



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

**Diagnóstico de las obras de conservación de suelos de la microcuenca
La Beata, Querétaro.**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestra en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

Priscila Ruiz Díaz

Dirigida por:

M. en G. Hugo Luna Soria

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

**Diagnóstico de las obras de conservación de suelos de la microcuenca
La Beata, Querétaro.**

Tesis

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

Presenta:

Priscila Ruiz Díaz

Dirigida por:

M. en G. Hugo Luna Soria

Mtro. Hugo Luna Soria
Presidente

Mtro. José Carlos Dorantes Castro
Secretario

Dra. Diana Patricia García Tello
Vocal

Dra. Tamara Guadalupe Osorno Sánchez
Suplente

Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero
Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Qro

Agradecimientos

Quisiera aprovechar este espacio para expresar mis más sinceros agradecimientos a todas y todos los que han hecho posible este logro.

Quiero tomar un momento para agradecerme a mí misma por la perseverancia, el esfuerzo y la dedicación que he puesto a lo largo de este camino. Reconozco el valor de cada sacrificio y el esfuerzo constante que me han llevado hasta aquí.

Quiero agradecer a mis padres y hermana, por su amor incondicional y por creer en mí desde el principio. Su apoyo fue esencial para alcanzar esta meta. Gracias por estar siempre a mi lado, alentándome a seguir adelante y a superarme día con día.

Quiero agradecer a mi novio por su amor y apoyo incondicional durante mi tiempo en la maestría. Tu presencia y aliento han significado todo para mí. Gracias por estar siempre ahí, por apoyarme y escucharme.

A mis compañeros de maestría, agradezco las largas charlas compartidas, los debates enriquecedores y el apoyo mutuo. Sin duda, hemos creado lazos que perdurarán más allá de estas aulas.

Quiero agradecer a mis profesores. Su dedicación, conocimiento y paciencia han sido fundamentales para mi formación. Gracias por compartir su sabiduría, su apoyo y guía fueron cruciales para la realización de mi tesis.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías por el apoyo brindado a lo largo de este proceso académico.

A todos ustedes, muchas gracias. Este logro no es solo mío, es el resultado del esfuerzo y el apoyo de todos ustedes.

¡Gracias!

Índice

<i>Resumen</i>	1
<i>Abstract</i>	2
<i>Introducción</i>	3
<i>Objetivos</i>	9
<i>1. Marco conceptual</i>	10
1.1. Cuenca hidrográfica	10
1.2. Suelo y agua	12
1.3. Erosión hídrica	13
1.4. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas	16
1.5. Importancia de la conservación de suelos	17
<i>2. Antecedentes de investigación</i>	20
2.1. Modelos de estimación de pérdida de suelo	20
2.2. Prácticas de conservación de suelos	23
<i>3. Área de estudio</i>	28
3.1. Localización del área de estudio	28
3.2. Características biofísicas de la microcuenca La Beata	29
3.3. Características socioeconómicas de la microcuenca La Beata	32
<i>4. Materiales y métodos</i>	37
4.1. Conceptos de erosión y conservación de suelos desde el punto de vista de la población local	38
4.2. Enfoques de intervención institucional	40
4.3. Estimación económica de las obras de conservación de suelos	42

4.4. Evaluación del estado de las obras de conservación de suelos	42
4.5. Estimación de la erosión hídrica a partir de la USLE	43
5. Resultados y discusión	49
5.1. Conceptos de erosión y conservación de suelos desde el punto de vista de la población local	49
5.2. Enfoques de intervención institucional	62
5.3. Estimación económica de las obras de conservación de suelos	76
5.4. Evaluación del estado de las obras de conservación de suelos	86
5.5. Estimación de la erosión hídrica a partir de la USLE	105
Conclusiones	116
Referencias bibliográficas	120
Anexos	129
Anexo 1: Formato de encuesta	129
Anexo 2: Formato de entrevista	134
Anexo 3: Ficha técnica	135

Índice de figuras

<i>Figura 1. Diagrama del marco conceptual.</i>	10
<i>Figura 2. Localización del área de estudio.</i>	28
<i>Figura 3. Límites ejidales en la microcuenca La Beata.</i>	35
<i>Figura 4. Materiales y métodos.</i>	38
<i>Figura 5. Resultados de la pregunta ¿Utiliza alguna planta con alguno de los siguientes propósitos?</i>	51
<i>Figura 6. Resultados de la pregunta ¿Considera que plantar árboles es...?</i>	51
<i>Figura 7. Resultados de la pregunta ¿Cuál de las siguientes características describe los suelos en sus terrenos?</i>	52
<i>Figura 8. Resultados de la pregunta ¿Ud. Ha realizado alguna obra, técnica o actividad que evite que el suelo se pierda o se desgaste?</i>	55
<i>Figura 9. Resultados de la pregunta ¿El ejido ha realizado alguna obra o técnica para cuidar o mejorar la calidad del suelo?</i>	56
<i>Figura 10. Resultados de la pregunta ¿Considera qué realizar obras que cuiden de los suelos requiere de mucho esfuerzo físico?</i>	57
<i>Figura 11. Resultados de la pregunta ¿Considera qué realizar obras que cuiden de los suelos requieren de mucho tiempo invertido?</i>	57
<i>Figura 12. Resultados de la pregunta ¿Considera que es necesario mucho dinero para realizar obras o técnicas que eviten que el suelo se pierda o se desgaste?</i>	58
<i>Figura 13. Resultados de la pregunta ¿Cuál considera que debería ser el costo o pago por jornada de trabajo diario?</i>	58
<i>Figura 14. Resultados de la pregunta ¿Cuáles considera Ud. que son las obras más útiles?</i>	59
<i>Figura 15. Resultados de la pregunta ¿Cuáles considera Ud. que son las obras más económicas?</i>	60
<i>Figura 16. Resultados de la pregunta ¿Cuáles obras considera Ud. que requieren de más esfuerzo físico?</i>	60
<i>Figura 17. Localización de sitios intervenidos en la microcuenca La Beata.</i>	86
<i>Figura 18. Erosión en cárcava del sitio 1, se aprecia el encostramiento y zonas con</i>	

<i>roca expuesta debido a la falta de suelo.</i>	87
<i>Figura 19. Erosión en cárcava del sitio 1, se aprecia el encostramiento y zonas con roca expuesta debido a la falta de suelo.</i>	88
<i>Figura 20. Pedestales localizados en el bordo de una zanja trinchera y suelo encostrado.</i>	89
<i>Figura 21. Agaves en mal estado colocados en los bordos de las zanjas y roca expuesta a lo largo de las estructuras</i>	89
<i>Figura 22. Presa de gaviones localizada en el sitio 1, la diferencia de color se debe a que la roca no pertenece al sitio intervenido.</i>	90
<i>Figura 23. Presa de gaviones que mantiene su estructura y se encuentra en buen estado en el sitio 1, además se observa la roca expuesta aguas abajo.</i>	91
<i>Figura 24. Zanjas trinchera construidas en el sitio 2, se observa el bordo protegido con material muerto de la zona y el crecimiento de pastos y pequeñas plantas.</i>	93
<i>Figura 25. Pedestales de altura variable localizados en el bordo de las zanjas construidas en el sitio 2.</i>	94
<i>Figura 26. Geocostales sin empotrar donde el geotextil se observa en buen estado.</i>	94
<i>Figura 27. Geocostales sin empotrar, localizados en la parte media de la cárcava.</i>	95
<i>Figura 28. Presas de gaviones localizadas en el sitio 2, se observa que las jaulas mantienen su estructura y se encuentran en buen estado, además hay tanto hojarasca como suelo retenido.</i>	96
<i>Figura 29. Barreras muertas con geocostales aguas arriba, se observa un terreno irregular que provoca diferentes espesores en el sedimento retenido.</i>	97
<i>Figura 30. Erosión en surco y encostramiento en el sitio 3.</i>	99
<i>Figura 31. Presas de morillos construidas en el sitio 3.</i>	100
<i>Figura 32. Presas de geocostales, el geotextil se encuentra en buen estado y se aprecia la longitud de las presas.</i>	100
<i>Figura 33. Barreras muertas localizadas a 5 m de distancia entre presas de morillos.</i>	101
<i>Figura 34. Cordón de ramas seguido de barreras muertas en el sitio 3. Cordón de</i>	

<i>ramas seguido de barreras muertas en el sitio 3.</i>	102
<i>Figura 35. Zanjas trinchera construidas en el sitio 3, se aprecia que el bordo no esta protegido de ninguna manera</i>	103
<i>Figura 36. Zanajas trinchera rellenas de sedimentos y agua de lluvia.</i>	103
<i>Figura 37. Distribución de los valores del Factor R.</i>	106
<i>Figura 38. Distribución del Factor K.</i>	107
<i>Figura 39. Distribución de los valores del Factor LS.</i>	108
<i>Figura 40. Distribución de los valores del Factor C.</i>	110
<i>Figura 41. Mapa de erosión potencial.</i>	112
<i>Figura 42. Mapa de erosión actual.</i>	113

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Indicadores de forma de la microcuenca La Beata.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 2. Indicadores de drenaje y cauce principal de la microcuenca La Beata... </i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de barrera filtrante de piedra acomodada.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 4. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de presa de morillos.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 5. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de presa de geocostales.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 6. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de presa de gavión.</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 7. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m² de cabeceo de cárcava.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 8. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m de terraza.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 9. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de barrera de piedra a curva de nivel.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 10. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de zanja trinchera.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 11. Estaciones meteorológicas y sus valores de precipitación media anual y Factor R.</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 12. Tipos de suelo dentro de la microcuenca La Beata, textura y valor del Factor K.</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 13. Valores del Factor C para los distintos USV de la microcuenca La Beata.</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 14. Distribución de los rangos de erosión potencial en la microcuenca La Beata.....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 15. Distribución de los rangos de erosión actual en la microcuenca La Beata.</i>	<i>113</i>

Resumen

Los suelos son parte de un sistema dinámico y esencial de la naturaleza; sin embargo, están amenazados por procesos de degradación, particularmente erosión hídrica, que implica el desprendimiento, transporte y depósito de las partículas del suelo por acción del agua. Por muchos años las autoridades han desarrollado actividades para controlar la erosión hídrica a las que denominan “obras de conservación de suelos”, sin embargo, aún se desconocen de manera concreta sus efectos y las implicaciones sociales de su implementación. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos que desencadenan las obras de conservación de suelos, así como su efectividad, no solo en el contexto biofísico, sino también social, a partir de las ideas concebidas por parte de la población ante este tipo de procesos e intervenciones. El trabajo consistió en la evaluación de los efectos de las obras de conservación de suelos mediante el levantamiento de información en fichas técnicas y la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE). Se realizaron encuestas a pobladores y entrevistas a representantes de instituciones que realizan este tipo de proyectos para conocer sus perspectivas sobre el suelo y las obras de conservación. Los resultados muestran que los tipos de prácticas de conservación implementados en la Beata van desde zanjales y barreras muertas hasta geocostales y presas de gaviones y morillos y los efectos generados a partir de su implementación, varían de acuerdo a las características de la intervención y el fin con el que fueron creadas. Socialmente, se encontró que la mayoría de los pobladores reconocen la importancia de conservar el suelo y perciben positivamente las intervenciones realizadas. Sin embargo, algunos mostraron renuencia a estos proyectos debido a la falta de información. Las encuestas institucionales indicaron que existe un enfoque predominantemente técnico en la implementación de estos proyectos, con una necesidad de mayor integración de la comunidad local para asegurar el éxito a largo plazo.

Palabras clave: Erosión hídrica, prácticas de conservación de suelos, enfoque de cuencas.

Abstract

Soils are part of a dynamic and essential natural system; however, they are threatened by degradation processes, particularly water erosion, which involves the detachment, transport, and deposition of soil particles by the action of water. For many years, authorities have developed activities to control water erosion, known as "soil conservation works." However, their effects and the social implications of their implementation are still not well understood. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effects triggered by soil conservation works and their effectiveness, not only in the biophysical context but also socially, based on the perceptions of the population regarding these processes and interventions. The study involved evaluating the effects of soil conservation works through the collection of information in technical datasheets and the application of the Universal Soil Loss Equation (USLE). Surveys were conducted among residents, and interviews were held with representatives of institutions that carry out such projects to understand their perspectives on soil and conservation works. The results show that the types of conservation practices implemented in La Beata range from trenches and dead barriers to geobags and gabion and log dams. The effects generated from their implementation vary according to the characteristics of the intervention and the purpose for which they were created. Socially, it was found that the majority of the residents recognize the importance of soil conservation and perceive the interventions positively. However, some expressed reluctance towards these projects due to a lack of information. The institutional surveys indicated that there is a predominantly technical approach in the implementation of these projects, with a need for greater integration of the local community to ensure long-term success.

Keywords: *Water erosion, soil conservation practices, watershed approach.*

Introducción

Los suelos son un sistema dinámico, complejo y un componente crucial de los ecosistemas ya que contribuyen de forma vital al bienestar humano, brindando servicios ecosistémicos como la regulación del flujo de agua y el clima (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2019). Sin embargo, hoy en día el proceso de erosión es una de las principales amenazas para este elemento. Con base en la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2015), la erosión del suelo se define como la eliminación acelerada de la capa superior del suelo de la superficie de la tierra por acción del agua o viento, pero cuando este proceso es acelerado por la actividad humana, la degradación se agrava y puede impactar de manera negativa las necesidades de la población actual y futura.

Los efectos secundarios de este proceso, dentro de una cuenca hidrográfica, producen efectos negativos como la sedimentación de cuerpos de agua, disminuyendo la vida útil de obras de infraestructura y produciendo afectaciones en la biodiversidad; así como aumento de riesgos para la población humana por inundaciones y deslizamientos y, en general, deteriorando los servicios ambientales de la misma. Debido al impacto ambiental y social que la degradación de suelos genera, la conservación de este, debe ser considerada importante en términos del manejo y gestión de cuencas hidrográficas (Cotler *et al.*, 2010).

En este contexto, la conservación de suelos se concibe como el conjunto de prácticas aplicadas con el objetivo de promover y preservar el suelo y su productividad natural, con una visión preventiva enfocada a evitar su degradación y pérdida por contaminación o erosión, entre otros factores (Zavala *et al.*, 2011), cabe decir que esas medidas de conservación, deben ser seleccionadas dependiendo de las características tanto físicas como ambientales de cada caso de estudio (Barrientos, 2013; Cotler *et al.*, 2015), pues se vinculan con prácticas de gestión y manejo que van desde el riego y la fertilización hasta intervenciones de tipo estructural, destinadas a mitigar la degradación del suelo.

Así, un programa exitoso de conservación de suelos también requiere la participación de propietarios de tierras, agricultores, científicos sociales, formuladores de políticas y el público en general (Blanco *et al.*, 2008), por lo que

han surgido investigaciones y prácticas desarrolladas con la finalidad de estimar, evaluar, prevenir y evitar la pérdida de suelo generada en un lugar concreto, a partir de determinadas condiciones biofísicas (Durán, 2012), así como la participación y la opinión de actores locales.

A nivel mundial, se han realizado varios estudios, a diferentes escalas de observación, que intentan cuantificar la pérdida de suelos debido a la erosión hídrica; los cuales buscan, principalmente, mitigar sus efectos y, al mismo tiempo, prevenir y contrarrestar sus consecuencias. Estos estudios han permitido estimar la producción y pérdida de sedimentos bajo un enfoque de cuencas, haciendo uso de modelos matemáticos que, en algunos casos, han sido modificados permitiendo reducir el margen de error en los resultados (Castro, 2013; Andreazzini *et al.*, 2014; Beretta y Carrasco, 2017; Berihun *et al.*, 2020).

Además, los modelos predictivos para la estimación de pérdida de suelo, han demostrado obtener buenos resultados al ser trabajados en conjunto con otro tipo de tecnologías, como las imágenes satelitales (Zúñiga, 2017). Estas tecnologías pueden ser acopladas a las características ecológico-ambientales de cada caso de estudio y unificar distintas variables, disminuyendo costos de operación y tiempo de implementación (Prado *et al.*, 2017).

Por otro lado, algunos estudios han abordado el impacto de las prácticas de conservación de suelos, así como sus implicaciones y cambios en su estructura y composición a través de la comparación de zonas de estudio donde se llevaron a cabo prácticas de conservación de suelos con zonas en las que no se implementó ningún tipo de intervención (Murillo *et al.*, 2014; Ceylan, 2020; Bailon, 2022). Los resultados de estos estudios identificaron el mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo, como: descenso de la densidad aparente y aumento de la porosidad del suelo, así como disminución en la susceptibilidad a la erosión en las áreas con prácticas de conservación. Sin embargo, se ha identificado que las prácticas de conservación de suelos que se implementan, sin tener en cuenta las características de la zona a intervenir, pueden repercutir de manera negativa en la retención del sedimento y más que conservarlo pueden acelerar su degradación (Barrientos, 2013; Cotler *et al.*, 2015; Cortés y Acevedo, 2019).

A pesar de los resultados generados en los estudios señalados y la basta implementación de obras de conservación de suelos a nivel nacional, aún se desconocen de manera concreta sus efectos y las implicaciones sociales de su implementación, sobre todo por la falta de seguimiento y monitoreo en las intervenciones, lo que dificulta identificar errores en el diseño o bien, las cualidades que deben ser replicadas, esto deja al descubierto el desarrollo de estrategias que no discierne ni toma en cuenta las condiciones socio-ambientales de las zonas a intervenir. De esta manera, resulta necesario evaluar los efectos y la funcionalidad de las prácticas de conservación y, al mismo tiempo, identificar las ideas concebidas por las comunidades en cuanto al cuidado del suelo y las obras para su conservación (Jiménez, 2010).

Con base en lo antes señalado, desde la década de los 70, la erosión del suelo y sus consecuencias tanto económicas como ambientales han tomado relevancia en México (Figueroa, 1975). Por su parte, Bolaños *et al.* (2016) señala que el 76 % de la superficie del país presenta algún grado de erosión hídrica, de este porcentaje el 6.79 % corresponde a erosión extrema, el 5.79 % a erosión fuerte, 26.37 % a moderada y, finalmente, el 37.06 % corresponde a erosión leve. Así, en México la remoción de la cobertura vegetal ya sea por cambios de uso de suelo o crecimiento demográfico, representa un factor importante que involucra un impacto directo sobre la degradación de las tierras, favoreciendo el proceso erosivo y convirtiendo extensas áreas en zonas estériles (Flores, 2013).

Un ejemplo claro de la situación señalada en México es el caso del estado de Querétaro que, de acuerdo con los censos de población y vivienda (INEGI, 2010 y 2020) en la última década, tuvo un crecimiento demográfico del 29.57 %, es decir, tuvo una tasa de crecimiento anual del 2.7 %, y entre las consecuencias, el estado se ha visto sometido a un importante crecimiento urbano, vinculado con el aumento de viviendas particulares que se dio en esta misma década y que fue del 47.2 %, además, se adiciona el incremento de parques y zonas industriales que al año 2020 suman 67, de los cuales, el 34.3 % se encuentra ubicado en el municipio de El Marqués; 31.3 % en Querétaro; 13.4 % en Colón y, finalmente, el 20.9 % se encuentra distribuido en San Juan del Río, Pedro Escobedo, Corregidora, Huimilpan

y Cadereyta de Montes (Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano [PEOTDU], 2022). Naturalmente, esta situación ha causado presión para cambiar el uso de los terrenos agrícolas a otros rubros relacionados con este proceso de urbanización, promoviendo transformaciones importantes en el territorio y la naturaleza, lo que, en consecuencia, ha agravado las problemáticas ambientales en el estado y, a su vez, favorece el proceso de erosión hídrica (Gallegos y Perles, 2019) que, de acuerdo con la Dirección General de Geografía y Medio Ambiente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2014), afecta el 60 % de la superficie del estado.

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro (POEREQ, 2009), una zona de erosión hídrica relevante se ubica en los municipios de Huimilpan y Amealco, donde la remoción de la cubierta vegetal y el suelo de tipo volcánico (susceptible a la erosión), facilita el arrastre y depósito de sedimentos aguas abajo, produciendo además del asolvamiento de infraestructura y cuerpos de agua, bajos rendimientos agrícolas, el empobrecimiento de los suelos y zonas de cárcavas importantes. Además, una porción de éstos municipios, junto con otra parte del municipio de San Juan del Río, forman parte del Área de Protección de Recursos Naturales “Zona Protectora Forestal”, la cual cuenta con una superficie de 23,255 ha comprendidas dentro de las cuencas hidrográficas de los ríos San Ildefonso, Ñado, Aculco y Arroyo Zarco, donde se ubican manantiales que aprovisionan de agua a las poblaciones colindantes y representan una zona de recarga de los mantos freáticos y protección del suelo, así como la prevención del asolvamiento de las obras de captación aguas abajo (POEREQ, 2009)

Dentro de los municipios señalados se encuentra la microcuenca La Beata, en la que se ha determinado que un 40 % de la superficie sufre de algún grado de erosión hídrica mayor a 200 ton/ha/año, lo cual está relacionado con las coberturas vegetales que se encuentran dentro de ella (Hernández *et al.*, 2022). Debido a esto, en la microcuenca es común encontrar prácticas de reforestación y obras de conservación y restauración de suelos (Hernández *et al.*, 2022) con fechas de implementación que varían desde el año 2008 hasta 2023, las cuales buscan

controlar y mitigar el proceso erosivo. Estas intervenciones han recibido recursos financieros de distintas instituciones y organizaciones, principalmente gubernamentales, como CONAFOR, SEDEA y SEDESU.

A pesar de los esfuerzos realizados en la microcuenca La Beata, a lo largo de estos 15 años y el mantenimiento que se le brinda a las obras de conservación de suelo y agua, ha sido evidente la escasa o nula evaluación, monitoreo o seguimiento que se le da a este tipo de intervenciones; ya que a pesar de la inversión económica y el trabajo humano que representan, se desconocen de manera concreta los impactos generados por dichas obras, lo que limita la mejora continua de este tipo de prácticas, y en general dificulta el reconocimiento de su efectividad. Además, resulta relevante que, dentro de la microcuenca, son pocos los actores o líderes activos¹ que se interesan en la conservación de los elementos naturales, a través de obras de conservación, lo cual dificulta garantizar la prevalencia de dichas intervenciones.

En este contexto, la microcuenca La Beata se convierte en un escenario óptimo de evaluación de los efectos de prácticas de conservación, así como de su funcionalidad. Al mismo tiempo, la familiaridad de la población con este tipo de intervenciones permite identificar tanto las características sociales y ambientales de la zona, como la impresión de los habitantes ante el fenómeno erosivo y la implementación de obras de conservación de suelos.

Bajo este escenario, la justificación de esta investigación radica en la necesidad de evaluar los efectos que desencadenan las obras de conservación de suelos, así como su efectividad, no solo en el contexto biofísico de la microcuenca, sino también en el entorno social, a partir de las ideas concebidas por parte de la población ante este tipo de procesos e intervenciones. Debido a esto, la investigación propuesta busca abordar las siguientes preguntas específicas: ¿Qué prácticas de conservación de suelo se llevan a cabo en la zona y en qué condiciones se encuentran?, ¿Qué piensan los pobladores de este tipo de prácticas?

Para responder a las preguntas de investigación antes mencionadas, este trabajo plantea los siguientes objetivos cuyos resultados servirán de guía para

¹ Información obtenida a través de informante en campo.

identificar, a partir de la evaluación de las obras dentro de la microcuenca, las prácticas más eficientes y los efectos generados a partir de su implementación, así como las obras que requieren ser adaptadas o modificadas de acuerdo a las características de la zona, además, se obtendrán datos que podrán ser comparados y utilizados en las intervenciones futuras para que los apoyos orientados a la conservación de suelos en la microcuenca sean aplicados de manera adecuada, contribuyendo al manejo adaptativo².

² Este concepto hace referencia a proyectos de intervención que se basan en investigaciones para generar un diseño, plan de acción y monitoreo previo, simultáneo y posterior a la ejecución del proyecto. A partir del monitoreo, se corrobora el alcance de los objetivos planteados y, en caso de no obtener los resultados esperados, se redirigen los esfuerzos aplicados y se modifican aquellos que no resulten beneficiosos para el proyecto.

Objetivos

Objetivo general

Diagnosticar el efecto socioambiental de las obras de conservación de suelos de la microcuenca La Beata, Querétaro

Objetivos específicos

Evaluar los efectos y el estado de las distintas obras y prácticas de conservación de suelos implementadas en la microcuenca.

Identificar las ideas concebidas de los pobladores en cuanto al proceso erosivo y las prácticas de conservación de este.

1. Marco conceptual

Para facilitar la identificación de los conceptos clave en el desarrollo de este documento, se realizó un desglose general de los elementos que componen una cuenca, los cuales se pueden observar en la figura 1. Dada la complejidad que brindan los diversos factores que intervienen en este contexto, se optó por seleccionar los conceptos que mejor se alinean con los objetivos específicos de esta investigación, los cuales son: cuenca hidrográfica, suelo, agua, erosión hídrica, manejo y gestión de cuencas hidrográficas e importancia de la conservación de suelos. Dichos conceptos son descritos en el presente apartado con el fin de brindar una base conceptual a la investigación, partiendo de lo general a lo particular. Sin embargo, resulta importante reconocer que la decisión de no incluir ciertos conceptos no implica que sean menos relevantes; más bien, representa una elección para mantener claridad en el marco conceptual.

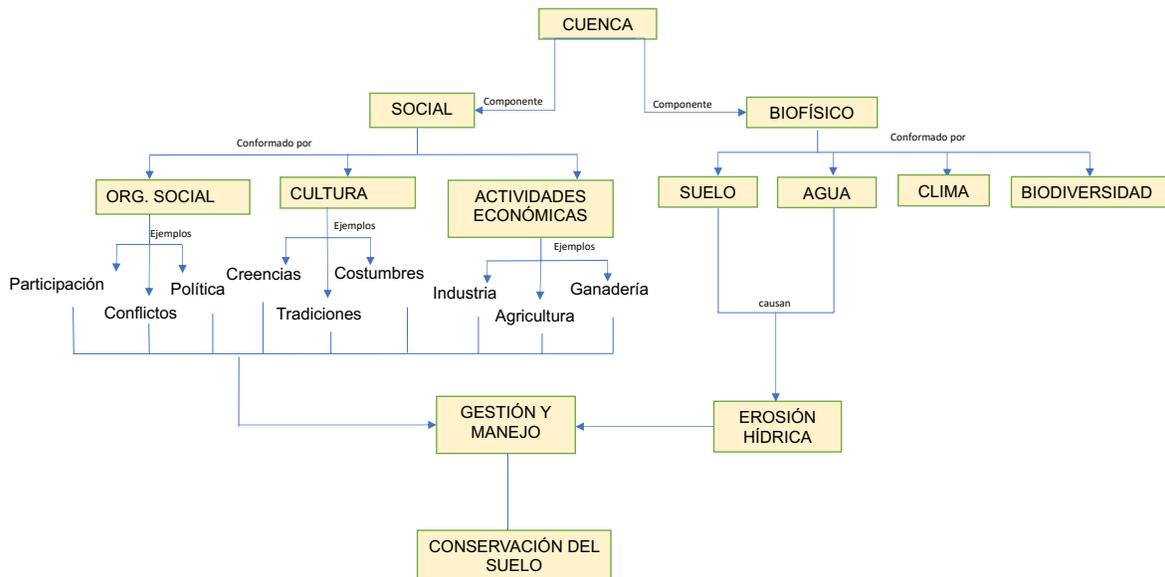


Figura 1. Diagrama del marco conceptual. Fuente. Elaboración propia.

1.1. Cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son territorios naturalmente delimitados por la dinámica hídrica, donde los procesos socioeconómicos y biofísicos están íntimamente

relacionados entre sí y dependen unos de otros (Jiménez, 2005; García, 2013). Cuando hablamos de territorio, hacemos referencia a un espacio donde coexisten procesos sociales y ambientales que propician un sentido de identidad en los habitantes y, como consecuencia, se crean fronteras, surgen intereses políticos, redes sociales y estructuras de poder, donde cada elemento e individuo cumple con un papel y función particular. Cada territorio es único y no replicable gracias a su posición geográfica, sus habitantes, su historia y los elementos naturales que lo componen (García, 2013).

Partiendo de esta idea y para el fin de la investigación, se define a la cuenca hidrográfica como un territorio, morfológicamente superficial, cuyos límites quedan definidos por los parteaguas, estos, permiten configurar una red de drenaje superficial que canaliza las aguas hacia otro río, al mar o a otros cuerpos de agua, como los lagos y embalses artificiales y naturales (Jiménez, 2005) y, sobre todo, este espacio, comprende vínculos estrechos entre las poblaciones y su entorno natural.

Las interacciones entre los componentes y elementos naturales de las cuencas hidrográficas, como la vegetación, la fauna, el suelo, el agua, el aire y el clima, son el producto de procesos físicos, químicos y biológicos que determinan las características del ecosistema y dichas características generan beneficios tangibles e intangibles, denominados servicios ecosistémicos (Jiménez, 2005). Además, las cuencas hidrográficas son acreedoras de tradiciones, símbolos y creencias, así como de procesos económicos, productivos y de organización social que surgen a partir de las diversas formas de interacción de los pobladores con dichos elementos naturales (Caire, 2004).

Por otro lado, las cuencas hidrográficas cubren superficies mayores a 50 mil hectáreas y están estructuradas jerárquicamente, ya que pueden subdividirse en subcuencas, delimitadas también por un parteaguas y cubren áreas que van de cinco mil a 50 mil hectáreas, al interior de cada subcuenca se ubican las microcuencas, cuyos límites pueden incluir o no límites administrativos, como los de un ejido o un municipio y cubren superficies que varían de entre tres mil y cinco mil hectáreas (Cotler *et al.*, 2013).

En función de la dinámica hidrológica, Cotler *et al.* (2010, pp. 14-17), señalan tres zonas funcionales dentro de una cuenca:

- La zona de captación, de cabecera o cuenca alta. Son áreas aledañas al parteaguas en la porción altimétrica más elevada de la cuenca. En esta zona se forman los primeros escurrimientos y es aquí donde comienza la captación de agua de lluvia.
- La zona de almacenamiento, de transición o cuenca media. Es una zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca baja, se caracteriza por ser donde se encuentran los cursos de agua, sus materiales, sedimentos y nutrientes.
- La zona de descarga, de emisión o cuenca baja. Es el sitio donde el río principal desemboca en el mar o en un lago y donde se acumulan los impactos de toda la cuenca.

Estas zonas funcionales propician efectos acumulativos como consecuencia de la gravedad, es decir, los procesos ocurridos en la cuenca alta afectan de manera directa a la cuenca media y baja, así mismo, los procesos de cuenca media afectan a la cuenca baja, permitiendo entender, cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas o externalidades (sedimentos, contaminantes y nutrientes) a lo largo del sistema de corrientes o red hidrográfica, que afectan positiva o negativamente la calidad y capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (Cotler *et al.*, 2013).

1.2. Suelo y agua

Como se mencionó anteriormente, las cuencas hidrográficas se encuentran compuestas por diversos elementos físicos como el clima, el agua, suelo y aire, éstos, a su vez, están conformados por procesos y ciclos propios, cuando dichos elementos trabajan de manera conjunta propician características físicas singulares en cada territorio, como es el caso de los elementos suelo y agua (Caire, 2004). El suelo, es percibido como la porción superficial de la corteza terrestre, formada en su mayoría por residuos de roca con su origen en procesos erosivos y otras alteraciones físicas y químicas, así como de materia orgánica (Tarbuck *et al.*, 2013). El suelo se ha originado de manera lenta y paulatina a través de siglos, con la

desintegración de las rocas superficiales por la acción de agentes naturales como el agua, la temperatura y el viento (FAO, 2015).

El suelo es un sistema dinámico, complejo y esencial del entorno natural, debido a las funciones que realiza y servicios que concede, juega un papel fundamental en todos los procesos ecosistémicos, donde destacan el soporte, regulación y aporte de nutrientes a cultivos y cobertura vegetal (SADER, 2019); funciona como filtro y amortiguador al retener sustancias nocivas, protegiendo las aguas subterráneas y superficiales, contribuyendo a la regulación del flujo de agua y el clima; así como, modificando compuestos orgánicos, ya sea descomponiéndose o cambiando su estructura a partir de ciclos biogeoquímicos (Flores *et al.*, 2015).

El agua por su parte es considerada como un elemento indispensable para la vida (Ordoñez, 2011). El movimiento del agua sobre la superficie de la Tierra es manejado por la energía solar, dando origen al ciclo hidrológico que es responsable del clima y el tiempo, es decir, las variaciones diarias de viento, temperatura y precipitaciones (Ordoñez, 2011).

De acuerdo con Ordoñez (2011, pp. 6-39) El ciclo hidrológico es considerado como un proceso, por medio del cual, el agua pasa de la superficie de la Tierra, en forma de vapor a la atmósfera y vuelve en estado líquido y sólido. A grandes rasgos, el ciclo del agua comienza desde la superficie del océano con la evaporación de esta, a medida que se eleva, el aire humedecido se enfría y el vapor se transforma en agua, proceso que se conoce con el nombre de condensación. Las gotas se juntan y forman una nube, al crearse unas gotas suficientemente pesadas, estas caen por su propio peso formando la precipitación. Una porción del agua que llega a la Tierra será utilizada por los seres vivos; otra, fluirá por el terreno hasta llegar a un río, un lago o el océano, proceso denominado escorrentía. El agua restante se filtrará por medio del suelo, formando capas de agua subterránea, proceso conocido como percolación. Finalmente, toda esta agua volverá nuevamente a la atmósfera debido, principalmente, a la evaporación.

1.3. Erosión hídrica

El suelo y el agua cuentan con características y procesos indispensables para el

sostenimiento de los ecosistemas; por ejemplo, el suelo constituye un medio filtrante que permite la recarga de los acuíferos (Cotler *et al.*, 2007) y el agua es un importante regulador del clima. Sin embargo, juntos, crean un proceso degenerativo denominado erosión hídrica.

La erosión hídrica es un proceso físico que consiste en el desprendimiento, transporte y depósito de las partículas del suelo por efectos de la acción del agua, éste comienza cuando las gotas de lluvia, las cuales presentan tamaños, formas y pesos variados, impactan el suelo disgregando y salpicando las partículas de este en todas las direcciones, esta dispersión es más o menos uniforme cuando los suelos son planos, pero en terrenos con pendientes, existe un mayor transporte.

Cuando la precipitación es mayor que la infiltración, en el suelo se produce un excedente de agua que escurre siguiendo la pendiente del terreno, llevando consigo las partículas removidas del suelo; esta agua se concentra en las grietas del terreno formando pequeños canalillos o surcos. Al disminuir la pendiente y velocidad del agua, se inicia el proceso de sedimentación, depositándose en primer lugar sedimentos gruesos y luego los finos (Tayupanta, 1993).

Algunos factores que controlan la pérdida del suelo y ocasionan una disminución en su fertilidad y productividad son los siguientes: (Tayupanta, 1993):

- Precipitación: Existe una estrecha relación entre la lluvia (la intensidad, cantidad, duración, distribución y frecuencia con la que se presenta) y la cantidad de suelo erosionado.
- Características del suelo: El grado de meteorización, sus propiedades físicas, contenido de materia orgánica, propiedades químicas y humedad inicial, influyen directamente en este fenómeno.
- Topografía: El ángulo, longitud y forma de la pendiente inciden en el proceso erosivo. Mientras mayor sea la longitud e inclinación del terreno, el suelo será más afectado por la erosión.
- Cobertura Vegetal: La vegetación impide el impacto directo de las gotas de lluvia sobre la superficie del terreno, disipando la energía de impacto que llevan las mismas, incrementando la tasa de infiltración y al mismo tiempo

aumenta la rugosidad del terreno, disminuyendo la velocidad de escurrimiento del agua.

Los principales tipos de erosión del suelo son erosión por salpicadura, laminar, surcos y cárcavas y se describen a continuación (Blanco, 2008, pp. 21, 26):

- Erosión por salpicadura. Es originada por el bombardeo de la superficie del suelo por el impacto de las gotas de lluvia. Estas gotas de lluvia golpean la superficie del suelo como pequeñas bombas, formando cráteres o cavidades de formas y tamaños distintos. La profundidad de los cráteres, que es igual a la profundidad de penetración de la energía de las gotas de lluvia, está en función de la velocidad, el tamaño y la forma de las gotas de lluvia.
- Erosión laminar. Se debe, principalmente, al flujo superficial. Algunas partículas son arrastradas por la escorrentía que fluye en una lámina delgada y algunas se concentran en pequeños riachuelos. Este tipo de erosión está en función del desprendimiento de las partículas del suelo, la intensidad de las lluvias y la pendiente del terreno.
- Erosión de surcos. Se refiere a la erosión del suelo que se produce en pequeños canales o riachuelos. La erosión en surcos ocurre debido a un flujo concentrado en un lugar de poca profundidad.
- Erosión por cárcavas. Las cárcavas se forman principalmente por la escorrentía concentrada que, normalmente, converge en los puntos más bajos del campo. La erosión continua de cárcavas elimina perfiles de suelo completos en segmentos localizados del campo y a medida que crecen los barrancos, se transporta más sedimento y puede alcanzar varios metros de profundidad. Las cárcavas son la expresión máxima del proceso erosivo y crea canales en forma de V o de U.

Los efectos secundarios que conlleva la degradación de suelos dentro de una cuenca hidrográfica, ocasionan impactos negativos como la sedimentación de cuerpos de agua y afectaciones a la biodiversidad; así como aumento de riesgos para la población humana por inundaciones y deslaves, lo cual se ve reflejado en el deterioro de la calidad del agua por el arrastre de sedimentos con residuos de fertilizantes químicos y pesticidas propios de las actividades agrícolas y materia

orgánica (Cotler *et al*, 2010). Esto último, aunado a la interconectividad hidrológica de una cuenca, origina que los efectos de la degradación del suelo se reflejen también cuenca abajo, disminuyendo la vida útil de obras de infraestructura, y en general, deteriorando los servicios ambientales de la misma. Debido al impacto ambiental y social que la degradación del suelo genera, la conservación de este debe ser considerada importante en el contexto del manejo y gestión de cuencas hidrográficas (Cotler *et al.*, 2010).

1.4. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas

El manejo de cuencas hidrográficas puede entenderse como un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones (Cotler y Caire, 2009), encaminadas al aprovechamiento racional, conservación y uso múltiple de los elementos naturales; este enfoque, proporciona el marco ideal y espacial que permite generar y formular políticas y metodologías que se basan en el entendimiento de los fenómenos ecológicos y sociales (Olguín, 2009), permitiendo la integración y participación de comunidades, la construcción de obras de desarrollo, así como el control de la actividad social y económica sobre las cuencas.

Por otro lado, la gestión integrada de cuencas plantea llevar a cabo una planeación de decisiones coordinadas con la participación de los actores involucrados, buscando maximizar los beneficios en un proceso constante de negociación con los grupos de interés o representantes de los diferentes sectores de la cuenca para lograr el desarrollo sustentable a través de promover el control y manejo de los ecosistemas (Hernández *et al.*, 2009).

Entonces, podemos decir, no solo que la cuenca hidrográfica es el escenario geográfico óptimo para cuantificar y evaluar los diferentes impactos causados por las actividades del hombre, como la erosión, sedimentación, contaminación, entre otros, sino que también lo es para la planeación y aplicación de medidas destinadas a corregir y evitar dichos impactos por medio de trabajos de conservación y restauración de los diversos elementos que la conforman.

1.5. Importancia de la conservación de suelos

La conservación de suelos se concibe como el conjunto de prácticas aplicadas para promover y preservar la calidad edáfica y productividad natural del suelo, con base en la sustentabilidad, con una visión preventiva enfocada a evitar la degradación o pérdida por contaminación o erosión entre otros factores (Zavala *et al.*, 2011). Estas medidas de conservación se vinculan con prácticas de gestión que promueven el uso productivo y sostenible de los suelos, buscando mantener su calidad, en términos de sus funciones y su capacidad para sostener la diversidad y productividad biológica (Barrientos, 2013).

La conservación del suelo no solo implica el control de la escorrentía y la erosión del suelo, sino que también comprende una amplia gama de prácticas y manejo que incluyen el riego, la fertilización y el drenaje, destinados a aumentar y/o mantener la productividad del suelo. Un programa exitoso de conservación de suelos también requiere la participación de propietarios de tierras, agricultores, economistas, científicos sociales, formuladores de políticas y el público en general (Blanco *et al.*, 2008). Las prácticas de conservación deben ser seleccionadas dependiendo de las características de cada caso de estudio; estas pueden ser agronómicas, vegetativas y mecánicas o estructurales, aunque con frecuencia pueden implementarse de manera combinada. Actualmente, existe una amplia variedad de prácticas de conservación de suelos (Barrientos, 2013).

A grandes rasgos, Blanco *et al.* (2008), clasifica en tres grupos las medidas para conservar el suelo:

- Prácticas agronómicas. Este tipo de prácticas se basan en la selección de técnicas que mejoren el manejo de cultivos agrícolas y producción ganadera. Es una tecnología emergente para la conservación eficaz del suelo y el agua. Comprende una amplia gama de prácticas que involucran desde el compostaje hasta cultivos mixtos y rotación de cultivos con el fin de controlar la erosión del suelo, desarrollar sistemas de producción agrícola sostenibles, mejorar el hábitat de la vida silvestre y las zonas rurales.
- Prácticas vegetativas. Son aquellas que reducen la erosión del suelo a través del efecto protector de la cubierta vegetal. Este tipo de prácticas, actúan

como una barrera física que protege al suelo, frenando la velocidad de impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie de este, reduciendo, tanto la energía cinética de las gotas de lluvia, como el desprendimiento de las salpicaduras del suelo, además, la cubierta vegetal interactúa con el suelo y los residuos superficiales mejorando las propiedades hidrológicas (flujos de agua y escorrentía) y estructurales (agregados) del mismo.

- Prácticas mecánicas o estructurales. Estas prácticas están diseñadas para complementar las medidas agronómicas y vegetativas en campos donde estas no son suficientes por sí solas. Estas prácticas funcionan controlando la escorrentía y la erosión del suelo, reduciendo la erosión a niveles permisibles. La construcción de estructuras mecánicas o de ingeniería implica la perturbación del suelo, el cambio en las características del paisaje y/o la eliminación de parte de la tierra de producción. La elección de las medidas mecánicas depende de la gravedad de la erosión, el tipo de suelo, la topografía y el clima.

Así mismo, las prácticas de conservación de suelos deben cubrir cuatro características básicas de este: 1) Protegerlo contra el impacto de las gotas de lluvia; 2) Incrementar su capacidad de infiltración para reducir el escurrimiento superficial; 3) Mejorar la estabilidad de sus agregados para que sea resistente ante la erosión por salpicadura; y 4) Aumentar la aspereza o rugosidad de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento (Morgan, 2005).

Por medio de la implementación de prácticas y obras de conservación de suelos se puede lograr la administración y protección de este, garantizando la sostenibilidad del uso de la tierra, la idoneidad del suministro de alimentos, la calidad del aire y los bienes hídricos. La conservación del suelo se evalúa en términos de su capacidad para aumentar el rendimiento de los cultivos, reducir la contaminación del agua, así como, el mejoramiento de la recarga y filtrado de la misma y mitigar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Blanco *et al.*, 2008).

Como se ha venido discutiendo, la relación agua-suelo es relevante, no sólo en materia de drenaje e hidrología; sino también en otras ciencias relacionadas con los ecosistemas y el medio ambiente. En términos de suelos en buen estado y

protegidos por una cubierta vegetal, el agua se almacena mediante el proceso de infiltración y genera servicios ecosistémicos (Robredo, 1994), por otro lado, suelos desprotegidos y degradados, encuentran en el agua uno de los agentes erosivos más eficaces, provocando un proceso conocido como erosión hídrica (Doyle, 2010), por lo mismo, se han desarrollado metodologías y prácticas con la finalidad de estimar, prevenir y evitar la pérdida de suelo, generada en un lugar concreto, a partir de determinadas condiciones de clima, vegetación y usos de suelo (Durán, 2012).

2. Antecedentes de investigación

A continuación, se hace referencia a estudios de casos nacionales e internacionales, que exponen diversas metodologías para estimar la pérdida de suelos debido a la erosión hídrica; así como, a prácticas de conservación que buscan hacerle frente a este fenómeno.

2.1. Modelos de estimación de pérdida de suelo

A nivel mundial se han realizado varios estudios que intentan cuantificar la pérdida de suelos debido a la erosión hídrica; principalmente, buscando mitigar sus efectos y, al mismo tiempo, prevenir y contrarrestar sus consecuencias. A lo largo de los años se han elaborado numerosos trabajos de investigación a diferentes escalas de observación. A continuación, se exponen estudios de caso a nivel global, nacional y estatal.

En Uruguay, Beretta y Carrasco (2017) propusieron un modelo para estimar el factor K a partir del uso de bases de datos, de suelos existentes con factores K asignados, a escala 1:20,000. Este modelo consideró la taxonomía de suelos, composición química y material parental y su exactitud se examinó a partir de 10 suelos no utilizados durante su desarrollo, como resultado se obtuvo un margen de error del 9.08 % del valor medio del factor K. Además, este análisis permitió diferenciar la variabilidad estacional en las respuestas al escurrimiento y a la producción de sedimentos, debido a diferencias en la cobertura, evaporación, precipitación y condiciones de humedad.

Por otro lado, Zúñiga (2017) estimó la pérdida de suelo en la cuenca aportante del embalse Aguada Blanca en Lima, Perú, aplicando el método USLE; Él, diferenció niveles de erosión mediante dos modelos, el primero MC78, basado en el método USLE y NDVI de imagen satelital 2014 y el segundo modelo, MC80 basado en USLE e imágenes Landsat del 2001. Realizó un mapa del modelo retrospectivo de erosión en tres fases (2002-2006, 2006-2010 y 2010-2015) presentando una erosión media de 125.15, 154.94 y 162.73 ton/ha/año respectivamente, revelando una tendencia de erosión creciente en un 30 %.

Djoukbala *et al.* (2019) estimaron y compararon la pérdida de sedimentos por erosión hídrica en una cuenca mediterránea del Wadi Gazouana, Argelia mediante tres modelos: Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada (MUSLE) y Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE), aplicados mediante Sistemas de Información Geográfica. Las tasas de erosión estimadas fueron de 9.65, 9.90 y 11.33 ton/ha/año según los modelos USLE, RUSLE y MUSLE, respectivamente. Además, identificaron que el modelo MUSLE mostró una mejor distribución espacial de erosión que el modelo RUSLE Y USLE.

En las cuencas Kecha y Laguna, al noroeste de Etiopía, Berihun *et al.* (2020) evaluaron la respuesta de la escorrentía y de la pérdida de suelos a las actividades humanas y la variabilidad climática a partir de los impactos de las prácticas de conservación de suelo y agua, empleando el modelo de evaluación de suelos y agua (SWAT). Este estudio empleó dos métodos: 1) cuencas pareadas y 2) comparando el antes y después de la implementación de prácticas de conservación de suelo y agua. Los resultados del método de cuencas pareadas, indicaron que las prácticas de conservación de agua y suelo redujeron la escorrentía superficial entre un 28 % y un 36 % y la pérdida de suelos entre un 51 % y un 68 %. De manera similar, bajo el enfoque comparativo, las prácticas de conservación de suelo y agua redujeron la escorrentía superficial y la pérdida de sedimentos en un 40 % y un 43 %.

Con lo que respecta a los estudios realizados en México, en Cozoaltepec, Oaxaca, Ortega *et al.* (2018) evaluaron la pérdida de suelo debida a erosión hídrica y su depósito en una llanura aluvial utilizando la USLE y una parcela de escorrentía. Los resultados indicaron que en la parcela experimental la pérdida de sedimentos fue de 4.24 Mg ha⁻¹, mientras que en la USLE fue de 12.32 Mg ha⁻¹, por lo que, se concluyó que esta diferencia es debida a que el diagrama de escurrimiento no toma en cuenta la erosividad de la lluvia, la erosividad del suelo, la longitud de la pendiente ni las prácticas de conservación, de manera que los resultados de la ecuación son más aproximados a la realidad.

Torres *et al.* (2020) determinaron las tasas de erosión laminar y en canalillos en la cuenca del Cañón del Sumidero, Chiapas, utilizando NDVI para determinar la

cubierta vegetal y el modelo RUSLE para definir la pérdida de sedimentos. Los resultados, presentados a manera de referencia anual promedio con una distribución mensual señalan que el 73 % de la cuenca presenta algún grado de erosión hídrica y que junio es el mes en el que se presenta un mayor rango de erosión. El estudio concluye que la RUSLE es un modelo eficaz para la evaluación de la erosión hídrica y que los SIG son una herramienta eficaz para llevar a cabo la recopilación y procesamiento de información.

López *et al.* (2019) estimaron la pérdida de suelo por erosión hídrica en Tzicatlacoyan, Puebla, aplicando el modelo USLE e identificaron que la mayor parte del área de Tzicatlacoyan (180.96 km²), se caracteriza por un bajo riesgo de erosión hídrica, mientras que una pequeña parte (11.64 km²) de la zona presenta riesgo extremo, es decir, una pérdida promedio anual de 117.18 ton/ha/año, principalmente debido a procesos naturales y actividad antropogénica. El estudio concluye que evaluar la pérdida del suelo a partir del modelo USLE podría permitir a los agricultores y ganaderos tomar decisiones más informadas sobre el uso y conservación del suelo.

Valdivia *et al.* (2022) identificaron la Tasa de Erosión Anual (A) para diferentes tipos de coberturas de suelo implementando el modelo USLE, el cual fue ajustado a partir de su relación con el índice de Generación de Sedimentos (IGS) obtenido en lotes de escurrimiento. De esta manera se obtuvo que, la USLE minimiza el valor de A, al calcular el factor R con el Índice Modificado de Fournier en las zonas con Vegetación Natural (VN) y los suelos sin coberturas evidencian un mayor IGS. Por lo que se concluyó que las ecuaciones realizadas con el IGS vs A, de los tratamientos con Suelo Desnudo (SD), pueden ser puestas en práctica para adaptar la tasa de erosión en suelos con propiedades parecidas a las del estudio.

En la microcuenca El Malacate, Tzintzuntzan, Michoacán, Prado *et al.* (2017) calibraron los modelos USLE y MUSLE con información experimental de 2013. Se emplearon insumos cartográficos como el modelo digital de elevaciones, mapa de uso de suelo y vegetación y mapa del tipo de suelo escala 1:50 000. El mapa de uso de suelos y vegetación se verificó en campo y se identificó un predominio del uso forestal. Como resultado, se calibró el modelo MUSLE mediante el ajuste del

factor K y se llegó a la conclusión de que este puede utilizarse para estimar la producción de sedimentos en cuencas de condiciones similares cuando no se cuenta con suficiente información hidrométrica y de precipitación.

Con lo que respecta a los estudios realizados en Querétaro, Batalla (2013) estableció planes de acción para preservar la capacidad de almacenamiento de la presa Jalpan, por medio de la estimación del transporte de sedimentos y su relación con el uso del suelo en las microcuencas aportadoras a dicha presa, por medio del método RUSLE. En este trabajo, también se contemplaron 8 escenarios hipotéticos, en los cuales, se modificaron dos parámetros; en 6 de estos escenarios se modificó el factor de uso de suelo; en dos escenarios se modificó el factor de conservación de suelos y en los dos restantes, se modificó el factor R.

En la subcuenca Presa Jalpan, al norte del estado de Querétaro, Bailon (2022), determinó la erosión hídrica haciendo uso del modelo USLE y el impacto de las prácticas de conservación de suelos en la zona, mediante muestras y mediciones in situ. En respuesta a esto, se determinó que la tasa de erosión actual de la subcuenca fue de 463,313.303ton/año; se detectó que la zona funcional media comprende las áreas más afectadas por la erosión y, por último, se señala que la subcuenca tiene un aporte de sedimentos de 46,306.42 m³ anuales.

2.2. Prácticas de conservación de suelos

Como se ha visto, el propósito de investigar y determinar la erosión del suelo no radica solamente en identificar datos y conocer las tasas de pérdida de este elemento; sino también, en generar tecnologías enfocadas en su conservación y rehabilitación; así, las prácticas de conservación de suelo se han adaptado para mantener y recuperar su calidad y cantidad. Más adelante se revisan algunas de las iniciativas (a nivel internacional, nacional y estatal), donde se aborda el impacto de las prácticas de conservación sobre este elemento, así como, sus implicaciones.

En Cesar, Colombia, Murillo *et al.* (2014), analizaron el impacto de prácticas agronómicas en suelo degradados. El estudio consistió en la comparación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, durante tres años en dos zonas de estudio: una basada en el manejo tradicional del productor y la otra, con

la aplicación de prácticas agronómicas como: labranza apropiada, incorporación de abono verde y establecimiento de cobertura vegetal con leguminosas. Se identificó un mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo en la zona donde se implementaron prácticas agronómicas, como: descenso de la densidad aparente, aumento de la porosidad del suelo, aumento en la materia orgánica y el azufre, además, las prácticas aplicadas no causaron impactos negativos en el microbiota del suelo.

Molla *et al.* (2017), realizaron una evaluación de las prácticas estructurales de conservación del suelo en Koga, Etiopía. A través de evaluaciones en prácticas de conservación seleccionadas al azar en tres subcuencas con diferentes clases de pendiente y usos del suelo. Como resultado, se demostró que las prácticas existentes mitigan la erosión en un porcentaje muy pequeño debido al diseño incorrecto y al manejo deficiente; solo el 35 % de las estructuras existentes pueden reducir significativamente la pérdida de suelo y la mayoría han sido demolidas por la sobrecarga de sedimentos y dañadas por el ganado y las lluvias intensas.

Cortés y Acevedo (2019), estudiaron la efectividad de cuatro prácticas agroecológicas de conservación de suelos en Guasca, Cundinamarca. El estudio consistió en analizar barreras vivas, barreras muertas, zanjas de infiltración, terrazas y un testigo, por cada práctica se realizaron 4 repeticiones y se establecieron cultivos asociados de arveja, frijol y zanahoria. Se concluyó que la zanja de infiltración corresponde al tipo de práctica que muestra menores pérdidas de sedimentos, con una media de 458 kg/ ha, mientras que la terraza, fue la práctica de conservación con las mayores pérdidas de suelo con 3175 kg/ha.

Ceylan (2020), estudió los impactos de las prácticas de conservación del suelo sobre las propiedades físicas y químicas de este en dos campos experimentales de producción de algodón y soja en el oeste de Tennessee, EE. UU. En el primero, se examinaron diversos sistemas de labranza, y tasas de fertilizantes nitrogenados en las propiedades del suelo; en el segundo, se estudió un sistema sin labranza y cultivos de cobertura de leguminosas. Como resultados, se obtuvo que todas las propiedades del suelo medidas, aumentaron con los cultivos de cobertura (veza peluda y trébol carmesí) y la labranza cero, aumentó el carbono orgánico total del

suelo, la estabilidad de los agregados húmedos y los rendimientos de algodón.

A nivel nacional, Hernández (2023) estimó las consecuencias de las Obras de Conservación de Suelos (OCS) en la pérdida de suelo debida a la erosión hídrica en Las Barretas, Nuevo León, haciendo uso del modelo RUSLE y realizando una comparación mediante la técnica de clavos y rondanas para de esta manera adaptar los valores obtenidos por medio de la ecuación. De esta manera, se obtuvo que estos métodos infravaloraron los valores reales de erosión hídrica de la zona la cual, varió de 0.23 hasta 2.00 ton/ha/año.

Cotler *et al.* (2015) seleccionaron 28 sitios aleatorios repartidos en Baja California Sur, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Tlaxcala y Veracruz, en los cuales, se estudió a las zanjas trinchera como práctica de conservación de suelos forestales, a partir de la comparación de zonas intervenidas con estas prácticas y zonas de control, es decir, zonas no modificadas, donde se examinó el material parental, carbono orgánico, precipitación, cubierta vegetal y la textura y estructura de los suelos. Las conclusiones principales de este estudio señalan más efectos negativos que contribuciones atribuidas a estas prácticas; como la aceleración de pérdida de suelo, pero también se llegó a la conclusión de que estos resultados se debieron a que las zanjas no son las prácticas estructurales mejor seleccionadas para la zona de estudio, debido a sus características ambientales y, que más bien, estas son recomendadas en zonas con climas áridos y semiáridos con suelos de profundidad limitada.

Aguilar y Ortega (2017), analizaron la dinámica del agua subterránea, comparando el antes y después de un lote sujeto a prácticas de conservación agronómicas por 12 años. Esta investigación consistió en describir la estratigrafía de la zona de estudio; así como, medir sus propiedades físicas y químicas en los primeros 2.50 metros de profundidad. Los resultados indicaron, un aumento en la capacidad de infiltración de la zona; donde, láminas de agua con alturas mayores a los 10 mm se infiltran en más de un 95 %; el contenido de materia orgánica también presentó un aumento de entre 1.34 y 2.42 % y en los primeros 0.60 m del perfil de suelo la porosidad y densidad aparente del suelo, permiten ver una reducción en la erosión.

En el bosque templado del NE de Durango, Amador (2022), realizó una evaluación ambiental de presas filtrantes de diferente tipo de construcción como piedra, morillos y llantas; además, determinó el valor económico de estas a través del método de costo de reemplazo, el cual, le da un valor monetario a las obras en función de su capacidad para retener sedimentos, por lo que fue necesario evaluar el volumen de suelo retenido con apoyo de herramientas de análisis descriptivos correlacionales y de regresión múltiple. Los resultados indican que la superficie total del área de estudio es de 11.59 ha, con 303 ton de azolve retenido en presas filtrantes, de los cuales 15.85 son materia orgánica. Los resultados del método de costo de reemplazo indican que el análisis de costo beneficio es de 1.15 y el valor actual neto es de \$7,062.17, por lo que, concluyó que establecer presas filtrantes, es una alternativa viable para minimizar la pérdida del suelo en el ecosistema de bosque templado.

A nivel estatal, Barrientos (2013), identificó prácticas de conservación de suelos compatibles con ambientes semiáridos con el fin de contrarrestar la degradación de este elemento. Este proceso incluyó la identificación de unidades morfo-edafológicas, levantamientos edáficos y caracterización de los niveles de degradación de la zona; además, se obtuvieron muestras que fueron analizadas en laboratorio y de las cuales se obtuvieron resultados de densidad, textura y contenido de materia orgánica. A partir de esta información, se realizó una selección de 32 obras de conservación de suelos que resultaban ser afines a las características de la microcuenca, y se desarrollaron fichas técnicas para facilitar la implementación de estas obras en zonas con condiciones biofísicas similares

Por otro lado, Bailon (2022), analizó el efecto de las prácticas de conservación de suelos sobre la erosión hídrica en la subcuenca Presa Jalpan, Querétaro. El estudio consistió en la recopilación de información de las obras en parcelas pareadas y la recolección de muestras de suelo y mediciones in situ para poder determinar el impacto de estas sobre la erodabilidad del suelo. Como resultado, se identificaron un total de 40 polígonos con prácticas de conservación de suelos, principalmente en la zona funcional alta. Las estimaciones de erodabilidad y los efectos en la susceptibilidad a la erosión fueron menores en las áreas con prácticas

de conservación que las áreas de control y las barreras de piedra acomodada se reconocieron como las prácticas más eficientes, mientras que las reforestaciones con pino-cedro intercaladas con maguey fueron las de menor impacto en la conservación edafológica.

Como se ha venido hablando, los suelos son un elemento fundamental para la vida, ya que proveen una gran variedad de servicios ecosistémicos (Amador, 2022) y son un factor importante en la creación de otros más, puesto que en ellos, se germinan, crecen y reproducen las plantas, es el hábitat de muchos organismos, regulan los flujos de agua y son relevantes también en el almacenamiento de carbono (Burbano, 2016).

Sin embargo, este elemento puede verse afectado por su manejo inadecuado, el cual, va en aumento principalmente, por malas prácticas agropecuarias y cambios en el uso del suelo (Zebario, 2018), disminuyendo su fertilidad; es por esto, que resulta esencial implementar medidas de gestión adecuadas para garantizar su bienestar (Hernández *et al.*, 2023); en este tenor, podemos decir, que la recuperación y conservación de suelos debe considerar tanto a los actores locales, instituciones y académicos (Endara, 2015), así como los aspectos ambientales de la zona para realizar un trabajo en conjunto.

Partiendo de esta idea, a continuación, se encuentra la descripción tanto biofísica (topografía, tipo de suelo, y cobertura vegetal, etc) como socioeconómica (densidad poblacional, población económicamente activa (PEA), y las actividades económicas, etc) que definen a la microcuenca La Beata. Esta dualidad en la caracterización permitirá comprender la interacción entre las condiciones naturales y las prácticas humanas, facilitando así una evaluación integral de la eficacia de las obras de conservación de suelos y su resonancia en las prácticas locales.

3. Área de estudio

3.1. Localización del área de estudio

La microcuenca La Beata se localiza en la región centro-norte de la República Mexicana; entre los límites de los municipios de Amealco de Bonfil y Huimilpan, en el estado de Querétaro. Específicamente, la microcuenca La Beata se encuentra dentro de las coordenadas extremas 369436 N, 374855 S, 2243791 E y 2248633 W (ver Figura 2). El área de estudio comprende las localidades de La Joya, La Beata y El Aserrín y pertenece a las regiones hidrológicas, Pánuco (No. 26) y Lerma Santiago (No. 12) y a su vez, pertenece a la cuenca Río Galindo.

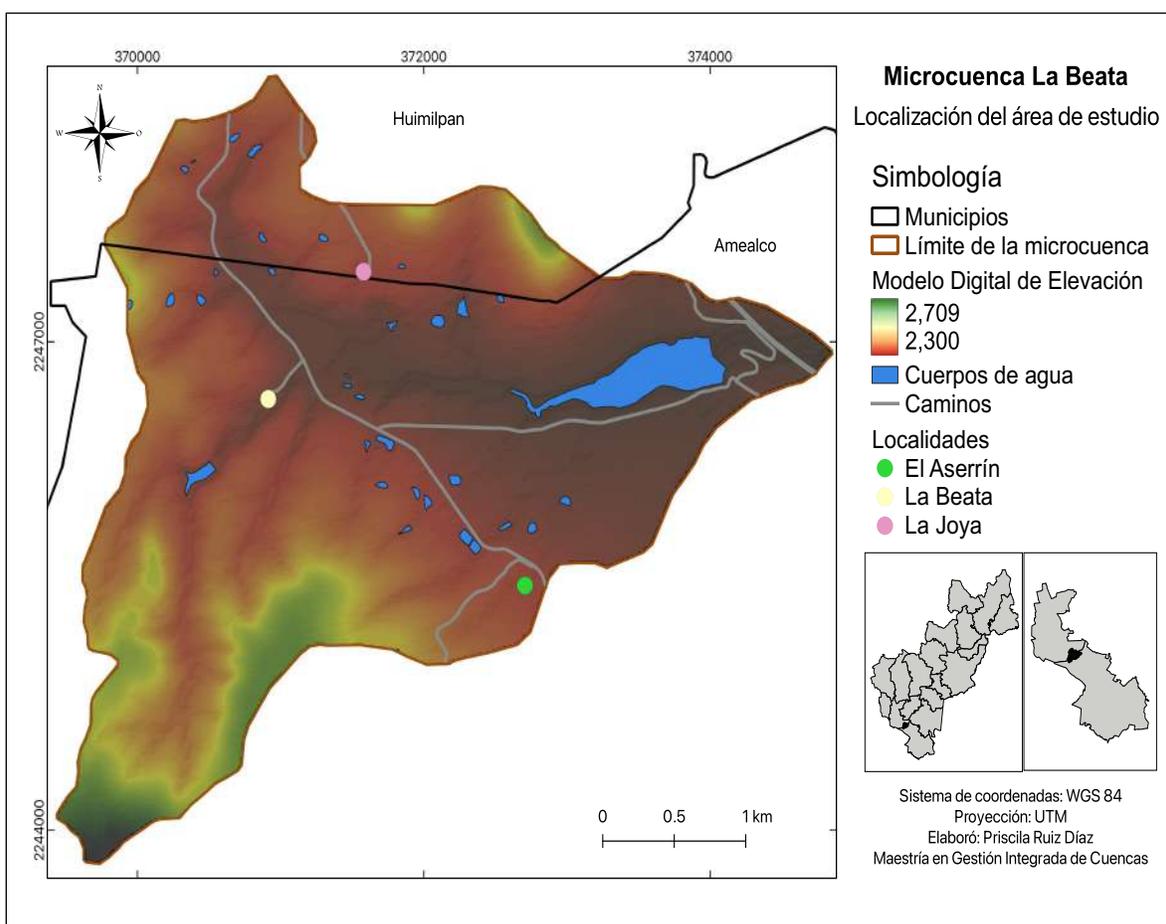


Figura 2. Localización del área de estudio. Fuente: Elaboración propia con base en información de INEGI (2015).

3.2. Características biofísicas de la microcuenca La Beata

Como se mencionó en el apartado de estado del arte; en ocasiones, se implementan estrategias de conservación de suelos que no toman en cuenta las características biofísicas de la zona a intervenir, con lo cual, se pueden llegar a producir más efectos negativos que positivos atribuidos a dichas prácticas; como la aceleración de pérdida de suelo, por lo que, este apartado tiene la intención de identificar las características ambientales de la zona de estudio y así proponer las prácticas de conservación de suelo más afines a sus singularidades.

La microcuenca La Beata, cuenta con un área total de 12.43 Km² y una extensión perimetral de 17.84 km, la zona se caracteriza por la presencia de sierras bajas y llanuras donde predominan zonas de montaña y lomeríos que forman parte de la provincia fisiográfica Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), con cotas que varían de 2300 a 2710 m.s.n.m (INEGI, 2015), es decir que la microcuenca presenta una diferencia altitudinal de 410 m.

Dada su localización geográfica, sobre el total de la superficie de la zona de estudio, predominan características subhúmedas, atribuidas al clima templado-subhúmedo con lluvias en verano C(w1)(w) (clasificación climática de Köppen (1936), modificada por García (1964) e INEGI (1980)). La temperatura anual en la microcuenca varía entre los 3°C y los 27°C, con una temperatura media anual de 16°C. De acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la zona de estudio recibe una precipitación que varía de 640.3 a 804.3 mm con una media anual de 732.6 mm y un régimen de lluvias que va de julio a octubre, siendo el mes de julio donde se presenta mayor precipitación.

Dentro de la zona de estudio, podemos ubicar cuatro unidades edafológicas (nombradas a partir de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, WRB, por sus siglas en inglés) que contienen uno o más tipos de suelos, de los cuales el LVumlen+PHlvlen/2 (Luvisol úmbrico endoléptico+Phaeozem lúvico epiléptico) abarca la mayor parte del área de estudio, ya que se encuentra distribuida en el 39.4 % (4.9 km²) de la superficie, ubicándose en la zona centro-sur de la microcuenca, seguido de PHlvlen+LVpflen+PHlen/3 (Phaeozem lúvico epiléptico+Luvisol profúndico epiléptico+Phaeozem endoléptico), mismo que cubre

el 25.8 % de la superficie, es decir, 3.2 km², ubicándose en la zona norte del área de estudio; el PHlep+LPli+LVctlep/2R (Phaeozem epiléptico+ Leptosol lítico+ Luvisol cutánico epiléptico) que cubre el 22.20 % (2.76 km²) de la superficie y finalmente PHlvlep+LVpflep+LPli/3 (Phaeozem lúvico epiléptico+Luvisol profundo epiléptico+ Leptosol lítico) cubriendo solo una porción de .40 % de la zona. De manera general, en la microcuenca solo se presentan dos tipos de suelo: Phaeozems y Luvisoles. El Phaeozems cubre una superficie de 7.53 km² correspondiente al 60.5 % del total de la microcuenca, mientras que el Luvisol ocupa el 4.9 km² correspondiente al 39.4 % de la zona de estudio (INEGI, 2014).

Dentro de la zona de estudio predominan 3 tipos de vegetación: bosque de encino, pastizal inducido y bosque mixto de encino-pino. A continuación, se describen las comunidades vegetales encontradas en la zona de estudio, de acuerdo con el conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación de INEGI (2021).

- Bosque de encino: en la microcuenca La Beata, el bosque de encino se caracteriza por la dominancia de especies de encino, entre las que resaltan *Quercus castanea* (Encino capulincillo), *Quercus crassifolia* (Encino blanco), *Quercus laeta* (Roble blanco), otras especies que se encuentran asociadas son *Arctostaphylos pungens* (pingüica), *Arbutus xalapensis* (madroño), *Arbutus tessellata* (madroño mexicano), *Crataegus mexicana* (tejocote) y *Buddleja cordata* (tepozán blanco), entre otros. La superficie comprendida por este tipo de vegetación en la zona de estudio es de 1.2 % (.148 km²). Esta unidad vegetal se encuentra localizada en la zona S de la microcuenca.
- Bosque mixto de encino-pino: este tipo de vegetación corresponde al 31.3 % (3.9 km²) y presenta especies arbóreas de *Encino* antes mencionadas junto con *Cupressus lusitanica* (Cedro Blanco), *Pinus greggii* (Pino Prieto), *Pinus hartwegii* (pino de las alturas) y *Pinus patula* (Pino mexicano amarillo), distribuidos en la zona centro S y SW de la microcuenca.
- Pastizal inducido: es un tipo de comunidad vegetal que surge cuando es eliminada la vegetación original y no se permite que se desarrolle otro tipo de vegetación, por ejemplo, mediante incendios provocados por humanos

(Flores y Briones, 2021). En la microcuenca La Beata, el pastizal inducido cubre una superficie de 3.4 km² (27 %), distribuido en la zona N con una orientación E y W, aquí predomina, como vegetación representativa, Zea mays (maíz), Phaseolus vulgaris (frijol) y el Sorghum (sorgo), la cual se encuentra relacionadas con las actividades agrícolas de temporal, distribuidas en la zona centro y centro E de la microcuenca cubriendo el 37.5 % (4.6 km²) de la superficie.

Los indicadores de forma de la microcuenca (ver Tabla 1), señalan que el área de estudio puede clasificarse con respecto a su superficie como una cuenca de superficie pequeña, moderadamente achatada, con forma oval-oblonga, poco alargada, con pendientes pronunciadas y un relieve medianamente accidentado, por lo que es propensa a presentar crecidas y/o bajas repentinas de agua.

Tabla 1. Indicadores de forma de la microcuenca La Beata.

<i>Parámetro</i>	<i>Indicador</i>	<i>Resultado</i>	<i>Unidades</i>
<i>Forma</i>	Área de la cuenca (Ac)	12.43	km ²
	Perímetro de la cuenca (Pc)	17.84	km
	Coeficiente de compacidad o índice de gravelius (K)	1.32	-
	Factor de forma (Rf)	0.43	-
	Relación de elongación (Re)	.56	-
	Índice de alargamiento (Ia)	.9	-

Fuente. Elaboración propia con base en información de INEGI (2015).

Por otro lado, los indicadores morfométricos sobre el drenaje y cauce principal (ver Tabla 2), nos permiten clasificar el área de estudio como una cuenca exorreica, es decir, que sus aguas vierten en el mar; presenta un drenaje dendrítico, el cual es colectado por el cauce principal que cuenta con una extensión de 7.92 km, lo que lo clasifica como un cauce corto, alimentado por corrientes perennes e intermitentes (debido a su clima y características del relieve) que clasifican a la microcuenca con una red hídrica de cuarto orden y una densidad de drenaje baja.

Tabla 2. Indicadores de drenaje y cauce principal de la microcuenca La Beata.

Parámetro	Indicador	Resultado	Unidades
Drenaje	Longitud del cauce principal (Lcp)	7.92	km
	Pendiente media del cauce principal(P)	4.86	%
	Densidad de drenaje (Dd)	4.27	km/ km ²
	Orden de la cuenca	4º orden	-

Fuente. Elaboración propia.

La descripción biofísica del área de estudio fue fundamental para evaluar la vulnerabilidad de la zona a procesos como la erosión del suelo, permitiendo identificar las áreas más afectadas. Además, facilitó la interpretación de los resultados durante el estudio, permitiendo entender el vínculo entre procesos ambientales y las actividades realizadas por la población local.

3.3. Características socioeconómicas de la microcuenca La Beata

La manera de percibir la erosión del suelo por parte de los pobladores de ciertas localidades, en ocasiones, puede observarse como una problemática ajena a ellos mismos, lo que, en esencia, no la convierte en una problemática real para la localidad, esto resulta en una limitación de iniciativa y participación en su cuidado (Calixto y Herrera, 2010). Un ejemplo de esto se da cuando en ciertas comunidades, alejadas de la zona urbana, la erosión del suelo se ve como un problema ambiental que no afecta directamente sus vidas, sino que se asocia más a zonas fuertemente industrializadas. Lo cual implica que la erosión, dentro de la zona en la que habitan, no representa un problema significativo o incluso no llega a ser considerado un problema³.

³ Un ejemplo parecido fue identificado en la zona de estudio, ya que uno de los entrevistados señaló una falta de arraigo con el territorio, debido a que la situación económica de la mayor parte de la población los obliga a buscar fuentes de empleo en EE. UU., en la ciudad de Querétaro o en los estados vecinos. Esta migración constante aleja a las personas de su entorno natural y dificulta su capacidad para observar o interesarse en los fenómenos que afectan directamente a los suelos.

Debido a esto, resulta fundamental identificar las características sociales de la microcuenca La Beata y, a partir de estas, generar instrumentos que identifiquen la opinión de los pobladores ante la erosión del suelo y las prácticas de conservación, el cual es el objetivo de este subapartado.

Como se mencionó anteriormente, dentro de la microcuenca se encuentran tres localidades, La Beata y El Aserrín, pertenecientes al municipio de Amealco y La Joya que se encuentra en el municipio de Huimilpan, con una población total de 733 habitantes y una densidad poblacional de 63 hab./km², donde la localidad con mayor población es El Aserrín con 300 habitantes, seguido de La Beata con 270 habitantes y finalmente, La Joya con 203 habitantes. Además, la relación hombres-mujeres en la microcuenca es de 8-10, es decir, existen 8 hombres por cada 10 mujeres (INEGI, 2020).

Dentro de la microcuenca existen 430 viviendas, pero solo 351 se encuentran habitadas y mantienen un promedio de ocupación de 4 habitantes por vivienda (INEGI, 2020). Por otro lado, en el año 2020, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), determinó que, en las localidades ubicadas dentro de la microcuenca La Beata, el grado de marginación era bajo.

De acuerdo con el censo poblacional del INEGI (2020), el grado promedio de escolaridad en la microcuenca es de 7 años, esto debido a una temprana inserción al ámbito laboral, en la que la población busca fuentes de empleo tanto en Estados Unidos como en otros estados del país⁴. Esta población que migra se encuentra entre los 17 y 44 años de edad (INEGI, 2020).

De los 733 habitantes de la microcuenca, la Población Económicamente Activa (PEA) corresponde a 293 habitantes (40 %), de los cuales el 35.25 % son mujeres y el 19.55 % son hombres. Por su parte, la Población Económicamente Inactiva (PEI) corresponde al 32.7 % (INEGI, 2020).

En la microcuenca La Beata, la actividad económica principal es la agricultura de temporal y de riego y se cultiva, sobre todo, maíz, frijol, cebada, alfalfa, sorgo y varias hortalizas para autoconsumo (INEGI, 2020), así como la cría de animales a

⁴ Información obtenida de informante en campo.

baja escala como bovinos y aves, en el caso de los bovinos, el principal tipo de aprovechamiento es lechero y en el de las aves, su carne (Hernández *et al.*, 2022).

La obtención de materiales para la construcción es una labor que ocurre a pequeña escala y no se cuenta con registro de ello, aunque hay registros de unidades de extracción forestal dedicadas a la producción de carbón; el ámbito turístico se ve representado por la planificación de recorridos en bicicleta y senderismo; finalmente, las remesas resultan una de las fuentes más importantes de ingreso a la economía local (POEREQ, 2009).

Las características socioeconómicas del área de estudio y la interacción que tienen estas localidades con su entorno son, por un lado, el reflejo de los antecedentes históricos que han tenido lugar en esta zona, ya que existe, por ejemplo, una vinculación compleja entre la conquista española y la adaptación socioeconómica y cultural que se ha desarrollado, de manera general, entre los municipios de Amealco y Huimilpan y de manera particular dentro de la microcuenca La Beata.

Según Pérez de Bocanegra (1985), la llegada de los españoles dio comienzo a un nuevo orden socioeconómico que se caracterizó por la redistribución de tierras. Estas comunidades presenciaron el desarrollo del dominio español a partir de las misiones religiosas y las encomiendas, para asegurar el control sobre la población indígena, por medio del trabajo forzado y desarraigo (López Austin y López Luján, 2001).

Posteriormente, en el siglo XIX, México atravesó por procesos sociopolíticos que tuvieron repercusiones en el área de estudio. Según el INEGI (2010), la abolición de las encomiendas y la redistribución de las tierras nuevamente tuvieron repercusiones en la estructura social de la región.

A partir de entonces, la microcuenca La Beata se ha enfrentado al proceso de modernización y crecimiento urbano, así como a la industrialización, lo que ha creado desafíos en la gestión de los elementos naturales. Según la Secretaría de Desarrollo Sustentable de Querétaro (SEDESU, 2020), la producción de carbón, que comenzó en siglos anteriores, ha generado preocupaciones ambientales y sociales. Por lo que podemos decir que la explotación de los recursos y las

reestructuraciones sociales por las que ha atravesado la población de la zona han fomentado el desarraigo respecto al entorno.

De acuerdo con los datos presentados por el Registro Agrario Nacional (RAN, 2020), la superficie que comprende el área de estudio está integrada por tierras sujetas a propiedad de régimen ejidal, dividida entre 8 ejidos (ver Figura 3) siendo El Batán, el ejido con mayor superficie y el Rosario el de menor superficie con tres categorías de uso de tierra: asentamientos humanos (.46 km²), parcelas (3.97 km²) y uso común (7.7 km²).

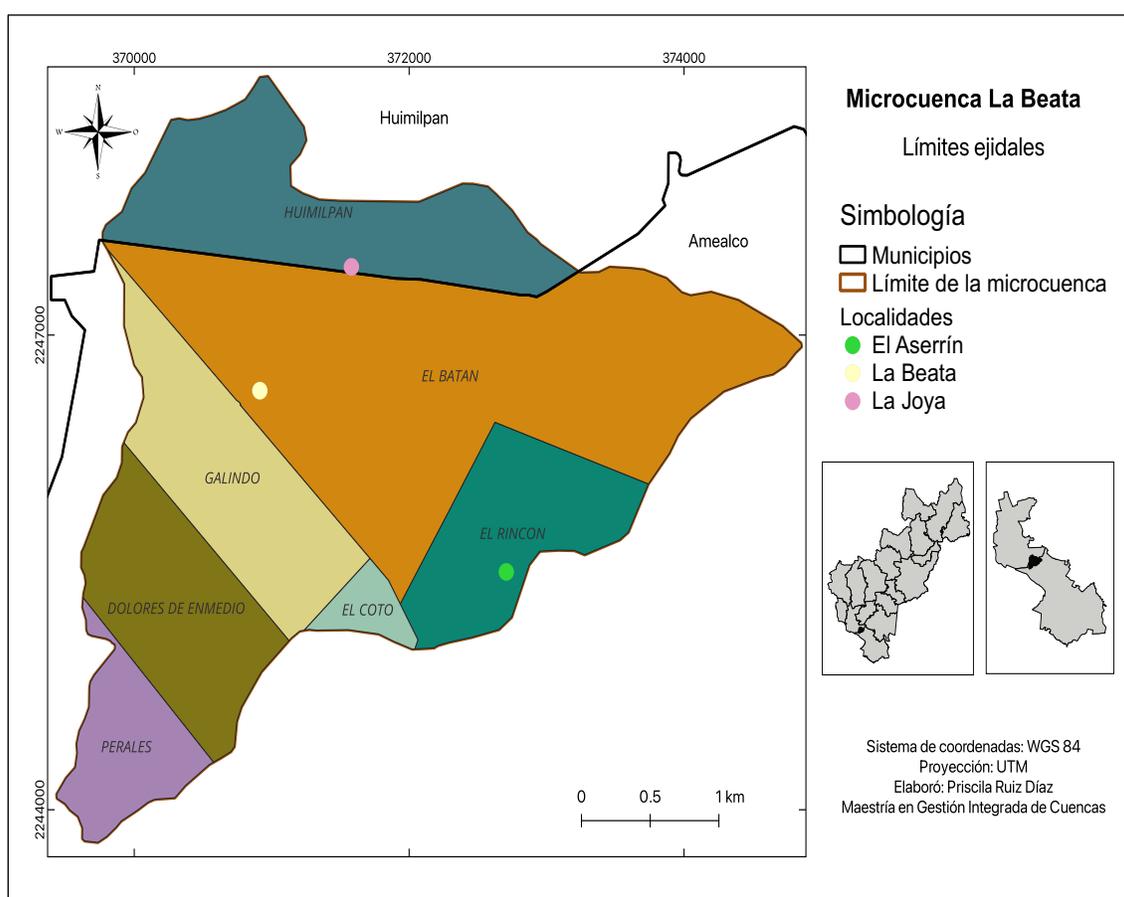


Figura 3. Límites ejidales en la microcuenca La Beata. Fuente. Elaboración propia a partir de archivos vectoriales del RAN, (2020).

Los parámetros descritos dentro de este subapartado son esenciales, ya que permitieron identificar cómo los habitantes de las localidades interactúan con su entorno. La relevancia de estos datos radica en su capacidad de contextualizar las

ideas y puntos de vista que los pobladores manifiestan con respecto al suelo, la erosión y las obras de conservación dentro de la microcuenca. Además, estos aspectos socioeconómicos pueden llegar a condicionar la participación de la población, la adopción de las prácticas y la efectividad de las intervenciones.

4. Materiales y métodos

Para cumplir con los objetivos planteados en esta investigación, la metodología implementada fue de tipo mixto, es decir, combinando enfoques tanto cuantitativos⁵ como cualitativos⁶ para obtener una comprensión integral del fenómeno investigado. Esta metodología se estructuró en diversas etapas clave, cada una diseñada para abordar aspectos específicos relacionados con la conservación de suelos dentro de la microcuenca La Beata. Las etapas se clasificaron en: 1. Evaluación de la erosión y las obras de conservación desde el punto de vista de la población local; 2. Análisis de los enfoques institucionales; 3. Estimación de costos de implementación de obras de conservación y 4. Evaluación del estado actual de dichas obras. Además, se presenta la etapa 5. Aplicación del modelo USLE para estimar la erosión hídrica, brindando así, un enfoque integral para la comprensión profunda de los factores que influyen en la conservación del suelo en la zona de estudio. A continuación, se puede observar de manera gráfica dicha estructura metodológica (ver Figura 4).

⁵ Basado en la recopilación y análisis de datos numéricos medibles, utilizando técnicas estadísticas con un énfasis en datos objetivos y generalizables.

⁶ Centrado en la comprensión de fenómenos sociales a través de la interpretación de datos no numéricos, con un énfasis en los detalles y exploración de perspectivas, creencias o valores.

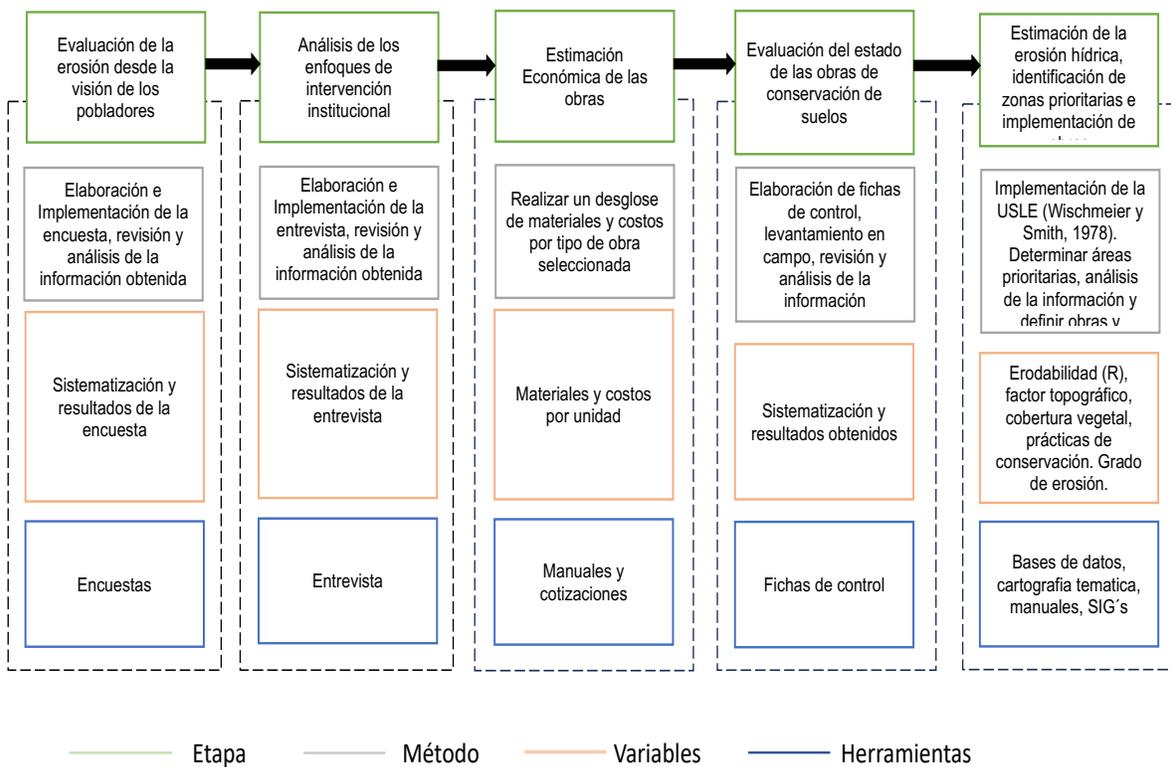


Figura 4. Materiales y métodos.

4.1. Conceptos de erosión y conservación de suelos desde el punto de vista de la población local

La manera en que los individuos reconocen y comprenden su entorno y los elementos que lo componen juega un papel crucial en el manejo y las decisiones que toman en relación con él (Moreno, 2008; Barrientos, 2013). Esta comprensión del entorno se refleja en la relación entre el individuo y el ambiente, ya que un conocimiento profundo de su funcionamiento y necesidades permite adoptar estrategias efectivas para su cuidado (Moreno, 2008; Lazos y Paré, 2000). Por lo que, resulta fundamental indagar en las características de la relación que mantienen los individuos con su entorno y a partir de esto generar mecanismos que tomen en cuenta esta relación.

Por lo anterior, en términos de erosión y conservación de suelos, resulta fundamental identificar las ideas concebidas por parte de la población y fomentar

estrategias de apropiación del entorno, esto debido a que la implementación de prácticas de conservación suele ser más fructífera cuando se aceptan y adoptan desde un sentido de pertenencia (Alcalá *et al.*, 2020).

En este sentido, y con el propósito de comprender, cómo los habitantes de la microcuenca La Beata, entienden e interpretan el suelo, su degradación y su cuidado, se implementó una encuesta⁷ (ver Anexo 1) que buscó acercarse al conocimiento adquirido a través de las costumbres y hábitos de los pobladores y su interacción con el suelo; además, se identificó su postura frente a prácticas implementadas para el manejo y conservación de suelo.

La encuesta, de tipo semiestructurado⁸, está compuesta de treinta preguntas divididas en cinco secciones y cada sección se enfoca en un tema en específico, de esta manera la primera sección, recaba información referente a las características generales del suelo, como su color, textura, importancia y cuidados. En la segunda sección se buscó identificar la familiaridad que se tiene con las obras de conservación, es decir, para qué sirven, cómo funcionan y qué son. La sección tres, se enfocó en conocer el acercamiento institucional con la población, en cuanto a este tema. La sección cuatro se orientó a conocer si se lleva a cabo algún tipo de intervención relacionada con el suelo y de ser el caso, cómo se lleva a cabo. La sección cinco se encaminó a identificar las ideas y conocimiento que la población tiene de las obras de conservación, incluyendo aspectos como sus costos y el grado de esfuerzo físico necesario para su construcción.

Finalmente, se aplicó un total de treinta encuestas individuales tanto a hombres como mujeres, mayores de edad, que habitan alguna de las tres localidades comprendidas dentro de los límites de la microcuenca, con la característica de ser ejidatarios o comuneros⁸, con la consideración de que podrían tener una mayor familiaridad con su entorno y los procesos ambientales locales. Se

⁷ Una encuesta es una herramienta de investigación cuantitativa donde, a partir de un cuestionario previamente diseñado, se pueden entender mejor las preferencias, opiniones, actitudes o comportamientos de la población encuestada.

⁸ En esta investigación, la encuesta semiestructurada facilitó realizar preguntas específicas junto con un diálogo flexible, permitiendo obtener información detallada y comprender mejor las perspectivas individuales de los participantes.

espera que esta conexión más estrecha les permita proporcionar perspectivas valiosas sobre los posibles cambios relacionados con los suelos en la zona, aunque esta relación directa con el entorno no puede darse por sentada ya que no ser ejidatario o comunero no exime este vínculo.

La aplicación de las encuestas se realizó tanto en casas, lugares de trabajo y ocio, debido a que la población no siempre se localizaba dentro de las comunidades. Además, las encuestas se realizaron de manera individual y personalizada, donde el encuestador leía tanto las preguntas como las opciones de respuesta al encuestado.

La información recopilada, junto con las notas tomadas durante la implementación de las encuestas, fue vaciada y sistematizada en una matriz de Excel, donde se logró visualizar el orden de las respuestas y los porcentajes de selección, lo cual permitió realizar un análisis de frecuencias descriptivo, es decir, se realizó una descripción de las respuestas indicando el número de encuestados que eligieron cada respuesta para de esta manera, conocer las principales características del fenómeno evaluado.

4.2. Enfoques de intervención institucional

Del mismo modo en que resulta importante entender e identificar la manera en la que la población ve el entorno, también resulta primordial entender los puntos de vista y objetivos de las instituciones que desempeñan un papel fundamental en la implementación de proyectos relacionados con la conservación y cuidado del medio ambiente, ya que también son actores importantes. En este sentido, se llevaron a cabo cuatro entrevistas semiestructuradas⁹ (ver Anexo 2), una con un representante del Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS¹⁰) del acuífero del Valle de San

⁹ De acuerdo con Díaz *et al.* (2013) la entrevista semiestructurada es una herramienta de investigación cualitativa para recopilar datos, en la que se plantea un guion con preguntas y temas por tratar. Esta metodología ofrece cierto grado de flexibilidad y adaptabilidad que puede ajustarse a los entrevistados, permitiendo aclarar términos, identificar ambigüedades y reducir formalismos.

¹⁰ De acuerdo con la información publicada en el sitio web del COTAS (s.f.), esta es una Asociación Civil que funciona como Órgano Auxiliar del Consejo de la Cuenca del Río Pánuco. Su objetivo es colaborar con la sociedad y el gobierno en la estabilización y preservación del acuífero del Valle de San Juan del Río mediante la regulación del aprovechamiento del agua, programas de estudio,

Juan del Río y otra con un representante de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDEA¹¹), ambas instituciones responsables de diversos proyectos de conservación de suelos en la microcuenca La Beata. Además, se entrevistó a un representante del Parque Natural La Beata, el cual es un parque ecológico fundado por la Caja de ahorro y préstamo Gonzalo Vega (CGV¹²), donde se han realizado varias intervenciones de conservación de suelos, así como a un representante del Centro Regional de Capacitación en Cuencas (CRCC¹³) que ha formado parte de distintos proyectos de intervención y colaborado con varias instituciones, tanto públicas como privadas.

La entrevista está compuesta por 20 preguntas divididas en tres secciones. La primera sección recopila información básica sobre el suelo, abordando aspectos como su definición, importancia y funciones. La segunda sección se enfocó en identificar el funcionamiento de las obras de conservación de suelos y la relevancia de su implementación. En la tercera sección, se buscó identificar los criterios de selección de sitios a intervenir, el tipo de seguimiento que se le da a las obras y las principales limitaciones en este tipo de intervenciones. Las entrevistas tienen una duración media de 45 minutos y fueron grabadas con el consentimiento de los entrevistados con el fin de analizar la información generada. Se procedió a su sistematización, es decir, se realizó una transcripción en Word de las grabaciones donde se identificó la información más relevante para los fines de esta investigación, posteriormente se realizó la comparación de las respuestas de ambas entrevistas y

vigilancia de su evolución y otras acciones relacionadas con la conservación del recurso hídrico.

¹¹ La SEDEA es una institución gubernamental que promueve un modelo económico en el sector agropecuario, centrándose en la administración sustentable de procesos de producción y comercialización para incrementar la producción de alimentos y materias primas, y garantizar el buen uso de los recursos naturales del estado (SEDEA, s.f).

¹² CGV, fundada en 1958 en Querétaro, es una cooperativa que ofrece soluciones financieras, comprometida con el bienestar social y ambiental. Su misión es satisfacer las necesidades de sus asociados y promover el espíritu cooperativo, mientras que su visión es asegurar un mejor futuro para todos. Con este propósito, CGV fundó el Parque Natural La Beata, donde se promueven actividades recreativas y educativas enfocadas en la conservación del medio ambiente y la mejora de la calidad de vida, basadas en un enfoque de sostenibilidad, en el que buscan cooperar con la conservación de la cultura, biodiversidad y ecosistemas de la región (CGV, s.f).

¹³ De acuerdo con la información publicada en el sitio web del CRCC (s.f.), es una iniciativa de varias instituciones lideradas por la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas y respaldada por la Fundación Gonzalo Río Arronte, enfocada en el manejo integrado de recursos naturales, especialmente del agua, mediante un enfoque de cuencas.

finalmente, se obtuvieron las conclusiones necesarias basadas en los temas principales en los que se divide la entrevista. Además, con base en el consentimiento de confidencialidad, se hace referencia a los entrevistados a partir del nombre de la institución que representan.

4.3. Estimación económica de las obras de conservación de suelos

La estimación de los costos de implementación de obras de conservación de suelos es relevante debido a que es esencial en la planificación de cualquier proyecto para una toma de decisiones efectiva. Facilita la asignación de recursos, no solo económicos, sino también humanos, que pueden o no ser asumidos por los habitantes de las localidades cercanas. De la misma manera, conocer los costos de intervención permite seleccionar las obras que más se adecuan a los presupuestos, sin importar que el proyecto lo lleve a cabo alguna institución, los mismos pobladores o dueños de los predios.

Para realizar una buena estimación económica, es necesario identificar la zona que se va a intervenir y sus características, como el tipo de suelo, vegetación y accesibilidad, ya que estos factores determinan la variabilidad de los costos.

Con base en los objetivos de esta investigación, se llevó a cabo una actualización sobre la estimación económica de las principales obras de conservación para suelos de uso forestal sugeridas en el Manual Operativo para la Restauración y Conservación de Suelos, así como en los Criterios Técnicos para la Ejecución de los Proyectos de Conservación y Restauración, ambos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Esta actualización de la estimación económica tiene en cuenta los materiales sugeridos para la construcción de las obras de conservación, así como sus características. A partir de esto, se realizó un desglose por concepto de los materiales y costos de construcción de manera actualizada por m³, m² o m lineal, dependiendo de las especificaciones de la obra de conservación.

4.4. Evaluación del estado de las obras de conservación de suelos

Posterior a la recopilación de información, por medio de encuestas y entrevistas y

la estimación económica, se llevó a cabo el levantamiento de información de 47 obras de conservación de suelos, localizadas en tres sitios distintos dentro de la microcuenca La Beata, los cuales fueron intervenidos en diferentes periodos de tiempo. Este proceso se realizó con ayuda de fichas de control, las cuales se encuentran detalladas en el Anexo 3 del presente trabajo.

Estas fichas fueron elaboradas con el objetivo de almacenar y registrar información específica, tanto de la zona intervenida como de las obras de conservación implementadas, por ejemplo, coordenadas geográficas de cada obra y los objetivos de la intervención, características geomorfológicas del área de estudio, pendiente del terreno, detalles sobre el uso del suelo y la vegetación predominante, así como el tipo de práctica de conservación implementada y su estado actual, entre otros aspectos.

La finalidad de las fichas de control fue llevar a cabo un registro simple de la información encontrada sobre el estado de las obras de conservación de suelos. Para facilitar la sistematización y análisis de información obtenida, se llevó a cabo el vaciado de la información de las fichas físicas a un documento en Excel, donde fue acomodada por número de ficha y sitio intervenido, de esta manera se simplificó, de manera visual, el proceso de comparación y análisis de la información.

4.5. Estimación de la erosión hídrica a partir de la USLE

Descripción del modelo

Posteriormente, se realizó la estimación de pérdida de suelo a través de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), por sus siglas en inglés (Universal Soil Loss Equation), este es un modelo matemático empírico que permite estimar la erosión hídrica actual y potencial de los suelos (Wischmeier y Smith, 1965-1978), al mismo tiempo, esta ecuación facilita y constituye un instrumento de selección y planeación para establecer prácticas de conservación de suelos que permitan mantener la erosión actual por debajo de la tasa máxima permisible (Zambrano, 2010).

La USLE, se basa en seis variables que condicionan de manera directa la susceptibilidad del suelo a este fenómeno; por ejemplo, la pendiente, la cubierta vegetal y el tipo de suelo. Dicha expresión matemática corresponde a la ecuación

1:

$$A = R \cdot K \cdot (LS) \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Donde:

A = Pérdida de suelo promedio anual (ton/ha/año).

R = Factor de erosividad de la lluvia (MJ.mm/ha.h).

K = Factor de erodabilidad del suelo (ton/ha/MJ.mm).

LS= Factor topográfico longitud-pendiente (adimensional).

C = Factor de vegetación y cultivo (adimensional).

P = Factor de prácticas conservación (adimensional).

Vale la pena mencionar que, estas variables se dividen en dos tipos, cuantitativas (R, K y LS) y cualitativas (C y P). Cuando se obtienen los datos de todas las variables cuantitativas de la USLE, lo que se está calculando es la erosión hídrica potencial (máxima), en la que el suelo no presenta ningún tipo de protección; por el contrario, cuando se toman en cuenta las variables C y P, lo que se está calculado es la erosión hídrica atenuada, es decir, se estima la pérdida de suelo teniendo en cuenta la protección de la cobertura vegetal y prácticas de conservación (Castro, 2013; Flores, 2013).

Los factores que componen la USLE son reunidos y analizados con ayuda de Sistemas de Información Geográfica (SIG); estos sistemas permiten procesar las variables disminuyendo el tiempo de implementación, lo cual resulta, en un mapa temático por variable, a su vez, estos mapas son “combinados” obteniendo como resultado un mapa final que ilustra, de manera cartográfica, el grado erosivo de la zona de estudio, clasificándolo a través de parámetros establecidos previamente (Flores, 2013).

Aplicación del modelo

Factor R. Índice de erosividad de la lluvia

El factor R, estima la capacidad potencial de las gotas de lluvia para disgregar las partículas del suelo y compactar su superficie y se puede calcular a través de la

ecuación $R=EI_{30}$ propuesto por Wischmeier y Smith (1965-1978). Donde R es igual al producto de la energía cinética de la lluvia (E) por la intensidad máxima en 30 minutos (I_{30}) (González de Tánaco, 1991).

Este procedimiento se ve entorpecido cuando no se cuenta con datos de intensidad de la lluvia; por lo que se buscó correlacionar los datos de precipitación media anual, previamente obtenidos a partir de estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional, con los valores de R establecidos previamente por Cortés (1991), quien, a través del análisis de 53 estaciones meteorológicas determinó un mapa de isoerosividad con el cual formó 14 regiones delimitadas por la erosividad de la lluvia (Castro, 2013).

De acuerdo con dicha zonificación, a la microcuenca La Beata, le corresponde la región número V cuya ecuación es:

$$R = 3.4880P - 0.00088P^2 \quad (2)$$

En donde:

R = Índice anual de erosividad de la lluvia en Mj/ha/mm/h.

P = Precipitación media anual de la región en mm.

El resultado es un ráster del factor R calculado al sustituir a la variable P, de la ecuación 2, con el ráster de precipitación media.

Factor K. Erodabilidad del suelo

El término erodabilidad del suelo, hace referencia a la susceptibilidad de un suelo a la erosión (Figuroa *et al.*, 1991). La susceptibilidad de los suelos al proceso erosivo está influido por la distribución del tamaño de las partículas, contenido de materia orgánica, de la textura superficial, estructura del suelo, características químicas como contenido de óxidos de hierro y aluminio y contenido inicial de humedad y de la permeabilidad (González de Tánaco, 1991).

Para este trabajo, el valor de K se obtendrá mediante la identificación de las unidades de suelos en los archivos vectoriales de la carta de edafología serie II

(INEGI, 2014) y el factor K, se recabará mediante la tabla 3 de la página 10 del artículo de Montes *et al.* (2011).

Factor LS. Factor topográfico de longitud y pendiente.

El factor topográfico (LS), es el producto de la variable L (Longitud de la pendiente) por la variable S (Pendiente); la primera, es definida como la distancia desde el punto de origen del flujo del agua, hasta el punto donde la pendiente disminuye y da paso a la sedimentación de partículas; mientras que la segunda, es el grado de inclinación del terreno que condiciona el movimiento del agua y su velocidad. (Zambrano, 2010; Flores, 2013) La relación entre erosión y el factor topográfico es directamente proporcional, es decir, la erosión aumenta cuando la longitud del terreno en el sentido de la pendiente también lo hace (Castro, 2013).

Para este trabajo primero se determinará la variable L, la cual, es calculada a partir de la ecuación 3, siguiendo la metodología de Renard *et al.* (1997).

$$L = (\lambda / 22.13)^m \quad (3)$$

Donde:

λ = Longitud de la pendiente proyectada en un plano horizontal

m = Exponente que varía de acuerdo a la pendiente

λ representa la proyección horizontal terrestre, mientras que el valor m (ecuación 4), es adimensional y está influenciado por la pendiente del terreno con la inclinación (β).

$$m = (\beta / (1 + \beta)) \quad (4)$$

Los valores de la relación β para condiciones donde los suelos son moderadamente susceptibles a la erosión entre y en canales, fueron calculados por McCool *et al.* (1989), utilizando la ecuación 5.

$$\beta = (\text{sen}\theta/0.0896) / [3.0 (\text{sen}\theta)0.8 + 0.56] \quad (5)$$

Donde:

θ = Pendiente del terreno

Después, obtenemos el valor de la variable S a partir de las ecuaciones 6 y 7.

$$\text{Para pendientes } < 9 \% \quad S = 10.8 \text{ sen } \theta + 0.03 \quad (6)$$

$$\text{Para pendientes } \geq 9 \% \quad S = 16.8 \text{ sen } \theta - 0.50 \quad (7)$$

Por último, se multiplica el valor de las variables L y S y se obtiene el factor topográfico (LS).

Factor C. Uso de suelo y vegetación

La cubierta vegetal, es el elemento natural de protección del suelo frente a la fuerza erosiva de las precipitaciones, controlando no sólo la energía con la que llegan las gotas de lluvia a la superficie del suelo, sino también, la velocidad de la escorrentía superficial (González de Tánaco, 1991). El valor del factor C, varía de 0 a 1 y está en función de la cobertura vegetal, así, a medida que aumenta la cobertura del suelo, C puede llegar a alcanzar el valor de 0, pero si la cobertura vegetal disminuye, entonces C puede obtener valores similares a 1 (Zambrano, 2010).

Para obtener este factor será necesario hacer uso de la carta de Uso de Suelo y Vegetación (INEGI, 2021), en la tabla de atributos se agregará un campo llamado factor C, donde a cada fila se le dará un valor de la tabla 4, página 12 del artículo de Montes *et al.* (2011) de acuerdo con el uso de suelo y vegetación.

Factor P. Corresponde a las prácticas de conservación

El factor P, representa la reducción en la pérdida de sedimentos cuando se utilizan técnicas de conservación. Se estima comparando la pérdida de sedimentos en un

área con prácticas de conservación y otra sin prácticas de conservación y el valor que se obtiene varía de 0 a 1, lo cual, depende de la eficacia de las obras y la pendiente (Bailon, 2022; Castro, 2013); cuando P tiene valores cercanos a 0 se entiende que el suelo está siendo conservado, pero cuando el valor es cercano a 1 indica que el suelo tiene la erosión máxima (Castro, 2013), para este caso de estudio no se tomará en cuenta el Factor P, por lo que, el valor asignado será 1. Posterior a la obtención de los factores que componen la USLE, se calculará la erosión hídrica actual, para lo cual, se efectuará la ecuación 1 y, el producto será un mapa de erosión actual; en este mapa, se clasificará el grado de erosión y se identificarán las zonas prioritarias para ser intervenidas.

5. Resultados y discusión

5.1. Conceptos de erosión y conservación de suelos desde el punto de vista de la población local

Las encuestas se realizaron con el objetivo de identificar lo que los pobladores de la microcuenca piensan sobre las obras de conservación de suelo, lo cual ayudó a determinar la aceptación de este tipo de proyectos y el punto de partida hacia el acercamiento con los habitantes de la zona, pues resulta esencial el observar el grado de familiarización con este tipo de intervenciones por parte de los pobladores para facilitar el proceso tanto de implementación como de adopción de las prácticas de conservación. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de 30 encuestas a los habitantes de las 3 localidades de la microcuenca La Beata.

Más de la mitad de los encuestados respondieron que la pérdida de suelo es la remoción de cubierta vegetal con fines productivos, principalmente agricultura y ganadería, pues consideran, que esto afecta el suelo, ya que es necesario limpiar el predio para permitir que las plantas sembradas crezcan con facilidad, sin embargo, también mencionan que debido a esto es importante estar al pendiente de sus parcelas, pues consideran que mientras más siembran, la calidad y cantidad de sus cosechas disminuye; de igual manera sucede con el ganado, puesto que identifican que, si el ganado deja de pasar por ciertas zonas vuelve a brotar la vegetación. Algunos pobladores fueron cuestionados cerca de zonas que contaban con obras de conservación, a lo cual se les preguntó si consideraban que los brotes de vegetación que se observaban se debían a las obras, a lo que contestaron que no, más bien esos brotes son debido a que una vez construidas las obras, no se permite el paso del ganado a la zona y esto facilita el crecimiento de las plantas, pues no hay animales que se las coman ni que compacten el suelo (53 %).

Por otro lado, consideran que la pérdida de suelo se da cuando el ganado pasa por ciertas zonas ya que, debido a su peso van removiendo el sedimento, provocando que este se disgregue, facilitando el crecimiento de nuevas plantas, pues necesitan menos energía para crecer debido a que, la compactación del suelo no se los impide, pero mencionan que esto es posible solo cuando el suelo está

seco, ya que si el ganado pasa cuando está húmedo o saturado de agua, el resultado será la compactación. Además, comentan que el estiércol del ganado fertiliza el suelo dando los nutrientes necesarios a las plantas para que crezcan. Finalmente, comentaron que la pérdida de suelo es el transporte de este, por acción del viento o el agua (30 %). En su mayoría, los que eligieron esta respuesta son ejidatarios que llevan a cabo obras de conservación de suelos, los que además comentaron que han recibido o tenido algún tipo de acercamiento con información referente al tema. Finalmente, se considera que la pérdida de suelo es un fenómeno que afecta a todos, aun cuando el 16.67 % reconoció no saber qué es la pérdida de suelo.

La variedad de interpretaciones que se recibieron, en cuanto a qué es la pérdida de suelo, refleja una falta de claridad y conocimiento sobre los procesos de degradación del suelo. Esto plantea interrogantes sobre el alcance de los programas de intervención y la calidad de la información proporcionada a la comunidad y deja entre ver una deficiencia en las medidas que se toman para fomentar un conocimiento más profundo de los factores que afectan la salud del suelo, ya que la desconexión entre las obras de conservación y la percepción local, en una microcuenca que cuenta con este tipo de intervenciones, plantea dudas sobre la adecuación y la comunicación de las estrategias de conservación desarrolladas y la responsabilidad social de las instituciones y organizaciones que realizan este tipo de proyectos.

Con respecto al uso que se le suele dar a las plantas en la microcuenca, se identifica que el principal uso es leña, siendo las plantas que más se utilizan el encino, madroño, pingüica, cedro y pino; seguido del autoconsumo (maíz, nopal, calabaza y frijol) y medicinal (ruda, árnica y toronjil), así como alimento para ganado (alfalfa y maíz) y en menor porcentaje se usan para la construcción, para venta y como carbón (ver Figura 5).

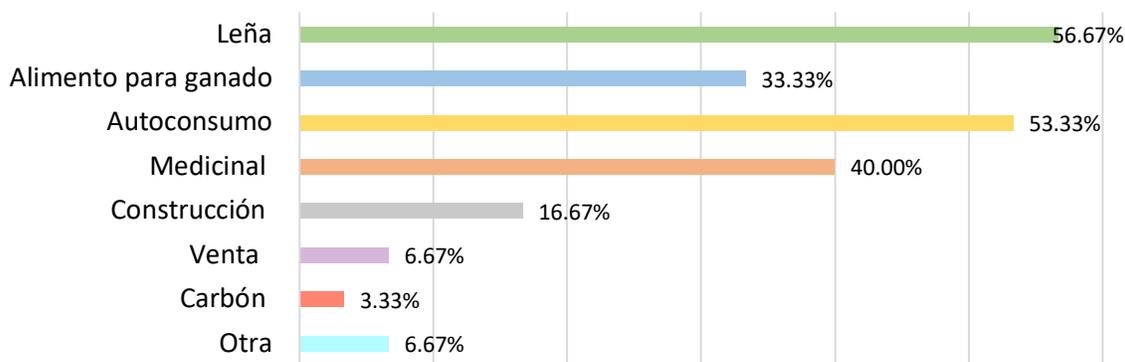


Figura 5. Resultados de la pregunta ¿Utiliza alguna planta con alguno de los siguientes propósitos?
Fuente. Elaboración propia.

Se considera que plantar árboles es importante (ver Figura 6) debido a que producen oxígeno y ayudan a retener suelo, lo cual consideran, ayuda al medio ambiente y al clima, de igual manera, cinco de los encuestados agregaron que plantar árboles es importante porque ayudan a retener la humedad y a alimentar los acuíferos, brindando servicios ecosistémicos. A su vez, comentaron que ellos plantan árboles porque les gustaría ver que sus nietos disfrutaran de los paisajes que ellos pudieron ver de niños.

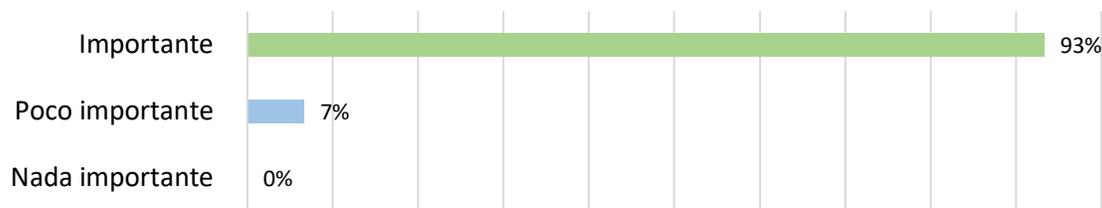


Figura 6. Resultados de la pregunta ¿Considera que plantar árboles es...? Fuente. Elaboración propia.

La importancia que se le da a plantar árboles se ve reflejado en sus prácticas, pues se menciona que llevan a cabo esta acción de dos a cinco veces antes de la temporada de lluvias, principalmente en reforestaciones dentro de sus predios y en menor medida dentro de tierras de uso común.

73 % de las personas considera que la fertilidad del suelo en su parcela ha

disminuido, debido a que para ellos se ha vuelto necesario agregar algún fertilizante para tener buenas cosechas, mientras que el restante menciona que la fertilidad se ha mantenido y considera que la fertilidad ha aumentado.

Aunado a la fertilidad de los suelos, los encuestados identifican las diferencias en sus terrenos, siendo las principales características los colores rojizos y cafés (debido a la presencia de óxidos), algunos encuestados comentan que los suelos de estos colores suelen no dar buenas cosechas, mientras que los suelos de color negro (por la presencia de materia orgánica), amarillentos y pardos son los que prefieren, debido a que dan las mejores cosechas. En cuanto a las principales texturas identificadas se encuentra la arenosa, ya que la mayoría de los encuestados la mencionó y la identifica como tierra infértil; seguida de la textura terronuda, la cual suele dar suelos duros, y la textura pegostiosa o chiclosa que indica un alto contenido de arcillas (ver Figura 7).

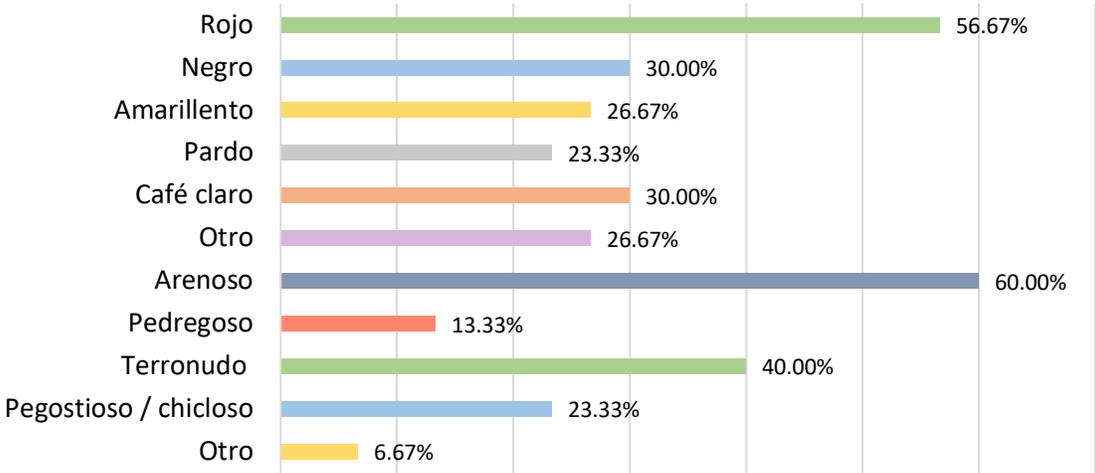


Figura 7. Resultados de la pregunta ¿Cuál de las siguientes características describe los suelos en sus terrenos? Fuente. Elaboración propia.

Analizando las respuestas anteriores, se logra identificar un vínculo complejo entre el uso de plantas, la conservación del suelo y la sostenibilidad ambiental, ya que, aunque se identifican diversos usos para las plantas, como la leña, surge la preocupación sobre la sostenibilidad de estas prácticas y su impacto en la biodiversidad local, pues esta zona, como se comentó con anterioridad, cuenta con

unidades de extracción forestal para la producción de carbón, principalmente (POEREQ, 2009).

A su vez, se visualiza una brecha significativa entre la percepción de la importancia de plantar árboles y las acciones concretas de conservación, ya que algunos de los encuestados comentaron que plantaban árboles frutales con la intención de obtener algún beneficio directo (el fruto) y, además, como beneficio secundario, ayudaban al medio ambiente. Esto, en conjunto con la baja participación social y la búsqueda de incentivos económicos, cuestiona no solo la desconexión entre percepciones y acciones, sino que además resalta una alta individualidad y una ruptura del vínculo social existente en la microcuenca La Beata, en la que en las actividades de cuidado y conservación se prioriza el beneficio personal; sin embargo, no podemos afirmar que sea el único incentivo, pues como ya se mencionó, los pobladores identifican la importancia del cuidado de los elementos naturales en general y lo relacionan con ciertas prácticas que llevan a cabo.

Esto de ninguna manera está mal y no quiere decir que este caso no pueda cambiar, pues solo es el reflejo de un contexto más amplio que debe ser analizado más a fondo y que incluye factores tanto socioeconómicos (la situación económica y el acceso a fuentes de empleo), como biofísicos (la vegetación característica de la zona) y culturales. Este es un claro ejemplo de la necesidad de emplear enfoques más coordinados y estratégicos que, como menciona Barrientos (2013) y Cotler *et al.* (2015) deben considerar el abordaje de las características de cada zona a intervenir, ya que de no hacerlo se podrían obstaculizar los esfuerzos de conservación. Además, la percepción generalizada de una disminución en la fertilidad del suelo y la dependencia de fertilizantes químicos para mantener la productividad agrícola, destacan la urgencia de abordar los problemas de degradación del suelo y promover prácticas agrícolas más sostenibles en la zona.

Mientras tanto, cuando se les preguntó qué eran las obras de conservación de suelos para ellos, mencionaron que eran acciones que se llevaban a cabo para mejorar las características del suelo por medio de fertilizantes, pues de esta manera se le brindaba al suelo los nutrientes necesarios para cuidar de él y así, obtener mejores cosechas (27 %). Algunos, al seleccionar la opción de “Otro”,

argumentaban que en realidad desconocían lo que son este tipo de obras. Además, comentan que las obras de conservación de suelo son actividades que buscan evitar que el suelo se pierda o se desgaste, pues ellos las construyen con el objetivo de retener la mayor cantidad de sedimentos (23 %). Finalmente, el 23 % mencionó que eran actividades cuyo principal objetivo era evitar que los suelos se usen con fines agrícolas o ganaderos por lo cual, están en desacuerdo con este tipo de intervenciones, pues consideran que les están quitando, en algunos casos, su principal fuente de ingresos.

A pesar de las respuestas anteriores, la mayoría considera que es importante llevar a cabo obras de conservación de suelos, pues argumentan que debemos cuidar de la naturaleza, ya que de ella obtenemos los alimentos. Además, el 67 % reconoció realizar obras de conservación de suelo; sin embargo, cuando se les preguntó sobre algunos ejemplos de las obras que implementan, respondieron que la principal acción que llevaban a cabo era fertilizar y abonar el suelo con estiércol y solo 8 de los encuestados mencionaron que realizan reforestaciones, cepas, terrazas de madera y piedra, represas y zanjas.

El análisis de las respuestas revela una variedad de percepciones y prácticas con respecto a las obras de conservación de suelos en la microcuenca La Beata. Estas perspectivas reflejan diferentes niveles de comprensión y compromiso con la conservación del suelo y el medio ambiente.

A pesar de la retórica que enfatiza la importancia ambiental, las prácticas reales de conservación del suelo parecen ser limitadas y superficiales, con un énfasis notable en la fertilización del suelo en lugar de acciones más estructurales. Esta desconexión plantea dudas sobre la efectividad de los esfuerzos de sensibilización y educación ambiental en la región, y destaca la necesidad urgente de un enfoque más integral y comprometido con la conservación del suelo en la microcuenca La Beata.

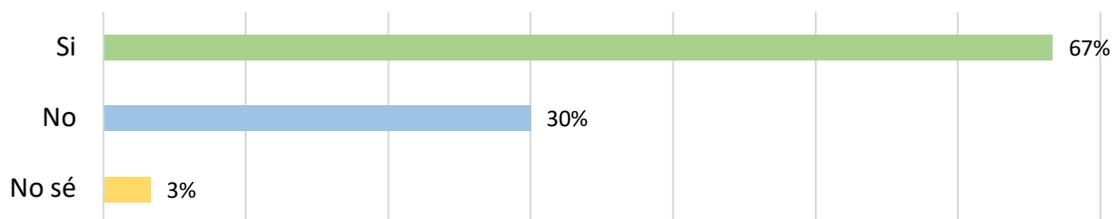


Figura 8. Resultados de la pregunta ¿Ud. Ha realizado alguna obra, técnica o actividad que evite que el suelo se pierda o se desgaste? Fuente. Elaboración propia.

Algunos aseguraron haber recibido información sobre cómo construir obras de conservación de suelo (37 %); sin embargo, solo 7 recibió esta información de manera técnica, por parte de la CONAFOR y SEDEA, principalmente. Por otro lado, 4 encuestados indicaron haber recibido este conocimiento por parte de un familiar mayor (padres, tíos o abuelos), ya que implementan estas técnicas para impedir que el suelo se “lavara”. Más de la mitad de los encuestados respondió no haber recibido este tipo de información y una minoría respondió que desconocían si en algún momento les habían platicado sobre esto.

Se mencionó que, les gustaría recibir información o capacitación sobre los suelos y sus cuidados, para poder atender las necesidades de sus tierras (77 %), el porcentaje restante señaló que no les gustaría recibir ningún tipo de información. Los encuestados que respondieron que les gustaría recibir información, indicaron que les gustaría recibirla de manera demostrativa, por medio de folletos y manuales y a manera de pláticas, pues consideran que así es como aprenderían más, otros respondieron que les gustaría que solo fuera de manera demostrativa, ya que con los ejemplos suele entenderse mejor de lo que se está hablando (20 %).

Se indicó que en el ejido se llevan a cabo obras de conservación de suelos en zonas de uso común, donde los participantes se organizan para realizar distintos tipos de obras, así mismo mencionan que han visto cambios positivos. Por otro lado, comentan que el ejido al que pertenecen no realiza este tipo de obras y 5 personas no apoyarían en este tipo de intervenciones, ya que no cuentan con el tiempo necesario para llevarlas a cabo y no hay ningún beneficio económico de por medio (ver Figura 9).

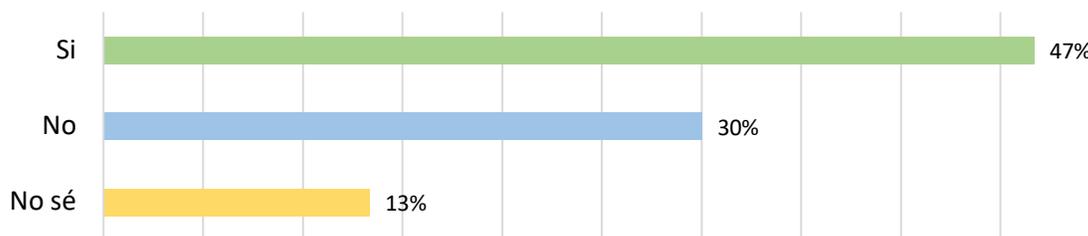


Figura 9. Resultados de la pregunta ¿El ejido ha realizado alguna obra o técnica para cuidar o mejorar la calidad del suelo? Fuente. Elaboración propia.

Las respuestas revelan un interés sobre aprender de la conservación de suelos en la microcuenca La Beata. Aunque la mayoría expresa interés en aprender sobre el suelo y sus cuidados, varios han tenido acceso a este tema, dependiendo en su mayoría de la transmisión intergeneracional de conocimientos. Las preferencias de aprendizaje varían, desde enfoques prácticos y demostrativos hasta el aprendizaje a través de la observación y la práctica directa. Esta predisposición para conocer y recibir información plantea la apertura de entender y comprender mejor no solo la conservación de suelos, sino también las dinámicas y procesos que se llevan a cabo en él. Sin duda, esta característica significa que están abiertos a recibir proyectos de intervención y que mejor si estos proyectos contemplaran la capacitación y transmisión de conocimientos hacia los pobladores.

De las personas que contestaron que en su ejido se han implementado obras de conservación del suelo, más de la mitad reconoció que se lleva a cabo un monitoreo de estas, el cual consiste en realizar recorridos para identificar el estado en el que se encuentran y dar una limpieza de hojarasca principalmente (87 %); una minoría menciona que no se lleva a cabo ningún tipo de seguimiento o no sabe si se realiza o no alguna evaluación.

Por otro lado, la mayoría considera que realizar obras de conservación de suelo no requiere de mucho esfuerzo físico (ver Figura 10), ya que realizan obras de conservación con materiales propios de la zona, que no requieren un amplio traslado de material, mientras que otros comentan que si se requiere cargar cosas pesadas, pero solo cuando el material de la obra lo amerita, como cuando se realizan presas de piedra, aunque comentan que debido a que las obras las realizan

dos o más personas el trabajo se distribuye.

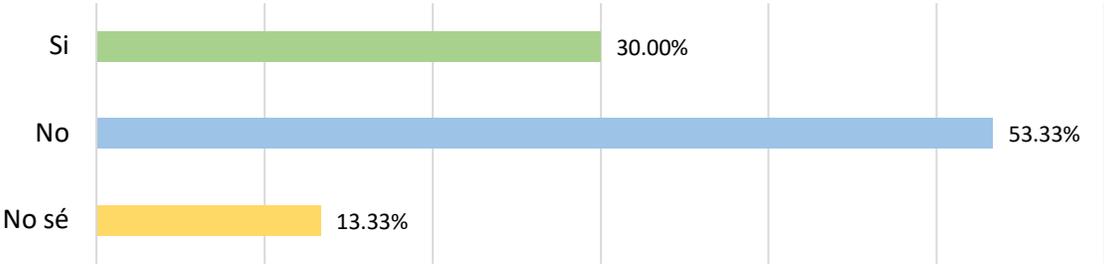


Figura 10. Resultados de la pregunta ¿Considera que realizar obras que cuiden de los suelos requiere de mucho esfuerzo físico? Fuente. Elaboración propia.

Algunos argumentan que este tipo de intervenciones requieren de mucho tiempo, pues es necesario identificar qué zonas requieren las obras, el tipo de obra que se realizará y juntar el material (ver Figura 11), además mencionan que este tipo de actividades prefieren hacerlas temprano, pues por la tarde estar bajo el sol no facilita el trabajo. Así mismo, estas obras requieren mucha dedicación, lo cual afecta las demás actividades que tienen que realizar.

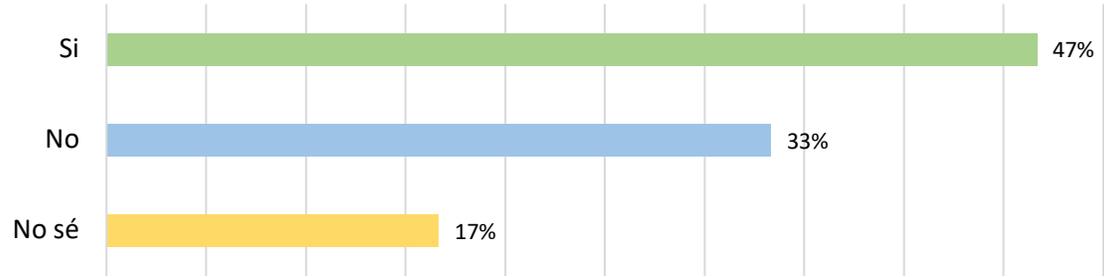


Figura 11. Resultados de la pregunta ¿Considera que realizar obras que cuiden de los suelos requieren de mucho tiempo invertido? Fuente. Elaboración propia.

Se señaló que las obras de conservación son acciones que requieren de una gran cantidad de dinero debido a que para dedicar su tiempo a esto es necesario dejar otras actividades de lado, además los insumos son una limitante relevante, ya que en muchas ocasiones tienen que esperar a que algún programa de gobierno los apoye de manera económica (ver Figura 12).

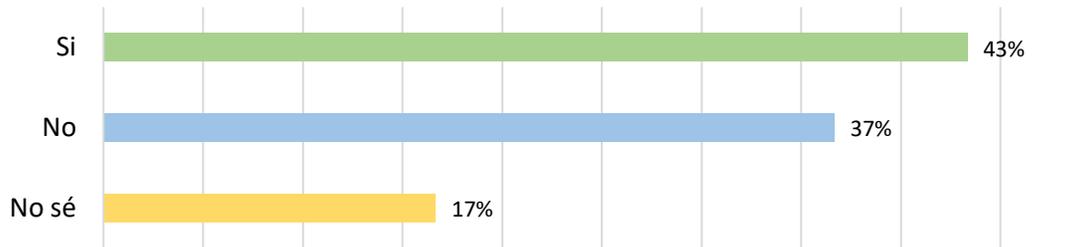


Figura 12. Resultados de la pregunta ¿Considera que es necesario mucho dinero para realizar obras o técnicas que eviten que el suelo se pierda o se desgaste? Fuente. Elaboración propia.

Aunque algunos encuestados están familiarizados con las obras de conservación de suelos, algunos no participan debido a limitaciones de tiempo y percepciones sobre la falta de beneficios económicos directos, pues comentan que el tiempo que se requiere invertir en la construcción de este tipo de obras no les permite llevar a cabo sus actividades diarias con normalidad. De esta manera, se evidencia nuevamente necesidad de desarrollar estrategias integrales que aborden tanto la disponibilidad de información y capacitación como los incentivos y barreras para la participación comunitaria en la conservación del suelo, de acuerdo con las características de la microcuenca.

Al cuestionar a las personas sobre cuanto consideran que se debería de ganar por jornal, la mayoría respondió que de \$350.00 a \$450.00 pesos (ver Figura 13), y al preguntar cuántas obras o metros lineales deberían trabajarse por jornal, estos respondieron un promedio de 30 m si la obra era una fajina y 25 m si era terraza.

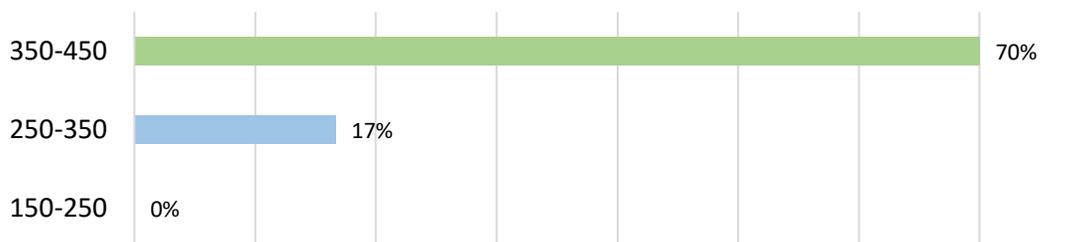


Figura 13. Resultados de la pregunta ¿Cuál considera que debería ser el costo o pago por jornada de trabajo diario? Fuente. Elaboración propia.

En cuanto a las obras consideradas más útiles, comentaron que eran las terrazas y las presas de piedra, pues por los pocos espacios que deja el material, los encuestados consideran que atrapa más suelo, seguido de las terrazas y presas de madera y finalmente los geocostales y las zanjas son las obras que se consideran menos útiles en la retención de sedimento (ver Figura 14).

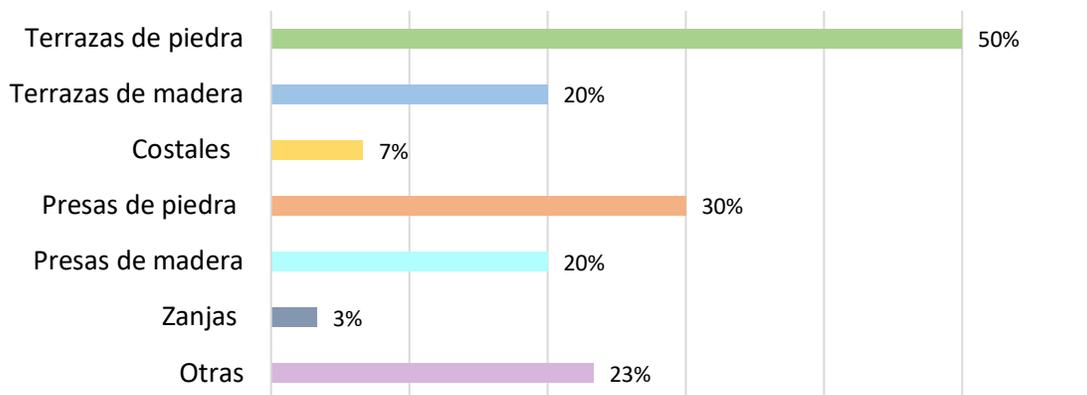


Figura 14. Resultados de la pregunta ¿Cuáles considera Ud. que son las obras más útiles? Fuente. Elaboración propia.

Las terrazas de madera y las zanjas son consideradas las obras más económicas, ya que requieren de muy poco material o materiales que ya se encuentran en el sitio, lo que reduce la inversión, al igual que las presas y terrazas de piedra, aunque las obras que requieren piedra son trabajadas con menor frecuencia debido al peso del material, pues requieren más esfuerzo físico (ver Figura 15).

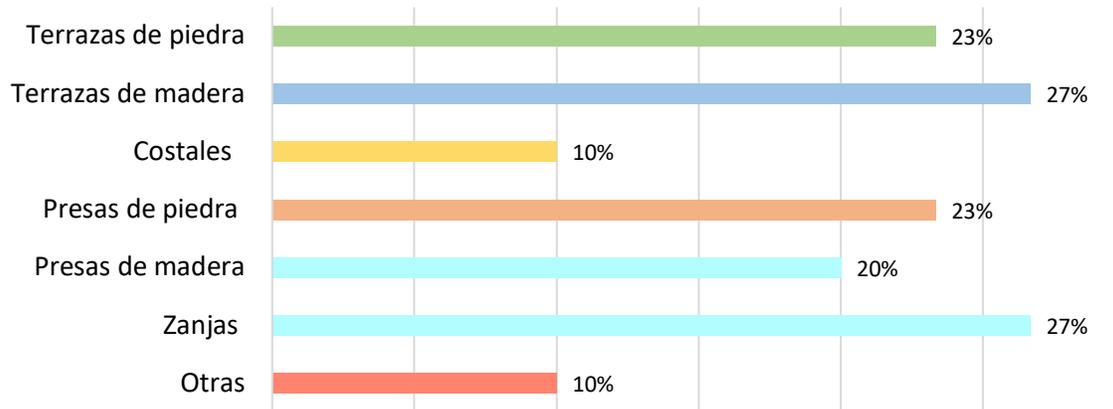


Figura 15. Resultados de la pregunta ¿Cuáles considera Ud. que son las obras más económicas?
Fuente. Elaboración propia.



Figura 16. Resultados de la pregunta ¿Cuáles obras considera Ud. que requieren de más esfuerzo físico? Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, se les preguntó si consideraban que tanto hombres como mujeres pueden construir obras de conservación de suelo, a lo que todos contestaron que sí, aunque 6 personas mencionaron que en la zona había roles de género muy marcados y aunque si bien, no les impedían trabajar en la construcción de las obras si tenían que ganarse, a través de su trabajo, que fuera bien visto esto.

Un punto de discusión común que surge de los datos proporcionados es la importancia de adaptar las estrategias de conservación de suelos a las percepciones, preferencias y necesidades específicas de la comunidad local. Tanto en la valoración del trabajo y la productividad como en la selección de obras de

conservación y la consideración de roles de género, queda claro que, las intervenciones deben tener en cuenta las perspectivas locales para ser efectivas y sostenibles a largo plazo, pues un programa exitoso de conservación de suelos también requiere la participación de propietarios de tierras, agricultores y el público en general (Blanco *et al.*, 2008). Esta adaptación puede incluir el diseño de programas de capacitación y educación, la selección de técnicas de conservación que sean económicamente viables y culturalmente aceptables, y la promoción de la igualdad de género en la participación de actividades de conservación del suelo, ya que como menciona Caire (2004) las cuencas hidrográficas son acreedoras de distintos procesos socioeconómicos y culturales a partir de los cuales se forman diversas formas de interacción de los pobladores con el entorno. Discutir cómo integrar estas consideraciones locales en las estrategias de conservación puede fomentar una mayor participación comunitaria y mejorar la efectividad de las iniciativas de conservación del suelo sin descuidar el aspecto económico (Olguín, 2009).

Finalmente, es importante mencionar que con base en el limitado acceso a empleos, así como la baja disposición a la colaboración y participación social y teniendo en cuenta la situación migratoria general de la microcuenca, los incentivos económicos o en especie podrían impulsar y estimular la participación, posteriormente debido a la manifestación de interés en aprender sobre el suelo, sus cuidados y las obras de conservación, así como la manifestación del conocimiento transgeneracional, cabe la posibilidad de crear o reforzar una conexión no solo con este elemento sino también con su entorno y contexto biofísico y social.

5.2. Enfoques de intervención institucional

Las entrevistas favorecieron la obtención de información sobre la visión institucional con la que se busca implementar obras de conservación de suelos, los tipos de prácticas seleccionadas y los métodos de seguimiento o evaluación o en su caso, la ausencia de estos, así como, los criterios de selección de los predios que son o serán intervenidos. A continuación, se presenta la información obtenida de la entrevista realizada al representante del Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) del acuífero del Valle de San Juan del Río y al representante de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDEA), así como al representante del Parque Natural La Beata (PNB) y del Centro Regional de Capacitación en Cuencas (CRCC).

Los entrevistados mencionan varios enfoques principales desde donde se abordan las problemáticas relacionadas con los suelos. Por su parte, SEDEA comenta que desde un punto de vista forestal, el suelo es relevante debido a que es donde se llevan a cabo procesos indispensables para el desarrollo de la vida.

Por otro lado, desde el punto de vista del COTAS San Juan del Río, el suelo es un recurso finito que requiere ser administrado y gestionado de manera adecuada debido a que es el sostén de la vida, de la producción agrícola y ganadera.

COTAS [...] Es un recurso finito, es el sostén de toda la vida, de todos los árboles, de toda la producción agrícola, ganadera [...].

Por su parte, el enfoque del PNB toma en cuenta una visión de preservación y restauración del equilibrio ecológico del bosque, ya que es donde se ubica el parque, sin embargo, menciona que esta visión debe ser compartida en todos lados, teniendo en cuenta la situación de cada ecosistema, es decir, hay que buscar este equilibrio en las zonas áridas, en las selvas, etc. Además, la persona entrevistada hace énfasis en reconocer la interdependencia de todos los elementos naturales ya sea el agua, el suelo o las plantas y comenta que el PNB busca promover una gestión integral y sostenible para conservar la biodiversidad, fomentando la armonía

entre la comunidad y su entorno.

PNB [...] vemos al bosque como un ente. Que, si algo le falta o algo le sobra, pues entonces empieza a enfermar, empezamos a tener muerte de algunas especies o de poblaciones vulnerables de algunas especies y todo tiene que ver con todo [...].

Por su lado, el CRCC menciona que es importante incorporar diversas perspectivas o enfoques para comprender mejor los problemas y atender de manera integral las necesidades de los suelos, aunque menciona que incluir diversas visiones puede obstaculizar el trabajo colaborativo si no se cuenta con el compromiso necesario de todos los miembros del equipo, además de que en ocasiones se puede llegar a desdibujar el objeto de estudio, pero si se logra un trabajo colaborativo se pueden obtener grandes beneficios.

CRCC [...] el trabajo multidisciplinario tiene esa facilidad. El recorrido que haces para generar un conocimiento significativo es mucho más corto que en cualquier otro tipo de trabajo [...].

Los diferentes enfoques presentados en las entrevistas no pueden ser encasillados fácilmente como buenos o malos, como mejores o peores, ya que estos enfoques están relacionados con los objetivos de las instituciones y con el fin con el que fueron creadas y lo que puede ser bueno para una puede no serlo para la otra y viceversa. Sin embargo, se logra identificar una variedad de enfoques vinculados a la visión de dichas organizaciones o instituciones, lo que resalta la complejidad y la importancia de abordar las problemáticas relacionadas no solo con los suelos sino con todos los elementos que componen los ecosistemas desde una mirada que los integre, ya que como menciona Olguín (2009) esto permite que se reconozca su valor ecológico, económico y social como una interconexión que favorece la integración y participación de comunidades, la construcción de obras de desarrollo, así como el control de la actividad social y económica sobre las cuencas. Las

preguntas que surgen entonces son: ¿cómo integrar estas diversas visiones y enfoques en un marco de trabajo coherente y efectivo para la planificación y ejecución de obras de conservación de suelos? ¿Cómo podemos vincular los objetivos institucionales para optimizar los esfuerzos y garantizar resultados?

Por otro lado, tanto el COTAS como SEDEA concuerdan en que, los cambios de uso de suelo y vegetación, que no toman en cuenta la aptitud o capacidad de uso de suelo, es el proceso que más implicaciones negativas tiene para este elemento, debido a que, condiciona su funcionamiento y características, impactando significativamente en sus procesos y fomentado la pérdida de cubierta vegetal la cual, es el comienzo del proceso erosivo.

SEDEA [...] por cambios de uso del suelo, porque el área agrícola o ganadera gana espacio y pierde espacio lo forestal, entonces es ahí donde se pierde la vegetación y se empieza a erosionar y a degradar el suelo [...].

Además, comentan que el suelo, es un elemento comúnmente incomprendido al que, en ocasiones, no se le da la importancia debida y hasta puede llegar a ser visto como algo sucio o que estorba, puesto que, como sociedad, solemos enfocar la atención a la parte visible o evidente de la naturaleza, ignorando aquellos procesos originados en este elemento y que dan pie a varios servicios ecosistémicos, lo que en esencia no evidencia su importancia. Asimismo, debido a los grandes periodos de tiempo que este elemento requiere para su formación, transporte y pérdida, es que comúnmente el suelo pasa desapercibido.

SEDEA [...] no se le da importancia debido a que, como sociedad, como que no alcanzamos a entender esa parte intangible de la naturaleza, del medio ambiente que nos rodea [...] O sea, todo esto tiene que ver con el tema de los servicios ambientales.

Por su parte, el CRCC destaca la importancia del suelo como la "capa viva de la biosfera", resaltando su papel fundamental en el mantenimiento de la vida en la Tierra. Subraya la necesidad de transmitir este conocimiento a las comunidades

para fomentar la conciencia sobre la importancia de conservar el suelo.

CRCC [...] a mí me parece que es vital transferir ese conocimiento a las comunidades porque no lo conocen, no lo saben y no lo tienen involucrado. Saben que necesitan el suelo para que crezcan las cosas, pero no saben por qué ese suelo ya no sirve y se tienen que cambiar a otro lugar [...].

Además, aborda la degradación del suelo, tanto natural, ya sea por desastres naturales o fenómenos climáticos extremos o por causa de actividades humanas como la agricultura, la deforestación y el crecimiento urbano, y enfatiza la falta de atención adecuada que a menudo recibe este recurso vital.

El CRCC también menciona que, a pesar de su importancia para la vida en la Tierra, el suelo a menudo no recibe la atención adecuada. La falta de comprensión sobre su función y la necesidad de conservación contribuye a esta falta de reconocimiento. Crear conciencia sobre la importancia del suelo y tomar medidas para protegerlo son pasos esenciales para abordar este problema.

De manera similar a los puntos de vista expuestos con anterioridad, el PNB señala que, aunque los suelos desempeñan un papel crucial en la sustentabilidad ambiental y la seguridad alimentaria, no se les otorga la importancia debida. Esto, debido principalmente a la falta de conciencia sobre las repercusiones a largo plazo de su degradación, así como a la falta de regulación y control en su uso y manejo. Además, comentó que la degradación del suelo se ha manifestado en la zona debido al uso indiscriminado de agroquímicos hace décadas, lo que ha resultado en la disminución de poblaciones vegetales y la escasez de insectos, afectando el equilibrio ecológico.

Así como la falta de arraigo de la comunidad con el espacio y su uso no sostenible, pues se llevan a cabo actividades como la extracción de leña y la caza deportiva, las cuales, desde su punto de vista, también contribuyen a esta problemática. Es importante resaltar que el representante del PNB menciona que la mayor parte de la comunidad local no identifica el deterioro del suelo, ya que no dependen directamente de la tierra para subsistir pues, muchos de ellos viven de

remesas o de recursos adquiridos en el extranjero, lo que reduce su conexión con el entorno natural. Esto dificulta identificar la erosión como una problemática dentro de la microcuenca, ya que como se mencionó en la caracterización socioeconómica y de acuerdo con Calixto y Herrera (2010) la manera de percibir la erosión del suelo por parte de los pobladores de ciertas localidades, en ocasiones, puede observarse como una problemática ajena a ellos mismos, lo que, en esencia, no la convierte en una problemática real para la localidad, esto resulta en una limitación de iniciativa y participación en su cuidado.

PNB [...] la mayoría de las personas de estas comunidades no dependen, no viven de la Tierra, no tienen una identificación o un arraigo porque no, no viven de ella, la mayoría las de las familias de los alrededores, viven de las remesas o la gente se va a Estados Unidos [...].

En cuanto a las acciones que se pueden llevar a cabo para combatir los fenómenos de pérdida de suelo el entrevistado de SEDEA menciona que es necesario que los tomadores de decisiones lleven a cabo procesos de sensibilización en todos los niveles y en todos los sectores, diversificando los canales a partir de los cuales la población se puede familiarizar con la importancia que tiene este elemento y así, generar interés en protegerlo. Mientras que el representante del COTAS considera que es necesario llevar a cabo buenas prácticas agrícolas, que cuiden de este elemento para evitar contaminarlo y desgastarlo. De igual forma, menciona que, es imprescindible que las personas que cuentan con el conocimiento adecuado sepan transmitirlo de una manera entendible para todos los públicos y al mismo tiempo que la información esté al alcance de todos.

COTAS [...] Entre las cosas que se sugieren justamente en la agricultura ha sido que dejemos de usar tanta carga de fertilizantes, [...] lo que necesitamos es que cada uno de los que se están formando [...] que sepan comunicar, que sepan adaptar el discurso a los diferentes, públicos, a los diferentes sectores

y definitivamente, pues se va a ir dando el cambio.

Mientras que el representante del PNB destaca la importancia de educar a la comunidad sobre prácticas sostenibles mediante talleres y actividades prácticas y sugiere enfocarse en enseñar habilidades que les sean útiles en la vida diaria, como la fabricación de jabones, para incentivar su participación en actividades relacionadas con la conservación del suelo.

PNB [...] Entonces aprovechas estos espacios para transmitir esta información, pero también les dices, oye, mira esto que puedes hacer ahora a partir de estos conocimientos nuevos que estás adquiriendo, pues te están ayudando para empezar, sabes lo que te estás comiendo, sabes lo que te estás poniendo en la piel y así podemos reforzar el vínculo con el entorno [...].

Por otro lado, el CRCC resalta la importancia de involucrar activamente a las personas dueñas de los predios en los proyectos de conservación del suelo. Lo que implica no solo informar y educar a las comunidades sobre la importancia de la conservación del suelo, sino también capacitar y empoderar a líderes locales como promotores de estos proyectos. Estos promotores locales, al estar arraigados en la comunidad, pueden facilitar la comunicación y el intercambio de conocimientos, así como promover la participación de la comunidad en la planificación y ejecución de proyectos.

Estos enfoques expuestos son complementarios y necesarios para una comprensión integral de la problemática del suelo. El enfoque del CRCC proporciona una visión general sobre la importancia del suelo a nivel global y la necesidad de conciencia pública, mientras que el enfoque del Parque Natural La Beata, el COTAS y SEDEA se enfoca en acciones concretas para abordar la degradación del suelo a nivel local. Integrar ambos enfoques podría mejorar la comprensión y la acción en la conservación del suelo.

Los entrevistados coinciden en que la falta de reconocimiento y comprensión adecuada de la importancia del suelo, así como de sus cuidados, es una realidad y

plantea un desafío significativo para la conservación y gestión sostenible del suelo. La verdadera incógnita es: ¿Cómo pueden los gobiernos, las instituciones y las organizaciones colaborar para desarrollar e implementar programas efectivos de sensibilización y educación que promuevan una comprensión más profunda de la importancia del suelo? ¿Por qué, si reconocen esta problemática, no la han atacado de manera formal? Es decir, ¿por qué no la consideran desde el planteamiento de la intervención? Sin duda, la educación y sensibilización ambiental es una responsabilidad compartida con la población en general. Sin embargo, considero que las instituciones que llevan a cabo procesos de intervención de suelos tienen el compromiso de difundir que es lo que se va a realizar, donde y por qué, ya que, según los principios de conservación ambiental, la conservación y cuidado de los suelos comienza con la educación y sensibilización de la población sobre este tema.

El punto anterior puede incentivar la participación de la población local, lo que es fundamental para el éxito de los proyectos de conservación del suelo, ya que al involucrar a los miembros de la comunidad en la toma de decisiones y proporcionarles la información y capacitación necesarias se puede contribuir de manera significativa al proyecto. Además, de acuerdo con Cerati *et al.* (2016) el proceso participativo fomenta la expresión de opiniones y, desarrolle el liderazgo de la población en temas ambientales. Además, es importante reconocer y valorar el conocimiento tradicional y las prácticas locales, pero esto solo se puede lograr entablando un diálogo, del cual actualmente carecen la mayoría de este tipo de proyectos. Al fomentar una mayor participación comunitaria en la conservación del suelo, se puede garantizar una mayor aceptación y apoyo de los proyectos por parte de la población local desde un sentido de pertenencia, lo que a su vez contribuirá a su éxito a largo plazo (Alcalá *et al.*, 2020).

En cuanto a las obras de conservación, de manera particular el entrevistado de SEDEA considera que es importante analizarlas desde un enfoque de restauración integral ecosistémica, en la que las obras de conservación sean implementadas de manera paralela a otro tipo de intervenciones, como lo son las reforestaciones y buenas prácticas agrícolas en las que se evite el pastoreo o bien, realizar un pastoreo controlado, también señaló la importancia de implantar brechas

cortafuego como parte de las acciones que, en un ideal deberían llevarse a cabo de manera conjunta, sin embargo, menciona que tanto la inversión económica como de mano de obra son limitantes a la que se enfrentan los proyectos de esta secretaría, ya que comenta que este tipo de obras requieren de al menos cinco años de seguimiento para asegurar el éxito del proyecto.

Por otro lado, el entrevistado del COTAS, analiza las obras de conservación de suelo como una estrategia que funciona, debido a que permiten ver beneficios en un corto plazo, pero que deberían trabajar a la par de acciones que admitan conservar el rubro o uso actual de los suelos, pero de una manera más cautelosa.

SEDEA [...] Si funcionan esas obras [...] bueno, en realidad [...] hace falta visualizar el tema de reforestación bajo el concepto de restauración integral de ecosistemas [...] Eso sería el concepto ideal, pero demanda mucho recurso [...].

Tanto el representante del COTAS como de SEDEA coinciden en que, las obras de conservación de suelo son una estrategia que debe ser implementada considerando las características de la zona que se va a intervenir, puesto que dependiendo de esto será el tipo de obra con la que se va a trabajar. Además, el entrevistado de SEDEA considera importante que las obras de conservación se realicen con los materiales localizados dentro de la zona a intervenir. Por otro lado, el entrevistado del COTAS opina que las obras de conservación deben ser implementadas, dándoles un seguimiento que permita un aprendizaje continuo, en el que los errores puedan ser corregidos y no perpetuados.

COTAS [...] creo que es perfectible, definitivamente, ¿cuándo se da cuenta uno?, cuando las haces, entonces si todo es perfectible, la mejora continua es algo que siempre tiene que existir, y además, va cambiando, [...] no podemos decir que hay fórmulas estáticas, sino que más bien hay que hablar de estrategias adaptativas [...].

Por su parte, el representante del PNB reconoce la importancia de las obras

de conservación del suelo, como la cosecha de agua a partir de la construcción de zanjas y terrazas, para reducir la erosión y retener el suelo. Sin embargo, admite que estas estrategias o intervenciones deben realizarse tomando en cuenta las características de la zona a intervenir pues, cuestiona la objetividad de la implementación de ciertos tipos de obras que no benefician al ecosistema, pues en su experiencia, ha identificado la intervención de zonas que no lo requieren, así como el uso de materiales ajenos a las zonas intervenidas. Además, hace referencia a las obras llevadas a cabo dentro del parque y menciona que se observan cambios positivos en el paisaje, como el crecimiento de arbustos y la disminución de la mortalidad de árboles adultos. Aunado a esto, plantea la necesidad de involucrar a toda la comunidad en la conservación del suelo, más allá de las iniciativas del parque y sugiere que tanto el gobierno local como las organizaciones no gubernamentales deberían apoyar y promover acciones de conservación del suelo, aunque identifica algunas ventajas cuando los proyectos de intervención son de origen privado.

PBN [...] algo importante que me gustaría mencionar, es que, este tipo de proyectos, en mi particular opinión, sí tiene un futuro cuando se llevan a cabo por iniciativa privada. Porque se tiene la ventaja del recurso, no es un recurso ilimitado, pero es por un mayor tiempo comparado con, por ejemplo, el gobierno municipal o el estado, eso y pues también que como se trabaja con recurso propio, se cuida más [...].

Mientras que el CRCC resalta la importancia de involucrar a la población local en el proceso de intervención para lograr resultados efectivos y sostenibles a lo largo del tiempo y, menciona la falta de congruencia entre las políticas a nivel federal, estatal y municipal en relación con las necesidades del territorio y la falta de prioridad que se le da a la parte ambiental en el gobierno federal.

CRCC [...] parece ser que no importa quién esté en el Gobierno federal, si no hay una directriz del gobierno federal, los Estados y los municipios no son

capaces de establecer sus propias políticas al respecto [...].

Se identifica que, comúnmente la carencia de recursos financieros y de mano de obra supone un desafío significativo para llevar a cabo proyectos de conservación del suelo que contemplen no solo la intervención, sino también el monitoreo y los enfoques participativos. Para afrontar este desafío, resulta fundamental vincular o relacionar los objetivos de las diferentes instituciones u organizaciones, encaminadas a la conservación de suelos, esto con la intención de optimizar el uso de los recursos disponibles y reducir los costos de operación, lo que permitiría instaurar sistemas de monitoreo y evaluación a largo plazo para identificar el impacto de las obras de conservación en el suelo. Al mismo tiempo, permitiría adoptar mecanismos que fomenten la participación a lo largo de todas las etapas de intervención, desde la elección de las zonas a intervenir hasta el proceso de monitoreo o evaluación.

En cuanto a los principales obstáculos al realizar obras de conservación de suelos, el entrevistado de SEDEA menciona la disponibilidad de recursos por parte de los dueños de terrenos afectados, ya que considera que son contadas las personas que realmente tienen la convicción de cuidar su terreno a partir de la intervención de trabajo, tiempo y dinero propio. Sin embargo, también comenta, que esto puede traducirse en una falta de conciencia social en la que, con frecuencia el usuario del predio espera que el gobierno apoye y resuelva las problemáticas de su terreno, cuando en realidad debería existir una cooperación entre sociedad y gobierno para lograr mejores resultados.

Por su parte, el entrevistado del COTAS considera que los principales obstáculos al realizar obras de conservación de suelos es la divulgación de la información, puesto que, se necesita que haya especialistas comprometidos con transmitir información confiable y veraz de manera clara, para que la población en general comprenda las problemáticas ambientales y comience a ser parte de la solución. Además, señala que encontrar un objetivo en común con los principales actores representa un obstáculo, ya que pocas veces se logra coincidir con la mayoría, pero cuando se logra, las soluciones a esta problemática suelen fluir con

mayor rapidez.

SEDEA [...] los principales obstáculos creo que pudiera ser la disponibilidad de recurso, es decir, si a alguien le dices tu terreno se está lesionando, tu terreno está degradado, hay que recuperarlo, dice: pues sí, pero no tengo ni recursos ni tiempo para ir a restaurarlo, pero si el Gobierno me da recurso, pues lo hago [...].

Los criterios tomados en cuenta para la selección de sitios a intervenir varían dependiendo de los requisitos de los programas, pero de manera general los entrevistados concuerdan en dos puntos, siendo el primer criterio que el o los predios seleccionados presenten un grado elevado de degradación del suelo; el segundo criterio es que las zonas a intervenir sean zonas de recarga. Un tercer criterio para SEDEA es contar con el permiso de los usuarios de el o los predios a intervenir, ya que el entrevistado menciona que cuando se implementan obras de conservación de suelo se busca también que los terrenos o predios limiten o excluyan las actividades agrícolas y ganaderas, con el fin de cuidar y acelerar los beneficios de este tipo de intervenciones, para lo cual, el consentimiento es indispensable, pues se busca no afectar a los pobladores.

COTAS [...] Donde busquemos que se conserven los cauces, por ejemplo, que su velocidad disminuya si son pendientes muy prolongadas y con ello, pues se evita inundaciones, o sea, zonas muy erosionadas; en las zonas de recarga altamente degradadas, a lo mejor en su cobertura vegetal, porque sabemos que después paulatinamente va a venir la degradación del suelo [...].

Por su parte, el CRCC comenta que el criterio más relevante a tener en cuenta son las cuencas degradadas, Especialmente las cabeceras de las cuencas, aunque sean minicuenas, microcuencas o unidad descubrimientos, tienes una degradación en la parte alta por lo que es ahí en donde debes de comenzar.

CRCC [...] con ese criterio tienes la garantía de que todo lo que va a pasar y

que todos los efectos acumulativos positivos que vas a causar al manejar la parte de la cuenca alta lo vas a generar en la parte baja también [...].

En cuanto al monitoreo y evaluación de las obras de conservación, el entrevistado de SEDEA comentó que, de manera anual, se realiza un seguimiento que consiste en verificar la sobrevivencia de planta y observar el deterioro y daño de las obras de conservación de suelo, en caso de que tengan un deterioro considerable se realiza su restauración; de igual manera se hace un recorrido para ver el estado del cerco perimetral y la brecha corta fuego.

A su vez, el entrevistado del COTAS hizo énfasis en que a las obras de reforestación se les hace un monitoreo de la tasa de supervivencia por medio de un recorrido y de dron, pero a las obras de conservación, no se les realiza ningún tipo de seguimiento o evaluación.

A partir de estas respuestas podemos determinar que, aunque existe una evaluación de la condición en la que se encuentran las obras, por parte de SEDEA, no existe un seguimiento y, por lo tanto, tampoco evidencia en cuanto al alcance y función del objetivo con el que fueron creadas, es decir, no se monitorea o evalúa la retención de sedimentos ni la eficacia de las obras en términos de erosión en ninguna de las dos instituciones, sin embargo, el COTAS identifica la relevancia del monitoreo.

SEDEA [...] Sí, año con año vamos haciendo un monitoreo [...] obviamente estamos invitando a la gente, a los dueños de los predios a que hagan reposición de planta [...] el monitoreo consiste en hacer un recorrido de verificación de sobrevivencia de planta y ver si las obras de suelo se mantienen y no han sido dañadas o deterioradas [...]

Por su parte, el representante del PNB comenta que, aunque no se ha realizado un seguimiento formal de las obras, se han observado efectos positivos como el crecimiento de arbustos y árboles. Se contempla realizar un seguimiento en el futuro, pero actualmente la prioridad es continuar con nuevas intervenciones donde sea necesario. Además de que están dejando un tiempo aproximado de un

año para identificar bien las diferencias encontradas en un largo plazo. Mientras que el CRCC enfatiza la importancia de realizar evaluaciones periódicas de las obras de conservación del suelo para determinar su eficacia y realizar ajustes si es necesario, lo cual implica no solo evaluar el impacto inmediato de las obras, sino también su efectividad a largo plazo. Por lo que propone un enfoque adaptativo donde se esté abierto a modificar las técnicas o intervenciones según la retroalimentación y los resultados obtenidos en el terreno.

El entrevistado de SEDEA, comenta que considera que la aceptación de este tipo de intervenciones por parte de los usuarios es positiva, ya que cuando ven los beneficios que su predio tiene (más vegetación y mejores condiciones) los anima a seguir con este tipo de prácticas y, cuando se les explica el alcance que tienen estas obras no solo para ellos, sino para el medio ambiente en general, es algo que fomenta una actitud de servicio.

En cuanto al entrevistado del COTAS, menciona que la aceptación e iniciativa en participar en este tipo de proyectos, comúnmente varía dependiendo de la edad de los usuarios, ya que mientras los usuarios de mayor edad suelen mostrar un poco de renuencia a este tipo de actividades, a menos de que vean alguna retribución para ellos; las personas jóvenes y de mediana edad suelen observarse más abiertas a este tipo de proyectos debido a que toman más acción y muestran más interés, además comenta que es importante priorizar los apoyos económicos, ya que estos suelen incentivar la participación de los usuarios en general.

COTAS [...] La sociedad ha cambiado mucho y las juventudes, que son las que toman buena parte de acción, ahora también son otras personas, o sea, son otros valores [...] por ejemplo las personas de mayor edad, pues siempre con reticencia, muchas veces sí participan porque cuando ven que el beneficio es evidente, como que dicen: OK, ya no hay de otra, pero es muy difícil. La gente de 30 a 45 años como que responde bien a los cambios, incluso tú les comentas con datos técnicos y definitivamente tienen la intención de hacerlo [...] por desgracia lo que está faltando es que, sí es mucho esfuerzo, no lo van a hacer entonces [...] el lenguaje económico es el que tenemos que empezar

a hablar [...].

Finalmente, el CRCC considera que hay ocasiones en las que es necesario en un inicio, trabajar a partir de incentivos y hay veces que la misma posibilidad de una crisis te da chance de que se haga, sin incentivos, pero sea cual sea el caso el incentivo económico no es algo que deba prevalecer porque ¿Qué pasara el día que el incentivo económico pare? Esto no garantiza de ninguna manera el éxito, en este caso la adopción, cuidado o monitoreo de la práctica y, por el contrario, puede ser contraproducente, pues la motivación es económica.

Indudablemente, la aceptación o rechazo de intervenciones de conservación del suelo por parte de la comunidad está condicionada por diversos aspectos que varían desde la disposición individual hasta la zona en que se llevará a cabo la intervención ya que, cada territorio es único y no replicable (García, 2013). Debido a esto, es fundamental evaluar las características sociales de cada zona a intervenir, porque estos factores no son iguales en todos lados y lo que puede funcionar para motivar la participación social en una zona puede complicar el proceso en otra.

Por otro lado, los incentivos económicos pueden resultar útiles para motivar la participación inicial; sin embargo, la participación social no puede estar basada en este tipo de retribuciones, ya que existe el riesgo de que esta participación sea temporal y condicionada a la retribución económica y puede desviar el interés de otros aspectos importantes de la conservación, como la educación ambiental, pero para llegar a esto se requiere proporcionar información clara y accesible sobre los beneficios ambientales y sociales de la conservación del suelo, así como de los efectos negativos que se pueden llegar a producir y que, bajo un enfoque de cuencas estos efectos son acumulativos a lo largo del sistema de corrientes y condicionan la calidad y capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (Cotler *et al.*, 2013).

5.3. Estimación económica de las obras de conservación de suelos

A continuación, se muestra el desglose del costo aproximado por m^2 , m^3 o metro lineal según corresponda a la obra de conservación, actualizando los costos presentados en el Manual de obras y prácticas. Protección, conservación y restauración de suelos forestales de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), donde se valora tanto el material necesario como el costo de la mano de obra. Hay que contemplar que en ocasiones el presupuesto de los proyectos o el origen de la intervención no toma en cuenta o no alcanza para el pago de jornales, o solo puede cubrirse de manera parcial, por lo que este gasto puede, dependiendo del proyecto, ignorarse o tomarse en cuenta un porcentaje menor. Del mismo modo, se presenta una descripción general de las obras y recomendaciones abordadas en los Criterios Técnicos para la Ejecución de Proyectos de Conservación y Restauración de Suelos de la CONAFOR. Esto se hace con la intención de ofrecer una visión ilustrativa y considerar el trabajo físico necesario para estas obras, así como el tiempo requerido para equilibrar el sacrificio físico/económico con los beneficios.

Barreras filtrantes de piedra acomodada (m^3)

Este tipo de obra se caracteriza por construirse de manera perpendicular al cauce del río, se recomienda su uso para mitigar los efectos de la erosión en cárcavas, ya que disminuye el flujo de agua, así como la velocidad del escurrimiento mientras retiene los sedimentos removidos aguas arriba, estabilizando la cárcava.

Al construir este tipo de obra es necesario tener en cuenta las especificaciones para su elaboración, las cuales consideran una altura de entre 1.2 m y 2.5 m y su longitud no debe exceder los 7 m de largo, por lo que hay que tener en consideración construir estas obras en sitios con una longitud igual o menor. Además, la comisión nacional forestal recomienda como mínimo construir $.87 m^3$ de barreras filtrantes de piedra acomodada por ha. En la tabla 3 se desglosa el costo de la construcción de barrera filtrante de piedra acomodada por m^3 .

Tabla 3. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de barrera filtrante de piedra acomodada.

<i>Insumos</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo por unidad</i>	<i>Número de unidades</i>	<i>Costo de actividad</i>
Medición de pendientes y ubicación de presas	Jornal	250	0.25	62.5
Limpieza, trazo, nivelación y retiro de material	Jornal	250	0.25	62.5
Excavación para cimentación	Jornal	250	0.3	75
Excavación para empotramiento	Jornal	250	0.3	75
Acomodo de piedra	Jornal	250	0.75	187.5
Acarreo	Jornal	250	0.75	187.5
			Total	650

Fuente. Elaboración propia.

Presas de morillos (m³)

Estas estructuras son construidas a manera de barrera, ya que deben contar con una posición opuesta al cauce, con el fin de controlar la erosión de cárcavas. Además, retiene sedimentos que, a corto plazo, suelen favorecer el nacimiento de cobertura vegetal que retiene la humedad y estabiliza la cárcava (véase la Tabla 4 para identificar el costo desglosado de la construcción de un m³ de presa de morillos). A grandes rasgos, las presas de morillos están conformadas por postes colocados de manera vertical y troncos (con diámetros mayores a los 10 cm) de manera horizontal y sujetos con alambre. Se recomienda construir este tipo de obra a una distancia considerable del inicio de la obra y, antecediéndole, cabeceos de cárcavas o alguna otra obra que evite el crecimiento de la misma. La vida útil de esta obra varía entre dos y cinco años dependiendo de las características de la zona intervenida y los cuidados o mantenimiento que se le brinden; estas obras se deben llevar a cabo con material vegetal muerto encontrado en la zona. Finalmente, la comisión nacional forestal recomienda realizar un mínimo de 2.31 m³ por ha.

Tabla 4. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de presa de morillos.

<i>Insumos</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo por unidad</i>	<i>Número de unidades</i>	<i>Costo de actividad</i>
Recolecta y distribución de material	Jornal	250	0.5	125
Limpieza y excavación para empotramiento	Jornal	250	0.3	75
Conformación de presa	Jornal	250	0.5	125
Estacado y amarrado	Jornal	250	0.35	87.5
Alambre galvanizado 14	Kg	35	0.5	17.5
			Total	430

Fuente. Elaboración propia.

Presas de geocostales (m³)

Las presas de geocostales son obras de conservación de suelos que constan del acomodo del geocostal, el cual, es un geotextil que es relleno con suelo de la zona intervenida, a manera de barrera, es decir, de manera transversal al cauce o flujo del agua (ver Tabla 5) con el objetivo principal de controlar la erosión en cárcavas y mitigar la velocidad del flujo de agua, además funciona como trampa de sedimento y para retener la humedad. De manera general, se recomienda este tipo de estructuras en cárcavas de menos de un metro de altura con pendientes de entre el 10 % y un 35%, así como construir un mínimo de .54 m³ por ha.

Tabla 5. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de presa de geocostales.

Insumos	Unidad	Costo por unidad	Número de unidades	Costo de actividad
Medición de pendientes y ubicación de cárcavas	Jornal	250	0.25	62.5
Limpieza, trazo, nivelación y retiro de material	Jornal	250	0.25	62.5
Excavación para cimentación	Jornal	250	0.25	62.5
Excavación para llenado de geocostales	Jornal	250	0.25	62.5
Llenado y acomodo de geocostales	Jornal	250	0.25	62.5
Geocostales	geocostales	23	20	460
			Total	772.5

Fuente. Elaboración propia.

Presas de gaviones (m³)

Las presas de gaviones son obras de conservación conformadas por jaulas de malla o alambre, las cuales son rellenas de piedras y es considerada una obra de larga duración (mayor a cinco años). Sus principales beneficios son: mitigar la erosión hídrica a partir de la disminución de la velocidad de escurrimiento, favoreciendo la retención de sedimentos y la infiltración del agua. Los gaviones o presas de gaviones comúnmente son implementados en cárcavas con al menos dos metros de ancho y un metro de alto. Dentro de las recomendaciones de la comisión nacional forestal se encuentra rellenar las jaulas con rocas de buena firmeza y de mediano a gran tamaño, así como construir un mínimo de .29 m³ por ha, debido a los altos costos de construcción (ver la Tabla 6. Para identificar el costo desglosado de la construcción de un m³ de presa de gavión.

Tabla 6. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de presa de gavión.

Insumos	Unidad	Costo por unidad	Número de unidades	Costo de actividad
Ubicación limpia y trazo	Jornal	250	0.15	37.5
Excavación y cimentación	Jornal	250	0.5	125
Conformación de presa (alambre)	Jornal	250	0.5	125
Acomodo de piedra	Jornal	250	1.5	375
Pepena de piedra	Jornal	250	0.75	187.5
Acarreo	Jornal	250	0.75	187.5
Excavación para delantal	Jornal	250	0.5	125
Construcción de delantal	Jornal	250	0.5	125
			Subtotal	1287.5
Malla ciclonica	m ³	640	1	640
Alambre galvanizado 14	Kg	35	0.2	7
			Total	1934.5

Fuente. Elaboración propia.

Cabeceo de cárcavas (m²)

El cabeceo de cárcavas es una obra construida en la parte inicial de la cárcava para evitar que la erosión remontante se siga extendiendo aguas arriba. Esta obra consiste en colocar roca principalmente, aunque también puede colocarse material vegetal muerto con el fin de proteger el suelo, mitigando la energía de las gotas de

lluvia y la escorrentía (ver Figura 7). Además, sirve para disminuir la parte inicial de la cárcava y la pendiente de los taludes. Esta es una obra que debe ir acompañada de otro tipo de estructuras que disminuyan la velocidad y volumen del flujo de agua y se recomienda realizar un mínimo de 2.21 m² por ha.

Tabla 7. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m² de cabeceo de cárcava.

Insumos	Unidad	Costo por unidad	Número de unidades	Costo de actividad
Limpieza y excavación para Colocación del zampeado	Jornal	250	0.3	75
Pepena de piedra	Jornal	250	0.3	75
Acarreo	Jornal	250	0.3	75
Acomodo de piedra	Jornal	250	0.5	125
			Total	350

Fuente. Elaboración propia.

Terrazas (m)

Las terrazas son consideradas terraplenes que tienen su origen en el movimiento del suelo. Las terrazas buscan detener el sedimento que proviene del área entre terrazas, formando una línea de desagüe aguas abajo. Estas estructuras son recomendadas en laderas con pendientes poco pronunciadas y son usadas para controlar la erosión hídrica de tipo laminar principalmente y entre los beneficios de su implementación se encuentra el incremento de la superficie de especies vegetales, evitar el azolve de cuerpos de agua y disminuir la longitud de la pendiente (ver Figura 8 para distinguir el costo por m de terraza). CONAFOR recomienda una separación entre estructuras de 25 m además de la construcción mínima de 400 m por ha.

Tabla 8. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m de terraza.

Insumos	Unidad	Costo por unidad	Número de unidades	Costo de actividad
Trazo de curvas a nivel	Jornal	250	0.25	62.5
Excavación para formación de zanja	Jornal	250	0.3	75
Conformación del bordo	Jornal	250	0.3	75
			Total	212.5

Fuente. Elaboración propia.

Barrera de piedra a curva de nivel (m³)

Las barreras de piedra son obras de conservación de suelo caracterizadas por estar colocadas de manera lineal coincidiendo con las curvas de nivel y de manera transversal a la pendiente, estas barreras suelen tener .30 m de ancho y .30 m de altura. Estas obras son recomendadas para mitigar los efectos de la erosión hídrica de tipo laminar, ya que disminuye la velocidad de la escorrentía y retiene la humedad y sedimento necesario para que la vegetación prolifere aumentando la infiltración, de acuerdo con la comisión nacional forestal, se recomienda realizar un mínimo de 400 m³ de barrera de piedra por ha (ver Figura 9 para identificar el costo).

Tabla 9. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de barrera de piedra a curva de nivel.

Insumos	Unidad	Costo por unidad	Número de unidades	Costo de actividad
Trazo de curvas a nivel	Jornal	250	0.25	62.5
Pepeña de piedra	Jornal	250	0.3	75
Acarreo	Jornal	250	0.3	75
Acomodo de piedra	Jornal	250	0.5	125
			Total	337.5

Fuente. Elaboración propia.

Zanjas trincheras (m³)

Estas obras de conservación son excavaciones que cuentan con .4 m de ancho por .4 m de profundidad y hasta 2 m de largo; suelen realizarse a “tres bolillo” con bordos de .6 m de base y .4 m de altura (ver Figura 10 para ubicar el costo por m³ de zanja trincheras). Esta construcción es recomendada para zonas semiáridas con pendientes menores al 30 % y entre sus beneficios se encuentra: disminuir la velocidad del flujo de agua y aumentar la infiltración de esta. Además, funcionan como trampa de sedimentos, evitando el azolve de cuerpos de agua. La CONAFOR recomienda que las zanjas se construyan con un mínimo de 400 m por hectárea.

Tabla 10. Costo desglosado en moneda nacional (MXN) de la construcción de un m³ de zanja trinchera.

Insumos	Unidad	Costo por unidad	Número de unidades	Costo de actividad
Trazo de curvas a nivel	Jornal	250	0.25	62.5
Limpieza del terreno	Jornal	250	0.25	62.5
Excavación	Jornal	250	0.3	75
Conformación del bordo	Jornal	250	0.25	62.5
			Total	262.5

Fuente. Elaboración propia.

Entre las principales consideraciones a la hora de construir obras de conservación de suelos hay que tener en cuenta la prudencia de ellas y elegir las no solo en función de las necesidades de la zona, sino también de las características del lugar a intervenir, de la disponibilidad de materiales y su durabilidad, ya que de acuerdo con Moreno (2008) y Lazos y Paré (2000) un conocimiento profundo del funcionamiento y necesidades del entorno permite adoptar estrategias más efectivas para su cuidado.

Como podemos observar los costos varían significativamente entre las diferentes obras así como las condiciones bajo las cuales son más efectivas, por ejemplo, mientras que la obra con el costo más elevado son las presas de gaviones (1934.5 pesos/m³), las terrazas fueron el tipo de obra más accesible económicamente hablando (212.5 pesos/m); sin embargo, la eficacia y aplicabilidad varía significativamente, pues en el caso de los gaviones, resultan ser una mejor opción cuando nos encontramos con cárcavas en un estado avanzado y de dimensiones considerables mientras que zanjas son más apropiadas para zonas semiáridas con pendientes menores al 30 %, ayudando a reducir la velocidad del agua y a incrementar la infiltración y lo mismo sucede cuando hablamos de la

disponibilidad de los materiales, la durabilidad de las estructuras y su necesidad de mantenimiento, esto sin mencionar que la demanda de esfuerzo físico requerido en cada una de las obras es diferente y no siempre proporcional al beneficio obtenido.

Como se ha venido discutiendo, la implementación de este tipo de obras no solo tiene un impacto en la conservación del suelo, sino también en la economía local y en las comunidades. Contemplar a las poblaciones a la hora de realizar este tipo de intervenciones, no solo para construir las obras, sino también para informar lo que se va a realizar, por qué se va a realizar y cuál es la importancia de esto es fundamental no solo para proporcionar empleo local, sino también para concientizar y sensibilizar a la población en cuanto a la educación ambiental, ya que un mejor entendimiento y aceptación de las obras de conservación de suelos, de acuerdo con Alcalá *et al.* (2020) puede permitir la adopción de estas desde un sentido de pertenencia. Y finalmente, porque hay cierto grado de responsabilidad que recae en las organizaciones e instituciones de informar sobre los procesos que se llevan a cabo dentro de las zonas que habitan o forman parte de su cotidianidad.

Por lo tanto, aunque este apartado ofrece información de índole económico y técnico, es indispensable que la elección de las obras de conservación de suelos más adecuadas para una intervención se base en una evaluación equilibrada de los costos, la disponibilidad de recursos, la efectividad en las condiciones específicas del terreno, la sostenibilidad a largo plazo y una mirada social.

El enfoque de cuencas, que combina estos factores, puede brindar beneficios ambientales y económicos y asegurar el éxito a largo plazo, ya que va encaminada al aprovechamiento racional, conservación y uso múltiple de los elementos naturales permitiendo la integración y participación de comunidades, la construcción de obras, así como el control de la actividad social y económica sobre las cuencas (Olguín, 2009).

5.4. Evaluación del estado de las obras de conservación de suelos

Sitio 1

Dentro de la zona de estudio, se evaluaron las condiciones y el estado en el que se encontraban 47 obras de conservación de suelos en tres sitios intervenidos (ver Figura 17) en tres periodos de tiempo distintos, donde se obtuvieron las características de las obras y el estado en el que se encontraban. A continuación, se describen las obras de conservación por sitio.

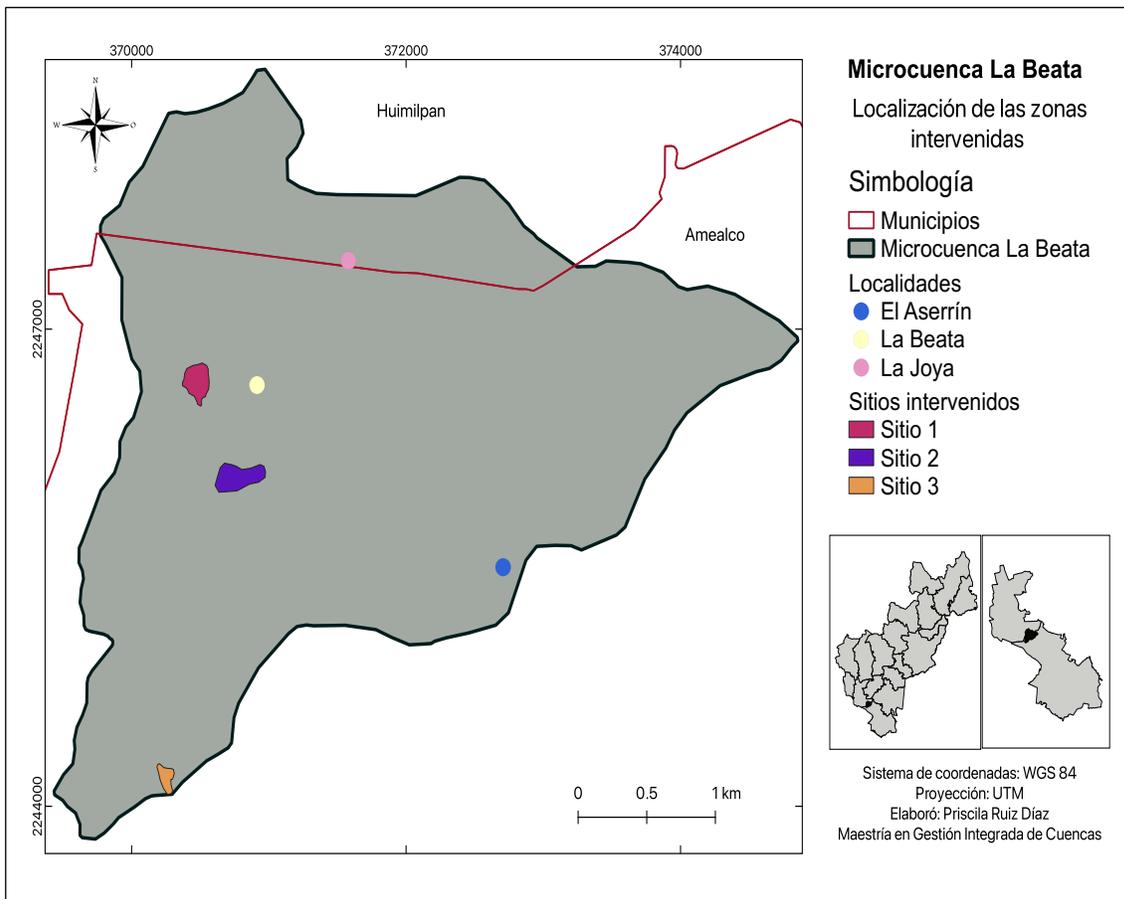


Figura 17. Localización de sitios intervenidos en la microcuenca La Beata. Fuente. Elaboración propia

El sitio número 1 se encuentra en la parte NE del Parque Natural La Beata, dentro de las obras observables en la zona solamente hay: zanjas y gaviones, El tipo de erosión encontrado dentro del área fue, principalmente, en cárcava, donde

las medidas promedio son de 16 m de ancho por 1.5 m de alto, aunque también hay evidencia de encostramiento. El uso de suelo y vegetación en la zona es forestal, aunque por ser propiedad privada se ha visto una reducción importante en este tipo de aprovechamiento, estas obras fueron construidas en el año 2017 y tanto el origen de la intervención como el financiamiento fue por interés de los dueños del parque.



Figura 18. Erosión en cárcava del sitio 1, se aprecia el encostramiento y zonas con roca expuesta debido a la falta de suelo.

Zanjas trincheras

Las zanjas trincheras son obras que se encuentran en los laterales de la cárcava de manera diagonal, estas obras constan de una depresión de .40 m de profundidad por .50 m de ancho y una longitud promedio de 16 m, donde las zanjas más largas miden hasta 25 m, fueron realizadas a curva de nivel y el cúmulo de suelo extraído se encuentra aguas abajo. En estos bordos fueron plantados agaves y nopales con la intención de que las raíces protegieran el sedimento de la erosión, este cúmulo de sedimentos cuenta con aproximadamente .7 m de base y .4 m de altura. Las zanjas presentan acumulación de sedimentos de manera uniforme, aunque solo

alcanza unos 3 cm de espesor, a pesar de esto se observa la proliferación de hierba y pastos pequeños. Así mismo, en los bordos construidos el sedimento se observa encostrado y algunos cuentan con pedestales con un promedio de 7 cm de altura y la pendiente promedio de la zona en la que se encuentran las zanjas trincheras es menor al 25 %.



Figura 19. Erosión en cárcava del sitio 1, se aprecia el encostramiento y zonas con roca expuesta debido a la falta de suelo.



Figura 20. Pedestales localizados en el borde de una zanja trinchera y suelo encostrado.

El deterioro de este tipo de obras, en la zona intervenida, es moderado, pues se observa el desgaste de las obras por el paso del tiempo, pero esto no impide su funcionamiento; sin embargo, los agaves y nopales colocados en los bordos se encuentran en muy mal estado, algunos están secos y otros apenas se sostienen, ya que sus raíces se encuentran expuestas. Finalmente, la roca madre se encuentra visible a lo largo de las estructuras.



Figura 21. Agaves en mal estado colocados en los bordos de las zanjas y roca expuesta a lo largo de las estructuras.

Presa de gaviones

Las presas de gaviones se encuentran distribuidas a lo largo de toda la cárcava y constan del acomodo de piedra no propia del lugar y no cuentan con jaula de gavión, las dimensiones de este tipo de obra varían, pero en promedio miden 1 m de ancho por 1 m de alto y 18 m de longitud con una separación entre estructuras de 15 m. Las presas de gaviones no cuentan con sedimentos retenidos, pero sí con hojarasca. La pendiente promedio en la que se encuentran las presas de gaviones es del 20 %.



Figura 22. Presa de gaviones localizada en el sitio 1, la diferencia de color se debe a que la roca no pertenece al sitio intervenido.

Las rocas acomodadas mantienen su estructura, por lo que este tipo de obras se encuentra en buen estado; sin embargo, retienen muy poco o nada de sedimento y el que logran retener viene de un camino construido con tierra extraída de otra zona.



Figura 23. Presa de gaviones que mantiene su estructura y se encuentra en buen estado en el sitio 1, además se observa la roca expuesta aguas abajo.

De acuerdo con el levantamiento de información, estas obras de conservación se encuentran en un muy buen estado de manera general a pesar de su edad (6 años) debido, principalmente a que se realizaba limpieza una vez al año, que consistía en retirar tanto la hojarasca como el sedimento retenido durante todo el año, lo cual limitaba el alcance de los objetivos con el que fueron construidas: retener humedad y sedimentos, esta limpieza se realizó porque los encargados de sus cuidados no comprendían bien el funcionamiento de las obras, ya que consideraban que si dejaban que el sedimento permaneciera, este ocuparía el lugar del agua de lluvia, lo que ocasionaría su pérdida, por lo que mandaban a retirar el sedimento para poder retener el agua.

Estas limpiezas anuales dejaron de realizarse hace un año, y aunque las obras de conservación ya no retienen el sedimento esperado, si se ha observado el crecimiento de plantas herbáceas, las cuales, de acuerdo con las personas que suelen pasar por ahí, no son atribuidas a las obras de conservación construidas, sino más bien al hecho de que al momento de la construcción de estas, se negó el pastoreo y el paso de ganado en general y como ya no había animales que depredaran el pasto ni compactaran la tierra en temporada de lluvias, los pastos y pequeñas hierbas se vieron favorecidas incentivando su desarrollo.

Finalmente, esta zona se caracteriza por su fácil acceso, pues se encuentra

rodeado por un camino, lo cual favorece la entrada de maquinaria y personal. Estas obras sobresalen por el uso de materiales no encontrados dentro del área intervenida, ya que los gaviones fueron construidos con roca de otra zona.

El sitio 1 ejemplifica la relevancia de la educación y capacitación en las obras de conservación, así como la integración de prácticas de manejo del uso del suelo, y la consideración de la sostenibilidad en la elección de materiales. Estos elementos son fundamentales para maximizar la efectividad y la percepción positiva de las intervenciones a largo plazo (Lazos y Paré, 2000; Moreno, 2008).

Sitio 2

El sitio número 2, se encuentra en la parte NW del parque natural La Beata. Los principales tipos de obras que se pueden observar en esta zona son: zanjas, gaviones, geocostales, barreras muertas, entre otras. El tipo de erosión encontrado dentro de la zona fue, principalmente, en cárcava, donde las medidas promedio son de 6 m de ancho por 1 m de alto, aunque también hay evidencia de erosión en surcos y encostramiento y en menor medida erosión laminar. El uso de suelo y vegetación en la zona es forestal, aunque como se mencionó con anterioridad, por ser propiedad privada, se ha visto una reducción importante en este tipo de aprovechamiento. Las obras de conservación de suelo aquí construidas, fueron financiadas por los dueños del parque y parte de la mano de obra eran habitantes de las localidades que conforman la microcuenca, estas obras fueron finalizadas en abril de 2023.

Zanjas trincheras

Las zanjas trincheras son las obras que se encuentran en la parte más alta de la cárcava, esta obra consta de una depresión de .40 m de profundidad por .30 m de ancho y una longitud promedio de 8 m, ya que varía dependiendo de las características del terreno, debido a que se respetó la vegetación existente; fueron realizadas a curva de nivel y el cúmulo de suelo extraído se encuentra aguas abajo con una cubierta de ramas o material muerto para evitar que el agua se lo lleve; este

cúmulo de sedimentos cuenta con aproximadamente .7 m de base y .4 m de altura. Las zanjas presentan acumulación de sedimentos en los extremos, aunque también hay obras en las que el sedimento se encuentra retenido de manera uniforme sobre toda la obra, la pendiente promedio de la zona en la que se encuentran las zanjas trincheras es menor al 10 % por lo que, cumple con las recomendaciones realizadas por CONAFOR.



Figura 24. Zanjas trincheras construidas en el sitio 2, se observa el bordo protegido con material muerto de la zona y el crecimiento de pastos y pequeñas plantas.

Sin embargo, los bordos construidos cuentan con pedestales con un promedio de 6 cm de altura, lo que representa una pérdida de sedimentos aun con la barrera de ramas, a pesar de esto se observa la proliferación de hierbas y pastos y la retención de 8 cm de sedimentos dentro de la zanja, el cual se encuentra humedecido. El deterioro de este tipo de obras, en la zona intervenida, es leve, pues no se observa algún daño en la estructura que impida su funcionamiento; la protección del cúmulo de suelo no ha sido perturbado y la zanja no se encuentra saturada de hojarasca.



Figura 25. Pedestales de altura variable localizados en el bordo de las zanjas construidas en el sitio 2.

Geocostales

Los geocostales se encuentran en la parte final de la cárcava, ubicados en una pendiente de entre un 20 % y 30 %, hay zonas en las que solo se encuentran de 4 a 6 geocostales sin empotrar, lo cual puede reducir la eficacia de la obra.



Figura 26. Geocostales sin empotrar donde el geotextil se observa en buen estado.

El geotextil de los costales se encuentra en buen estado, no está roto o carcomido, por lo que el deterioro es leve, es decir, no es perceptible y no modifica

la funcionalidad de la obra; en las zonas donde los geocostales se encuentra sin empotrar el espesor de los sedimentos varían entre 3 y 6 cm.



Figura 27. Geocostales sin empotrar, localizados en la parte media de la cárcava.

Presa de gaviones

Las presas de gaviones se encuentran distribuidas en la parte media y baja de la cárcava y constan del acomodo de jaulas de alambre de 1 m³ rellenas de piedra propias de la zona intervenida, las dimensiones de este tipo de obra varían, pero en promedio cuentan con 1 m de ancho por 1 m de alto y 8 m de longitud con una separación entre estructuras de 10 m. Las presas de gaviones se encuentran reteniendo sedimentos principalmente en la parte central de la obra y en menor medida en sus extremos, la pendiente promedio en la que se encuentran las presas de gaviones es del 11 %.

Las jaulas de gavión se encuentran en buen estado y mantienen su estructura, el alambre no se encuentra roto y toda la roca se encuentra dentro de la jaula, por lo que este tipo de obras se encuentra en buen estado y cumpliendo con su función, pues hay un promedio de 20 cm de espesor de sedimento retenido en la parte central de la obra y va disminuyendo conforme nos acercamos a los extremos.



Figura 28. Presas de gaviones localizadas en el sitio 2, se observa que las jaulas mantienen su estructura y se encuentran en buen estado, además hay tanto hojarasca como suelo retenido.

Barreras muertas

Las barreras muertas se encuentran ubicadas en la parte final de la cárcava, y constan de ramas y troncos con un diámetro promedio de 10 cm, acomodados de tal manera que funcionan como barrera para los sedimentos que son trasladados aguas abajo por acción del agua, estas barreras cuentan con un ancho y alto promedio de .40 cm y una longitud de 18 m, se encuentran construidas a curva de nivel en un terreno con una pendiente media del 20 %. Estas obras se encuentran reteniendo de manera irregular el sedimento, pues las condiciones del terreno y vegetación varían a lo largo de la estructura, pero el espesor promedio del sedimento retenido es de 10 cm; en algunas zonas se localizan geocostales en el lateral pendiente arriba, pues los desniveles son más pronunciados y es necesario cubrir ciertas zonas que la barrera no alcanza.

El deterioro de estas obras se determinó como leve, ya que no es perceptible algún daño y las perturbaciones que muestra no modifican el objetivo con el que fueron construidas estas estructuras.



Figura 29. Barreras muertas con geocostales aguas arriba, se observa un terreno irregular que provoca diferentes espesores en el sedimento retenido.

De acuerdo con la información recabada, estas obras de conservación se encuentran en buen estado de manera general, debido a su corto periodo de vida; sin embargo, se han identificado buenos resultados en cuanto a su intervención, pues, además de estar registrando una cantidad considerable de sedimentos retenidos, las personas familiarizadas con la zona mencionan observar cambios en la vegetación, como el crecimiento de pastos y plantas herbáceas, principalmente *calliandra*, así como un aumento en la humedad del suelo. La parte más afectada se encuentra aguas abajo, al final de la cárcava, pues se observa el suelo encostrado, con surcos y roca expuesta. Identificar las áreas críticas ayuda a priorizar futuras intervenciones y optimizar los recursos disponibles.

La zona intervenida se caracteriza por su difícil acceso, pues la única manera de llegar es a pie, lo cual favoreció el uso de materiales locales, como rocas y material vegetal muerto, siendo las jaulas de gavión y geocostales los únicos materiales ajenos a la zona, esto refleja una combinación efectiva de técnicas. Además, al ser una intervención realizada en propiedad privada que surgió a partir de la iniciativa de los propietarios, los cuales ya contaban con la experiencia de una intervención previa, se observa un compromiso en cuanto a sus cuidados y seguimiento pues, no se quieren repetir los mismos errores. A pesar de los resultados positivos hasta el momento, es fundamental mantener un seguimiento constante de las obras y sus efectos a lo largo del tiempo. Esto garantiza la detección temprana de problemas y la implementación oportuna de medidas correctivas, contribuyendo al manejo adaptativo.

Sitio 3

El tercer sitio con obras de conservación de suelo es el ejido Perales, que se encuentra localizado en la zona sur de la microcuenca, este ejido recibe pago por servicios ambientales, el cual, busca motivar económicamente a los propietarios de tierras forestales principalmente, por sus acciones de conservación de flora y fauna, así como por llevar a cabo la implementación de obras de restauración siempre y cuando sean necesarias como en este caso.

A continuación, se describen las obras realizadas con apoyo económico de gobierno del estado de Querétaro; estas obras se finalizaron en mayo del 2023 y fueron realizadas por iniciativa de los usuarios, quienes además fueron los encargados de construirlas, dentro de las obras que se pueden observar en esta zona son: zanjas, gaviones, geocostales, barreras muertas, presas de morillos, entre otros. El tipo de erosión encontrado dentro de la zona fue, principalmente, en cárcava, donde las medidas promedio son de 5 m de ancho por 1.5 m de alto, aunque también hay evidencia de erosión en surcos y encostramiento. El uso de suelo y vegetación en la zona es forestal.



Figura 30. Erosión en surco y encostramiento en el sitio 3.

Presa de morillos

Las presas de morillos son las obras que se encuentran en la parte más alta de la cárcava, esta obra consta del acomodo de tronco con diámetros mayores o iguales a 10 cm de manera vertical para que cumplan con la función de detener los troncos colocados de manera horizontal, estas obras cuentan con 1 m de alto por .50 m ancho por 7 m de longitud y fueron realizadas a curva de nivel. La pendiente promedio de la zona en la que se encuentran es menor al 10 % y el espacio entre presa y presa es de 10 m, aunque se colocaron barreras muertas entre una y otra. Estas obras han retenido bastante hojarasca, así como 10 cm de sedimento en promedio. El deterioro de este tipo de obras, en la zona intervenida, es leve, pues no se observa algún daño en la estructura que impida su funcionamiento, tanto los troncos como el alambre se encuentran en buenas condiciones.



Figura 31. Presas de morillos construidas en el sitio 3.

Geocostales

Los geocostales se encuentran en la parte media y final de la cárcava, ubicados en una pendiente de entre un 20 % y 35 %, las dimensiones de este tipo de obra son: 7 m de largo por .70 m de ancho y 1 m de alto. El geotextil de los costales se encuentra en buen estado, no está roto o carcomido, por lo que el deterioro es leve, es decir, no es perceptible y no modifica la funcionalidad de la obra; en las zonas donde los geocostales conforman presas, el sedimento supera los 17 cm de espesor.



Figura 32. Presas de geocostales, el geotextil se encuentra en buen estado y se aprecia la longitud de las presas.

Barreras muertas

Las barreras muertas se localizan entre dos presas de morillos, es decir, cuentan con 5 m entre estructuras, se encuentran compuestas principalmente de ramas de diámetro pequeño y las dimensiones promedio de estas obras es de .5 m de diámetro y 5 m de longitud; las barreras muertas se colocaron a curva de nivel. Se encuentran reteniendo apenas unos centímetros de sedimento y mantienen su estructura, pues los materiales no se han desintegrado.



Figura 33. Barreras muertas localizadas a 5 m de distancia entre presas de morillos.

Cordones de ramas

Los cordones de ramas se encuentran contruidos a curva de nivel sobre laderas con dimensiones promedio de .5 m de alto por .5 m de ancho y una longitud de 4 m en promedio. Este tipo de obra consta de troncos con diámetros mayores o iguales a 10 cm. Algunos troncos son clavados en el suelo de manera vertical para sujetar los troncos que irán colocados de manera horizontal con alambre. Esta obra se encuentra reteniendo apenas unos centímetros de suelo, principalmente a los alrededores de los troncos verticales de manera irregular, debido a las

características del terreno, el cual se encuentra encostrado y en algunas partes ya no hay suelo.



Figura 34. Cordón de ramas seguido de barreras muertas en el sitio 3. Cordón de ramas seguido de barreras muertas en el sitio 3.

Los materiales con los que fue construida la obra se encuentran en buen estado, mantienen su estructura y cumplen con su función, ya que además de retener sedimento, funciona disminuyendo la velocidad de los flujos de agua.

Zanjas trincheras

Las zanjas trincheras son obras que se encuentran de manera transversal a la cárcava, estas obras constan de una depresión de .40 m de profundidad por .30 m de ancho y una longitud promedio de 8 m, donde las zanjas más largas miden hasta 12 m, fueron realizadas a curva de nivel y el cúmulo de suelo extraído se encuentra aguas abajo, no se tomaron en cuenta medidas para protegerlo. Este cúmulo de sedimentos cuenta con aproximadamente .3 m de base y .4 m de altura. Las zanjas presentan acumulación de sedimentos de manera uniforme, aunque solo alcanza unos 3 cm de espesor. La pendiente promedio de la zona en la que se encuentran las zanjas trincheras es menor al 20 %.



Figura 35. Zanjas trinchera construidas en el sitio 3, se aprecia que el bordo no esta protegido de ninguna manera.



Figura 36. Zanajas trinchera rellenas de sedimentos y agua de lluvia.

Se observa la proliferación de hierbas y pastos pequeños, además las zanjas demuestran cumplir con su función, pues algunas se encuentran llenas de agua, reteniéndola y promoviendo su infiltración y aquellas que cuentan con menos cantidad de agua se encuentran llenas de sedimento.

Las obras del ejido Perales se encuentra en muy buen estado, aunque en esta ocasión se levantó información solo de las más recientes, se tuvo la oportunidad de realizar un recorrido en otra parte del ejido donde se encuentran obras hasta con hasta 16 años de antigüedad en un excelente estado, estas observaciones demuestran un interés genuino que va más allá del beneficio económico y las retribuciones que pueden llegar a dar este tipo de proyectos, pues los usuarios cuidan de las obras, les dan un mantenimiento cada cierto tiempo para mantenerlas en buen estado y están al tanto de los proyectos en los que el ejido puede participar. Además, comprenden el objetivo con el que se realizan este tipo de intervenciones, pues durante los recorridos van explicando las diferencias y beneficios que van observando y realizan modificaciones a las obras dependiendo de los resultados obtenidos y esperados.

Estas obras se construyeron dando prioridad a los materiales encontrados en la zona, a excepción del alambre utilizado para consolidar las presas de morillos, gaviones y cordones de ramas, así como los geocostales; La priorización de materiales disponibles en la zona para la construcción de las obras demuestra un enfoque sensato y respetuoso con el medio ambiente. Además, la capacidad de realizar modificaciones basadas en los resultados obtenidos indica una adaptabilidad y aprendizaje continuo, lo cual es esencial para enfrentar los desafíos cambiantes en la gestión del suelo y la erosión.

Los hallazgos en el ejido Perales indican un compromiso notable con la conservación del suelo y la gestión ambiental y subrayan la importancia de la participación comunitaria, la adaptabilidad y el uso sostenible de los recursos locales en la gestión de la conservación del suelo. Estos hallazgos pueden servir como ejemplo para otras comunidades y proyectos de conservación en áreas similares o dentro de la misma microcuenca, hay que dar visibilidad a este tipo de proyectos.

5.5. Estimación de la erosión hídrica a partir de la USLE

Factor R. Índice de erosividad de la lluvia

La erosividad, como se ha mencionado anteriormente, hace referencia a la capacidad del agua de lluvia para disgregar al suelo en partículas más pequeñas. Esta capacidad puede variar dependiendo de varios factores como la cantidad, la intensidad y la duración de la precipitación. Para este caso en particular, se contemplaron cinco estaciones meteorológicas (ver tabla 11), cuyo valores del Factor R variaron de 1804.81 a un máximo de 2478.46 MJ mm/ha hr año.

Tabla 11. Estaciones meteorológicas y sus valores de precipitación media anual y Factor R.

Nombre de la estación	Precipitación media anual	Valor del Factor R
Amealco	927.7	2478.46
Huimilpan	766.2	2155.89
Epitacio Huerta	801.9	2231.14
Coroneo	611.9	1804.81
Galindo	616.5	1815.88

Fuente. Elaboración propia a partir de las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional

Posterior a la interpolación IDW, se observó dentro de la microcuenca, que el Factor R obtuvo valores que varían de 2,108.93 a 2133.33 MJ mm/ha hr año. Donde los valores más bajos se encuentran en la zona NE de la microcuenca y en la zona SW se encuentran los valores más altos, como se puede ver en la Figura 37.

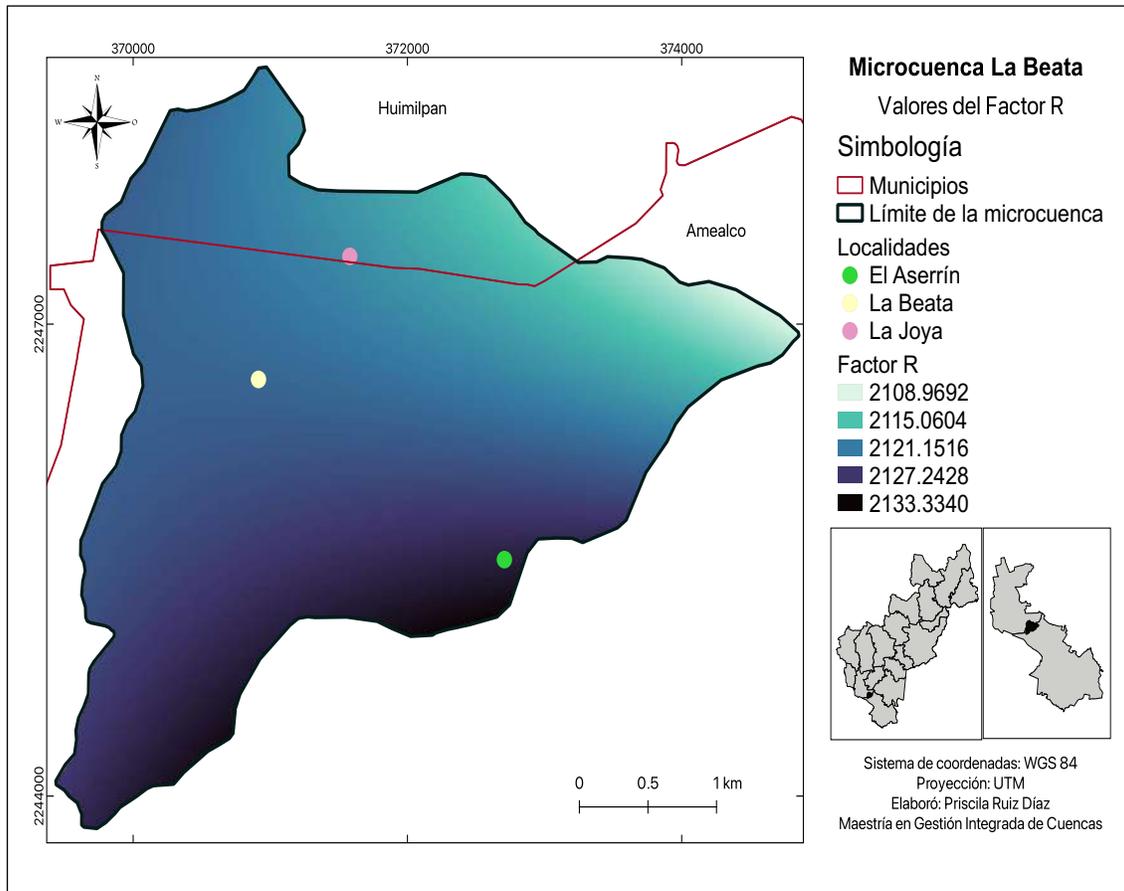


Figura 37. Distribución de los valores del Factor R. Fuente. Elaboración propia partir de información del Servicio Meteorológico Nacional.

Factor K. Erodabilidad del suelo

Este factor evalúa la predisposición de los diferentes tipos de suelos a sufrir erosión. Para su cálculo, se determinó que en la microcuenca predominan cuatro tipos de suelos: $PHlep+LPli+LVctlep/2R$, $PHlvlep+LVpflep+LPli/$, $PHlvlen+LVlen+PHlen/3$, $ACumlen+PHlvlen/$, con textura media y fina. Los valores del Factor K fueron determinados a partir de estas unidades edafológicas (ver Tabla 12).

El valor más alto de K se encuentra en la zona E y un poco sobre la zona norte sobre suelos de tipo phaeozem. Mientras que el valor menor se encuentre distribuido donde domina el luvisol, es decir, de norte a sur y cubriendo una superficie de 63.47 % (ver Figura 38).

Tabla 12. Tipos de suelo dentro de la microcuenca La Beata, textura y valor del Factor K.

Suelo	Descripción	Textura	Factor K
PHlep+LPli+LVctlep/2R	Phaeozem + Leptosol +Luvisol	2	0.04
PHlvlep+LVpflep+LPli/3	Phaeozem + Luvisol + Leptosol	3	0.013
PHlvlen+LVlen+PHlen/3	Phaeozem + Luvisol + Phaeozem	3	0.013
ACumlen+PHlvlen/2	Acrisol + Phaeozem	2	0.04

Fuente. Elaboración propia a partir del conjunto de datos vectoriales INEGI (2014).

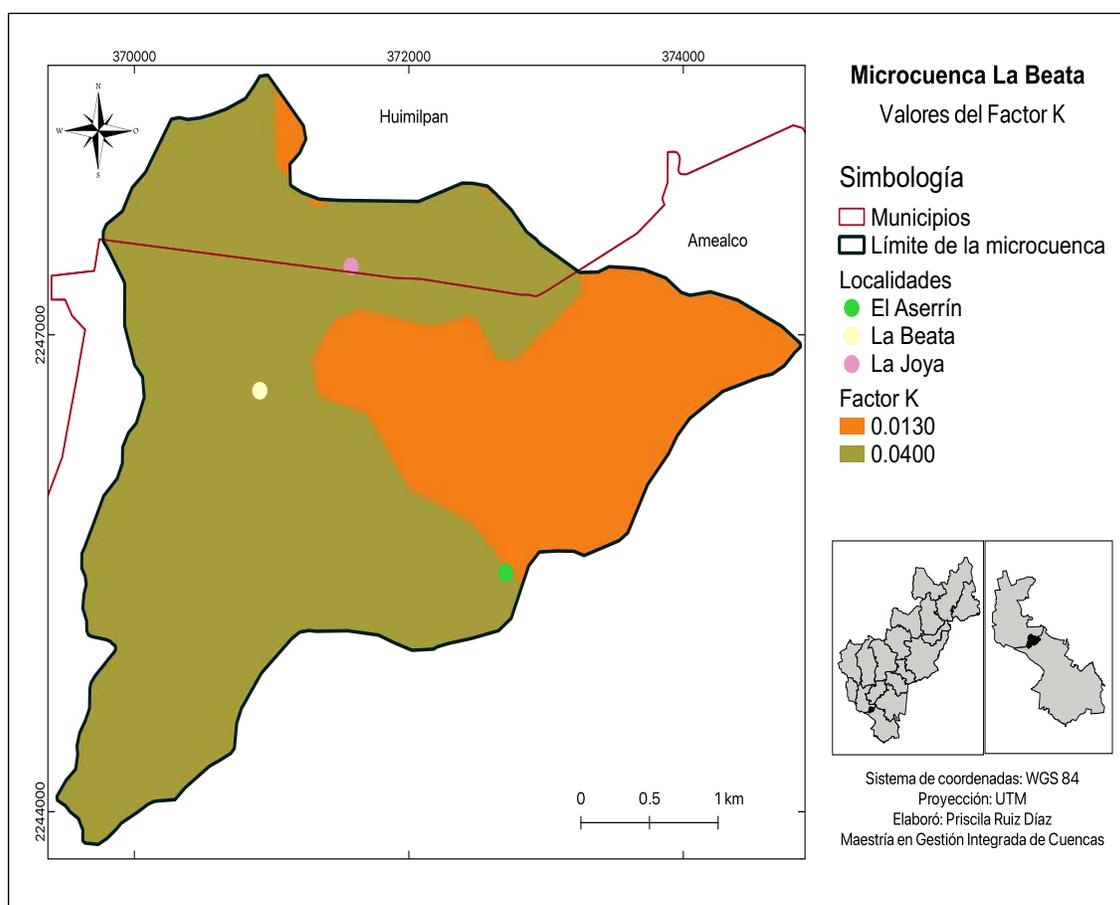


Figura 38. Distribución del Factor K. Fuente. Elaboración propia a partir del conjunto de datos vectoriales INEGI (2014).

Factor LS. Factor topográfico de longitud y pendiente.

El factor topográfico de longitud y pendiente influye drásticamente en la cantidad de suelos que se pierden. En la microcuenca La Beata, este factor obtuvo valores que varían en un rango que va de .030 a 18.80. En el mapa de valores del Factor LS (ver Figura 39) se muestra cómo los valores más altos de este factor se encuentran distribuidos en las laderas de montaña, así como en las zonas de drenaje donde la retención del flujo suele ser mayor. Por otro lado, se observa que los valores más bajos de este factor se localizan sobre los valles o zonas de pendiente considerablemente baja, donde se produce la retención de sedimentos.

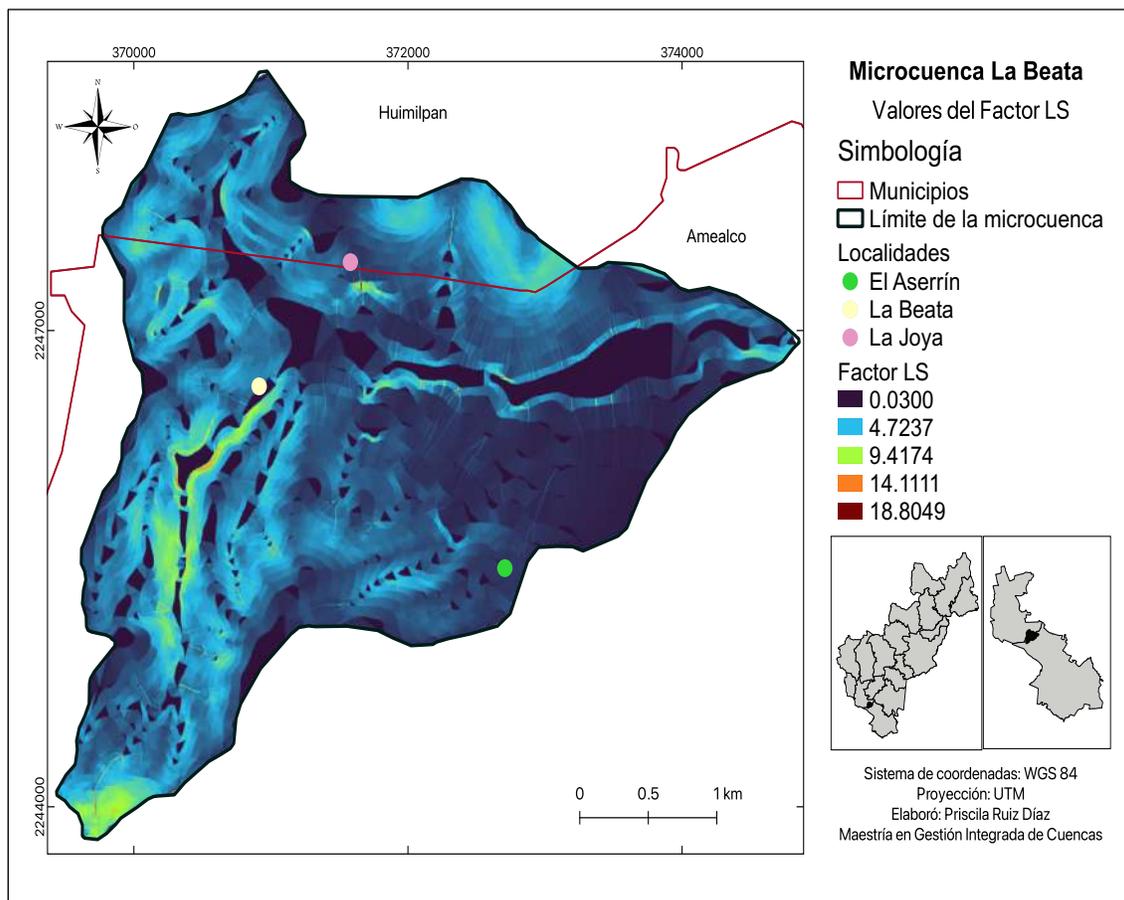


Figura 39. Distribución de los valores del Factor LS. Fuente. Elaboración propia a partir del conjunto de datos vectoriales INEGI (2015).

Factor C. Uso de suelo y vegetación

El Factor C corresponde a los valores que se le atribuyen a una zona dependiendo del uso de suelo y vegetación que le corresponde. Estos valores son menores a 1 y van disminuyendo. De esta manera, mientras menor sea el valor del Factor C, mayor es la protección del suelo, pero, por el contrario, mientras más se acerque este valor a 1, el suelo se encuentra más expuesto a la erosión. En la Tabla 13 se logran visualizar los valores de C para cada uso de suelo identificado en la microcuenca La Beata, mientras que en la Figura 40 se puede observar la distribución de dichos valores.

Tabla 13. Valores del Factor C para los distintos USV de la microcuenca La Beata.

Tipo de cobertura vegetal	Factor C
Agricultura de Riego	0.55
Agricultura de Temporal	0.75
Asentamiento humano	0.05
Bosque cerrado	0.002
Bosque fragmentado	0.2
Cuerpo de agua	0
Pastizal	0.25
Suelo desnudo	1

Fuente. Elaboración propia a partir de datos del artículo de Montes et al. (2011)

En la microcuenca se identifican 8 usos del suelo y vegetación (USV), además de cuerpos de agua. Estos USV fueron relacionados con un Factor C con valores que van desde 0.002 a 1. Los valores más bajos del Factor C se encuentran distribuidos de manera aleatoria sobre toda la microcuenca con orientaciones que se extienden de N-S y de E-W, por otro lado, los valores más altos se encuentran

en la zona centro y Este, lo que indica que los suelos de esta zona se encuentran más susceptibles a la erosión.

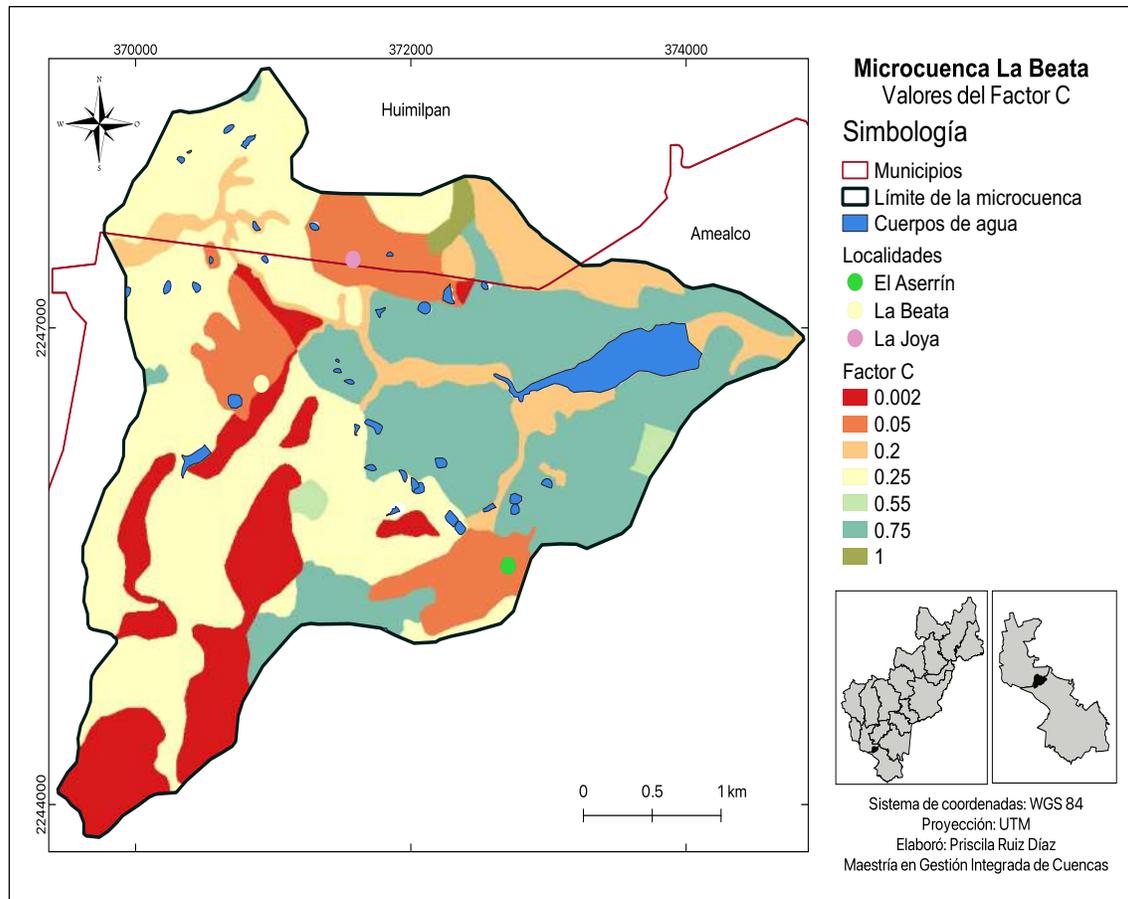


Figura 40. Distribución de los valores del Factor C. Fuente. Elaboración propia a partir de datos del artículo de Montes et al. (2011) y datos vectoriales de INEGI (2021).

Erosión potencial

De manera breve, un mapa de erosión potencial creado a partir de la USLE es un instrumento que unifica los valores de cuatro factores, es decir, combina datos climáticos como la precipitación media anual, edáficos y topográficos a partir de una multiplicación de la cual se obtiene como resultado una representación de las tasas de erosión en un escenario en el que el suelo se encuentra expuesto a la erosión hídrica.

Este tipo de modelos son de gran ayuda para la planificación y conservación del suelo y el agua, la evaluación de impactos ambientales, y además proporciona información valiosa para la investigación y educación sobre la gestión del suelo.

En el caso de La Beata, la mayor parte de la microcuenca (41.11 %) presenta una erosión potencial muy alta (mayor a 200 ton/ha/año), predominantemente en laderas de montaña, donde la pendiente suele ser más abrupta. La erosión potencial alta (de 50 a 200 ton/ha/año) ocupa el 29.36 % del área de estudio (3.65 km²), distribuyéndose principalmente en las zonas funcionales alta y media de la microcuenca (ver Tabla 14). La erosión moderada (10 a 50 ton/ha/año) se encuentra en el área centro – Este de la microcuenca, sobre pendientes menos pronunciadas, abarcando el 19.54 % de la superficie de la microcuenca. Finalmente, la erosión nula o ligera es la que ocupa un menor porcentaje del área de la zona de estudio, 1.20 km², lo que representa el 9.65 % de la superficie (ver Figura 41).

Tabla 14. Distribución de los rangos de erosión potencial en la microcuenca La Beata.

Rango Ton/ha/año	Grado de erosión	Superficie que abarca (km²)	Superficie en %
0-10	Nula o ligera	1.20	9.65%
10-50	Moderada	2.43	19.54%
50-200	Alta	3.65	29.36%
>200	Muy alta	5.11	41.11%

Fuente. Elaboración propia

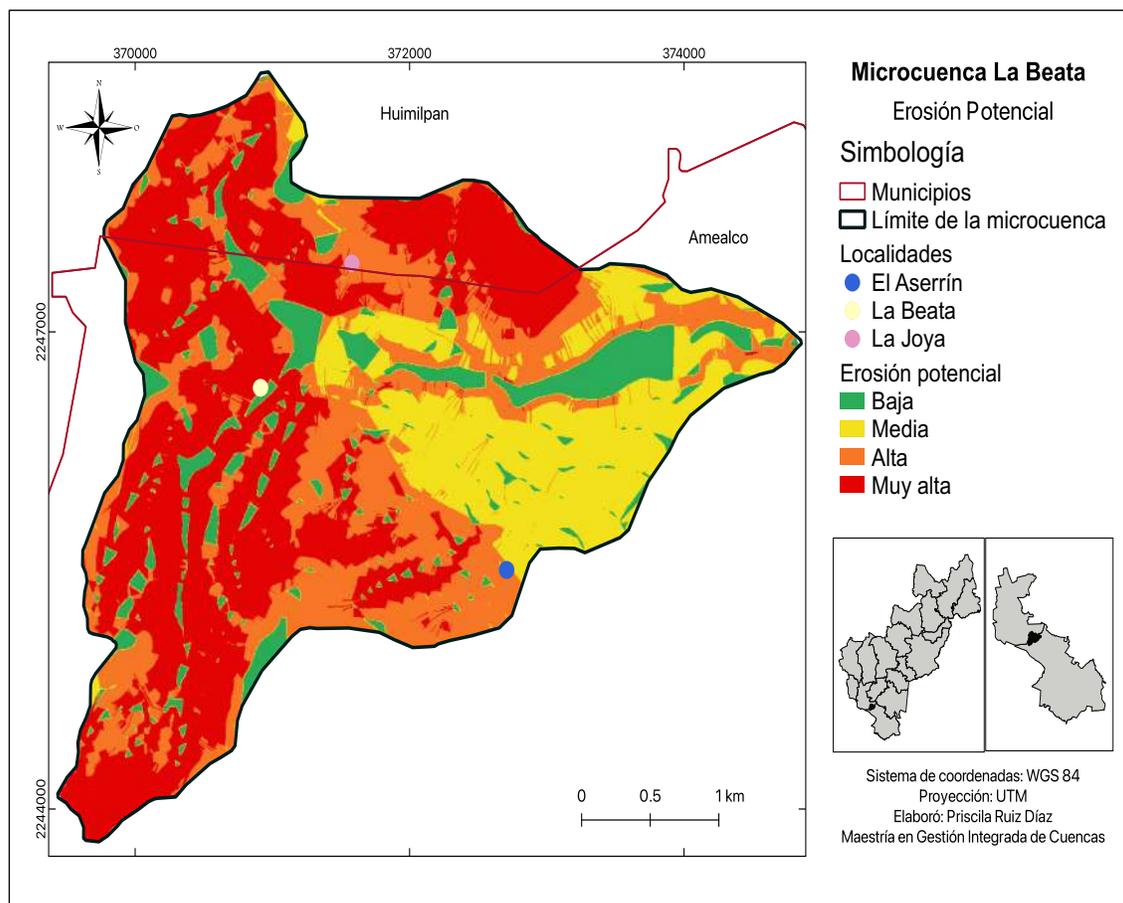


Figura 41. Mapa de erosión potencial. Fuente. Elaboración propia

Erosión actual

Un mapa de erosión actual es de gran ayuda a la hora de identificar áreas críticas con tasas de erosión elevadas que requieren de una intervención inmediata, priorizando la implementación de prácticas de conservación del suelo en estas zonas. Además, es una gran herramienta para concientizar y dar a conocer información sobre los suelos de manera práctica y sencilla, fomentando la conciencia sobre la conservación del suelo y promoviendo prácticas sostenibles en las comunidades locales.

En la microcuenca La Beata, la erosión actual moderada abarca la mayor parte de la microcuenca, representando el 34.59 % de su superficie. La erosión de alta intensidad se encuentra distribuida en el 31.53 % del área, cubriendo

principalmente laderas. Por otro lado, la erosión nula o ligera ocupa el 31.69 % (ver Tabla 15) de la superficie y se distribuye a lo largo y ancho de la microcuenca. La erosión muy alta solo representa el 1.68 % de la superficie, principalmente en la zona N de la microcuenca y con una orientación NW-SE, además se identifican algunos polígonos de menor tamaño en la zona centro, S y W (Figura 42).

Tabla 15. Distribución de los rangos de erosión actual en la microcuenca La Beata.

Rango Ton/ha/año	Grado de erosión	Superficie que abarca (ha)	Superficie en %
0-10	Nula o ligera	3.94	31.69%
10-50	Moderada	4.30	34.59%
50-200	Alta	3.92	31.53%
>200	Muy alta	.21	1.68%

Fuente. Elaboración propia

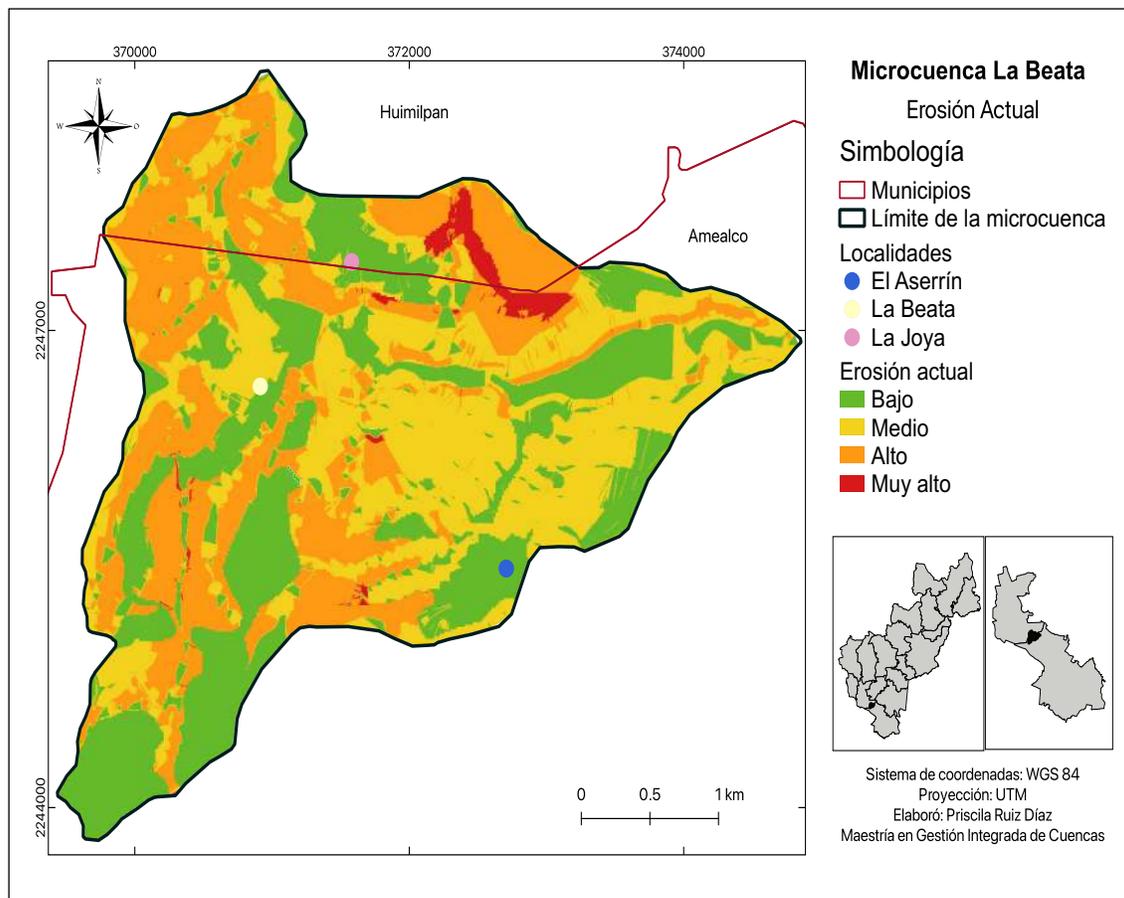


Figura 42. Mapa de erosión actual. Fuente. Elaboración propia

Los suelos dentro de la microcuenca La Beata se enfrentan a diversos desafíos que varían y dependen de varios factores, desde las condiciones topográficas y edafológicas hasta las prácticas tradicionales, como la producción de carbón, así como prácticas más actuales, como la creación de rutas para bicicleta (POEREQ, 2009). Debido a esto, la identificación de las áreas prioritarias para el manejo de la erosión a través del mapa de erosión actual proporciona una valiosa ayuda visual que facilita la detección de zonas que requieren intervención. Estas áreas pueden considerarse prioritarias al diseñar y planificar proyectos de conservación del suelo.

Las zonas prioritarias son aquellas que cuentan con una mayor tasa de erosión, es decir, aquellas cuyos grados de erosión son altos y muy altos. En el caso de la microcuenca La Beata, estas zonas abarcan el 33.21 % del área total de la microcuenca y se distribuyen en la zona funcional alta y media (ver Figura 42), lo cual indica que la pronta y correcta intervención de dichas zonas podría traer beneficios para toda la zona de estudio, ya que como se mencionó con anterioridad y de acuerdo con Cotler *et al.* (2013) los efectos acumulativos, como resultado de la gravedad, dentro de las cuencas pueden ser tanto positivos como negativos, en este caso, al llevar a cabo obras de conservación de suelos en las zonas prioritarias (con mayores tasas de erosión) que además se encuentran en las zonas funcionales alta y media puede repercutir positivamente a la dinámica hídrica de la zona y brindar beneficios a la zona media y baja.

Los programas de conservación del suelo y los proyectos de intervención deben enfocarse prioritariamente en estas zonas, prestando especial atención a aquellas que ya han recibido apoyos o beneficios en años anteriores para asegurar el mantenimiento y efectividad de las prácticas implementadas. Bajo este contexto, estudiar o identificar proyectos realizados por otras organizaciones o instituciones abre el panorama para apoyar de otra manera esa zona o retomar los proyectos desde otra etapa. Esto reforzaría los proyectos de intervención previos, incluyendo todas las etapas consideradas en los proyectos de conservación, desde diseño hasta monitoreo, generando información sobre los beneficios o limitantes de este tipo de intervenciones y abriendo la posibilidad de mejorar los proyectos que se

llevan a cabo en la zona. Así, se disminuirían los costos operativos, se fomentaría el trabajo cooperativo entre instituciones y organizaciones, y se vincularían objetivos.

El mapa de erosión actual es invaluable para identificar áreas críticas con altas tasas de erosión que requieren intervención inmediata, priorizando la implementación de prácticas de conservación de suelos en estas zonas. Sin embargo, estos mapas no solo facilitan la planificación y evaluación de estrategias de manejo de suelos, sino que también promueven la educación y concientización sobre la importancia de la conservación de este elemento y la implementación de prácticas sostenibles para su cuidado lo cual, favorece la apropiación del entorno fomentando la aceptación y adopción de este tipo de intervenciones (Alcalá *et al.*, 2020).

En conclusión, la gestión sostenible del suelo en la microcuenca La Beata requiere una comprensión profunda de varios factores, los cuales destacan la necesidad de intervenir en zonas específicas y bien planificadas. Finalmente, la integración de datos y el análisis espacial son herramientas que facilitan una gestión integral y efectiva del suelo, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas y necesarias.

Conclusiones

Las diversas obras y prácticas de conservación de suelos implementadas en la microcuenca han demostrado resultados positivos. Las zanjas construidas para la retención de agua están cumpliendo su función, como se evidencia por la presencia de agua y sedimentos acumulados en varias de ellas, lo que promueve la infiltración y reduce la erosión. Además, se ha observado un incremento en la vegetación herbácea y de pastos pequeños, señal de una mayor retención de humedad y recuperación del suelo. En el ejido Perales, incluso obras con hasta 16 años de antigüedad se encuentran en excelente estado, gracias al mantenimiento regular y al compromiso de las personas involucradas. Estas intervenciones han favorecido no solo la conservación del suelo sino también el incremento de la biodiversidad vegetal. La utilización de materiales locales, con excepciones mínimas como alambre y geocostales, refleja un enfoque sostenible y adaptativo, lo que ha permitido una integración exitosa con el entorno.

En general, las prácticas de conservación en la microcuenca han demostrado ser efectivas, sostenibles y estar bien adaptadas a las condiciones locales, resaltando la importancia de la participación comunitaria y la gestión continua para mantener estos beneficios a largo plazo. Esto no hace más que evidenciar la importancia de la participación comunitaria, dejando claro que los proyectos de intervención tienen que comenzar a tener en cuenta las características socioeconómicas de las zonas a intervenir y comenzar a ocuparse por incluir la capacitación y educación ambiental en los proyectos.

Por otro lado, las ideas de los pobladores acerca del proceso erosivo y las prácticas de conservación de suelos en la microcuenca reflejan una combinación de comprensión, conocimiento tradicional – transgeneracional y recientemente adquirido. Muchos habitantes reconocen la importancia de las intervenciones para mitigar la erosión y mejorar la retención de agua, valorando especialmente las reforestaciones y la construcción de terrazas, así como la fertilización a través de estiércol. Sin embargo, existe cierta variabilidad en la percepción de la gravedad de la erosión, con algunos considerándola un problema menor debido a su impacto no inmediato en la vida cotidiana.

A través de la participación en proyectos de conservación, algunos de los pobladores han podido observar cambios positivos en la vegetación y en la estabilidad del suelo, lo que ha incrementado su apoyo y comprensión de estas prácticas. Este compromiso se refleja en la disposición a adaptar y mejorar las técnicas utilizadas, basándose en la experiencia acumulada y en los resultados observados. Sin embargo, hay quienes todavía se encuentran renuentes no solo a colaborar o participar, sino también a cuidar y a promover este tipo de intervenciones debido, principalmente, a las limitantes a las que se ven expuestos, como la falta de tiempo, pero también debido a una situación económica que solo les permite participar en la creación de obras o llevar un sustento a sus casas, pero no ambas. La integración de conocimientos tradicionales y científicos, junto con un enfoque interdisciplinario, es esencial para consolidar una percepción compartida sobre la importancia de la conservación del suelo y para fomentar prácticas sostenibles en la microcuenca.

Además, es esencial que las organizaciones e instituciones comiencen a desarrollar políticas, programas y proyectos que fomenten la colaboración y el intercambio de información interinstitucional entre diversos sectores y disciplinas para abordar los desafíos ambientales y sociales relacionados con los suelos. Para lo cual, resulta fundamental abrir el diálogo y aprendizaje conjunto, realizar investigaciones interdisciplinarias y llevar a cabo programas de capacitación y sensibilización relacionados con la conservación de suelos, ya que el éxito de este tipo de proyectos, el poder obtener resultados, mejorar este tipo de intervenciones y adaptarlas mejor a cada situación, dependerá de la capacidad de todos los interesados para trabajar juntos de manera colaborativa y comprometida.

Adicionalmente, la evaluación y monitoreo de las obras de conservación de suelos en la microcuenca La Beata es fundamental para garantizar su efectividad y contribuir al manejo adaptativo de la zona. Se deben incorporar mecanismos de seguimiento y evaluación sistemáticos para identificar áreas de mejora y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de estas intervenciones.

La identificación de áreas prioritarias mediante el mapa de erosión actual es esencial para la planificación de proyectos de conservación. Las zonas con tasas

altas y muy altas de erosión, que representan el 33.21% de la microcuenca, requieren intervenciones urgentes y bien diseñadas para maximizar sus beneficios. El uso de mapas de erosión no solo guía la planificación y evaluación de estrategias de manejo del suelo, sino que también educa y concientiza sobre la importancia de la conservación del suelo y la sostenibilidad. La integración de datos y el análisis espacial son herramientas clave para una gestión integral y efectiva del suelo, proporcionando una base para la toma de decisiones informada.

Es importante resaltar que el modelo de la USLE es precisamente esto, un modelo, por lo que existe cierto margen de error o sesgo dependiendo de los insumos. En el caso de este trabajo se utilizaron insumos a gran escala por lo que el nivel de detalle es más general y para el tamaño de la microcuenca (12.43 km²) era necesario que se trabajara con un nivel de detalle más específico en el que se logrará profundizar en aspectos más particulares, debido a esto se recomienda adecuar el nivel de detalle o tamaño de la escala a la que se va a trabajar para poder obtener resultados más cercanos a la realidad o disminuyendo el margen de error.

La conservación del suelo es un desafío multidimensional que requiere una comprensión integral de sus implicaciones ecológicas, sociales y económicas. A partir de las entrevistas realizadas a representantes de diferentes instituciones, se ha destacado la diversidad de enfoques y estrategias para abordar esta problemática. Se evidencia la importancia de integrar diversas visiones y enfoques en un marco de trabajo coherente y colaborativo para la planificación y ejecución de obras de conservación del suelo. Donde los principales obstáculos identificados incluyen la falta de recursos financieros y de mano de obra, así como la falta de reconocimiento y comprensión adecuada de la importancia del suelo por parte de la sociedad. Para superar estos desafíos, es fundamental establecer alianzas entre instituciones y promover una mayor cooperación entre la sociedad, el gobierno y las instituciones no gubernamentales.

Aunque la mayoría de los encuestados expresan interés en aprender sobre el suelo y sus cuidados, la transmisión intergeneracional de conocimientos y las preferencias de aprendizaje prácticas sugieren oportunidades para el diseño de programas de capacitación y educación más efectivos que pueden ser

implementados en la microcuenca La Beata. Además, la participación comunitaria y la igualdad de género en las actividades de conservación del suelo deben ser consideradas para garantizar la efectividad y sostenibilidad de las iniciativas.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, R., Ortega, M. A. (2017). Análisis de la dinámica del agua en la zona no saturada en un suelo sujeto a prácticas de conservación: implicaciones en la gestión de acuíferos y adaptación al cambio climático. *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 34(2), 91-104.
- Alcalá, J. A., López, Y., Rodríguez, J. C., Martínez, E., Loredó, C., Hernández, A., Filippini, M. F., & Rojas, Á. N. (2020). *Percepción ambiental como estrategia participativa en la restauración de suelo: San Luis Potosí, México*. *Multequina*, 29(6),5-20.
- Amador, L. (2022). *Evaluación ambiental y económica de obras de conservación y restauración de suelos en bosques templados*. (Tesis de maestría), Instituto Politécnico Nacional.
- Andreazzini, M. J., Degiovanni, S., Spalletti, P. D., y Irigoyen, M. (2014). Producción de sedimentos en una cuenca de Sierras Pampeanas, Córdoba, Argentina: Estimación para distintos escenarios. *Aqua-LAC*. 6(1), 38-49
- Bailon, L. J. (2022). *Análisis de las prácticas de conservación de suelos para la evaluación de la erosión hídrica en la subcuenca Presa Jalpan* (Tesis de Maestría), Universidad Autónoma de Querétaro.
- Barrientos, R. (2013). *Propuesta de prácticas de conservación de suelos en ambientes semiáridos: caso microcuenca La Joya* (Tesis de Maestría), Universidad Autónoma de Querétaro. <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/1367>.
- Batalla, G. (2013). *Efecto del cambio de uso de suelo en el aporte de sedimentos hacia la presa Jalpan, Sierra Gorda Querétaro*. (Tesis de Maestría), Universidad autónoma de Querétaro. <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/2505>
- Beretta, A. N., & Carrasco, L. (2017). USLE/RUSLE K-factors allocated through a linear mixed model for Uruguayan soils. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 44(1), 100-112.
- Berihun, M. L., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Dile, Y. T., Tsubo, M., Fenta, A. A., & Srinivasan, R. (2020). Evaluating runoff and sediment responses to soil and

- water conservation practices by employing alternative modeling approaches. *Science of the Total Environment*, 74(7), 141-118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141118>
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos. *Revista de ciencias agrícolas*, 33(2), 117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Blanco, H., Lal, R. (2008). *Principles of Soil Conservation and Management*. Springer Science+Business Media B.V.
- Bolaños, M. A., Paz, F., Cruz, C. O., Argumedo, J. A., Romero, V. M., y De la Cruz, J. C. (2016). Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoamericana*, 34 (3), 271-288.
- Caire, G. (2004). Implicaciones del marco institucional y de la organización gubernamental para la gestión ambiental por cuencas. El caso de la cuenca Lerma-Chapala. *Gaceta ecológica* 71, 55-78.
- Caja de ahorro y préstamo Gonzalo Vega (CGV). (s.f.). recuperado de <https://www.cajacgv.com.mx/index.php/parque-natural-la-beata/>
- Calixto Flores, R., Herrera Reyes, L. (2010). Estudio sobre la percepción y la educación ambiental. *Tiempo de Educar*, 11(22), 227-249.
- Castro M, I. (2013). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 34(2), 3-16. Recuperado en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S16800338201300020001&lng=es&tlng=pt.
- Cerati, T. M., Aline Queiroz, S. & Salazar J. (2016). Participación social en la gestión ambiental: estudio de caso en una unidad de conservación urbana en el municipio de São Paulo, Brasil. *Estudios demográficos y urbanos*, 31(1), 87-113.
- Ceylan, S. (2020). *Effects of soil conservation practices on soil properties in a cotton and soybean system in West Tennessee* (Tesis de Maestría), University of Tennessee. https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/6171

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2007). *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de Obras Prácticas*. Zapopan, Jalisco: Gerencia de Restauración Forestal.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2012). *Criterio técnicos para la ejecución de los proyectos de conservación y restauración de suelos*. Zapopan, Jalisco: Gerencia de Restauración Forestal.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). Población total, indicadores, índice y grado de rezago social.
- Cortés T. H. 1991. *Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados* (Tesis de Maestría), Colegio de Postgraduados.
- Cortes, E., & Acevedo, Á. (2019). Efectividad de cuatro prácticas agroecológicas de conservación de suelos, frente a procesos erosivos hídricos en Guasca-Cundinamarca. *Revista Lasallista de Investigación*, 16(1), 61-74. DOI: <https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a11>
- Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS). (s.f.). Recuperado de <https://cotassjr.wixsite.com/home/contacto>
- Cotler, H., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., y Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, 83, 5-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908302>
- Cotler H. y Caire G. (2009). *Lecciones aprendidas del manejo de cuencas en México*. Instituto Nacional de Ecología/ Fondo Mundial para la Naturaleza/Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2013/04/lecciones_aprendidas_del_manejo_de_cuencas_en_mexico.pdf
- Cotler, H., Garrido, A., Bunge, V., & Cuevas, M. L. (2010). *Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones. Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización*. Instituto Nacional de Ecología/ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales /Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Cotler, H., Galindo, A., Daniel, I., Pineda, R., y Ríos, E. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

- Cotler H., Cram, S., Martínez S., y Bunge, V. (2015). Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera. *Investigaciones Geográficas*, 88, 6-18. <https://doi.org/10.14350/riq.47378>.
- Díaz-Bravo, Laura, Torruco-García, Uri, Martínez-Hernández, Mildred, & Varela-Ruiz, Margarita. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167.
- Djoukbala, O., Hasbaia, M., Benselama, O., & Mazour, M. (2019). Comparison of the erosion prediction models from USLE, MUSLE and RUSLE in a Mediterranean watershed, case of Wadi Gazouana (NW of Algeria). *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(2), 725-743.
- Doyle T.W. (2010). *Predicting the retreat and migration of tidal forests along the northern Gulf of Mexico under sea-level rise*. U.S. Geological Survey, National Wetlands Research Center. United States.
- Durán, T. S., (2012). *Riesgo a la erosión hídrica y prácticas de manejo de suelos en la microcuenca La Corona, Armadillo de los Infante, S.L.P.* (Tesis de licenciatura), Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Endara- Agramont. Herrera-Tapia. (2015). Deterioro y conservación de los bosques del nevado de toluca y el rol de los actores locales. *Ciencia Ergo Sum*. 23(3), 247-257. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1044807600>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS) Resumen Técnico. FAO y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo, Roma, Italia.
- Figuroa, S., Amante, O., Cortés T., Pimentel, L., Osuna, C., Rodríguez, O., Morales, F. (1991). *Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Colegio de Posgraduados. Salinas, San Luis Potosí, México. 113 p.
- Figuroa Sandoval, B. (1975). *Pérdida de suelo y nutrientes y su relación con el uso del suelo en la cuenca del río Texcoco* (Tesis de Maestría), Colegio de Posgraduados.
- Flores., L. (2013). *Análisis y comparación de metodologías de ordenación de cuencas hidrográficas. Aplicación a la cuenca de La Paz en Baja California*

- Sur, México (Tesis de Maestría), Universidad Politécnica de València.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=115783>.
- Flores, A., Rodríguez, C., González, M., Cruz, I., Chipole, M., García, M., García, P., González, T., Hernández, E., Juárez, Y., Rodríguez, J., Solares, V., Martínez, E., Chávez, R., Flores, E. (2015). *Información de la situación del medio ambiente en México. Suelos*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Flores, A., Briones, O. (2021). Los pastizales olvidados. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional e Instituto de Ecología, A. C., *Red de Biología Evolutiva*. 13(24).
- García, D. (2013). La espacialidad de los indígenas en el área metropolitana de Monterrey. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*. 34. 57-92.
- Gallegos Reina, A., & Perles Roselló, M.a J. (2019). Relaciones entre los cambios en los usos del suelo y el incremento de los riesgos de inundabilidad y erosión: análisis diacrónico en la provincia de Málaga (1957–2007). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81, 2740, 1–38.
<http://dx.doi.org/10.21138/bage.2740>
- González del Tánago, M. (1991). La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. Pasado, presente y futuro. *Ecología*. (5), 13-50.
- Hernández, C., Hernández, L., Ortiz, G., Camacho, H., Vargas, S., Suárez, M., Castillo, M., Zavala, L., Quiroz, L., Castillo, B. y Astudillo, C. (2009). *Estrategia general para el rescate ambiental y sustentabilidad de la cuenca Lerma-Chapala*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- Hernández, C., Torres, C., Morales, D., Martínez E., De Los Santos, G., Muñoz, E., Pérez, K. (2022). Plan de manejo para la gestión integral de la microcuenca La Beata. *Maestría en gestión integral de Cuencas (MGIC)*.
- Hernández García, C. G. (2023). *Efecto de las obras de conservación del suelo sobre la erosión hídrica en una localidad de Linares, Nuevo León* (Tesis de Doctorado), Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Estadísticas históricas de México*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825460792>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (16 de marzo de 2023). Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER) (Archivo Excel). https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#Datos_abiertos
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). Guía para la interpretación de cartografía de erosión del suelo, Escala 1: 250 000, Serie I (25 p.). Aguascalientes. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). Carta Edafológica F1410e. 1:250,000. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/egi/productos/geografia/tematicas/Edafologia>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). Carta Topográfica F-14-C-76.1:50,000. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/topografia/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Carta de Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional). <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (16 de marzo de 2023). Censo de Población y Vivienda 2020. Principales resultados por localidad (ITER) (Archivo Excel). https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Datos_abiertos
- Jiménez, F. (2005). Gestión integral de cuencas hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales. *Recursos, ciencia y decisión (CATIE)*, 2, 1-4.
- Jiménez, C. (2010). *Evaluación de obras de conservación de suelos en el Distrito de Coixtlahuaca (Oaxaca, México) y bases para actuaciones futuras* (Tesis de grado), Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/13759/>.
- Lazos, E. y L. Paré (2000) *Miradas indígenas sobre una naturaleza "entristecida": Percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz. México*. Plaza y Valdés-Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM.

- López Austin, A., & López Luján, L. (2001). *Los pueblos indígenas de Querétaro*. Fondo de Cultura Económica.
- López-García, E. M., Torres-Trejo, E., López-Reyes, L., Flores-Domínguez, Á. D., Peña-Moreno, R. D., & López-Olguín, J. F. (2019). Estimation of soil erosion using USLE and GIS in the locality of Tzicatlacoyan, Puebla, México. *Soil and Water Research*, 15(1), 9-17.
- McCool, D. K., Foster, G. R., Mutchler, C. K., y Meyer, L. D. (1989). Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transacciones de la ASAE*, 32 (5), 1571-1576. doi: 10.13031 / 2013.31192.
- Molla, T., & Sisheber, B. (2017). Estimating soil erosion risk and evaluating erosion control measures for soil conservation planning at Koga watershed in the highlands of Ethiopia. *Solid Earth*, 8(1), 13-25. DOI: <https://doi.org/10.5194/se-8-13-2017> .
- Montes, M. A., Uribe, E., García, E. (2011). Mapa Nacional de Erosión Potencial. *Tecnología y Ciencias del Agua, antes Ingeniería hidráulica en México*, 2(1), 5-17.
- Moreno, Y. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales?: Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas. *Espiral*. (Guadalajara), 15(43), 179-202.
- Morgan, R.P.C. (2005). *Soil erosion and conservation* (3a Ed.). Blackwell Science Ltd.
- Murillo, J., Rodríguez, G., Roncallo, B., Amparo, L., & Bonilla, R. R. (2014). Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37(3), 270-278.
- Nájera, O., Bojórquez, J., Flores, F., Murray, M. Y González, A. (2016). Water erosion risk and soil loss estimation in volcanic geomorphological landscapes of Mexico. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 45-55.
- Olguín, J. L. (2019). *Manejo integral del agua en la subcuenca de río Ayuquila, Jalisco: Planeación-atención basada en microcuencas* (Tesis de Maestría), Universidad Autónoma de Querétaro.

- Ordoñez, J. (2011). Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico. *Cartilla Técnica*, 1,1- 44.
- Ortega, E. M., Sánchez, B. E., Gómez, G. T., Ortega, B. V., Can, C. A., & Mancilla, V. R. (2018). Hydroerosion in foothills of the coastal plain of Cozamaltepéc Oaxaca México. *International Journal of Hydrology*, 2(2), 121-130.
- Pérez de Bocanegra, H. (1985). *La Conquista y la Colonización en Querétaro*. Editorial Historia Mexicana.
- Prado, J., Rivera, P., De León, B., Carrillo, M., y Martínez A. (2017). Calibración de los modelos de pérdidas de suelo USLE y MUSLE en una cuenca forestal de México: Caso el Malacate. *Revista Agrociencia*, 51 (3), 265-284.
- Registro Agrario Nacional (RAN). (2020). Datos geográficos perimetrales de los núcleos agrarios certificados, por estado-formato SHAPE.
- Robredo, J. C. y Mintegui, J.A. (1994). Diseño de un modelo distribuido elemental para el análisis del comportamiento hidrológico de una cuenca vertiente. *Ingeniería del Agua*. 1 (4), 79-100.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2019). *Detengamos la erosión del suelo, salvemos nuestro futuro*. consulta: 21 de Septiembre del 2022. de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/detengamos-la-erosion-del-suelo-salvemos-nuestro-futuro>
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDEA). (s.f.). Recuperado de <https://sedea.queretaro.gob.mx/index.php/quienes-somos-2/>
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro (SEDESU). (17 de abril de 2009). Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro (POEREQ). *La Sombra de Arteaga*.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable de Querétaro (SEDESU). (2020). *Informe de Desarrollo Sostenible en Querétaro*.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SDUOP). (Agosto 2022). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PEOTDU). <https://gobqro.gob.mx/sduop/wp-content/uploads/2022/08/PEOTDU-220815.pdf>

- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (1951-2010). Normales climatológicas por estado. Querétaro. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado>
- Tarbut, J. Y Lutgens, K. (2013). *Ciencias de la Tierra*. Pearson Educación S. A.
- Tayupanta, R. (1993). La Erosión Hídrica: Proceso, Factores Y Formas. *Boletín divulgativo* No. 229. Santa Catalina. Ecuador
- Torres Benites, E., Cortes Becerra, J., Uresti Gil, J., Torres Cedillo, L., & Rivera Torres, P. S. (2020). Predicción de la erosión hídrica en la cuenca del Cañón del Sumidero, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1903-1915.
- Valdivia-Martínez, O., Peña-Urbe, G. D. J., Rufino-Rodríguez, F., Torres-González, J. A., Meraz-Jiménez, A. D. J., & López-Santos, A. (2022). Ajuste de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en parcelas de escurrimiento ubicadas en una región del centro de México. *Terra Latinoamericana*, 40.
- Zambrano, A. S. (2010). *Ordenamiento Espacial de Prácticas de Conservación de Suelos en la microcuenca Alcocer-Sosnabar, San Miguel de Allende, Gto* (Tesis de Maestría), Universidad Autónoma de Querétaro. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/752>.
- Zavala-Cruz J., D.J. Palma-López, C.R. Fernández C., A. López C. y E. Shirma T. (2011). *Degradación y conservación de suelos en la cuenca del Río Grijalva, Tabasco*. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental y PEMEX. Villahermosa, Tabasco, México. 90.
- Zeberio, J. M. (2018). *Estado de conservación y posibilidades de rehabilitación en ecosistemas semiáridos: el caso del Monte en el Noreste de Río Negro* (Tesis de Doctorado), Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.35537/10915/66061>
- Zúñiga, J. E. (2017). *Determinación de la pérdida de suelos en la cuenca aportante del embalse Aguada Blanca-Arequipa aplicando USLE y técnicas geoespaciales* (Tesis de Maestría), Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3072>

Anexos

Anexo 1: Formato de encuesta

Número de encuesta: _____

Fecha de aplicación: _____

Presentación

Hola, mi nombre es Priscila Ruiz. Soy estudiante de la Universidad Autónoma de Querétaro y me encuentro realizando un trabajo académico para conocer la opinión de la población sobre los procesos erosivos y las obras de conservación de suelos. Toda la información obtenida se utilizará para fines académicos y sus datos son confidenciales.

Instrucciones

Por favor, conteste la encuesta en las opciones correspondientes, poniendo una X donde Ud. Crea conveniente. Puede elegir más de una opción. Recuerde que no hay respuestas correctas ni incorrectas, pues nos interesa saber su opinión.

Género: Mujer Hombre Edad: _____

Ocupación: _____

Ud. es: A) Ejidatario(a) B) Comunero(a) C) otro(a). Menciónelo _____

Tema 1: Conocimientos generales sobre el Suelo

1. ¿Cuál de las siguientes opciones describe la pérdida del suelo?

A) Proceso que ocurre cuando el suelo se mueve de un lugar a otro por medio del viento o el agua

B) Proceso en el que se forma la tierra por la actividad de animales

C) Proceso donde se quitan las plantas que tienen los suelos para poder hacer uso de ellos

D) Otro. Menciónelo: _____

2. Considera que ¿la pérdida de suelo nos afecta?

A) Si B) No C) No sé

3. ¿ Ud. o alguien de su familia utiliza alguna planta con alguno de los siguientes propósitos?

A) Leña B) Alimento para ganado C) Cuidado del suelo D) Medicinal

E) Construcción F) Venta G) Carbón

H) Otra. Menciónela _____

De acuerdo a la respuesta anterior, ¿Qué planta(s) se suelen utilizar para ese propósito? _____

4. Considera que plantar árboles es...

A) Importante B) Poco importante C) Nada importante

¿Por qué? _____

5. ¿Ud. o alguien de su familia planta o ha plantado árboles alguna vez?

A) Si B) No C) No sé

Si contesto que sí a la pregunta anterior ¿con qué frecuencia lo hace(n)?

A) 2 veces al año B) de 2-5 veces al año C) Más de 5 veces al año

D) Otra. Menciónela _____

6. ¿Reconoce diferencias entre los suelo en sus terrenos?

A) Si B) No C) No sé

7. ¿Cuál de las siguientes características describe los suelos en sus terrenos?

Color: A) Rojo B) Negro C) Amarillento D) Café oscuro E) Café claro

F) Otro. Menciónelo _____

Apariencia: A) Arenoso. B) Pedregoso. C) Terronado D) Pegostoso / chicloso

E) Otro. Menciónelo _____

8. ¿Considera que el ganado afecta los suelos?

A) Si B) No C) No sé

¿Por qué? _____

9. Si usted cultiva, ha cultivado o conoce a alguien que cultiva en la zona

¿Combina o alterna cultivos al sembrar?

A) Si B) No C) No sé

10. Si usted cultiva, ha cultivado o conoce a alguien que cultiva en la zona, considera que la producción en esa parcela ha...

A) Disminuido B) Aumentado C) Se ha Mantenido

11. Considera que cuidar del suelo es...

- A) Demostrativa (Aprender haciendo). B) Folletos y manuales. C) Platicas
D) Todas la anteriores
E) Otra. Menciónela _____

18. Ud. o alguien de su familia ¿Ha recibido apoyo de algún programa u organización para realizar obras o técnicas que eviten que el suelo se pierda o se desgaste?

- A) Si B) No C) No sé

Si respondió que sí, Mencione el nombre del programa u organización

Tema 4. Implementación de obras de conservación

19. ¿El ejido ha realizado alguna obra o técnica para cuidar o mejorar la calidad del suelo?

- A) Si B) No C) No sé

Si respondió que sí, mencione algunos ejemplos (Si contesto que no, pase a la pregunta 22)

20. ¿Lleva(n) a cabo algún seguimiento de dichas prácticas (como limpiarlas o cuidarlas)?

- A) Si B) No C) No sé

Si respondió que sí, ¿qué tipo de seguimiento se lleva a cabo?

21. ¿Qué tipo de cambios ha visto después de realizar obras o técnicas que evitan que el suelo se pierda o se desgaste?

- A) Positivos. B) Negativos. C) No he visto cambios

Tema 5. Conocimientos generales

22. ¿Considera que es necesario mucho dinero para realizar obras o técnicas que eviten que el suelo se pierda o se desgaste?

- A) Si B) No C) No sé

23. Considera que realizar obras que cuiden del suelos requiere de...

- Cargar cosas muy pesas. A) Si B) No C) No sé

- Estar mucho tiempo en el sol. A) Si B) No C) No sé
-Mucho tiempo invertido. A) Si B) No C) No sé

24. Considera que ¿es mucho trabajo realizar obras que cuiden de suelos?

- A) Si B) No C) No sé

25. ¿Cuál considera que debería ser el costo o pago por jornada de trabajo diario?

- A) 150 a 250 B) 250 a 350 C) 350 a 450

26. ¿Cuántas obras o metros lineales deberían trabajar por jornada?

27. ¿Cuáles considera Ud. que son las obras más útiles?

- A) Terrazas de piedra B) Terrazas de madera C) Costales
D) Presas de piedra E) Presas de madera F) Zanjas
G) Otras

28. ¿Cuáles considera Ud. que son las más económicas?

- A) Terrazas de piedra B) Terrazas de madera C) Costales
D) Presas de piedra E) Presas de madera F) Zanjas
G) Otras

29. ¿Cuáles considera Ud. que requieren de más esfuerzo físico?

- A) Terrazas de piedra B) Terrazas de madera C) Costales
D) Presas de piedra E) Presas de madera F) Zanjas
G) Otras

30. ¿Considera que tanto hombres como mujeres pueden construir obras de conservación de suelos?

- A) Si B) No C) No sé

¿Por qué? _____

¡Muchas gracias por su ayuda!

Anexo 2: Formato de entrevista

1. ¿Qué es el suelo?
2. ¿Para qué requerimos los suelos?
3. ¿Qué es la degradación de suelos?
4. ¿Considera qué se les da la importancia debida a los suelos?
5. ¿A qué crees que se deba?
6. ¿Qué podemos hacer para cuidar del suelo?
7. ¿Podrías hablarnos un poco de las obras de conservación de suelos (¿Qué son?, ¿Cómo funcionan?, ¿para qué sirven?)?
8. ¿Cuál es su opinión sobre este tipo de obras?
9. ¿Consideras que funcionan? ¿por qué?
10. ¿Cómo las mejorarías, les cambiaria algo?
11. ¿Quién debería hacer/apoyar las acciones de conservación de suelos?
¿Por qué?
12. ¿Cuáles crees que sean los principales obstáculos para hacer los trabajos de conservación de suelos?
13. ¿Qué opina la institución a la que representa de este tipo de obras?
14. ¿Por qué consideras que promueven este tipo de prácticas?
15. ¿Existe un área o departamento enfocado al manejo de los suelos?
16. ¿La institución destina recursos para el cuidado o restauración de los suelos?
17. ¿Qué criterios fueron tomados en cuenta para la selección de los sitios donde se implementaron las prácticas de conservación?
18. ¿Cuáles son los principales tipos de prácticas que realizan?
19. ¿Existe un monitoreo o evaluación de las prácticas antes mencionadas?,
¿En qué consisten?
20. ¿Cuál ha sido la aceptación por parte de los propietarios de los terrenos beneficiados?

Anexo 3: Ficha técnica

				Ficha número:	
Descrita por:				Fecha:	
Coordenadas:	X	Y	Altitud:		
Geomorfología:	Pendiente:		()Muy escarpada (>60); Escarpada (30-60); ()Inclinada (16-30); () Poco inclinada (8-16); ()Pendiente ligera (5-8); () Casi plana (2-5); ()Plana (0-2)		
Datos del predio					
Nombre del predio o ejido:					
Nombre del propietario:					
Localidad/Poblado:					
Datos del monitoreo					
Distancia intervenida:					
Objetivo de la intervención:			()Mitigación de la erosión; ()Control de escorrentía; ()Incremento de cobertura protectora del suelo; ()Mejorar la productividad; ()Otro		
Tipo de práctica:	()Agronómica	()Vegetativa	()Estructural		
Fecha de inicio de construcción de las obras:			Fecha de entrega de las obras:		
Origen de la intervención:	()Investigación	()Subsidio	()Iniciativa de los usuarios		
Nombre de la organización, programa u organización:					
Accesibilidad a la zona:					
Condición actual de las prácticas					
Práctica estructural		Tipo:	Número de obras por ha:		
Medidas (Ancho y Largo en m):		Deterioro de la estructura: () Leve (no perceptible y no modifica la funcionalidad); () Moderado (perceptible pero no modifica la funcionalidad); () Grave (impide la funcionalidad)			
Espacio entre estructuras		Tipo de monitoreo o mantenimiento:			
Frecuencia del monitoreo o mantenimiento:					
Práctica vegetativa		Tipo:	Planta utilizada:		
Sobrevivencia de la planta:		Planta nativa:		()Si	()No
Tipo de monitoreo o mantenimiento:					
Frecuencia del monitoreo o mantenimiento:		Espacio entre obra y obra:			
Práctica agronómica		Tipo:	Frecuencia de aplicación:		
Tipo de monitoreo:		Frecuencia del monitoreo o mantenimiento:			
Usos del suelo		Tipo de suelo			
()Áreas urbanas	Nombre del suelo:				
()Áreas industriales	Textura:	Profundidad del suelo (cm):			
()Pastoreo	Color:	Tamaño y densidad de raíces:			
()Áreas agrícolas	Pedregosidad:				
()Áreas desprovistas de vegetación	Estructura:				
()Forestal					
()Otro:					
Afloramientos rocosos:		Tamaños:			
Erosión: ()Laminar; ()Surcos;()Encostramiento; ()Cárcavas; ()Otro:		Grado de erosión: ()Sin erosión; ()Ligera; ()Moderada; ()Severa ()Muy severa; ()No aparente			
Tipo de vegetación:					
Notas:					