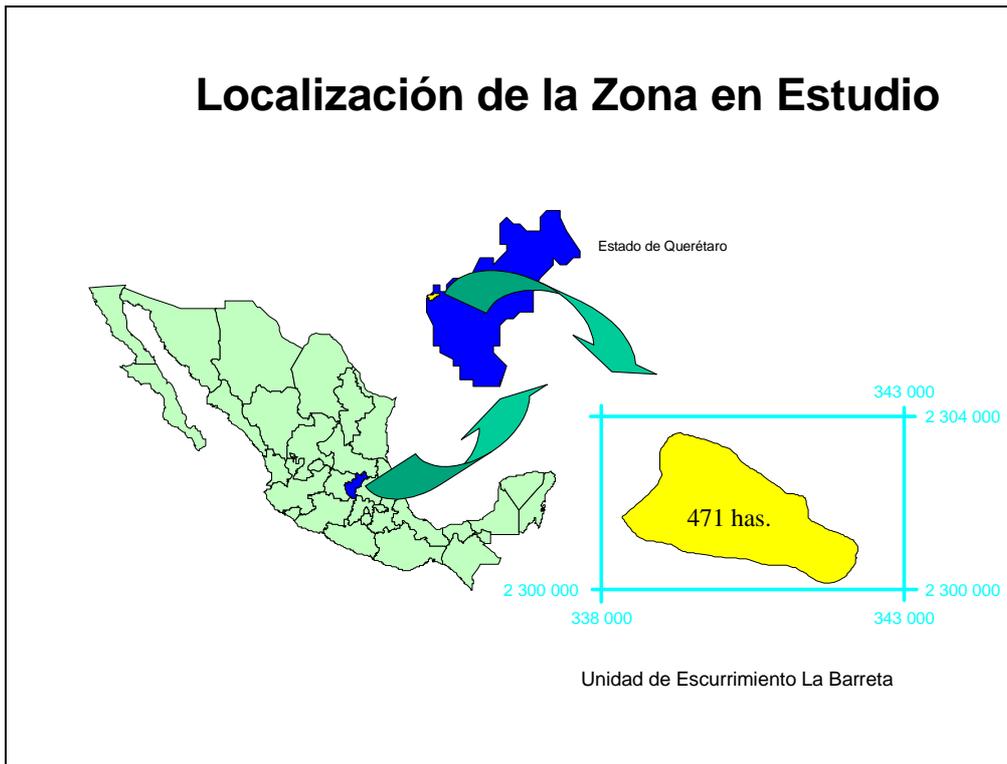


Figura 2. Localización del área de escurrimiento de La Barreta.

Dentro del plan de manejo del Parque la Joya-La Barreta se hizo un estudio donde se zonifican las áreas del parque de acuerdo a su uso o su potencial recreativo.

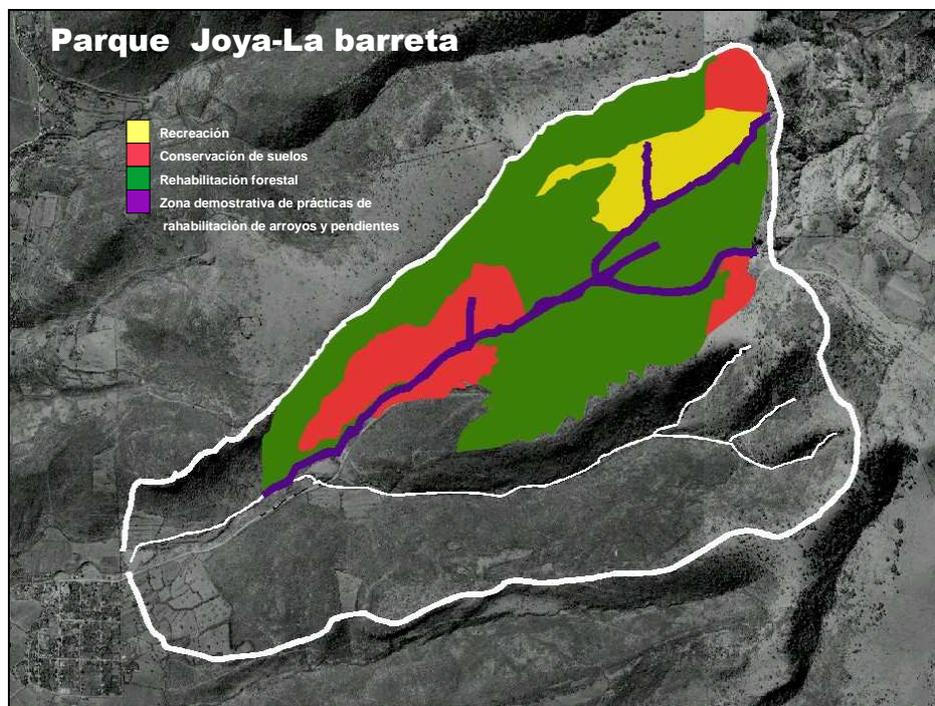


Figura 3. Unidad de escurrimiento de la Barreta y delimitación del área del parque, mostrando la zonificación de uso.

2.1.2.1. Medio físico

Clima

De acuerdo con las condiciones físico – geográficas del estado de Querétaro, el clima está condicionado por factores representados, básicamente, por la barrera orográfica identificada por la Sierra Madre Oriental, la cual no permite el paso de los vientos húmedos procedentes del Golfo de México. Con base en lo anterior, encontramos un clima seco y semiseco en las partes bajas y un clima templado húmedo en las partes más altas del este y sur del estado (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

Según la clasificación de Köppen modificada por García el clima de la zona, es de tipo BS1kw(w), que corresponde al grupo de climas secos (B) de tipo semisecos (S1), y de subtipo semiseco templado (kw)

La temperatura media anual es de 15.3°C, donde el periodo más cálido se sitúa entre los meses de abril a junio con un máximo de 25.3°C de promedio mensual en mayo. El periodo más frío (< 9.0°C) se sitúa entre los meses de noviembre y marzo, con un mínimo de 6.6 °C de promedio mensual en enero (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

El total anual de precipitación promedio del año es 612.7mm. Con un periodo de altas precipitaciones, de junio a agosto, con un pico en julio de 136.5 mm de precipitación mensual (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002)..

Geología y geomorfología

Unidad estructural denudatoria.

Unidad volcánica – denudatoria

Esta unidad ocupa la mayor parte de la subcuenca, sobretodo en sus porciones oriental y suroccidental. Sin embargo, a partir de aquí se pueden distinguir dos unidades de mediana dimensión, las cuales son a su vez, perfectamente distinguibles por sus geoformas: la primera es la que conforman los derrames lávicos de composición básica (basáltica, generalmente). En este caso se trata de una porción de un volcán semidestruido, y algunos derrames lávicos por fisura, mismos que dan origen a cuatro subunidades. La segunda unidad es aquella que se ubica en el oriente y norte, es de composición ácida, (riodacita) con intercalación de paquetes piroclásticos soldados (ignimbrita), el relieve es generalmente más abrupto y escalonado. Dando lugar a

escarpes, laderas fuertes y cumbres de laderas tendidas y baja pendiente (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002)..

Unidad volcánica ácida

Piedemonte (PIEDEMÓN): Son geoformas de pendiente suave a ligeramente inclinada con microtopografía ligeramente ondulada. Se originan por el depósito de materiales medios (arenas, gravas) al pie de montañas de diferentes composiciones. El suelo se desarrolla con mediana profundidad, aunque predomina la fase pedregosa.

Glacis (GLACIS): Son superficies de suave pendiente que forman una transición entre las montañas y el piedemonte hacia la planicie aluvial, el suelo en éstas es de mayor profundidad y de textura media a fina.

El tipo de rocas presentes en el área de estudio son rocas ígneas, de este grupo también se identifican en la zona aquellas cuya consistencia es blanda de las llamadas piroclásticas y que son producto de erupciones volcánicas explosivas y comprenden fragmentos de origen diferente de muchas formas y diferentes tamaños. En este caso en el área de estudio se identifican las Tobas que son productos volcánicos consolidados representados por arenas, cenizas, bombas y lapilli. De este tipo de roca ígnea se tiene una localización identificada en el área de estudio, presentándose en la zona este. El área del parque esta ocupada en su mayor parte por rocas volcánicas del Terciario Medio a Superior e incluso Cuaternarias (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

Suelos

El tipo de suelo predominante para el área de estudio es el Litosol, aunque, hacia la parte noreste se encuentran Vertisoles y al noroeste Feozems (Fig. 4).

a) Litosol (l)

Son suelos limitados en profundidad por una roca dura y coherente dentro de los 25 cm de la superficie, se localizan en las partes altas de cerros y lomeríos con pendientes abruptas donde poco o ningún material del suelo se ha acumulado debido a la erosión extrema o porque es un suelo en formación y a que las características de los litosoles están ligadas a las unidades vertisoles pélicos y feozem lúvicos y háplicos.

b) Vertisol pélico (Vp)

Suelos de textura fina con dominancia arcillosa montmorillonítica que le confieren características expansivas cuando se humedece y de contracción y agrietamiento cuando

se secan; son de color oscuro y se localizan en pies de monte y valles intermontanos. De permeabilidad lenta.

c) *Faeozem (H)*

Presentan contenidos mayores a 2 % de materia orgánica. Presenta un horizonte de diagnóstico superficial mólico, con una saturación de 50% o más, no presenta carbonatos secundarios hasta los 100 cm de profundidad, con estructuras a base de pequeños bloques tendientes a granular, de consistencia en seco dura y en húmedo friable. Con permeabilidad moderada.

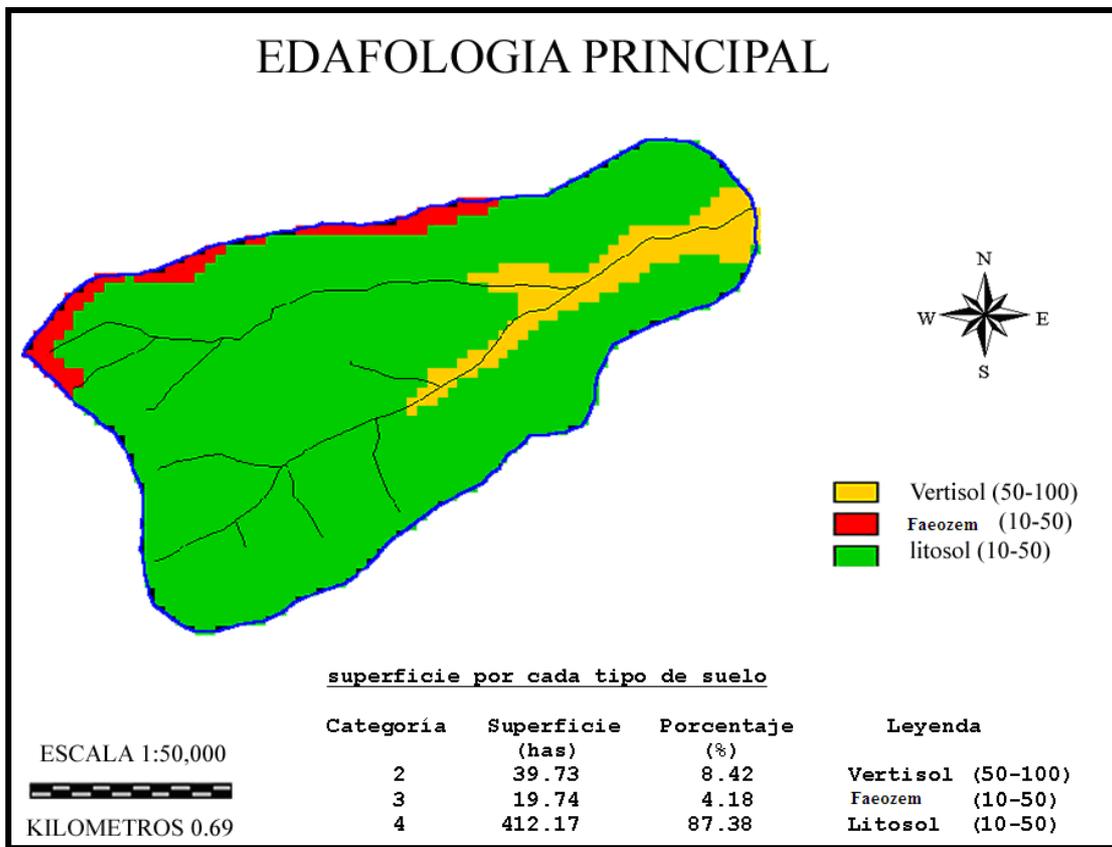


Figura 4. Mapa de Edafología de la unidad de escurrimiento La Barreta.
De: Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002.

Erosión

La precipitación pluvial es del tipo torrencial, es decir, muy intensa en periodos de tiempo muy cortos. Además, se encuentra concentrada en los meses de junio a septiembre. Esto hace que su potencial para causar erosión sea considerado como alto. De hecho, de acuerdo a los resultados obtenidos con las ecuaciones de Cortés *et al.*, (1989), la erosividad de la lluvia, indicada por el factor R, es superior a los 2,000 MJ.mm/ha.h incrementando de Este a Oeste hasta alcanzar valores de 2,900 MJ.mm/ha.h

en las zonas de mayor precipitación. Si consideramos que las tormentas caen durante el inicio de verano sobre terrenos con escasa cobertura vegetal, entonces las acciones de conservación deberían dirigirse hacia el re-establecimiento de la cobertura vegetal en terrenos degradados o perturbados (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

El factor K es inherente a las propiedades del suelo. La mayor parte de la zona tiene suelos arcillosos del tipo Vertisol Pélico de textura fina (Vp/3) localizados tanto en la zona baja como en zonas de ladera asociados con suelos del tipo Litosol (l), los cuales en este caso corresponden a suelos arcillosos de escasa profundidad. La susceptibilidad de estos suelos a la erosión hídrica o factor K de la ecuación universal de pérdida de suelos, determinada de acuerdo a la metodología FAO para la evaluación de la degradación del suelo, se considera moderada dado que el valor correspondiente es de 0.016 (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

De los factores que se asocian más con la distribución y magnitud de la erosión potencial hídrica, es quizás el topográfico el más importante. Existe un área extensa donde el valor de LS varía de 0 a 10, indicando que la erosión hídrica incrementaría de 0 a 10 veces por influencia del grado y longitud de la pendiente del terreno. Estos valores se consideran en el rango de efecto leve a moderado y se asocian topográficamente con las zonas menos pronunciadas de la delegación. Las zonas donde el efecto del factor LS sería significativo (LS variando desde 10 hasta mayor de 40) estarían asociadas con zonas de pendientes fuertes en las regiones montañosas. Aunque el área que ocupan estas zonas pareciera reducido en comparación con el resto, su contribución total a la producción de sedimentos puede ser muy significativa por las tasas de erosión que podrían generarse en dichas áreas (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002)..

Los valores de la cubierta que impide la erosión, C variaron desde 0.2 en zonas de bosque de encino conservado hasta valores de alrededor de 0.7 en zonas agrícolas de temporal y zonas de bosques y matorrales perturbados. Con estos valores de C, y considerando la no existencia de prácticas de conservación de suelos y agua en la región, implicaría que el valor del factor P sea igual a 1.0 (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

Hidrología superficial

La microcuenca de Buenavista contiene el área de estudio, con base en la información cartográfica de la zona se identifican corrientes intermitentes que fluyen hacia la parte

baja de la cuenca, en este caso hacia dos partes importantes (valle de Buenavista y valle de la Solana). En el área de estudio el arroyo El Durazno y varios afluentes recorren el área, son de tipo temporal aunque existe un pequeño manantial dentro de la zona del parque (Fig. 5).

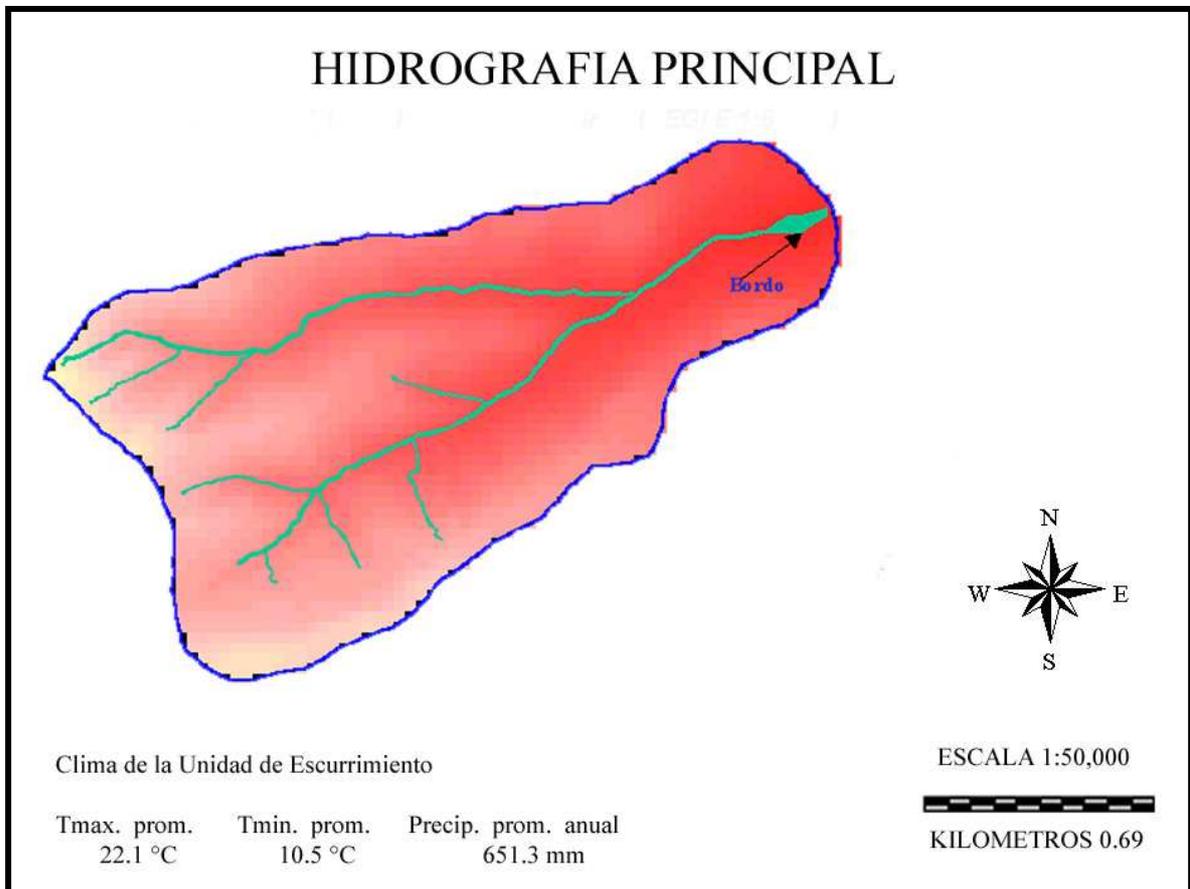


Figura 5. Mapa de hidrografía de la unidad de escurrimiento La Barreta.

2.1.2.2. Medio Biótico

Vegetación

En el ejido La Barreta se encuentran prácticamente todos los tipos de vegetación citados por Hernández *et al.* (2000) para la subcuenca. En suma, se encuentran seis tipos de vegetación: bosque de *Quercus* o de encinos, matorral crasicaule, matorral espinoso (como resultado de alteraciones), bosque tropical caducifolio, pastizal y vegetación rupícola, en transición o similar a algunos rosetófilos de los alrededores del área (Fig. 7). (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

El tener seis comunidades vegetales diferentes, habla de una diversidad importante, sin embargo, ninguna comunidad está en condiciones aceptables de conservación. En los tres primeros se encuentran manchones conservados (en cuanto a riqueza, cobertura y

densidad), mientras que el resto sólo se observan como comunidades secundarias, producto de la intensa alteración en el área.

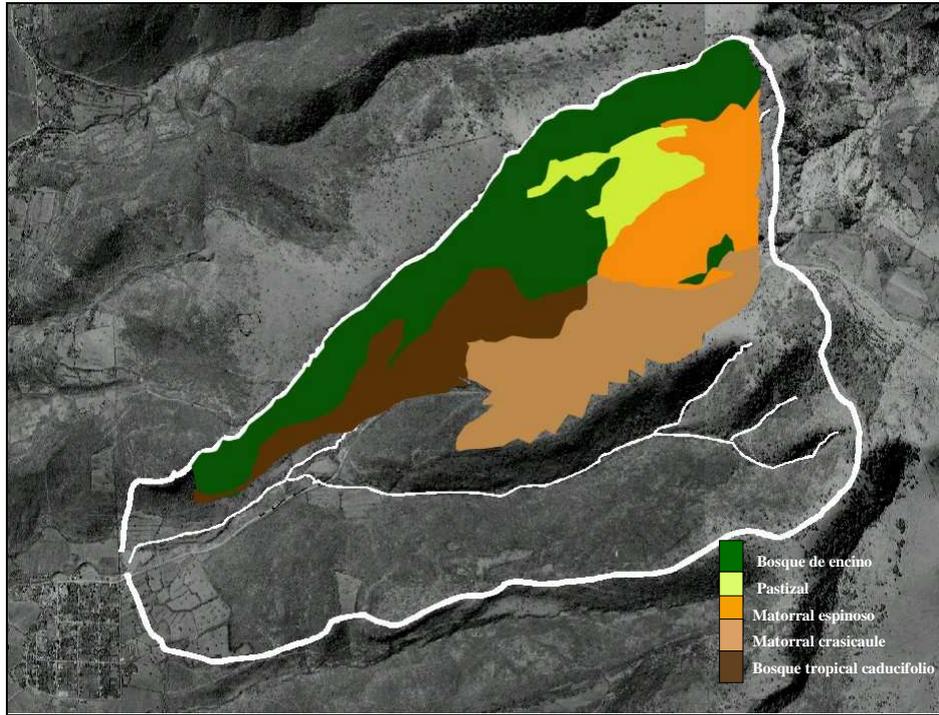


Figura 6. Mapa de vegetación del parque

1. Bosque de Encinos.

Este tipo de vegetación se encuentra restringido a las partes más altas, en el parteaguas de la escorrentía. Presenta una especie de encino dominante, conocida localmente como (*Quercus* aff. *castanea*), formando un dosel de hasta 8 m de alto. Las especies arbóreas asociadas son poco frecuentes y se pueden mencionar al tepozán (*Buddleja cordata*) y al granjeno (*Condalia mexicana*). Existe un estrato arbustivo de ca. 1.6 m formado principalmente por *Senecio grandifolius*, *Salvia* spp., *Xylosma flexuosa* y *Physalis sancti-josephi* y en las partes más abiertas, por plantas de toloache (*Datura* sp.).

Existen solo tres o cuatro manchones bien conservados de este bosque. El más grande se encuentra como una faja al sur de la microcuenca y el resto hacia el noroeste. La mayor proporción de lo que seguramente fue parte de este bosque se encuentra severamente alterada y solo quedan algunas especies arbóreas aisladas que indican esta posibilidad, tales como el encino (*Quercus* aff. *laeta*), *Buddleja cordatum* y *Ptelea trifoliata*. Esta última debe considerarse como bosque de encinos secundario, requiriendo acciones de restauración o rehabilitación.

2. Matorral crasicaule.

Es la comunidad más extendida en el ejido, ocupando casi toda la parte central y norte del mismo. Presenta como especies dominantes con ca. de 3 m de altura al nopal hartón (*Opuntia hyptiacantha*), al cardón (*O. streptacantha*), al garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) y algunos huizaches (*Acacia schaffneri* y *A. farnesiana*). En el estrato arbustivo menor se encuentran el xonocostle (*O. imbricata*) y el tasajillo (*O. leptocaulis*), *Ferocactus histrix*, *Agave salmiana* y *Mammillaria magnimamma* entre otras.

Este matorral presenta buenas condiciones de preservación debido en primer lugar a que se establece en suelos pobres, someros y pedregosos, por lo que el aclareo para ganado no es muy redituable. En segundo lugar, la mayoría de las especies, a pesar de ser suculentas, posee espinas como defensa y el ganado libre no le afecta demasiado.

3. Matorral Espinoso (como resultado de la alteración de bosque de encinos o pastizales).

Las observaciones de campo, los muestreos y la composición de especies, indican la presencia de una comunidad con las características fisonómicas de un matorral espinoso en las laderas con cara al norte en la parte centro-este del ejido. Esta comunidad está dominada por especies espinosas, arbustivas o como pequeños árboles de hasta 4 m de altura. Al parecer es una comunidad alterada en zonas de transición entre bosques de encino, pastizales y matorral crasicaule, principalmente por sobrepastoreo.

La especie dominante es *Acacia schaffneri* y como asociadas se encuentran *A. farnesiana*, *Condalia mexicana*, *Prosopis laevigata*, *Ipomoea murucoides*, *Myrtillocactus geometrizans* y algunas especies de *Opuntia*. En un estrato arbustivo menor, de alrededor de 1 m, encontramos *Mimosa biuncifera*, *Zaluzania augusta* y *Hechtia* sp.

Dado que esta comunidad crece en mejores suelos y a pesar de que la mayoría de las especies presentan espinas, es uno de los tipos de vegetación más alterados para la inducción de pastizales secundarios. Esto hace que la cobertura del matorral sea muy baja, dejando muchas áreas abiertas.

4. Bosque tropical caducifolio.

De este bosque sólo quedan algunas especies indicadoras de su presencia, mezcladas con especies de los matorrales crasicaule y espinoso. Adicionalmente, estas se encuentran en los sitios más protegidos y con mayor humedad ambiental, pero que por lo

mismo, han estado sujetos a mayor actividad antropocéntrica. Estas dos condiciones hacen que a pesar de ser una comunidad alterada, presente una cobertura media.

Las especies encontradas en el bosque tropical caducifolio con mayor dominancia son *Senna polyantha* e *Ipomoea murucoides*. Sin embargo se observaron especies como *Bursera fagaroides*, indicadora de mayor presencia de esta comunidad en el pasado. Otras especies asociadas son: *Myrtillocactus geometrizans*, *Dodonaea viscosa*, *Agave applanata*, *Opuntia* sp., *Condalia velutina*, *Salvia* spp. y *Datura* sp.

El pastizal natural abarca sólo una pequeña porción asociada a los encinares y se presenta con dos variantes. Una al interior de los encinares, más húmedo y otra al exterior más seco, mucho más expuesto al deterioro. Ya que ambas variantes del pastizal natural representan relictos de este tipo de vegetación en el Estado, requieren de acciones de conservación o rehabilitación. Las especies encontradas comúnmente son: *Andropogon* sp., *Bouteloua* sp. *Bucvhloë dactyloides*, *Eragrostis* sp. y *Aristida* sp. Algunas especies herbáceas presentes en el pastizal son *Datura ceratocaula*, *Jaltomata procumbens*, *Lepidium* cf. *oblongum* y *Dichondra argentea* entre otras. Sin embargo, en la zona de pastizal más seco están presentes especies como *Zephyrantes sessilis*, *Z. tenuifolia* y *Echeandia nana* con forma de vida similar a los pastos y de cactáceas de importancia ecológica como *Stenocactus* (= *Ferocactus hamatacanthus*).

Gran parte de esta comunidad no es natural en la zona y ha sido inducida por los diferentes cambios en el uso del suelo, ya sea por abandono de áreas de cultivo o por inducción para pastoreo. Los pastizales en la zona se encuentran en pequeños parches aislados y asociados principalmente a los bosques de encino o matorrales espinosos.

6. Vegetación rupícola.

Se encuentra en las paredes de las dos áreas con mayor pendiente, hacia el límite este-noreste del área de estudio, circundando con los encinares y hacia el límite oeste, en las cañadas cerca de entrada a la zona por la carretera. Entre las especies de importancia de la zona se encuentran. *Agave filifera*, *Hechtia* sp. y *Mammillaria macromelia*.

Fauna

La fauna que se describe a continuación se encontró específicamente en la Barreta, la fauna esta conformada por 35 especies de las cuales dos son anfibios, nueve reptiles, 14 de aves y 10 de mamíferos (Tabla 1) (Guerrero, 2001).

Tabla 1 Composición faunística de La Barreta

CLASE	FAMILIAS	GÉNEROS	ESPECIES	% TOTAL
ANFIBIOS	2	2	2	5.71
REPTILES	6	8	9	25.72
AVES	14	14	14	40
MAMIFEROS	8	10	10	28.57
TOTALES	30	34	35	100%

Es importante señalar que las dos especies de anfibios (*Hyla arenicolor* y *Rana montezumae*) se encontraron exclusivamente en el bosque tropical, principalmente en las pequeñas barrancas y áreas de escurrimiento. Para aves se encontró que *Columbina inca*, *Mimus polyglottos* y *Carpodacus mexicanus* también se distribuyen únicamente en el bosque tropical, al igual que *Accipiter striatus* y *Corvus cryptoleucus* que lo hacen para las zonas de cultivo y pastizal. Mientras que en mamíferos *Lepus californicus* y *Sylvilagus cunicularis* se encontraron únicamente para la zona de cultivo y pastizal (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

2.1.2.3. Medio socioeconómico

Demografía

En la delegación Santa Rosa Jáuregui en donde se encuentra la localidad de la Barreta, presenta una dinámica demográfica contrastante, ya que en ella se ubica un buen número de las localidades rurales del municipio. Durante el período de 1950 a 1970, Pie de Gallo registró el ritmo de crecimiento más alto de las localidades de la delegación (7.91 %); en este lapso no se presentaron tasas de crecimiento negativo (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

En el período 1970-1990, las tasas de crecimiento fueron más altas que en el anterior. Sobresale en éste el registro de tasas de crecimiento entre 1990 y 1995, las diferencias

entre localidades muestran tasas negativas como la de Charape de Joya (-8.44%), Cerro de la Cruz (-6.33%) y la Estancia de Palo Dulce (-3.3%). Catorce localidades registran crecimiento mayor al del municipio; entre éstas destaca la localidad de Ojo de Agua (6.92%), el Rincón de Ojo de Agua (13.99%) y Provincia Juriquilla (52.39%). Resulta interesante el hecho de que las tasas de crecimiento de las principales localidades no son las más altas. Estas corresponden a localidades nuevas con una ubicación geográfica cercana a la ciudad de Santiago de Querétaro (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

En la Barreta y Joya la tasa de crecimiento en los distintos años se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Tasa de crecimiento en las localidades cercanas al parque

Localidad	1950-1970	1970-1990	1990-1995
La Barreta	2.26	2.35	1.01
Joya	4.12	0.42	5.53

Estos registros de crecimiento, muestran que en la delegación existe una fuerte diversidad demográfica. Los montos de población son sumamente susceptibles a cambios por leves que sean. La migración, la apertura de una fuente de empleo, o alguna otra circunstancia, son elementos que pueden transformar radicalmente el crecimiento poblacional en períodos relativamente cortos de tiempo.

Desde 1950 y hasta 1970 la mayor parte de la población residía en localidades muy pequeñas, de entre 100 y 499 habitantes. Diez años después, para 1980, el mayor porcentaje de población se registró en las localidades de entre 500 y 999 habitantes. Más recientemente, en 1990 y 1995, la mayor cantidad de población se ubicó en las localidades de entre 10,000 y 14,999 habitantes. Esta situación muestra la tendencia de la población a residir en localidades de mayor tamaño, lo que supone que los habitantes se asientan en territorios que les ofrecen mayor acceso a la infraestructura de servicios, mejorando sus condiciones de vida. Paralelamente, queda en evidencia la dificultad de atender pequeñas localidades que por su volumen y situación geográfica representan inversiones especiales (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

Desde 1950, la principal característica de las localidades de la delegación Santa Rosa Jáuregui ha sido la de albergar entre 100 y 499 habitantes, aunque el rango ha venido perdiendo importancia en cada año censal revisado en este estudio, incrementándose el

número de localidades con mayores rangos. La Delegación en su conjunto no presenta carencia absoluta de vivienda, sin embargo, hay una fuerte presencia de viviendas precarias o en mal estado. En la zona que se considera urbana, al cabecera delegacional, la zona centro está suficientemente consolidada. Sin embargo, en sus partes periféricas, se ha ido dando el fenómeno de la formación de nuevos asentamientos que se encuentran en proceso de consolidación (Tabla 3).

Tabla 3. Calificación de la vivienda en las localidades del parque

Localidad	Consolidación de la vivienda	Habitantes por vivienda	Promedio de habitaciones	Servicios a la vivienda	Calificación
Barreta, La	1	2	2	1	1.5
Joya, La	1	2	2	1	1.5

Vías de comunicación

A la gran dispersión de las pequeñas localidades, generada a partir de la hacienda, se agrega el aislamiento debido a la falta de vialidades acordes a los movimientos motorizados.

	Joya	La Barreta
Servicio telefónico	X	X
Radio y Televisión	X	X
Prensa Escrita	---	---
Correo y telégrafo	---	---
Transporte colectivo público	X	X
Transporte individual (Taxis)	---	---
Paraderos, bases o centrales	---	---
Servicios de abastecimiento	---	---
Seguridad (topes, señalamientos)	X	X
Equipamiento (banquetas)	X	X

X= Presente --- =Ausente

La población de las localidades en donde se ubica el área de proyecto que asiste a la escuela se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Población escolar en las localidades de la zona de influencia del parque

Localidad	Preescolar federal	Preescolar Particular	Primaria Federal	Primaria Particular	Secundaria Federal	Tele secundaria	Bachillerato
La Barreta	28		175				
Joya			61				

Dentro del ámbito rural y propiamente en relación con la producción agrícola, se encuentran diferencias relevantes en las comunidades de la microcuenca. Por un lado, se ubican las localidades con desarrollos productivos agrícolas y pecuarios aptos para la comercialización; además que tienen diversificación productiva, con tierras fértiles, riego y tecnificación. En algunas de ellas, se encuentran agroindustrias como las granjas de pollo. Por otro lado, existe un gran número de localidades como las relacionadas con el parque, que se caracterizan con un sector rural poco desarrollado, es decir, con una economía agrícola destinada al autoconsumo; las tierras son de temporal, no hay diversificación productiva ni tampoco tecnificación. La ganadería presenta características similares a la actividad agrícola pues se desarrolla sin control y de manera extensiva, causando impactos importantes sobre los agostaderos.

Los recursos forestales maderables se registran en varias localidades. Especies de encino se encuentran en La Carbonera, Cerro de la Cruz, Charape de Joya, Pie de Gallo, La Barreta y Joya . Estas dos últimas son las que mayor superficie arbolada poseen, incluido el parque (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002).

Sin embargo, existen amenazas como la tala clandestina de madera ya sea para venta y/o uso para leña. Esta última es aprovechada tanto por los ejidatarios como por los vecinados que también aprovechan la tierra del encino para su venta como tierra para macetas.

Los recursos forestales no maderables son varios, existen de 30 a 40 especies de plantas que la población recolecta. Sin embargo, la actividad no está registrada formalmente como parte de un aporte económico productivo ya que es una actividad extractiva que no cuenta con manejo en términos de volúmenes de producción, ni se comercia como mercancía (Plan de Manejo Parque La Joya-La Barreta, 2002). Sin embargo, aporta a la economía familiar, de ahí la importancia de rehabilitación y/o manejo.

2.2. Rehabilitación de Suelos.

El agua ha lavado los suelos por millones de años, pero es ahora donde surge el reto para los productos para el control de la erosión, incluyendo a los productos en rollo. Desde el primero desarrollado en 1973, hasta las matrices de césped más sensibles, hay una solución virtual para cada problema (Aird, 2008).

Existen casos de rehabilitación de suelos en cuanto a estabilización de taludes, rehabilitación de ríos, aumento de la vista paisajística en carreteras, en pendientes de

campos de golf, en pendientes de 25% donde no se permiten las rocas como control de erosión, entre otros.

La rehabilitación de suelos implica recuperar sedimento o detener la erosión en un punto donde la vegetación pueda crecer, generar biomasa, materia orgánica y ser un hábitat para la fauna de una zona, incluso poder tener un aprovechamiento productivo. La rehabilitación sugiere métodos o técnicas que son desarrolladas a través de herramientas sintéticas o biodegradables.

En este caso hablaré de las mantas o matrices, los términos se dan de acuerdo al peso de sus materiales, ya sean ligeros o pesados, respectivamente, sin embargo, estos términos son usados indistintamente. Estas mantas o redes sirven de protección de pendientes, zanjas o cárcavas, terraplenes, vertederos, ríos, litorales, y además protegen a la vegetación hasta que se encuentre bien establecida de tal forma que se sostenga sola.

Generalmente, están hechas de aserrín, paja o coco, o una combinación de paja y coco, los cuales se degradan al ser expuestos al sol y la química del suelo. Algunos son llenados previamente con semillas. La mayoría de estas mantas son unidas por redes de materiales orgánicos, degradados más rápidamente, como el yute (*Corchorus* sp.) o por redes de materiales inorgánicos, más permanentes, como el polipropileno, los cuales son tejidos, cosidos o pegados. Tienen la función de retener la humedad de suelo, promover la germinación de semillas, y dispersar la erosión causada por el impacto de las gotas de lluvia y la escorrentía (Barton y Kinkead, 2005).

Las combinaciones de las redes y sus rellenos tienen diferentes ventajas. La fibra de coco es más pesada que la paja por lo que tiene mejores resultados para el control de la erosión que la paja. La paja se degrada de 6 a 12 meses y el coco toma hasta 3 años en degradarse (Aird, 2008).

Existen estudios como el llevado a cabo por Grace en el año 2000, donde se identificó que una de las pérdidas de suelo más importantes estaba dada por las pendientes de las carreteras, y donde se establece que la vegetación tiene gran potencial para la mitigación de dicha erosión en las carreteras que atraviesan o que se encuentran a orillas de un bosque. Esto lo demostraron usando seis tratamientos, teniendo mejor resultado una manta con mezcla de vegetación, reduciendo la pérdida de suelo, incremento de biomasa y reducción de velocidad de corrientes.

Además de los beneficios que proporcionan estas mantas, se determinó el efecto que tenían en la distribución de la materia orgánica en el suelo de acuerdo al relleno de la manta y los efectos en la disminución de corrientes, demostrando que había una retención de 80% de la lluvia simulada (Faucette *et al.*, 2007). Esto indica que sí existe una retención de humedad considerable y que las redes ofrecen un microambiente favorable para la colonización de vegetación.

En otro documento desarrollado por Benik *et al.* (2003) se llevaron a cabo pruebas en una zona donde se había construido recientemente una carretera. Se utilizaron mantas con cinco tratamientos con fibra de coco, mezcla de coco con paja, paja, materia orgánica y una matriz cuadrículada. Se sembraron semillas de pasto de la zona, y se obtuvo que había mayor erosión en la zona sin tratamiento, y que entre tratamientos no había diferencia en cuanto a generación de biomasa. Por lo que se sugiere que mientras exista una zona pequeña con condiciones de crecimiento vegetal aceptables, existirá una producción de biomasa.

La falta de estudios comparativos entre las redes hace una tarea difícil de la elección del material a utilizar para la conservación, estabilización o rehabilitación de suelo, así como para el control de sedimentos. Ya sea por el tiempo que tarda en degradarse, que puede ser permanente si se utilizan redes sintéticas, o por el estado de los suelos de la zona. Incluso hacen falta estudios donde se puedan combinar las redes con la vegetación nativa en donde generalmente se utilizan pastos por el tipo de enraizamiento que desarrollan y por su habilidad para adaptarse a condiciones extremas de temperatura y falta de agua; pero no se toma en cuenta la vegetación de la región en algunos casos.

2.2.1. Otros Métodos de Retención de Suelos.

Actualmente, existen métodos exitosos de retención de suelo como la Geomalla, la cual está hecha a base de fibras de poliéster de alta resistencia cubiertas con pvc negro, y su función principal es de reforzar el suelo para mejorar sus propiedades mecánicas (ML Ingeniería, 2008). También existe la Geocelda, que es un material con estructura tridimensional en forma alveolar o de panal, hecha a base de tiras perforadas de polietileno de alta densidad (HDPE), soldadas por extrusión en algunos puntos para formar celdas individuales. Tiene la finalidad de confinar el material con el que se rellene para lograr un sistema de control de erosión superficial. La perforación de las celdas permite un eficiente comportamiento

hidráulico y evita que se sature el material de relleno (ML Ingeniería, 2008). Otro tipo de medida de control de erosión son las Geomantas que presentan materiales sintéticos que tienen la función de servir como un sistema de control de erosión en taludes que normalmente carecen de vegetación. Algunas están hechas de polímero y otras de materiales biodegradables como la fibra de coco, pero reforzadas con un polímero fino, de ahí que éstas se conozcan también como biomantas. Las geomantas hechas de polímero normalmente son de polipropileno y poseen una estructura tridimensional generada por capas de mallas superpuestas y corrugadas (ML Ingeniería, 2008). Las cubiertas superficiales son recomendadas para establecer vegetación en taludes degradados de suelos de baja fertilidad y mala calidad. El método produce una disminución del impacto de la gota de lluvia en el suelo, una disminución del flujo superficial, evita la compactación acelerada de la superficie del suelo, evitar la desecación de las semillas por efectos del viento y la radiación solar, impide el arrastre de las semillas debido al flujo hídrico y minimiza las pérdidas de semillas por ataque de la avifauna.

III. Justificación.

Este proyecto se plantea dentro uno más grande, establecido en el Plan de Manejo del Parque La Joya-La Barreta, en cuanto a la rehabilitación de suelos y vegetación, ya que presenta seis tipos de vegetación por lo que indica una alta diversidad.

La parte alta de la microcuenca presenta un alto grado de degradación del suelo por la falta de vegetación, lo que trae como consecuencia arrastre de material, siendo un suelo no apto para actividades agropecuarias, ni de uso recreativo. El manejo de esta zona mediante redes orgánicas nos va a permitir obtener resultados que se incluyan a escala mayor dentro del Plan de Manejo del Parque para el cumplimiento de los objetivos propuestos en el mismo. Los resultados obtenidos podrán extrapolarse a pequeñas áreas degradadas de la cuenca o pequeños propietarios interesados en rehabilitar sus tierras, teniéndose como un método alternativo en zonas que no han sido perdidas en su totalidad.

Además existe una probabilidad de vincular al sector artesanal ixtlero de la comunidad de Villa Progreso perteneciente al municipio de Ezequiel Montes, Qro. para el desarrollo de estas redes, ofreciéndoles trabajo en las épocas de menos demanda, y existe un proyecto en vías de ser aprobado por el municipio para empezar a generar su propio recurso de ixtle nativo y no traerlo de Yucatán, su principal proveedor.

IV. Objetivo General.

- Establecer una propuesta metodológica mediante redes de fibras orgánicas para la recuperación de suelo y cobertura vegetal en la parte alta de la microcuenca Buenavista en el Parque La Joya-La Barreta.

V. Objetivos Específicos.

- Valorar el establecimiento de redes de fibras orgánicas para la rehabilitación de áreas degradadas a través de la medición de cobertura vegetal, área de sedimentación y profundidad de sedimento recuperado.
- Proponer una guía metodológica para la rehabilitación de suelos y vegetación utilizando materiales orgánicos de bajo costo.

VI. Metodología.

6.1. Área de estudio.

Como se había mencionado anteriormente, las zonas donde se colocaron las redes, se encuentran dentro de la microcuenca Buenavista (Fig. 7), donde se localiza el parque La Joya-La Barreta (Fig. 8) y donde se puede distinguir claramente el inicio de la zona de escurrimiento. Posteriormente se muestra un acercamiento de el inicio de estas zonas de escurrimiento (Fig. 9), donde se puede notar el alto grado de erosión que presenta la zona y de donde los sedimentos son arrastrados hacia la parte baja para ser depositados en áreas no deseadas para la gente como son los bordos y presas. De ahí que fuera tomada como zona prioritaria de rehabilitación.

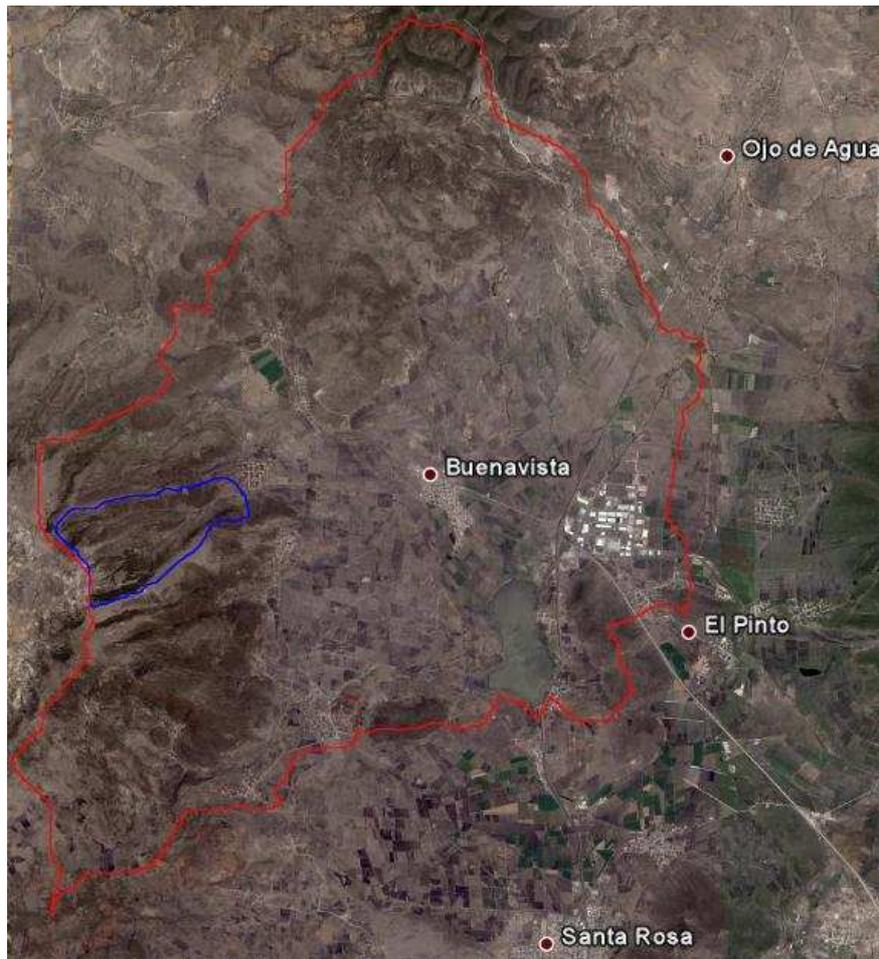


Figura 7. Esquema de la microcuenca Buenavista (en rojo) y el Parque La Joya-La Barreta (en azul). Obtenido de Google Earth.

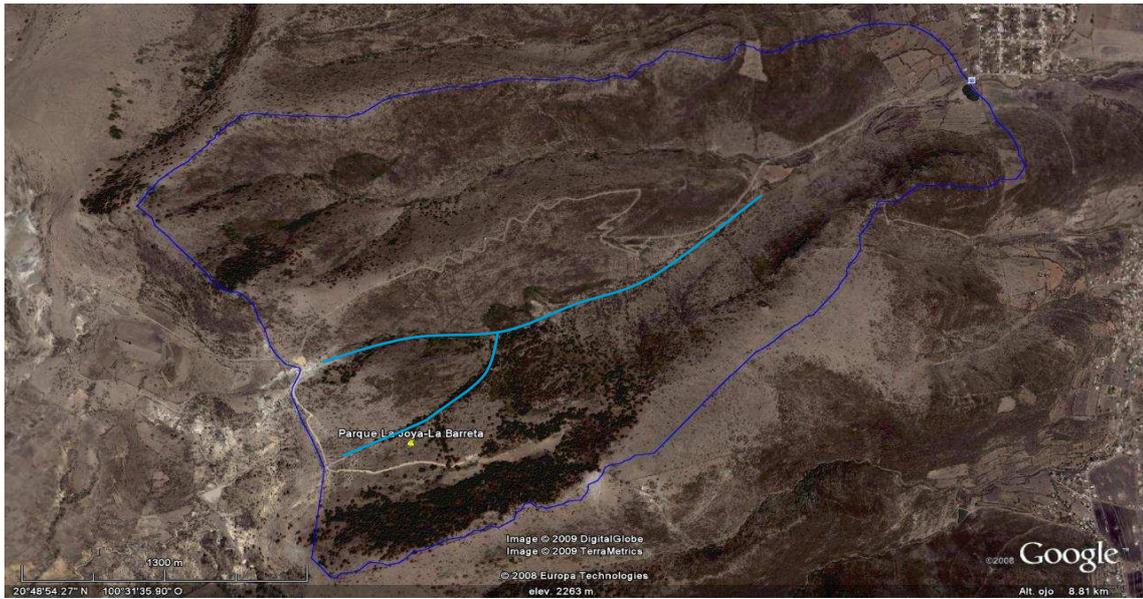


Figura 8. Esquema del área del Parque La Joya-La Barreta delimitada en azul oscuro. Obtenido de Google Earth.



Figura 9. Acercamiento de la zona experimental en la parte alta de la cuenca, mostrándose un alto grado de erosión. Obtenida de Google Earth.

El primer sitio donde se montará el experimento se encuentra en la parte alta de la microcuenca Buenavista, dentro del parque, con coordenadas geográficas 20°48.73' Latitud Norte y 100°32.18' Longitud Oeste a una altura de 2498 msnm.

Presenta un suelo rico en carbonatos de calcio, caliche, de tono blanquecino, altamente intemperizado, de textura fina, mal estructurado, lo que lo hace altamente erosionable, además de cárcavas. Sin embargo, presenta algunos manchones de pastos que retienen de manera eficiente el suelo donde están establecidos (Fig. 10) Lo que nos indica que

con cierto manejo, y utilizando técnicas de retención de suelos, ese suelo decapitado puede ser rehabilitado por la vegetación que pueda colonizar o establecerse.



Figura 10. Sitio 1. Se presentan los manchones de vegetación que están reteniendo el poco suelo que existe.

Además de ser un suelo muy pobre, se pretende que con las redes se recupere un poco del suelo que se está perdiendo justo en la zona contigua del sitio, donde una cárcava (Fig. 11) presenta una pérdida de suelo inminente, lo cual se pretende detener en las redes.



Figura 11. Cárcava que se encuentra justo arriba del sitio 1

El segundo sitio se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 20°48.747' Latitud Norte y 100°32.157' Longitud Oeste, a una altura de 2484 msnm. Con respecto al sitio 1, se encuentran a 15 m de distancia.

Presenta afloración de roca, reteniendo un poco de sedimento entre ellas, donde se establece poca vegetación (Fig. 12).



Figura 12. Sitio 2. Afloración de roca, con pequeños manchones de vegetación.

6.2. Material.

Redes de ixtle: El ixtle, también conocido como lechuguilla, nombre común con el que se denomina en México a una planta crasa o suculenta del género *Agave*, adaptada a climas áridos como los de la altiplanicie Mexicana de Chihuahua y Coahuila hasta Hidalgo y el Valle de México.

Por medio de la Regidora Lourdes Camacho en el municipio de Ezequiel Montes, Qro., se llevó a cabo una cita con los artesanos de Villa Progreso, quienes se caracterizan por trabajar de manera artesanal el ixtle. En una charla con el Sr. Isaías Mendoza, artesano de la zona, se logró establecer un acuerdo en cuanto a la mano de obra y obtención del material para las redes.

El Sr. Urcino Uribe Castillo, es el encargado de hacer las cuerdas de ixtle mediante algunos pasos artesanales mostrados en las fotografías a continuación hasta obtener un grosor aproximado de 2.5 cm:

- a) *Escarmenar*: En este primer paso, la fibra en manojos es “peinada” a mano en un escarmenador, instrumento de fierro con unos picos por el cual se pasan varias veces los manojos de fibra, llevándose en este proceso aproximadamente 5 min. (Fig. 13).



Figura 13. Don Urcino mostrando el proceso de escarmenar.

- b) *Varear el Ixtle*: En este paso, como su nombre lo indica, se hacen movimientos rápidos con una vara sobre el ixtle ya escarmenado, de tal manera que se separen las fibras unas de otras y queden como cabellos (Fig. 14).



Figura 14. Técnica de varear el ixtle.

- c) *Hilar*: La fibra escarmenada y vareada es colocada en un costal que el Sr. Urcino se cuelga al frente. Se hacen unos pequeños nudos en la hiladora hecha por el mismo artesano, que consta de un motor que hace girar unas clavijas, de tal forma que la fibra al dar vueltas en ese punto va jalando y torciendo las fibras que se encuentran en el costal mientras la persona va caminando de espaldas frente a la máquina teniendo al final cuerda de un solo hilo (Fig. 15 y 16). En este paso, el tiempo aproximado es de 6 min.



Figura 15. Don Urcino mostrando la técnica de hilar en una máquina muy rústica.



Figura 16. Obtención de cuerda de un solo hilo.

- d) *Torcer:* Como último paso, con ayuda de otra persona, la cuerda de un hilo se tuerce con otra con el antebrazo para obtener una cuerda de dos hilos con un grosor más amplio (Fig. 17).

En total el proceso para la obtención de 5 m de cuerda de dos hilos, es de casi 15 minutos, lo que nos indica que para la obtención de material para una red son casi 6 horas de trabajo diario.



Figura 17. Técnica de torcer la cuerda con el antebrazo para la obtención de cuerda más gruesa.

Finalmente, el material o cuerdas ya terminados (Fig. 18), con el grosor adecuado, se pasa a manos del Sr. Isaías Mendoza, el cual se encarga de darle forma de red con las características deseadas (Fig. 19).



Figura 18. Cuerda terminada con el grosor adecuado de aproximadamente 2.5 cm.



Figura 19. Sr. Isaías mostrando su trabajo.

Se utilizaron 20 redes de 2 m \times 5 m. Diez se colocaron en el sitio 1 y diez en el sitio 2, de tal manera que en su conjunto son 100 m² para cada sitio. Las redes son de ese tamaño para su mejor elaboración y practicidad para los artesanos que las diseñaron. Además, es más fácil su transportación y manipulación al momento de colocarlas.

Cada red de $2\text{ m} \times 5\text{ m}$ consta de una cuadrícula de $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ (Fig. 20 y 21), lo que da un total de 1000 cuadros por red (Fig. 20). En cada 10 redes por sitio (100 m^2), tendremos 10,000 cuadros. El diámetro de la cuerda es de aproximadamente 2.5 cm, de tal forma que la retención de sedimento sea más eficiente.



Figura 20. Red de ixtle de $2\text{ m} \times 5\text{ m}$.



Figura 21. Cuadrícula de $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$.

6.3. Obtención de Mediciones.

Cobertura vegetal.

La cobertura es la proyección vertical de la vegetación, desde el suelo, vista desde arriba (Elzinga *et al.*, 1998). Existen dos tipos, la cobertura basal, que es el área donde la planta intersecta con el suelo; y la cobertura aérea, es la que cubre el suelo sin tocarlo (Fig. 22). Generalmente se utiliza la medición de las coberturas con pastos, ya que es muy laborioso contar las plantas o los tallos.

La composición botánica se puede medir de varias formas, de acuerdo con la naturaleza de las especies que se vayan a considerar. Las especies vegetales consideradas en este estudio son: herbáceas de porte bajo y mediano por lo que se medirá la cobertura vegetal usando el mismo cuadrante o área de 10×10 de superficie. La cobertura interceptada de cada especie se midió con una regla y una cinta; la cifra total interceptada de cada especie se sumó en cada línea, calculándose posteriormente el porcentaje de cobertura. Además, la cobertura se dio en medidas de área (cm^2) para su final análisis. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cobertura} = \frac{(\text{Suma de la cobertura de cada especie}) \cdot 100}{\text{Longitud del transecto}}$$

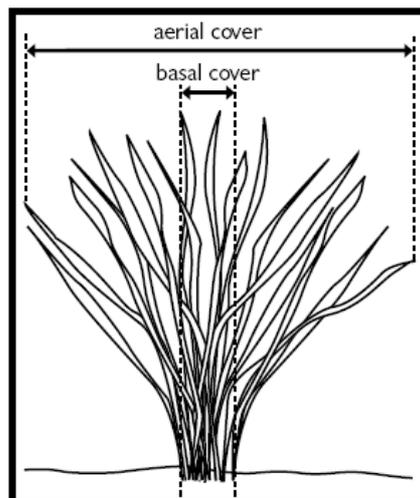


Figura 22. Muestra de la medición aérea y basal de la cobertura.

Se llevaron a cabo muestreos mensuales y los datos se registraron para su análisis mediante el programa JMP 5.0.1, donde se llevó a cabo un análisis de varianza entre los

muestreos para determinar si existía o no una diferencia significativa entre ellos. Posteriormente, se hizo lo mismo entre sitios, para determinar la diferencia.

Cobertura de sedimento.

La cobertura se midió tomando los datos con ayuda de fotografía y observación directa de los cuadros que se encontraban completamente llenos dentro de las cuadrículas de $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ dándonos un total de cm^2 por red, los cuales son registrados posteriormente en m^2 . Se llevaron a cabo muestreos mensuales y los datos se registraron para su análisis mediante el programa JMP 5.0.1, donde se llevó a cabo un análisis de varianza entre los muestreos para determinar si existía o no una diferencia significativa entre ellos. Posteriormente, se hizo lo mismo entre sitios, para determinar la diferencia.

Acumulación de sedimento.

Se utilizó una metodología no destructiva para obtener los datos. Debido a que se tenía conocida la capacidad de sedimento que se puede retener por cada cuadro en la red, esto es, 250 cm^3 o 0.025 m^3 . Teniendo el conteo de los cuadros completamente cubiertos de sedimento, se multiplicó por la capacidad de cada una para retener el mismo, obteniéndose así el volumen acumulado por red para posteriormente ser multiplicado por los totales de cada una y sacar el total de sedimento retenido de cada sitio. Se llevaron a cabo muestreos mensuales y los datos se registraron para su análisis mediante el programa JMP 5.0.1, donde se llevó a cabo un análisis de varianza entre los muestreos para determinar si existía o no una diferencia significativa entre ellos. Posteriormente, se hizo lo mismo entre sitios, para determinar la diferencia.

Guía metodológica para la recuperación y/o conservación de suelos.

Se desarrolló un documento que indica el tipo de material, así como las consideraciones de acuerdo al terreno y la instalación. Se generó una guía sencilla, que pueda ser entendida por cualquier persona interesada en la rehabilitación y/o conservación de suelos.

VII. Costos.

Redes de ixtle hechas por artesanos de Villa Progreso, Qro.:

100 m^2 de red de ixtle de 1400 gr/m^2 - \$130 m^2

Red de ixtle $2\text{ m} \times 5\text{ m}$ - \$1,300

10 redes por sitio= $100\text{m}^2 = \$13,000$.

Los costos más recientes de redes industriales que se obtuvieron fueron en euros, con fecha junio del 2008, donde:

100 m^2 de red de coco de 400 gr/m^2 tiene un costo de 1.61 € m^2 lo que equivale a \$28.8 MN por m^2 .

Si tomamos en cuenta los gramos por m^2 , la red de ixtle tiene un costo de \$130 mientras que la red de coco saldría en \$100⁸⁰ si tuviera el gramaje de la de ixtle.

Cabe mencionar que estas redes no presentan el grosor necesario para la retención de suelo, simplemente dan una sombra que es favorable para el crecimiento de las plantas o las semillas que se coloquen en ellas.

VIII. Resultados.

8.1. Colocación de Redes.

Las redes se colocaron en las áreas de estudio antes descritas. El proceso de anclaje se llevó a cabo con estacas de 25 cm de largo con diámetros variados de 1.5 y 2.5 cm (Figura 23), las cuales contaban con una pequeña abertura a los lados para detener de mejor manera la red sin importar la pendiente. Quedando colocadas de la siguiente manera en ambos sitios (Figura 24).



Figura 23. Anclaje de las redes



Figura 24. Colocación de redes en el sitio 1.

8.2. Cobertura vegetal del Sitio 1.

Los datos se registraron tomando en cuenta el área de la cobertura así como el porcentaje que se cubre por red. Ver ANEXO I. En la siguiente gráfica se presentan los datos por red del área de cobertura vegetal que se desarrollaron a lo largo de siete muestreos (Figura 25).

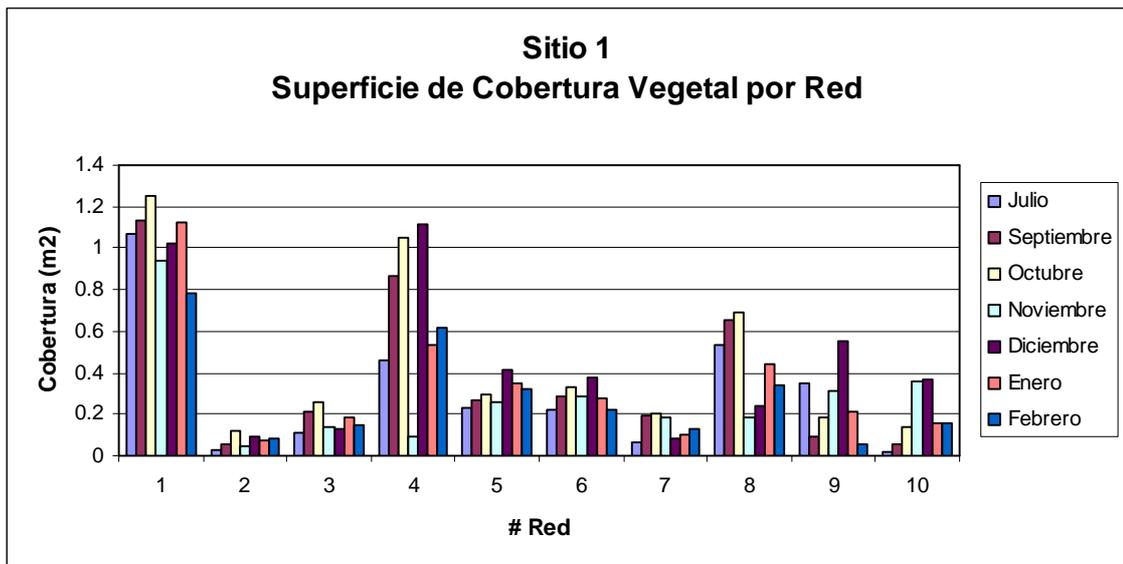


Figura 25. Gráfica de la superficie ocupada por la cobertura vegetal en el Sitio 1.

En esta gráfica se nota claramente el aumento de cobertura vegetal en los primeros tres muestreos; en el cuarto muestreo se aprecia una disminución significativa de acuerdo al análisis estadístico de datos que se llevó a cabo (Figura 26). Es importante mencionar que el pico más alto presentado en el tercer muestreo que se hizo en octubre tuvo que ver con la aparición de lluvias. La disminución se debe a la presencia de frío por la época invernal, lo cual es indicativo de que la cobertura vegetal está compuesta principalmente por vegetación temporal como los pastos. Este dato está confirmado por fotografías y observaciones directas en el área de estudio. Esta cobertura vegetal es favorable, ya que los pastos presentan raíces largas que proporcionan mayor estabilidad al suelo que colonizan, lo cual es un factor que coadyuva al propósito de este trabajo.

Se puede observar otro repunte en los datos a partir del quinto muestreo (Figura 25), el cual fue hecho en diciembre, en estas fechas hubo presencia de lluvias lo cual pudo ayudar al desarrollo de nuevos brotes. Además, hubo una diferencia significativa de crecimiento de cobertura vegetal de acuerdo al análisis estadístico (Figura 26), Sin embargo, al sexto muestreo se vuelve a ver otra disminución significativa del crecimiento de cobertura vegetal por la presencia de fríos extremos en la zona, incluso se presentó una nevada extraordinaria en la región, lo que pudo dañar varias de las especies vegetales que estaban en desarrollo.

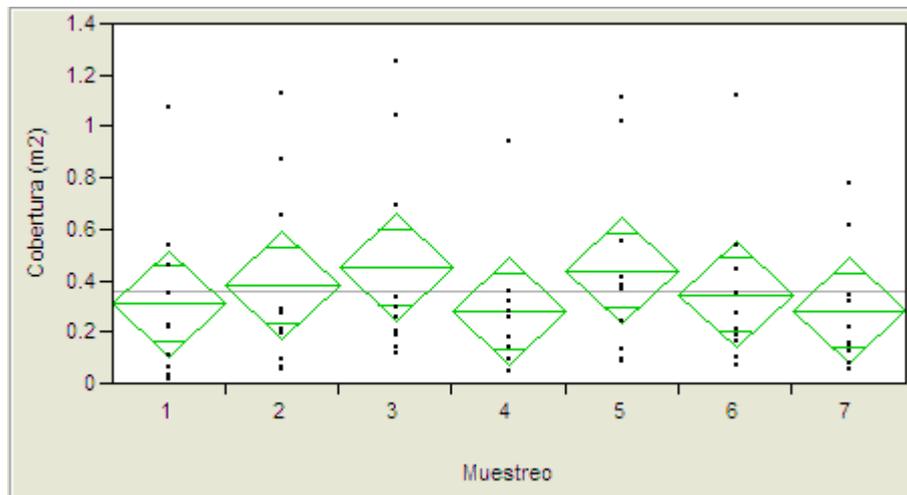


Figura 26. Gráfica de análisis estadístico ANOVA de los datos por muestreo de sitio 1.

De forma gráfica en la Figura 27 se presentan los datos porcentuales de cada red para determinar la cantidad de cobertura faltante por red. En la red 1 donde se presentó la mayor cantidad de cobertura vegetal, se registra un pico máximo de 12.5 % en el tercer muestreo, el cual disminuyó hasta 7.8% en el último muestreo. En total, se presentó una

cobertura vegetal máxima en el muestreo tres del sitio 1 de un 4.5 %, disminuyendo a 2.8% en el muestreo siete.

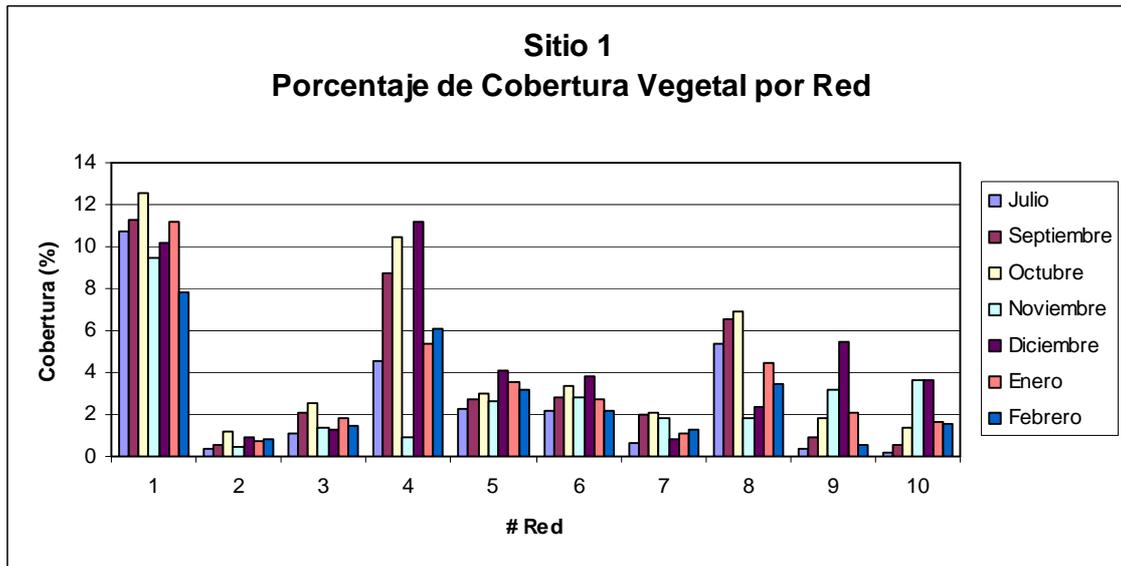


Figura 27. Porcentaje de cobertura vegetal por red del sitio 1.

8.3. Cobertura vegetal del Sitio 2.

Los datos se registraron tomando en cuenta el área de la cobertura así como el porcentaje que se cubre por red. Ver ANEXO II. En la siguiente gráfica se presentan los datos por red del área de cobertura vegetal que se desarrollaron a lo largo de siete muestreos (Figura 28).

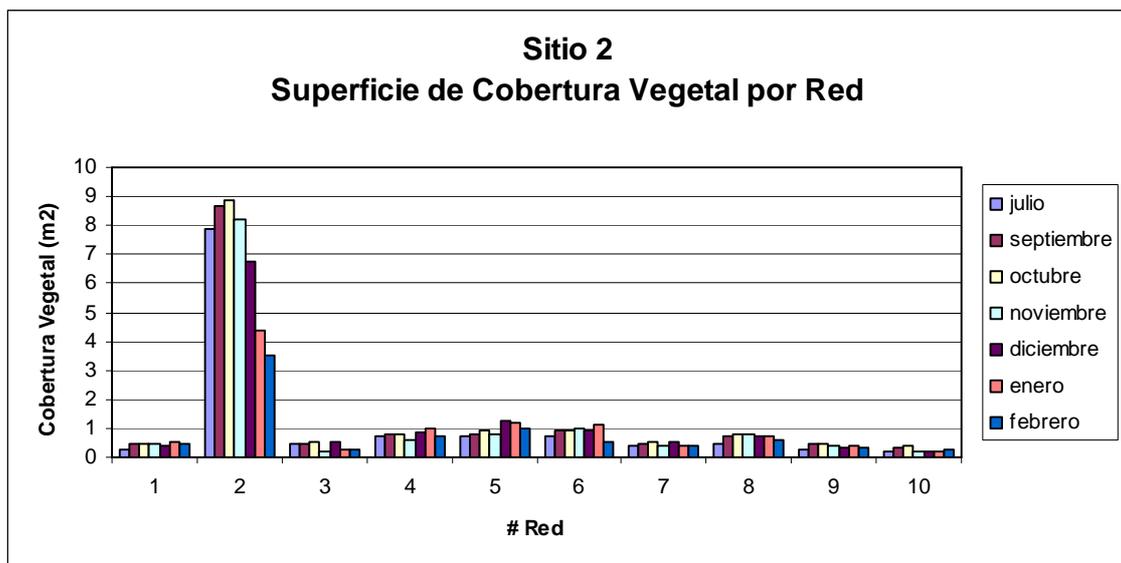


Figura 28. Gráfica de la superficie ocupada por la cobertura vegetal en el Sitio 2.

En esta gráfica puede observarse que el aumento es poco, sin embargo, es el mismo comportamiento que en el sitio 1, se ve un aumento en los primeros tres muestreos,

teniendo una disminución estadísticamente significativa en el muestreo 4 (Figura 29). Es importante señalar que en algunas redes como la 2, 8, 9 y 10, no existe un repunte de la vegetación pero se mantiene constante o sin cambios significativos en su cobertura vegetal.

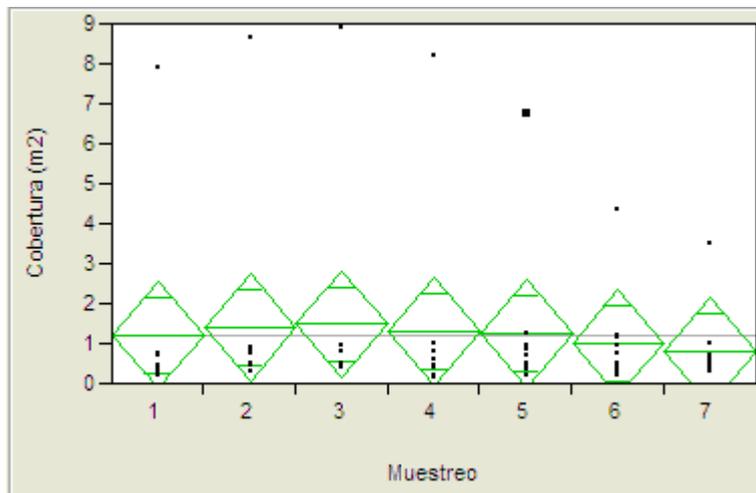


Figura 29. Gráfica de análisis estadístico ANOVA de los datos por muestreo de sitio 1.

Como puede notarse, la red 2 presenta una cobertura vegetal mucho más amplia que las otras redes (Figura 28), esto puede deberse a que se colocó en una zona donde la humedad era más constante ya que en ese punto existe una pendiente donde el agua se abre paso, y aunque no es un riachuelo es un lugar donde se mantiene mayor humedad (Figura 30).



Figura 30. Red 2, se muestra que es un paso de agua por lo cual guarda mayor humedad.

A continuación se muestra la superficie de cobertura vegetal en porcentaje para determinar la cobertura total del sitio 2 (Figura 31).

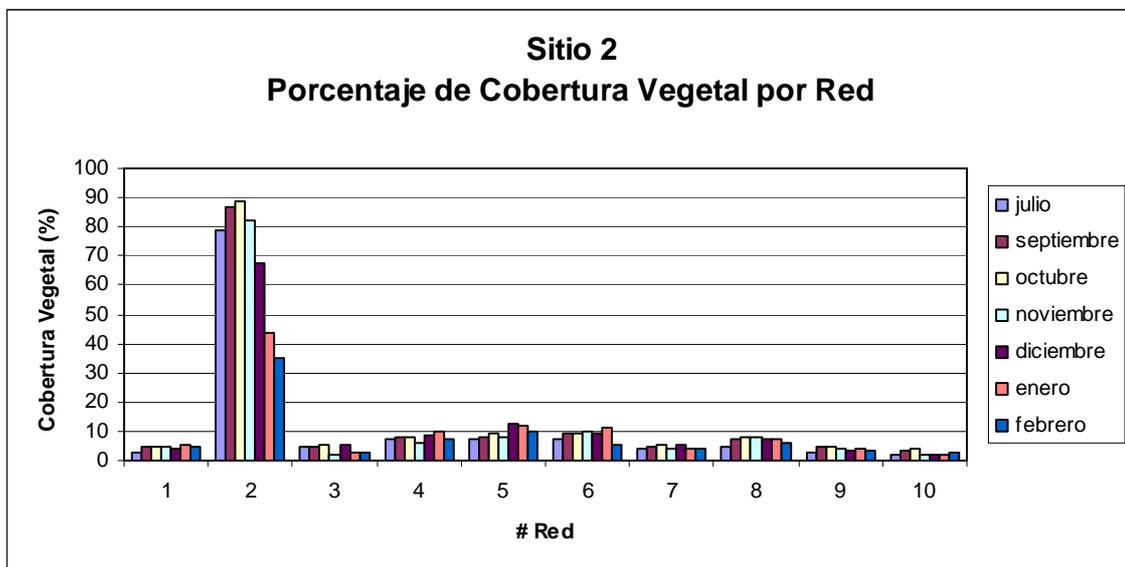


Figura 31. Porcentaje de cobertura vegetal por red del sitio 1.

En esta gráfica se puede observar que la red 2 presentó un pico máximo de cobertura de 89% en el tercer muestreo, sin embargo tuvo un descenso de 34.8% en el último muestreo. Las redes 1, 3, 7, 9 y 10 mantienen un porcentaje de alrededor de 5%. Ver ANEXO II. Las redes 4, 5, 6 y 8 mantienen un porcentaje de alrededor de 9%. En total,

el sitio 2 alcanzó a tener una cobertura de casi 15% en el tercer muestreo y disminuyó hasta un 8% en el último muestreo. Al igual que el sitio 1 tiene una tendencia la disminución de cobertura en los últimos muestreos, lo que indicativo de su principal componente vegetal que es el pasto, reiterando esto como un factor favorable para la retención de suelo.

8.4. Superficie y Volumen de Acumulación de Sedimento del Sitio 1.

El área de sedimento acumulado nos permite determinar el establecimiento de las redes, de tal forma que el área nos dice si las redes estén cumpliendo con el propósito, para posteriormente servir de sustrato para la vegetación colonizadora.

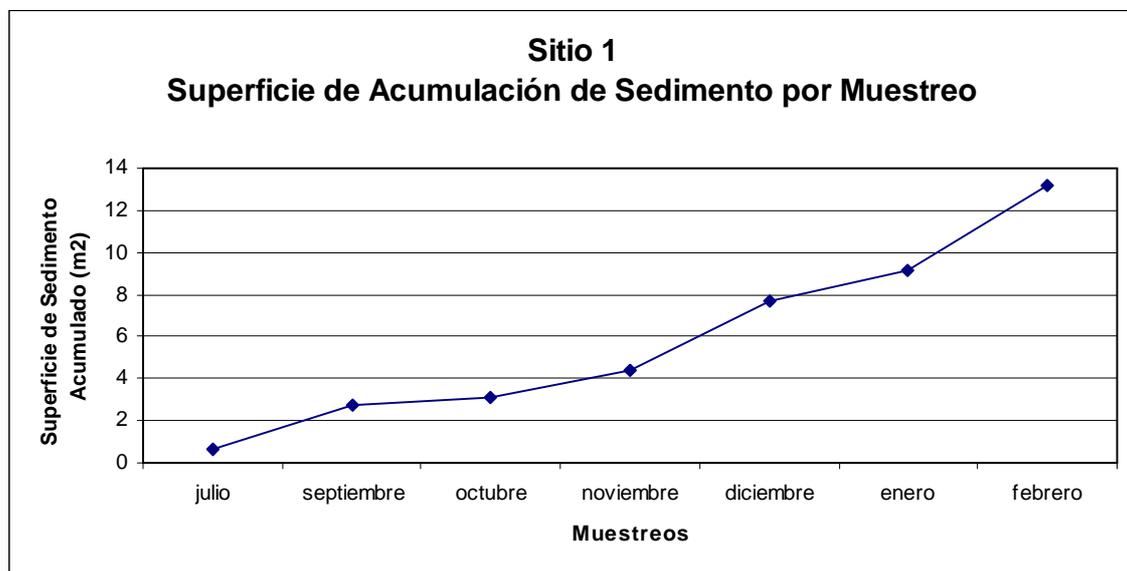


Figura 32. Superficie de acumulación de sedimento del sitio 1.

En la Figura 32 podemos observar el aumento del sedimento retenido durante los muestreos, notándose que existe un aumento de 0.68 m^2 desde su colocación al primer muestreo, posteriormente se aprecia un aumento constante hasta llegar a los 13.16 m^2 en febrero, de los 100 m^2 correspondientes al sitio 1. Se pueden asociar los repuntes de los muestreos llevados a cabo en diciembre y en febrero con las lluvias que se presentaron, lo que produjeron un mayor arrastre de sedimento.

En cuanto al volumen de acumulación de sedimento, se tomó en cuenta que el volumen total posible por cada sitio es de 2.5 m^3 por lo que en la Figura 33 se muestra el volumen en m^3 por cada red durante los muestreos. Para los datos de la gráfica ver

ANEXO I. En este caso se llegó a un volumen total del sitio de 0.329 m^3 , lo que nos deja una capacidad de acumulación de 2.17 m^3 .

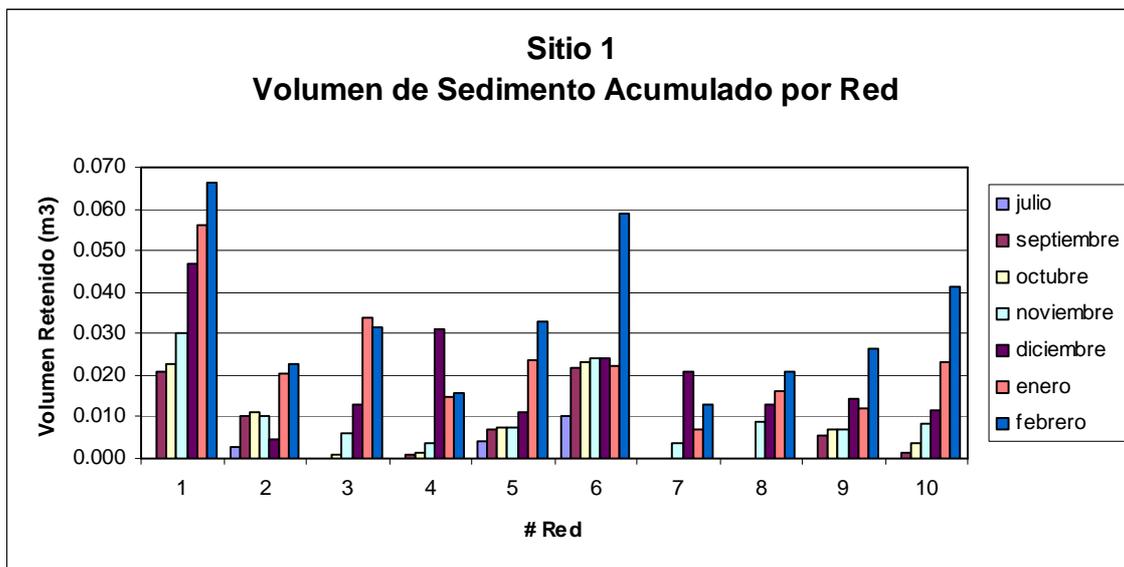


Figura 33. Volumen de sedimento acumulado por red durante los siete muestreos.

En esta gráfica se puede observar claramente la acumulación del sedimento en cada red, siendo muy notoria la escasez de acumulación en el primer muestreo como presentan las redes 1, 3, 4, 7, 8, 9 y 10. Esto no significa que no haya existido sedimento, sino que no se tomaron en cuenta los cuadros que no estaban completamente llenos, por lo que se presentaba sedimento solamente en las orillas de los cuadros. Un ejemplo es el que se presenta en la Figura 34.



Figura 34. Ejemplo de cuáles cuadros no se tomaron en cuenta para el conteo.

En las redes 3, 4 y 7 se presenta una pequeña pérdida de sedimento en los meses de enero y febrero que se le atribuyó a que encontré huellas de animales como perro y caballo, lo que movió un poco las redes e hizo que se perdiera material, sin embargo, se nota que empieza a subir de nuevo la acumulación de sedimento (Figura 33).

En la Figura 35 se muestra el análisis estadístico entre las redes, se observa una diferencia significativa a partir del cuarto muestreo tomado en noviembre.

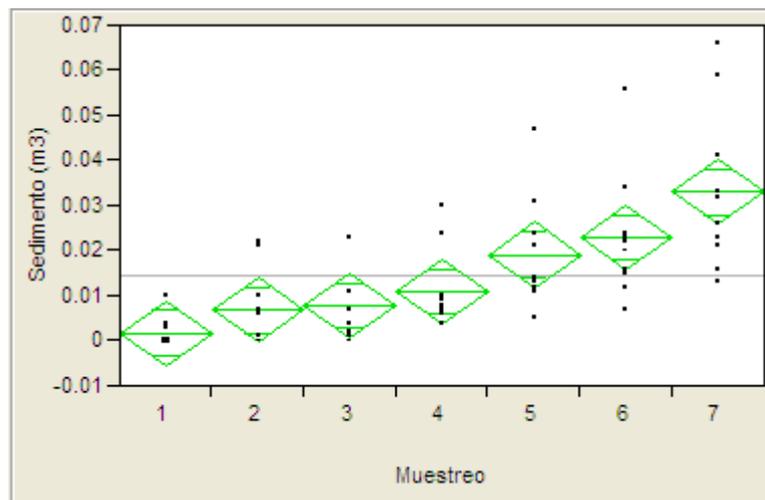


Figura 35. ANOVA de la acumulación de sedimento por muestreo.

8.5. Superficie y Volumen de Acumulación de Sedimento del Sitio 2.

En la Figura 36 se puede observar un aumento constante en la acumulación de sedimento, tomada como superficie, sin embargo, tomando en cuenta las características del terreno su acumulación empieza hasta el muestreo de septiembre, ya que en el muestreo de julio no existe ningún cuadro completo que se pudiera tomar en cuenta para su conteo.

En el muestreo de febrero se puede apreciar un aumento en la superficie de sedimentación de hasta 10.87 m² de los 100 m² disponibles que mide el sitio 2. El sedimento acumulado en esta zona es más pedregoso que en el sitio 1 dadas sus características.

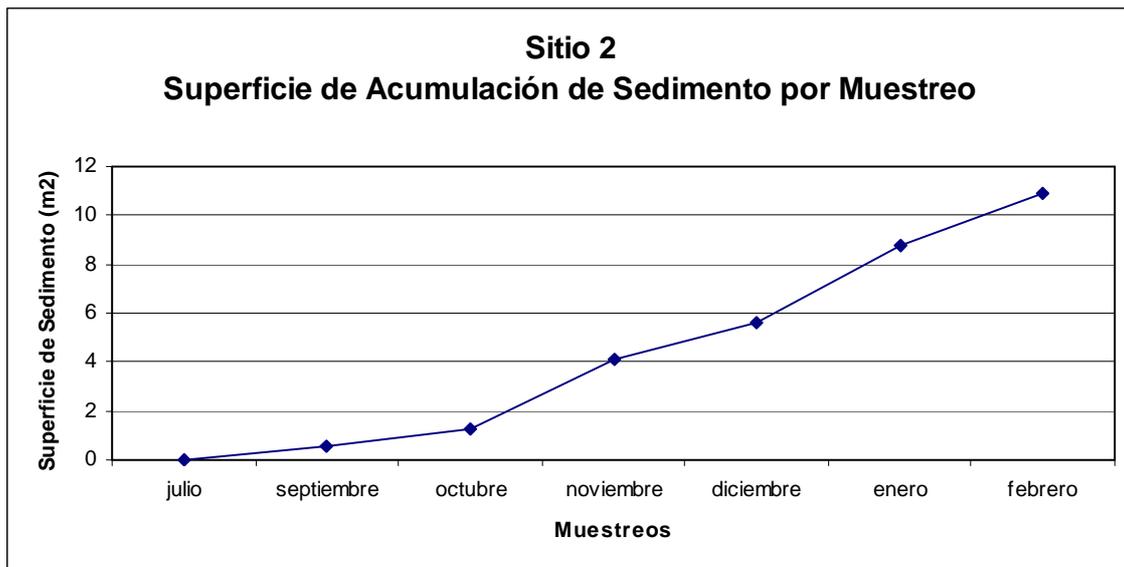


Figura 36. Superficie acumulada de sedimento en el sitio 2.

En cuanto al volumen de sedimento retenido por las redes colocadas en este sitio, tomando en cuenta los 2.5 m³ disponibles de acuerdo a la capacidad de las redes, se llegó a un total de 0.272 m³, lo que nos deja una capacidad potencial de acumulación de 2.22 m³.

En la Figura 37 se deja claro que la red q contribuyó a esa acumulación de sedimento equiparable a la del sitio 1, fue la red 2, que llegó a un volumen de 0.207 m³, dejando a las otras redes por debajo de los 0.020 m³.

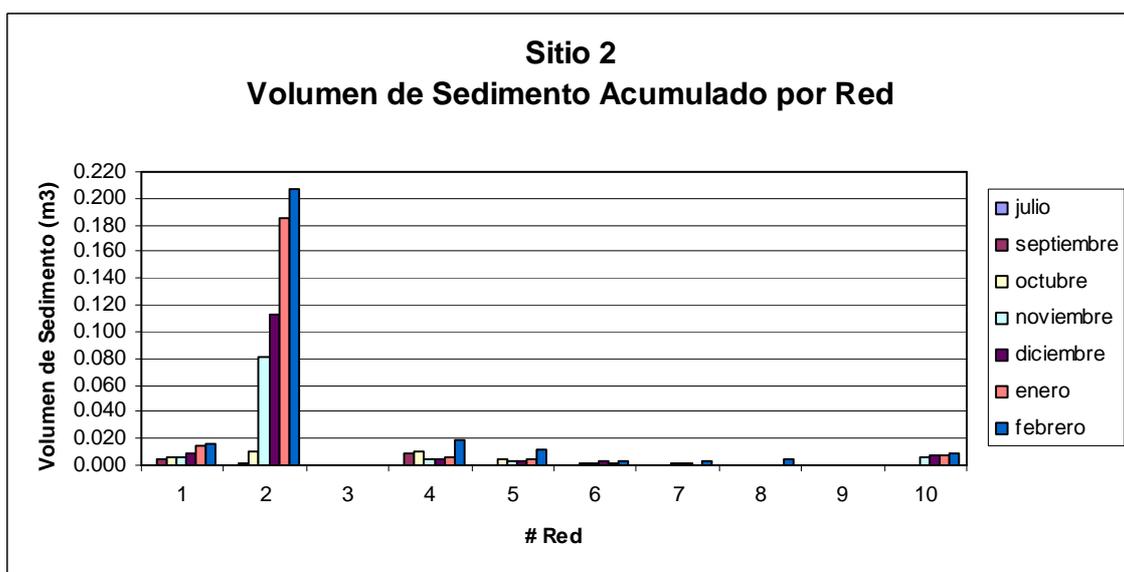


Figura 37. Volumen de sedimento acumulado por red en el sitio 2 durante siete muestreos.

Es importante notar que en estas redes la acumulación comenzó más tarde, e incluso en las redes 3 y 9 no hubo acumulación alguna. Las redes 1, 2 y 4, en septiembre; las redes 5 y 6, en octubre; las 7 y 10, en noviembre; y la red 8, en diciembre.

A continuación se presenta el análisis estadístico de la acumulación de sedimento en el sitio 2 (Figura 38), donde se ven claramente los puntos de la red 2 que sobresalen de la media de los muestreos. Se logra observar una diferencia significativa a partir del quinto muestreo tomado en diciembre lo cual concuerda con la acumulación tardía de sedimentos en esta zona.

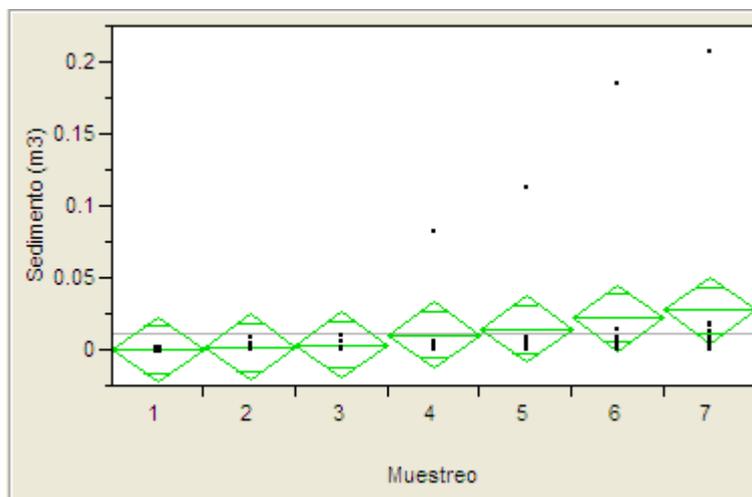


Figura 38. ANOVA de la acumulación de sedimento entre muestreos del sitio 2.

8.6. Comparación de Datos de Cobertura Vegetal y Volumen de Sedimento Acumulado entre los Sitios 1 y 2.

A continuación se presenta una comparación entre los sitios, no sin antes mencionar que esta comparación se hace con fines ilustrativos en cuanto a la aplicación y el funcionamiento de las redes y como parte de una conclusión, ya que estas zonas presentan características distintas.

Cobertura Vegetal.

En la Figura 39 se observa la diferencia de cobertura vegetal en ambos sitios, cubriendo mayor superficie el sitio 2, esto debido a que la red 2 presentó datos elevados debido a su ubicación, lo puede sugerir un punto muy bueno para la regeneración de la cobertura vegetal. En ambos casos se observa un patrón similar de aumento y

disminución de la cobertura vegetal de acuerdo a los periodos de lluvias, y la época invernal acompañada de una nevada extraordinaria.

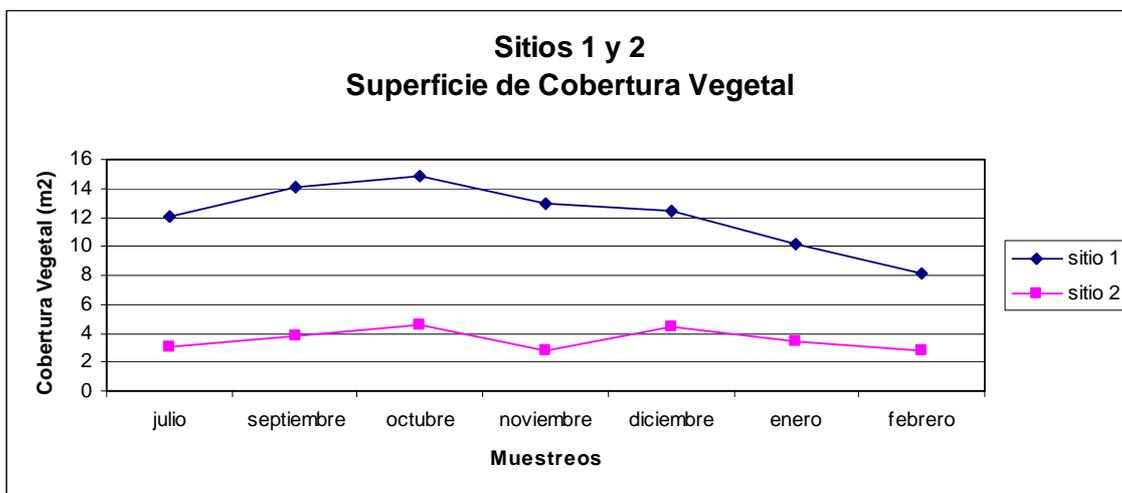


Figura 39. Gráfica representativa de la superficie de la cobertura vegetal de los sitios 1 y 2.

En la Figura 40 podemos observar los datos de cobertura vegetal presentados en porcentaje, donde se observa que ambos sitios ocuparon un porcentaje de 19.3%, teniendo una disminución en los últimos muestreos debido a las condiciones climáticas y su composición vegetal temporal de vegetación conformada principalmente por pastos.

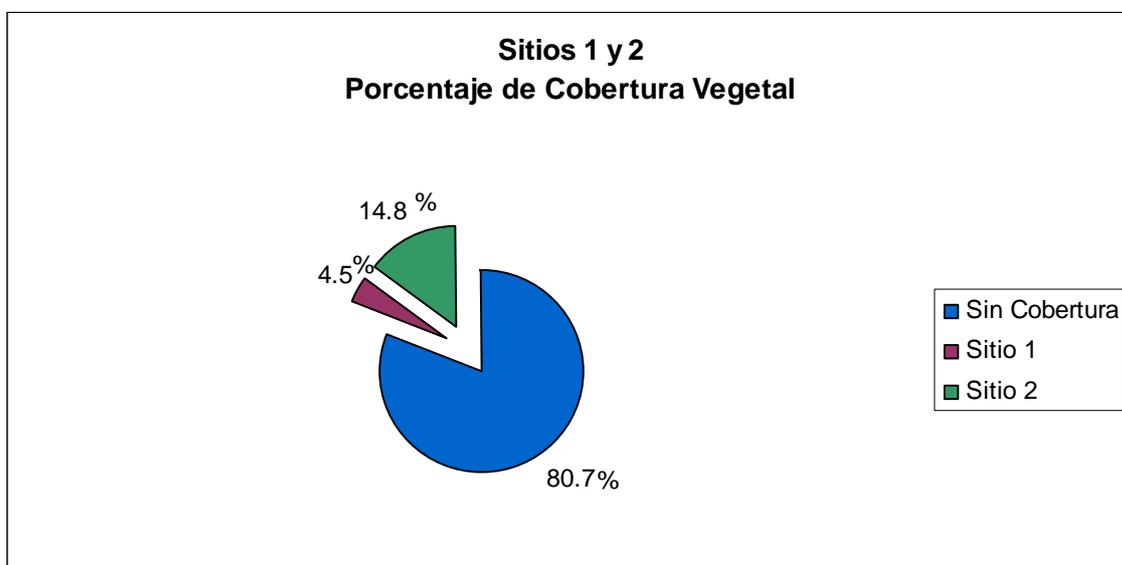


Figura 40. Porcentaje de cobertura vegetal total presente en los sitios 1 y 2.

En cuanto al volumen de sedimento retenido en ambos sitios, en la Figura 41 se observa el aumento considerable en ambos, siendo mayor en el sitio 1, pudiéndose deber a que el sitio 2 está conformado principalmente por roca. En el cuarto muestreo tomado en noviembre hay una coincidencia de puntos debido a la pérdida de sedimento que

tuvieron algunas redes del sitio 1 debido a la presencia de animales. Sin embargo, no existe una diferencia significativa de acuerdo al análisis estadístico llevado a cabo (Figura 42).

El volumen acumulado en ambos sitios fue de 0.601 m^3 , lo que deja un potencial de acumulación de 4.39 m^3 .

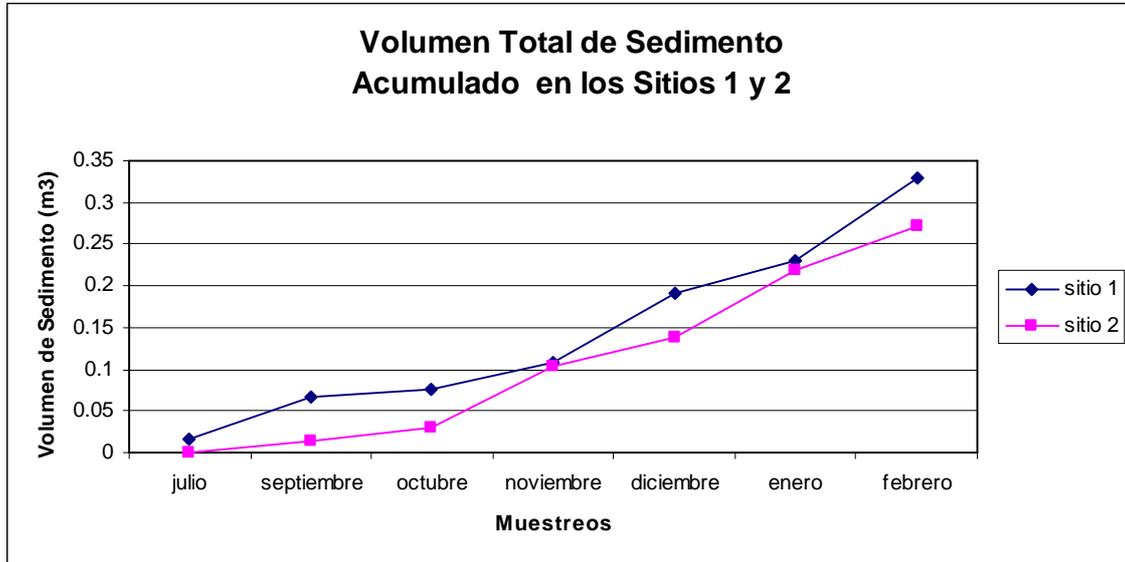


Figura 41. Volumen de sedimento acumulado en los sitios 1 y 2.

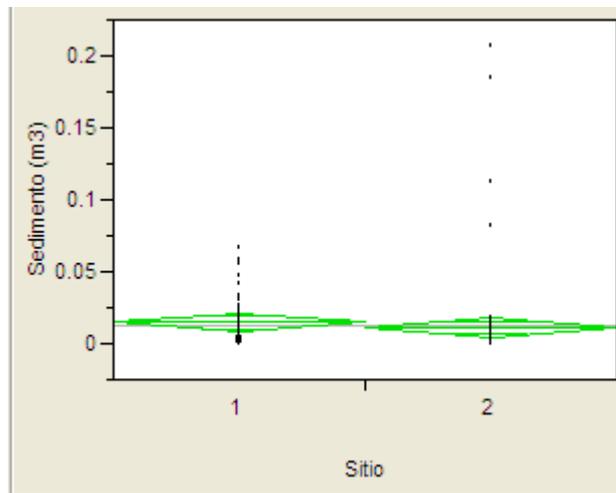


Figura 42. ANOVA de la acumulación de sedimento en los sitios 1 y 2.

IX. Conclusiones.

Redes. Las redes se establecieron favorablemente, resistiendo a los cambios de clima, las lluvias, épocas de sequía intensas e incluso a una nevada inesperada. Esto determinó que el material es el adecuado para la elaboración de las redes.

El tamaño de las redes (2m × 5m) fue la óptima para cubrir el área de las cárcavas que se encontraron en la zona, además de que su manejo para la elaboración e instalación fueron más sencillos. El tamaño también fue de gran ayuda para que con el peso de las mismas, más el sedimento y la lluvia, no hicieran que las redes perdieran su forma así como su función de retención de sedimento y de cobijo de semillas para su crecimiento.

El tamaño de las estacas que fueron utilizadas para la colocación de las redes, fue la adecuada en cuanto a dimensiones (25 cm de largo y 2 cm de diámetro). Esto permitió un anclaje apropiado para cumplir su función de detener las redes.

Cobertura. En el sitio 1 se presentó una diferencia significativa entre los muestreos, indicando un aumento en los primeros tres muestreos y posteriormente una disminución debido a la temporalidad de la cobertura vegetal presente. El porcentaje de cobertura total más alto observado en el muestreo 3 tomado en octubre fue de 4.5%, dejando un potencial de cobertura de 95.5% para las estaciones climáticas siguientes.

En el sitio 2, existe una mayor cantidad de cobertura vegetal que representa el 14.8%, dejando un potencial de 85.2%, lo que puede significar que las rocas que se encuentran en esa zona pueden estar cumpliendo una función de cubierta y de retención de humedad mayor que en el sitio 1. Se presenta gráficamente un comportamiento similar de aumento y disminución de cobertura vegetal que en el sitio 1, lo que indica la estacionalidad de las plantas que componen la cobertura de los sitios.

Las diferencias que se muestran en cuanto a cobertura en los dos sitios, se deben a que cada uno posee características distintas. Además el muestreo 1 nos indica que la vegetación existente en cada uno de los sitios fue mayor en el sitio 2.

En cuanto a la comparación de aumento de cobertura con respecto al área testigo, no hubo diferencias significativas en el sitio 1, lo que hace suponer que la vegetación puede deberse a una extensión de la ya existente y que la red comparada en ese sentido no cumplió con una función de aumentar la cobertura vegetal, sin embargo, es clara la función de retención de sedimento con respecto al área testigo, porque al no contar con un sistema que detenga el sedimento presente y el que pueda acumularse de partes aledañas obviamente no hubo ningún aumento.

Acumulación de sedimento. En el sitio 1, los datos muestran una clara acumulación de sedimento en las redes desde el primer muestreo, lo que nos indica que el grosor de la red fue la adecuada para este propósito. Es importante mencionar que el crecimiento o los brotes vegetales nuevos aparecen en las orillas de la red, donde el sedimento se acumula más rápidamente y donde la red cumple la función de mantener humedad y una sombra o cubierta apropiada para el crecimiento vegetal.

En algunas redes se hizo notoria la acumulación de sedimento a tal grado, que porciones de la red quedaron completamente cubiertas. Esto beneficia la aparición de cobertura vegetal, ya que existe una profundidad retenida de por lo menos 2.5 cm, suficiente para la germinación de algunas semillas de pastos, los cuales generan una raíz profunda capaz de retener ese sedimento aún en época de sequía.

En el sitio 2, la acumulación de sedimento fue muy reducida, esto debido a la característica rocosa de la zona, sin embargo, en la red 2 se pudo observar que la vegetación que cubría casi un 90% de la red es capaz de retener sedimento suficiente para la germinación de semillas, y así contribuir a la retención de suelo existente y el que se va depositando en la red.

Cabe mencionar que no hubo una diferencia significativa entre ambos sitios, sin embargo, es importante hacer notar que las características de éstos son diferentes y que la comparación no es válida, pero sí podemos concluir que la acumulación se da en ambos sitios, con un tiempo de respuesta distinto, siendo más rápido en el sitio 1.

El volumen total de acumulación en ambos sitios fue 0.601 m³, por lo que las redes siguen siendo útiles para este propósito en los meses siguientes.

Costos. Las redes de ixtle son más caras por \$30 debido a que son más gruesas, tienen un mayor gramaje. Los artesanos comentaron que el costo por red puede disminuir en mayor volumen, esto debido al precio de la fibra en bruto. Además, al comprar redes a los artesanos se ayuda a que ellos mantengan un nivel de entrada de dinero en época donde su venta de figuras artesanales disminuye, que es en los primeros meses del año, donde son los adecuados para hacer las redes y colocarlas antes de la época de lluvias.

X. Discusión.

De acuerdo a la cobertura vegetal en ambos sitios, donde aunque se especifica que es significativo el crecimiento vegetal entre los muestreos, es necesario llevar a cabo muestreos prolongados de por lo menos un año para determinar la estacionalidad de la cobertura así como la influencia de la lluvia en la funcionalidad de las redes en ambos sitios. Esto precisará la tendencia adecuada de crecimiento vegetal en las redes de ixtle para este tipo de sitios.

Con respecto a la designación del tamaño de red, así como su cuadrícula, fue necesario tomar en cuenta la opinión, la capacidad y sabiduría de los artesanos, para adecuar la red, ya que en la literatura no se encuentra un tamaño de red óptimo para retención de suelo. De acuerdo con Aird (2008), las redes o mantas orgánicas son utilizadas para el control de erosión, sin embargo, generalmente se maneja un tamaño estándar de estas redes (100 m²), porque así se venden comercialmente. No existe un estudio que base el tamaño de la cuadrícula ni el grosor de la red de acuerdo al propósito de retención de suelo, sino solamente a la duración del material y que dé sombra para que crezca la vegetación. En este proyecto, las redes fueron diseñadas para el propósito antes mencionado; además, el tamaño fue el adecuado para cubrir el área de las cárcavas presentes.

El aumento de cobertura vegetal de acuerdo con Lancaster (1996) y Roche (1999), está relacionado con primero usarse las mantas para generar estabilidad en el suelo, mitigando el impacto de la erosión y la migración del sedimento para que posteriormente pueda establecerse la vegetación. Lo anterior concuerda con este estudio, sin embargo, se esperaba que fuera de la mano la sedimentación con la aparición de vegetación.

El resultado del incremento de cobertura vegetal en ambos sitios del proyecto debe ser estudiado con mayor profundidad en un muestreo prolongado, ya que de acuerdo con Elzinga *et al.* (1998), los muestreos de este tipo deben ser monitoreados o vigilados a lo largo del tiempo para tener una mayor claridad en el rol que juega el manejo de una zona en su desarrollo vegetal, que en el caso de este proyecto es la introducción de las redes. Es importante mencionar que el incremento de la vegetación en estos sitios seleccionados por su importancia en el área de escurrimiento del parque, se dio en las orillas de las redes, lo que nos muestra que existe un aporte de sombra y humedad suficiente para que las plantas oportunistas como los pastos se desarrollen de forma adecuada y mantengan sus raíces aún en la época de sequía.

En cuanto a la acumulación de sedimento, está probado que las redes resultaron ser un medio efectivo para su retención y control de la erosión. Pueden ser utilizadas a gran escala en sitios degradados, teniendo un tiempo de respuesta menor en los sitios menos rocosos, sin descartar su utilidad en los sitios con suelos descubiertos. Esto concuerda con los trabajos llevados a cabo por Contreras *et al.* (2006) en la restauración de canteras y vertederos, donde indican que no es suficiente con mantas orgánicas de baja densidad de paja de cereal y coco para detener la formación de cárcavas. Tuvieron que utilizar mantas más densas, las cuales presentaban mayor eficacia para el control de la erosión.

Finalmente, este trabajo ayudará a que exista un respaldo bibliográfico en cuanto a la instalación, funcionamiento, y monitoreo de las redes; quedando claro su fácil manejo, así como su eficiencia para el control de la erosión.

Bibliografía.

- Aird, J. 2008. Full Coverage: Erosion Control Blankets and Mats. Official Journal of the International Erosion Control Association. Nov-Dec.
<http://www.erosioncontrol.com/november-december-2008/blankets-mats-recps-1.aspx>
- Banco Interamericano de Desarrollo. 1993. Parques y Progreso. Programa de Áreas Protegidas. IV Congreso Mundial de parques y Áreas Protegidas. Caracas, Venezuela. Págs: 37-54.
- Barton, C. y Kinkead, K. 2005. Do erosion control and snakes mesh? Journal of Soil and Water Conservation. 60(2): 33^a-35^a.
- Benik, S. R., Wilson, B. N., Biesboes, D. D., Hansen, B. y Stenlund, D. 2003. Evaluation of erosion control products using natural rainfall events. Journal of Soil and Water Conservation. 58(2)**98-105**.
- Chávez, G. C. 2007. Edafología. Erosión de Suelos: Procesos, Predicción y Control. División de Estudios de Posgrado-Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. Págs 1-50.
- Contreras, M., V., Pozo, C., E. y Cruz, F. J. 2006. Restauración Paisajística de Canteras y Vertederos. Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid.
- Comisión Nacional Forestal. 2002. Procedimientos y Cálculos Básicos, útiles en la operación de viveros que producen en contenedor. CONAFOR. Coordinación General de Conservación y Restauración. Gerencia del Programa Nacional de Reforestación. Subgerencia de Producción. Guadalajara, Jalisco. Págs: 1-42.
- Elzinga, C., Salzer, D. y Willoughby, J. 1998. Measuring and Monitoring Plant Populations. Bureau of Land Management National Business Center. Denver, Colorado. 496 P. p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).2000. *The Global Forest Assessment*. FAO, Italia.
- Faucette, L. B., Governo, J., Jordan, C. F., Lockaby, B. G., Carino, H. F. y Governo, R. 2007. Erosion control and storm water quality from straw with PAM, mulch, and compost blankets of varying particles sizes. Journal of Soil and Water Conservation. 62(6): 404-413.

- Grace, J. M. 2000. Forest road sideslopes and soil conservation techniques. *Journal of Soil and Water Conservation*. 55(1): 96-101.
- Guerrero, M. 2001. Vertebrados Terrestres de la Microcuenca Santa Catarina. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Hernández, L., F. Magallán y O. Ibarra. 2000. Vegetación y Uso de suelo. En: La Microcuenca de Santa Catarina: Estudios para su Conservación y Manejo. Pineda, R. y L. Hernández Editores. Capítulo VII. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. Pp. 46-62.
- Hernández, S. L., Pineda, L. R y Ongay, D. E. 2005. Plan rector de operación del Parque La Joya-La Barreta. Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. P. p. 105.
- Instituto Nacional de Ecología. 2007. En: http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=17471_208&ID2=DO_TOPIC#k
- Kremen, C., V. Razafimahatratra, R. P. Guillery, J. Rakotomalala, A. Weiss y J. Ratsisompatrarivos. 1999. Designing the Masoala National Park in Madagascar Based on Biological and Socioeconomic Data. *Conservation Biology* 13(5): 1055-1068.
- Lambers, H., H. Poorter y Van Vuuren M. M. 1998. Inherent Variation in Plant Growth. Backhuys Publishers, Leiden. Capítulo I. Págs: 5-89.
- Lancaster, T. 1996. Keys to planting the seeds of erosion control. *American City & County*. 111(9): 32-34.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 2003. En: www.semarnat.gob.mx/leyesynormas.
- Lovera, S. 2003. Ir a la raíz del problema: las causas de la deforestación y de la degradación forestal. XII Congreso Forestal Mundial. Québec City, Canadá. En: www.fao.org.
- Mendoza, M., G. Bocco, E. Granados y M. Bravo. 2002. Implicaciones Hidrológicas del Cambio de la Cobertura vegetal y Uso de Suelo: Una Propuesta de Análisis Espacial a Nivel Regional en la Cuenca Cerrada del Lago de Cuitzeo, Michoacán. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 49: 92-117.
- ML Ingeniería. 2008. ML Ingeniería: Mallas, Geotextiles, Geomembranas, Geosintéticos, Muros, Contención, Geomallas y Control de Erosión. www.mlingenieria.com.

- Montes, M. A., M. A. Domínguez y E. Ventura. 2000. Metodología para la Estimación del Riesgo de Erosión Hídrica en Cuencas Hidrográficas Utilizando un SIG. Congreso Nacional de Hidráulica, México. Maestría en Hidráulica. Facultad de Ingeniería-División del Posgrado, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Morera, B. A. 2003. Efecto de la Reforestación con Especies Nativas sobre la Recuperación de Bosques Secos en Costa Rica. XII Congreso Forestal Mundial. Québec, Canadá. En: <http://www.fao.org/docrep/article/wfc/xii/0279-b3.htm>.
- Pattanayak, S. K y D. Butry. 2005. Spatial Complementarity of Forests and Farms: Accounting for Ecosystem Services. *Amer. J. Agr. Econ.* 87(4): 995-1008.
- Pearce, R. A., Trlica, M. J., Leininger, W. C., Smith, J. L. y Frasier G. W. 1997. Efficiency of grass buffer strips and vegetation height on sediment filtration in laboratory rainfall simulations. *Journal of environmental quality*. Vol. 26(1). P. p. 20-48.
- Pineda, L. R. y L. Hernández. 2000. La microcuenca Santa Catarina. Estudios para su Conservación y Manejo. Universidad Autónoma de Querétaro. SEMARNAP.
- Roche, T. 1999. The ABC's of erosion control. *Landscape & Irrigation*. 8(23):8.
- SEMARNAT. 2001. Programa Nacional Forestal, 2001-2006. México.
- Vargas, M. F. 1997. Parques Nacionales de México. Volumen I: Zonas Centro, Occidente y Oriente. Aspectos físicos, sociales, legales, administrativos, recreativos, biológicos, culturales, situación actual y propuestas en torno a los parques nacionales de México. Instituto Nacional de Ecología. P. p. 343.
- Wagner, O. H. y Lenz, H. 1989. El Bosque y la Conservación del Suelo. Su Importancia Social y Económica, Cuarta Edición, Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa. México, D. F. P. p.189.

ANEXO I. Datos obtenidos del Sitio 1.

Datos de cobertura vegetal en m².

# Red	M1(jul)	M2(sep)	M3(oct)	M4(nov)	M5(dic)	M6(ene)	M7(feb)
1	1.07	1.13	1.256	0.942	1.019	1.122	0.78
2	0.032	0.0585	0.119	0.05	0.095	0.07	0.08
3	0.11	0.21	0.255	0.14	0.13	0.183	0.147
4	0.4565	0.87	1.046	0.093	1.115	0.537	0.613
5	0.228	0.27	0.296	0.26	0.41	0.352	0.319
6	0.2195	0.284	0.334	0.283	0.38	0.275	0.221
7	0.064	0.198	0.206	0.182	0.083	0.105	0.127
8	0.534	0.657	0.689	0.18	0.24	0.443	0.342
9	0.35	0.092	0.186	0.316	0.549	0.209	0.052
10	0.018	0.053	0.14	0.36	0.365	0.16	0.158
TOTAL	3.082	3.8225	4.527	2.806	4.386	3.456	2.839

Datos de cobertura vegetal en porcentaje.

# Red	M1(jul)	M2(sep)	M3(oct)	M4(nov)	M5(dic)	M6(ene)	M7(feb)
1	10.7	11.3	12.56	9.42	10.19	11.22	7.8
2	0.32	0.585	1.19	0.5	0.95	0.7	0.8
3	1.1	2.1	2.55	1.4	1.3	1.83	1.47
4	4.56	8.7	10.46	0.93	11.15	5.37	6.13
5	2.28	2.7	2.96	2.6	4.1	3.52	3.19
6	2.19	2.84	3.34	2.83	3.8	2.75	2.21
7	0.64	1.98	2.06	1.82	0.83	1.05	1.27
8	5.34	6.57	6.89	1.8	2.4	4.43	3.42
9	0.35	0.92	1.86	3.16	5.49	2.09	0.52
10	0.18	0.53	1.4	3.6	3.65	1.6	1.58

Datos de superficie de sedimento acumulado

# Red	M1(jul)	M2(sep)	M3(oct)	M4(nov)	M5(dic)	M6(ene)	M7(feb)
1	0	8700	9100	12000	19100	22400	26500
2	1200	4300	4700	4000	1900	8100	9100
3	0	0	500	2700	5300	13500	12600
4	0	300	600	1500	12500	6000	6300
5	1600	2700	2900	2900	4400	9500	13200
6	4000	8800	9400	9600	9700	8900	23500
7	0	0	0	1500	8300	2700	5100
8	0	0	0	3600	5100	6500	8300
9	0	2200	2800	2800	5700	4900	10500
10	0	500	1500	3300	4600	9300	16500
TOTAL en cm2	6800	27500	31500	43900	76600	91800	131600
en m2	0.68	2.75	3.15	4.39	7.66	9.18	13.16

Datos de volumen de sedimento acumulado en m³.

# Red	M1(jul)	M2(sep)	M3(oct)	M4(nov)	M5(dic)	M6(ene)	M7(feb)
1	0.000	0.021	0.023	0.030	0.047	0.056	0.066
2	0.003	0.010	0.011	0.010	0.005	0.020	0.023
3	0.000	0.000	0.001	0.006	0.013	0.034	0.032
4	0.000	0.001	0.002	0.004	0.031	0.015	0.016
5	0.004	0.007	0.007	0.007	0.011	0.024	0.033
6	0.010	0.022	0.023	0.024	0.024	0.022	0.059
7	0.000	0.000	0.000	0.004	0.021	0.007	0.013
8	0.000	0.000	0.000	0.009	0.013	0.016	0.021
9	0.000	0.006	0.007	0.007	0.014	0.012	0.026
10	0.000	0.001	0.004	0.008	0.012	0.023	0.041
TOTAL	0.017	0.067	0.077	0.109	0.190	0.230	0.329

ANEXO II. Datos obtenidos del sitio 2.

Datos de cobertura vegetal en m².

# Red	M1(jul)	M2(sep)	M3(oct)	M4(nov)	M5(dic)	M6(ene)	M7(feb)
1	0.288	0.431	0.47	0.45	0.415	0.513	0.465
2	7.89	8.673	8.903	8.203	6.75	4.35	3.48
3	0.45	0.469	0.516	0.18	0.515	0.275	0.297
4	0.751	0.783	0.81	0.62	0.87	0.97	0.708
5	0.719	0.784	0.943	0.78	1.228	1.22	0.986
6	0.74	0.917	0.956	0.98	0.94	1.127	0.523
7	0.365	0.476	0.503	0.38	0.525	0.374	0.384
8	0.46	0.751	0.823	0.817	0.705	0.738	0.619
9	0.233	0.434	0.478	0.413	0.34	0.384	0.321
10	0.201	0.317	0.407	0.17	0.207	0.194	0.289
TOTAL	12.097	14.035	14.809	12.993	12.495	10.145	8.072

Datos de cobertura vegetal en porcentaje.

# Red	M1(jul)	M2(sep)	M3(oct)	M4(nov)	M5(dic)	M6(ene)	M7(feb)
1	2.88	4.31	4.7	4.5	4.15	5.13	4.65
2	78.9	86.73	89.03	82.03	67.5	43.5	34.8
3	4.5	4.69	5.16	1.8	5.15	2.75	2.97
4	7.51	7.83	8.1	6.2	8.7	9.7	7.08
5	7.19	7.84	9.43	7.8	12.28	12.2	9.86
6	7.4	9.17	9.56	9.8	9.4	11.27	5.23
7	3.65	4.76	5.03	3.8	5.25	3.74	3.84
8	4.6	7.51	8.23	8.17	7.05	7.38	6.19
9	2.33	4.34	4.78	4.13	3.4	3.84	3.21
10	2.01	3.17	4.07	1.7	2.07	1.94	2.89

Datos de superficie de sedimento acumulado en m².

# Red	M1(jul)	M2(sep)	M3(oct)	M4(nov)	M5(dic)	M6(ene)	M7(feb)
1	0	1500	2200	2400	3200	5700	6200
2	0	700	4100	32700	45200	73900	82600
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	3200	3800	1600	1800	2200	7300
5	0	0	1900	1200	1400	1700	4600
6	0	0	400	700	1100	400	1200
7	0	0	0	300	300	200	1200
8	0	0	0	0	0	200	1800
9	0	0	0	0	0	0	200
10	0	0	0	2500	2700	3100	3600
TOTAL en cm2	0	5400	12400	41400	55700	87400	108700
en m2	0	0.54	1.24	4.14	5.57	8.74	10.87

ANEXO III.

Guía metodológica para la Recuperación de Suelo y Vegetación.

La composición de la capa vegetal del suelo es de mucha importancia, ya que de ella depende la retención del suelo, que de acuerdo a sus características permitirá la filtración de agua a los mantos freáticos, y sin la presencia de esta cobertura vegetal, se ocasionará la pérdida del suelo e inundaciones. Los bosques proveen una gama de servicios al ecosistema como el secuestro de carbono, mantenimiento del hábitat y biodiversidad, estabilización de corrientes hídricas, mitigación de la erosión, y además el desarrollo de microclimas (Pattanayak y Butry, 2005).

Las formas de utilización desmedida e irracional de los recursos naturales han provocado la degradación continua de los ecosistemas. Las estimaciones de la constante degradación indican que en México la superficie deforestada es de 600 mil hectáreas anuales (SEMARNAT, 2001).

La deforestación y la degradación del bosque pueden alterar las funciones de un ecosistema de manera irreversible y significativa. La degradación de los suelos está definida como la reducción en su capacidad de producir, en términos de cantidad y calidad, bienes y servicios (LGDFS, 2003).

Es por esto, que se propone utilizar redes de fibras orgánicas con la finalidad de retener suelo y que la vegetación oportunista puede reproducirse y crecer. Estas redes proveen un sitio donde la semilla o la poca vegetación existente, e incluso nula encuentre un lugar donde desarrollarse porque dan sombra y retienen humedad y sedimento entre sus fibras, lo que las hace un pequeño hábitat que puede ser óptimo para el crecimiento o por lo menos un hábitat menos adverso.

Gestión del Recurso.

Una parte sumamente importante es conseguir el dinero para hacer estas redes. Es primordial que si no se tiene el dinero y se va a buscar el apoyo, sea mucho antes de la época de lluvias, de lo contrario, se perderá tiempo de mano de obra y el agua que es fundamental para el crecimiento de la vegetación y el arrastre del material o sedimento.

Metodología.

Lugar de colocación de redes: Las redes pueden colocarse en terrenos rocosos, o con poca vegetación e incluso desprovistos de vegetación. Obviamente, el tiempo en el cual la vegetación colonizará estos lugares variará, sin embargo, existirá un crecimiento vegetal.

Las pendientes pueden variar, pero es importante que el terreno no sea muy inclinado, de lo contrario, la colocación de las redes será de mayor dificultad y la retención del suelo será menor. Es necesario mencionar que las redes deben ser colocadas desde la parte alta del terreno, esto debido a que la pérdida de suelo se da desde arriba. Tratar de detener suelo en la parte media no impedirá la erosión de la parte alta.

Un tema importante son los tiempos de colocación donde se vuelve fundamental que estas redes se encuentren colocadas un poco antes de las lluvias, o como señal, puede utilizarse la primera lluvia. Esto con la finalidad de evitar un deterioro de las redes sin ningún beneficio vegetal.

Material.

Es importante tener en cuenta que el material a utilizar son fibras orgánicas duraderas y de preferencia de la zona donde se van a utilizar las redes. De esta forma, uno ahorra tiempo y esfuerzo, además, se genera trabajo para las personas que habitan en la región productora del material a utilizarse.

El tamaño de las redes puede variar según las necesidades y los resultados que se requieran, pero se debe tomar en cuenta el manejo de las mismas y su fácil transporte. Es por esto que se sugieren redes de 2 m × 5 m, con cuadrículas de 10 cm × 10 cm (Fig 1 y 2), esto permitirá que la tierra o sedimento se quede en estos lugares, además de que la vegetación tiene más superficie que la proteja del sol y donde haya mayor humedad para su crecimiento.



Fig. 1. Muestra de red de 2m x 5 m.



Fig. 2. Cuadrícula de 10 cm x 10 cm.

El grosor de los cordones de la red se sugiere de 2.5 cm, esto es, de 3 hilos aproximadamente. Puede hacerse más gruesa, pero el manejo para su instalación se complica. Para poder colocarlas en la zona, es necesaria la utilización de estacas de madera, con una longitud de 25 cm y un grosor de 2 cm. Estas estacas deben de clavarse 3 de cada lado como mínimo, pero dependiendo de la pendiente pueden usarse más.

Resultados Esperados.

Es fundamental comentar que los resultados no son inmediatos, esto requiere tiempo, paciencia y ganas de recuperar parte de lo que alguna vez se perdió por un mal manejo de la tierra. Además, la importancia de recuperar estos terrenos para la agricultura pueden servir como zonas recreativas si se encuentran en parte baja, y en la parte alta,

estas técnicas pueden servir para evitar que las tierras de debajo de dañen o que tal vez todo el sedimento perdido vaya a depositarse en presas o bordos azolvándolos y muchas veces volviéndolos insuficientes para las necesidades de la gente.

La vegetación que crecerá generalmente serán pastos, lo cual es bueno para retener el suelo debido a sus raíces profundas, sin embargo, pueden utilizarse semillas forrajeras y tal vez en algún futuro puedan servir de alimento para los animales, siempre y cuando se les de un manejo adecuado a las áreas de las redes.