Isidro Fernández-González
Gerardo Alonso González Pérez
Francisco Javier Cruz Chávez
José Rafael Contreras Hinojosa

EVALUACIÓN DE PRESAS FILTRANTES VEGETATIVAS EN DOS COMUNIDADES DE MONTECRISTO DE GUERRERO, CHIAPAS, MÉXICO

EDITORA ARTEMIS
2026

2026 *by Editora Artemis*
Copyright © Editora Artemis
Copyright do Texto © 2026 Os autores
Copyright da Edição © 2026 Editora Artemis

O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, **conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.**

Editora Chefe	Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M.ª Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M.ª Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Autores	Isidro Fernández-González Gerardo Alonso González Pérez Francisco Javier Cruz Chávez José Rafael Contreras Hinojosa
Imagem da Capa	keldridge/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.ª Dr.ª Ada Esther Portero Ricol, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, Universidad Autónoma del Estado de México, México
Profª Drª Alda Rocío Ortiz Muñiz, Universidad Autónoma Metropolitana, México
Prof.ª Dr.ª Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.ª Dr.ª Ana Clara Monteverde, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Prof.ª Dr.ª Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, Universidad Nacional del Altiplano, Peru
Prof.ª Dr.ª Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.ª Dr.ª Begoña Blandón González, Universidad de Sevilla, Espanha
Prof.ª Dr.ª Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Cirila Cervera Delgado, Universidad de Guanajuato, México
Prof.ª Dr.ª Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil

Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos
Prof. Dr. David García-Martul, Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Espanha
Prof.ª Dr.ª Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.ª Dr.ª Edith Luévano-Hipólito, Universidad Autónoma de Nuevo León, México
Prof.ª Dr.ª Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.ª Dr.ª Elvira Laura Hernández Carballido, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México
Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, Universidad de Salamanca, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, Universidad de la República, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, Universidad de Guadalajara, México
Prof. Dr. Fernando Hitt, Université du Québec à Montréal, Canadá
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, Universitat de Barcelona, Espanha
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof.ª Dr.ª Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, Universidad Nacional de San Luis, Argentina
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, Universidad de Guadalajara, México
Prof. Dr. Håkan Karlsson, University of Gothenburg, Suécia
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, Universidad de Piura, Peru
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, Universidad del Bío-Bío, Chile
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, Universidad Nacional Autónoma de México, México
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, Universidad Politécnica de Madrid, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia



Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, Universidad Nacional Autónoma de México, México
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Lívia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, Universidad Nacional Autónoma de México, México
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, Universidad Pablo de Olavide, Espanha
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, Universidad Pablo de Olavide, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, Universidad Santiago de Compostela, Espanha
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, Universidad de Granada, Espanha
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, Universitat Jaume I, Espanha
Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mª Graça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, Universidad de Guadalajara, México
Prof.ª Dr.ª María José de Dios-Duarte – Universidad de Valladolid, Espanha
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil



Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, Saint Petersburg State University, Russia
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, Universidad de León, Espanha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E92 Evaluación de presas filtrantes vegetativas en dos comunidades de Montecristo de Guerrero, Chiapas, México [livro eletrônico] / Isidro Fernández-González ... [et al.]. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.
il. color.

Formato: PDF.
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
Texto em espanhol.
Inclui bibliografia.
ISBN 978-65-82858-42-0
DOI 10.37572/EdArt_241126420

1. Conservação do solo e da água – México – Chiapas. 2. Erosão hídrica. 3. Agricultura. 4. Montecristo de Guerrero (Chiapas, México). I. Fernández-González, Isidro. II. González Pérez, Gerardo Alonso. III. Cruz Chávez, Francisco Javier. IV. Contreras Hinojosa, José Rafael.
CDD 631.45

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

PRESENTACIÓN DEL LIBRO

Evaluación de presas filtrantes en dos comunidades de Montecristo de Guerrero, Chiapas, México, es una obra científica indispensable para comprender los alcances de la infraestructura verde y las prácticas de conservación de suelo y agua en las regiones montañosas del sureste mexicano. Cobijado bajo el rigor del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), este libro desglosa una investigación integral de tres fases (documental, experimental de campo y evaluación social) orientada a mitigar uno de los problemas ambientales más severos de los terrenos de ladera: la erosión hídrica y la consecuente formación de cárcavas.

El escenario de este estudio se sitúa estratégicamente en la parte media y baja de la microcuenca La Suiza, una región de alta relevancia ecológica al encontrarse inmersa en un 85% dentro de la Reserva de la Biosfera El Triunfo (REBITRI). A través de sus páginas, los autores evalúan y comparan de manera minuciosa el impacto biofísico de las presas filtrantes vegetativas (construidas con sauce y palo de agua) en dos realidades agrícolas contrastantes: el sistema agroforestal de café bajo sombra en el ejido Vista Alegre y el sistema de producción maíz-frijol en el ejido Puerto Rico.

En estas localidades, la topografía accidentada y las intensas temporadas de lluvia imponen un reto constante para la estabilidad productiva y la seguridad hídrica. El texto combina con maestría el rigor de la ingeniería hidráulica y forestal con la realidad del trabajo comunitario, ofreciendo un diagnóstico preciso de cómo estas obras mitigan la erosión hídrica, retienen azolves estratégicos y regulan los escurrimientos superficiales.

Más allá de los datos numéricos, este libro rescata el trabajo de los habitantes de Vista Alegre y Puerto Rico, demostrando que la infraestructura verde solo es sostenible cuando se respalda en la apropiación local y el trabajo comunal. Es, en esencia, un testimonio de resiliencia rural frente al cambio climático y un manual replicable para el desarrollo sustentable del sureste mexicano.

PRÓLOGO

La conservación del suelo y del agua constituye uno de los desafíos fundamentales para la sostenibilidad de los territorios rurales, especialmente en aquellas regiones donde las condiciones topográficas, la intensidad de las precipitaciones y las actividades productivas favorecen los procesos de degradación ambiental. En estos escenarios, comprender el comportamiento de los recursos naturales y evaluar la efectividad de las prácticas destinadas a su protección resulta indispensable para promover sistemas agrícolas más sostenibles y fortalecer la capacidad de adaptación de las comunidades.

La erosión hídrica representa una amenaza significativa para la productividad de los suelos, la estabilidad de los ecosistemas y el bienestar de las poblaciones que dependen directamente de la actividad agrícola. Sus consecuencias trascienden la pérdida física de partículas del suelo, pues comprometen la fertilidad, modifican la dinámica de los escurrimientos superficiales y pueden limitar las posibilidades de aprovechamiento futuro de los terrenos.

Frente a esta problemática, las prácticas de conservación basadas en el aprovechamiento de materiales vegetales y en la recuperación de las funciones naturales del suelo adquieren especial relevancia. Entre ellas, las presas filtrantes vegetativas constituyen una alternativa orientada a disminuir la velocidad del escurrimiento, favorecer la retención de sedimentos y contribuir a la estabilización de las cárcavas.

La obra *Evaluación de presas filtrantes en dos comunidades de Montecristo de Guerrero, Chiapas, México* se inscribe en este campo de investigación, aportando una evaluación de las prácticas de conservación implementadas en los ejidos Vista Alegre y Puerto Rico, pertenecientes a la microcuenca La Suiza. Situada en un territorio de notable importancia ambiental, vinculado a la Reserva de la Biosfera El Triunfo, esta investigación permite examinar la relación entre las características del paisaje, los sistemas de producción agrícola y las estrategias de protección de los recursos naturales.

Uno de los principales aportes del estudio reside en su enfoque integral. La investigación no se limita a cuantificar los sedimentos retenidos por las presas filtrantes vegetativas, sino que incorpora el análisis de sus propiedades físicas y químicas, así como la evaluación de la aceptación de estas prácticas por parte de los productores. Esta articulación entre las dimensiones biofísica y social permite comprender que la efectividad de las intervenciones ambientales depende tanto de sus características técnicas como de las condiciones que favorecen su mantenimiento y apropiación comunitaria.

La comparación entre los sistemas productivos de Vista Alegre y Puerto Rico ofrece, además, elementos relevantes para reflexionar sobre la influencia de la cobertura vegetal, las características del suelo y las prácticas agrícolas en los procesos de erosión y conservación. Los resultados presentados contribuyen a ampliar el conocimiento sobre el funcionamiento de estas estructuras y sobre las posibilidades y limitaciones de su aplicación en terrenos de ladera.

Particular importancia adquiere la dimensión social de la investigación. La participación de los productores, sus experiencias y las dificultades que enfrentan para mantener o incorporar nuevas prácticas de conservación ponen de manifiesto que la sostenibilidad de las intervenciones requiere acompañamiento técnico, capacitación y estrategias compatibles con las realidades económicas y productivas de cada comunidad.

En este sentido, la obra ofrece información de interés para investigadores, profesionales de las ciencias agrarias y ambientales, instituciones vinculadas al desarrollo rural y responsables de proyectos de conservación de suelo y agua. Asimismo, constituye una referencia para quienes buscan comprender las relaciones entre investigación aplicada, manejo de cuencas hidrográficas y participación comunitaria.

La publicación de este estudio representa una oportunidad para difundir conocimientos generados a partir de experiencias concretas en el territorio y contribuir al diálogo sobre alternativas de manejo sostenible de los recursos naturales. Más allá de los resultados específicos, sus

páginas invitan a reconocer que la conservación del suelo y del agua exige una mirada integrada, capaz de vincular los procesos ecológicos con las necesidades, los conocimientos y las prácticas de las comunidades rurales.

Desde esta perspectiva, esperamos que la presente obra contribuya a nuevas investigaciones, al fortalecimiento de iniciativas de conservación y a la reflexión sobre estrategias de desarrollo rural que reconozcan el valor del territorio y de quienes lo habitan.

SUMÁRIO

EVALUACIÓN DE PRESAS FILTRANTES EN DOS COMUNIDADES DE MONTECRISTO DE GUERRERO, CHIAPAS, MÉXICO

Isidro Fernández-González
Gerardo Alonso González Pérez
Francisco Javier Cruz Chávez
José Rafael Contreras Hinojosa

https://doi.org/10.37572/EdArt_241126420

CAPÍTULO 1 1

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 2 3

REVISION DE LITERATURA

2.1. CUENCAS HIDROGRÁFICAS 3

2.1.1. Partes de una cuenca hidrográfica 3

2.1.2. Clasificación de una cuenca 4

2.1.3. División de una cuenca 5

2.1.4. Importancia de las cuencas 6

2.1.5. Manejo de cuencas hidrográficas 7

2.2. EROSIÓN HÍDRICA 7

2.2.1. Tipos de erosión hídrica 8

2.3. CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA 11

2.4. CONTROL DE EROSIÓN EN CÁRCAVAS 11

2.4.1. Prácticas para evitar la erosión en cárcavas 12

2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS 13

2.5.1. Textura 13

2.5.2. Densidad aparente 14
2.5.3. Capacidad de campo 14
2.5.4. Punto de Marchitez permanente 15
2.5.5. Conductividad hidráulica 15
2.6. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS 16
2.6.1. Materia orgánica 16
2.6.2. pH 16
2.6.3. Nitrógeno 17
2.6.4. Fosforo (p) 17
2.6.5. Potasio 17
2.7. ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA 18
2.7.1. El estudio de adopción de tecnologías de conservación de suelo 18
2.7.2. Importancia de una evaluación de adopción de tecnología 19
CAPÍTULO 3 21
MATERIALES Y MÉTODOS
3.1. ÁREA DE ESTUDIO 21
3.1.1. Macro localización 21
3.2. MICROCLOCALIZACIÓN 23
3.2.1. Vista Alegre 24
3.2.2. Puerto Rico 24
3.3. PROCESO METODOLÓGICO 25
3.3.1. Fase de búsqueda de información 26
3.3.2. Fase de Campo, obtención de sedimentación 26
3.3.3. Análisis químico de sedimento 27

3.3.4. Fase de Gabinete 28

3.3.5. Evaluación social 30

CAPÍTULO 4 32

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. CAPACIDAD DE SEDIMENTO RETENIDO 32

4.2. ANÁLISIS DE SUELO 37

4.3. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, COMPARACIÓN ENTRE COMUNIDADES 47

4.4. RELACIÓN C/N, COMPARACIÓN ENTRE COMUNIDADES EJIDALES 48

4.5. MATERIA ORGÁNICA, COMPARACIÓN ENTRE COMUNIDADES EJIDALES 48

4.6. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE K EN LAS COMUNIDADES VISTA ALEGRE Y PUERTO RICO 50

4.7. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE P EN LAS COMUNIDADES VISTA ALEGRE Y PUERTO RICO 51

4.8. EVALUACIÓN SOCIAL 53

4.8.1. Escolaridad alcanzada en productores de estudio 54

4.8.2. Recibimiento de capacitación 54

4.8.3. Mantenimiento de las prácticas de conservación 55

4.8.4. Inconvenientes más comunes 56

4.8.5. Disposición para la implementación de nuevas practicas 57

CAPÍTULO 5 59

CONCLUSIONES

CAPÍTULO 6 ..... **61**

SUGERENCIAS

LITERATURA CITADA **62**

SOBRE LOS AUTORES **66**

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La conservación, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos de las cuencas hidrográficas, han adquirido gran prioridad para muchos países en los últimos años, con la finalidad de satisfacer las demandas de una población cada vez más numerosa (FAO, 2007). Sin embargo, las actividades antrópicas que se han llevado a cabo a lo largo de los años, el manejo inadecuado del suelo en terrenos y la erosividad de la lluvia, han provocado la degradación progresiva del suelo, provocando una reducción en la capacidad del suelo para mantener una productividad sostenida (Cartes, 2013).

El enfoque de manejo cuencas permite una planificación más eficiente y la implementación de acciones tomando en cuenta la relación entre las zonas altas y bajas de la cuenca, así como la identificación de las interacciones entre los servicios de los diferentes ecosistemas que ofrece el territorio. De este modo, el manejo integral de cuencas puede contribuir a mitigar y controlar los problemas de erosión hídrica y la vulnerabilidad a deslizamiento si se entiende desde el punto de vista ambiental, social y económico que intervienen en estos fenómenos.

Las prácticas de conservación de suelo y agua son fundamentales para el control integral de la erosión hídrica con enfoque de cuencas, prácticas que incluye dejar los residuos de cosecha sobre el terreno, evitar la quema, control de escurrimientos con prácticas como: barreras vivas y/o presas filtrantes vegetativas y siembras sobre curvas a nivel.

Evaluar la eficiencia de las obras de conservación de suelo y la aceptación que los productores han tenido, permite determinar el alcance

que ha tenido el proyecto, para ayudar a orientar, ajustar y definir otras actividades prioritarias. A su vez, para que los organismos financiadores no solo conozcan sus logros sino también los efectos y beneficios alcanzados.

En este sentido tiene gran relevancia realizar procesos de evaluación de prácticas de conservación de suelos como presas filtrantes vegetativas, así como el aspecto social, evaluando la aceptación y apropiación de dichas prácticas en la microcuenca la Suiza, municipio de Monte Cristo de Guerrero, Chiapas. Este proceso se realiza con el propósito de medir de manera práctica y rápida la eficiencia de estas prácticas en el control de la erosión hídrica y la retención de sedimentos, así como las características químicas y físicas del sedimento retenido y la aceptación que los productores han tenido respecto a estas prácticas.

En este sentido, el trabajo de evaluación se llevó a cabo con la participación de los productores que habitan en la parte baja y media de la microcuenca La suiza, particularmente con las comunidades de Vista Alegre y Puerto Rico que desde el año 2012 establecieron estas prácticas ordenadas espacialmente a nivel de campo.

El objetivo general del proyecto es evaluar el estado actual de la obra de conservación de suelos implementadas en dos sitios que forman parte de la microcuenca del rio La Suiza, así mismo, conocer el grado de aceptación y oportunidad para el mejoramiento de las parcelas y la producción de alimentos. La evaluación tiene como objetivo cuantificar la eficiencia en términos de contribución que ejercen las presas filtrantes vegetativas en la retención de sedimentos y sus características físico-químicas. Del mismo modo, se evalúa el impacto social que éstas prácticas han tenido, tomando en cuenta la aceptación, los beneficios y las limitantes que los productores consideran para el establecimiento de las obras de conservación, así como los factores que influyen en la adopción de dichas prácticas.

CAPÍTULO 2

REVISION DE LITERATURA

2.1. CUENCAS HIDROGRÁFICAS

De acuerdo con SEMARNAT[1] (2013), las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de montañas) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, la cual puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica).

Del mismo modo, López *et al.,* (2009) mencionan que una cuenca hidrográfica es el espacio o unidad de territorio que es delimitado por líneas divisorias de las aguas, la cual es conformado por un sistema hídrico que conduce sus aguas a un rio principal, un rio muy grande, un lago o el mar.

Una cuenca hidrográfica también puede definirse como un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o 'divisoria de aguas' se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Rodríguez, 2006).

2.1.1. PARTES DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA

Una cuenca hidrográfica se puede decir que está compuesta por determinadas partes, según el criterio que se utilice (World Visión s/f):

[1] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

a) Altitud: Si el criterio utilizado es la altura, se podrían distinguir la parte alta, media y baja, sucesivamente, en función de los rangos de altura que tenga la cuenca.
b) Si la diferencia de altura es significativa y varía de 0 a 2,500 msnm, es factible diferenciar las tres partes, si esta diferencia es menor, por ejemplo, de 0 a 1000 msnm, posiblemente sólo se distingan dos partes, y si la cuenca es casi plana será menos probable establecer las partes. Generalmente este criterio de la altura, se relaciona con el clima y puede ser una forma de establecer las partes de una cuenca.
c) Topografía: Otro criterio muy similar al anterior es la relación con el relieve y la forma del terreno, las partes accidentadas forman las montañas y laderas, las partes onduladas y, las casi planas y planas, forman los valles; finalmente la zona por donde discurre el río principal y sus afluentes, a esta se le denomina cauce.

En este sentido, identificar las partes de la cuenca según su altitud y topografía, resulta importante para comprender la magnitud de la dinámica existente en los ecosistemas de las cuencas.

López *et al.,* (2009) mencionan que las partes altas garantizan la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año, por lo que, la forma en cómo se aprovechen los recursos en dicha zona tendrá repercusiones en la parte baja, dado el flujo unidireccional del agua.

Del mismo modo, en la parte alta y media se encuentran la gran mayoría de las nacientes y de los ríos, mientras que las partes bajas a menudo tienen más importancia para la agricultura, asentamiento humano y la prevención de inundaciones, debido a la disposición de áreas más planas.

2.1.2. CLASIFICACIÓN DE UNA CUENCA

A continuación, se señalan las formas más comunes para clasificar a las cuencas hidrográficas según Worl Visión (2004):

a) Por su tamaño geográfico: Las cuencas hidrográficas pueden ser grandes, medianas o pequeñas. De allí que, en cuanto a tamaño y complejidad, los conceptos de pequeñas cuencas o microcuencas pueden ser muy relativos cuando se desarrollen acciones; se recomienda entonces utilizar criterios conjuntos de comunidades o unidades territoriales manejables desde el punto de vista hidrográfico.
b) Por su Ecosistema: Según el medio o el ecosistema en la que se encuentran, establecen una condición natural, así tenemos, las cuencas áridas, cuencas tropicales, cuencas húmedas y cuencas frías.
c) Por su Objetivo: de acuerdo a su vocación, según la capacidad natural de sus recursos, las cuencas pueden denominarse: hidroenergéticas, para agua poblacional, agua para riego, agua para navegación, ganaderas, hortícolas, municipales y de uso múltiple.

La Unión Geofísica Americana define como cuenca pequeña, aquella en la cual la sensibilidad a las lluvias de alta intensidad y de corta duración y al uso de la tierra, no es suprimida por las características de almacenamiento en el valle; siendo el límite superior para una cuenca pequeña los 130 kilómetros cuadrados considerablemente.

Por otro lado, en las cuencas grandes el efecto del flujo en el cauce o el efecto del almacenamiento en el valle es mucho más pronunciado, y así tal sensibilidad es suprimida. Para fines prácticos, Villón (2004) citado por López *et al.,* (2009) mencionan que una cuenca grande es aquella en donde predominan las características fisiográficas (pendiente, elevación, área y cauce) y presentan una superficie mayor de 250 km^2.

2.1.3. DIVISIÓN DE UNA CUENCA

La cuenca hidrográfica puede dividirse en subcuencas y microcuencas debido a la relación de espacios entre el drenaje superficial y la importancia que tiene con el curso principal. El trazo de la red hídrica es

fundamental para delimitar los espacios en que se puede dividir la cuenca. A un curso principal llega un afluente secundario, este comprende una subcuenca. Luego al curso principal de una subcuenca, llega un afluente terciario, este comprende una microcuenca, además están las quebradas que son cauces menores.

De acuerdo con SEMARNAT (2013) las cuencas hidrográficas además de ser unidades funcionales, tienen límites bien definidos y salidas puntuales, están estructuradas jerárquicamente, ya que pueden subdividirse en subcuencas, delimitadas también por un parteaguas y donde se concentran los escurrimientos que desembocan en el curso principal del río.

Así mismo, al interior de cada subcuenta se ubican las microcuencas, cuyos límites pueden incluir o no límites administrativos, como los de un ejido o un municipio.

2.1.4. IMPORTANCIA DE LAS CUENCAS

De acuerdo a USAID (1999), las cuencas hidrográficas por ser la unidad física en la cual tienen lugar todos los procesos naturales, son asimismo la unidad natural y lógica para el desarrollo agrícola, ambiental y socioeconómico.

Físicamente, la cuenca representa una fuente natural de captación y concentración de agua superficial, por lo que esta unidad territorial tiene una connotación esencialmente volumétrica e hidrológica. Pero, en tanto espacio social, la cuenca debe ser considerada como una realidad socialmente construida a partir de las relaciones económicas, culturales, sociales y políticas que se establecen entre los diferentes sectores (FAO[2], 2007).

Por otro lado, puede decirse que una cuenca hidrográfica también es un espacio social producido, debido al conjunto de relaciones e interacciones sociales de apropiación y uso de los recursos que ella contiene. Es decir, los recursos naturales y los habitantes de las cuencas poseen condiciones

[2] Organización de las Naciones Unidades para la Alimentación y Agricultura.

físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características particulares.

2.1.5. MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Manejo de cuenca: son las diferentes acciones que se realizan, en una determinada cuenca, para hacer un uso racional y sostenible de los diferentes recursos que se encuentran en ella, tomando en consideración el potencial-vocación de la cuenca y las actividades e intereses de las comunidades y sectores que habitan e interactúan en la referida cuenca (World Visión s/f).

Vázquez *et al.,* (2016) consideran que el manejo de una cuenca hidrográfica es la administración integral de la misma, mediante la implementación de políticas claramente definidas y normas adecuadas así como, al desarrollo planificado de acciones técnicas, que permitan el aprovechamiento racional y la conservación del espacio físico y de los recursos naturales existentes en la misma, así como la conservación y protección de su medio ambiente, el mejoramiento del nivel de vida de la población, la participación activa de la población local y sociedad en general.

2.2. EROSIÓN HÍDRICA

La erosión se refiere al desprendimiento, transporte y posteriormente depósito de los materiales de suelo o roca por acción de la fuerza de un fluido en movimiento. La erosión puede ser generada de manera natural tanto por el agua (erosión hídrica) o por el viento (erosión eólica).

Gracia y Domínguez (1998) mencionan que la erosión hídrica es la remoción del suelo por efecto del agua, sea por gotas de lluvia o por escurrimiento superficial. Ocurre porque al impacto de tales gotas en el suelo se rompe la estructura de éste, y salpica el material sólido en todas sus direcciones.

El agua proveniente de la precipitación pluvial, no infiltra en su totalidad por lo que una parte queda en la superficie originando el agua

de escorrentía, que al desplazarse sobre la superficie del suelo origina la erosión laminar, en surcos y posteriormente en cárcavas.

La erosión hídrica, debida a las precipitaciones, es ocasionada por la dispersión y transporte del suelo a causa del impacto de las gotas de lluvia conjuntamente con escurrimiento superficial del agua. Esto depende principalmente de factores y de sus interrelaciones, como:

a) cantidad e intensidad de las precipitaciones pluviales;
b) propiedades intrínsecas de los suelos, que presentan una inestabilidad estructural, con predominancia de estructura granular y del grupo textural liviano que los hacen vulnerables; y
c) inclinación y área del terreno; vegetación y aplicación de medidas preventivas para la conservación del suelo (Fernández y Figueroa, 2014).

Las regiones con suelos muy erosionables, pendiente alta, clima con lluvias intensas ocasionales como las de la microcuenca La Suiza en el estado de Chiapas, están expuestas a mayores tasas de pérdidas de suelo por erosión hídrica.

2.2.1. TIPOS DE EROSIÓN HÍDRICA

2.2.1.1. Erosión por gotas de lluvia

La erosión por salpicamiento es la que tiene lugar como consecuencia del impacto de la gota de lluvia sobre el terreno. Estos impactos compactan la superficie del suelo, rompen los agregados haciendo saltar las partículas, dejándolas expuestas y listas para ser arrastradas por el agua, precediendo y acondicionando a los demás tipos de erosión (Allas, 2006).

En este sentido, Pilar y Rodríguez (2008) mencionan que la erosión por gotas de la lluvia depende sobre todo de la energía cinética con que impactan las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo. Cada tormenta aportara una energía cinética acumulada en función de las dimensiones de las gotas (intensidad de la lluvia) y de la cantidad de agua caída.

2.2.1.2. Erosión laminar

La erosión laminar consiste en el desprendimiento y transporte en capas bien definidas superficiales de suelo por acción de la escorrentía difusa. El suelo se va perdiendo casi en forma imperceptible. Este tipo de erosión es muy común en los suelos residuales y en las zonas recientemente deforestada (Raudes y Sagastume, 2009)

En este tipo de erosión hídrica se pierden principalmente las partículas finas lo que ocasiona una pérdida de elementos nutritivos y disminución de la capacidad de retención de la humedad del horizonte superficial.

2.2.1.3. Erosión en canalillos

Una vez que se inicia el flujo superficial, el escurrimiento puede producir pequeños canalillos de varios milímetros de ancho y profundidad. Estos aportan importantes cantidades de sedimento. Generalmente estos canalillos desaparecen de una tormenta a otra, o bien desaparecen con las labores agrícolas.

2.2.1.4. Erosión en cárcavas

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas, aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno (Díaz *et al.,* 2012).

Bienes (2006) hace mención de que las cárcavas tienen lugar cuando existe una concentración de la escorrentía importante. La progresión de las cárcavas no es continua, sino que el agua circula por ellas de forma intermitente, evolucionando por abarrancamientos.

En este sentido, se denomina a una cárcava como un canal de erosión con una sección superior a 30 centímetros, cuyos canales ya no pueden ser eliminados fácilmente mediante la implementación de prácticas agrícolas. Las cárcavas tienen una mayor capacidad de transporte de sedimentos que los canalillos, debido a que las tasas de

flujo son mayores, así mismo, actúan como cauces de concentración y transporte de agua y sedimentos.

Así mismo, su aparición concuerda con una etapa erosiva muy avanzada, ya que son casos particulares de erosión en canales, cuya característica principal es el crecimiento constante, en extensión y profundidad (Gracia y Domínguez, 1998).

Las cárcavas que se crean son producto del escurrimiento del suelo por efecto de la velocidad del agua y la pendiente del terreno al no existir prácticas de conservación.

Esta situación provoca pérdidas de la capa protectora de la tierra y poca retención de agua, que a su vez causa disminución del grosor del suelo, de materia orgánica, y fertilidad, así como la pérdida de la cubierta vegetal y biomasa (SADER, 2013).

2.2.1.1.1. Susceptibilidad a formación de cárcavas

Las áreas más susceptibles a erosión en cárcavas son aquellas con topografía de alta pendientes fuertes y suelos de gran profundidad. Las mesetas semiplanas que recogen gran cantidad de aguas de escorrentía y a su vez tienen taludes de pendiente fuerte lateral presentan especial susceptibilidad a la formación de cárcavas, especialmente de cárcavas anchas. Las áreas más afectadas por cárcavas son aquellas que tienen suelos dispersivos o altamente erosionables (Castellanos, 2012).

En las zonas agrícolas normalmente tienen lugar los procesos más graves de formación de cárcavas, por el impacto de las labores agrícolas en la reducción o eliminación de la cobertura vegetal, la degradación del suelo y la concentración de la escorrentía debido a la compactación en las zonas de tráfico (Gómez *et al.,* 2019).

Los factores que condicionan el desarrollo e intensidad del proceso son muy diversos y en ocasiones se encuentran íntimamente relacionados entre sí. Poesen *et al.*, citados por Gómez *et al.,* (2011), definieron la pérdida de suelo debida al acarcavamiento como una función multivariable, donde

se toma en cuenta el tipo de cárcava, las propiedades del suelo y el sustrato, el uso y manejo del mismo, el clima y la topografía.

2.3. CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA

Para Karlen *et al.,* citado por Cotler *et al.,* (2007), la conservación de este recurso debe buscar el mantenimiento y la recuperación de su calidad, entendida como la capacidad para funcionar dentro de los límites naturales, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener la calidad del aire y del agua y sostener la salud humana.

La conservación de suelos es un sistema que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas, de fertilidad y agroforestales, Este sistema debe aplicarse de la forma más completa posible, si se desea tener éxito tanto en la protección del suelo como en la productividad.

2.4. CONTROL DE EROSIÓN EN CÁRCAVAS

El objetivo básico del control de cárcavas es disminuir la velocidad y magnitud de los escurrimientos (régimen torrencial) para reducir o evitar la erosión hídrica y controlar el torrente.

Se debe evitar la concentración de aguas de escorrentía sobre zonas con cobertura vegetal deficiente. Generalmente se emplea una combinación de árboles de raíz profunda y hiervas. Adicionalmente debe controlarse las aguas mediante zanjas y canales. Hasta ahora el método más efectivo para el control de cárcavas es la vegetación con estructuras que favorezcan su crecimiento (Huariccallo, 2013).

Adicionalmente, se puede construir estructuras amortiguadoras de energía en la corriente para disminuir la velocidad del agua y en esta forma evitar la formación de cárcavas. Es mucho más sencillo prevenir su ocurrencia que controlarla una vez que haya iniciado.

2.4.1. PRÁCTICAS PARA EVITAR LA EROSIÓN EN CÁRCAVAS

2.4.1.1. Presas filtrantes vegetativas

Se construyen con la plantación de estacas de ramas gruesas vivas o recién cortadas de arbustos de la región, entretejidas en forma de barrera que se instalan en sentido transversal de la pendiente para controlar la dirección del flujo superficial de la cárcava.

El empleo de ramas o tallos que al sembrarse retoñan y permiten retener parte del sedimento y material de biomasa, al quitar velocidad del agua, lo cual controla la erosión del suelo y evita daños a las obras de infraestructura rural y a los cultivos aledaños (SADER[3], 2013).

La construcción de presas en las cárcavas que se forman por el escurrimiento del suelo, a causa de la velocidad del agua, contribuye a la recuperación de superficie, la fertilidad de la tierra y la ampliación de áreas de cultivo (Castellanos, 2012).

2.4.1.2. Presas mixtas de geocostales

Castellanos (2012) indica que los geocostales son fabricados con textiles duraderos que se enlazan entre si formando un arreglo estable y en la que puede sembrase semillas de pastos p arbustos para estabilizar la presa, así pues, esta práctica pretende aumentar la vida útil de las presas de costales rellenados de tierra, teniendo una vida útil de 3 a 10 años dependiendo del cuidado y mantenimiento que se le brinde.

Con esta estructura se busca beneficiar la retención de los sedimentos, al reducir la velocidad del escurrimiento, ocasionando una pequeña filtración de agua con poca velocidad y permiten la deposición de sedimentos aguas arriba de la presa.

2.4.1.3. Presa de piedra acomodada

Es una estructura construida con piedras acomodadas, que se coloca transversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utiliza para el

[3] Secretaria de Desarrollo Rural.

control de la erosión en cárcavas. Los benéficos que esta práctica son retención del suelo, estabilización de lechos de cárcavas, permite el flujo normal de escurrimientos superficiales e incrementa la calidad del agua.

2.4.1.4. Presa de Gaviones

Es una estructura que consiste en una caja de forma prismática rectangular de malla de alambre de triple torsión, rellena de piedras. Este tipo de presa es de bajo costo y larga duración. Sirve como protección contra la erosión y, por sus dimensiones, puede variar dependiendo del tamaño de la cárcava, pero se recomienda para aquellas con alturas mayores a dos metros.

De este modo, la implementación de esta práctica permite reducir la erosión hídrica, disminuir la velocidad del escurrimiento y su poder erosivo, evitar el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas, así como, retener y favorecer la filtración de agua de lluvia.

2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

2.5.1. TEXTURA

La textura se refiere a la proporción relativa de arena (a), limo (L) y arcilla (A) que existe en el suelo; esta caracterización se refiere a las partículas menores de 2 mm de diámetros.

Erickson, citado por Pozo (2000) mencionan que la textura es importante porque afecta el movimiento del agua, movimiento y disponibilidad de nutrimentos, densidad, propiedades químicas, y actividad biológica, entre otros. Del mismo modo, Henríquez y Cabalceta, citados por Castillo (2005) indican que lo útil de conocer la textura o la clase textural a la que pertenece un suelo consiste en que permite hacer una deducción aproximada de las propiedades generales del suelo, y así ajustar las prácticas de manejo requeridas.

2.5.2. DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa o peso del suelo seco (peso de la fase sólida) y el volumen total, incluyendo al espacio poroso. Esta medida permite ver la facilidad de penetración de las raíces al suelo, permite la predicción de la transmisión de agua, la transformación de los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y, consecuentemente, calcular la lámina de agua en el suelo.

En un mismo suelo, el valor de la densidad aparente es un buen índice del grado de compactación y de la porosidad total, con estos valores se determina el grado de deterioro de un suelo debido al mal manejo de ellos. Con la porosidad total y la densidad aparente se deduce el espacio poroso no capilar, responsable del drenaje rápido del exceso de agua y, por ende, de la aireación del suelo; resultando ser la densidad aparente, un buen indicador de la calidad del suelo (Flores y Alcalá, 2010).

2.5.3. CAPACIDAD DE CAMPO

Representa la cantidad de agua retenida después que el exceso de agua por riego o precipitación ha sido drenado completamente por acción de la gravedad. Esto ha sido aceptado como un comportamiento dinámico del perfil del suelo y que la distribución del agua es una característica intrínseca siendo variable en el espacio tiempo (Bracamonte, 1998).

Cisneros (2003) la define como el porcentaje de humedad que es retenida aproximadamente y es la medida de la mayor cantidad de agua que un suelo retendrá o almacenará bajo condiciones de completa humedad, después de haber drenado libremente. Aunque depende del tipo de suelo, esta humedad ocurre aproximadamente entre uno a tres días después de la saturación y el drenado libre.

2.5.4. PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE

Se refiere al mínimo contenido de agua de un suelo, después de haber sido consumida por el cultivo u otro tipo de plantas y, por lo tanto, el agua que permanece en el suelo no está disponible para el proceso evapotranspirativo. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito y no puede revivir cuando se le coloca en un ambiente saturado de agua. Al contacto manual, el suelo se siente casi seco o muy ligeramente húmedo (FAO, 2005).

Del mismo modo, se puede definir como el porcentaje de humedad retenida por el suelo en la cual las plantas no pueden reponer el agua suficiente como para recobrar su turgencia y la planta se marchita permanentemente. También el Pmp depende de la especie vegetal, de la cantidad de agua utilizada por los cultivos, profundidad de raíces, de la capacidad de retención del suelo, de la calidad del agua de riego, etc. En términos de tipo de agua el Pmp, representa al agua no disponible, es decir, agua que se encuentra fuertemente retenida por diferentes fuerzas y que a las plantas se les dificulta su aprovechamiento (Cisneros, 2005).

2.5.5. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

El movimiento del agua en el suelo depende de los flujos de agua, los que a su vez dependen del balance energético (Evett, 2000). Kutle, citado PFEIFFER (2008) menciona que la conductividad hidráulica (Ks), que en términos cualitativos es la habilidad del suelo para conducir el agua, es un parámetro esencial para describir el movimiento del agua en el suelo.

Esta propiedad es la que define las posibilidades que tiene el agua de moverse dentro del suelo; la cual se representa como Ks o simplemente K; por su definición, se relaciona estrechamente con el drenaje del suelo. La conductividad hidráulica del suelo es fuertemente dependiente de su contenido de humedad y puede disminuir varios órdenes de magnitud al pasar del estado de saturación a punto de marchitez permanente (Hanks y Ashcroft, citado por Lorenzo, 2017).

La Conductividad Hidráulica es una propiedad de los medios porosos que depende de la permeabilidad intrínseca, de la porosidad del medio y del grado de saturación que este tenga.

2.5.5.1. Clasificación de la conductividad hidráulica

Puede ser clasificado por su rapidez como se puede observar (Figura 1) dado por FERTILAB.

Figura 1. Parámetros de conductividad hidráulica.

Conductividad Hidráulica ,cm/h*						
Muy baja	**Baja**	**Mod.baja**	**Media**	**Mod.alto**	**Alto**	**Muy alto**
<1	1-2	2.1-3.0	3.1-5.0	5.1-10.0	10.1-20.0	>20.1

2.6. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS

2.6.1. MATERIA ORGÁNICA

Tiene su origen en restos vegetales y animales que se depositan sobre los suelos, que luego de varios procesos se incorporan. La cantidad adecuada de materia orgánica (M.O), mejora las características del suelo en relación a estructura, aumento de la infiltración, facilidad de labranza, disminución de la erosión y generación de nutrimentos. Del mismo modo, la materia orgánica fija iones de la solución del suelo, los cuales quedan débilmente retenidos, están en posición de cambio, evita por tanto que se produzcan pérdidas de nutrientes en el suelo (Pozo, 2000).

2.6.2. PH

En los suelos el pH es una propiedad química de mucha importancia porque indica que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, que es de donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes. El pH de la solución del suelo usualmente fluctúa entre 4.0 a 8.0. En general, se considera que los suelos con pH 7 son alcalinos (Osorio, 2012).

Por otro lado, los factores que pueden afectar el pH del suelo son el material de origen, profundidad, precipitación, descomposición de la materia orgánica, vegetación natural, tipo de cultivo, fertilización nitrogenada e inundación, entre otros.

2.6.3. NITRÓGENO

El Nitrógeno (N) es un elemento esencial, considerado como un macronutriente, para todos los seres vivos. Además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de los vegetales. Actualmente está demostrado que es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas, y que un deficiente suministro de éste nutriente puede provocar notables descensos en la producción vegetal (Benemeli *et al.,* 2019).

2.6.4. FOSFORO (P)

El P es tomado por las plantas en forma de ortofosfato. Es un elemento móvil dentro de la planta que juega un papel importante en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división y crecimiento celular en las plantas. Ayuda en el enraizamiento rápido de los cultivos; contribuye a mejorar la calidad de la fruta; indispensable para la formación de la semilla, es un elemento muy importante para mejorar la eficiencia en el uso del agua, adelanta la madurez, provee resistencia a enfermedades, entre otros beneficios. El P es poco móvil en el suelo y necesita humedad suficiente para movilizarse (Guerrero, 1996).

2.6.5. POTASIO

El potasio juega un rol crítico en la disminución del potencial osmótico del agua celular, reduciendo así la pérdida de agua por las hojas y aumentando la habilidad de las células radicales para absorber el agua del suelo. Es también importante en la adaptación de las plantas a una variedad

de efectos ambientales adversos (estrés hídrico, heladas, enfermedades, etc.). Además, el K es responsable de brindar mayor calidad a frutos, hortalizas y flores permitiendo acentuar las características organolépticas.

2.7. ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA

El concepto de adopción de tecnología, se refiere al acto en virtud del cual un agricultor, decide poner en práctica o incorporar a sus métodos de producción agrícola o pecuaria una determinada recomendación técnica, con el fin de mejorar la productividad física de su predio y la rentabilidad económica de su sistema de producción (Césped, 2005).

Una tecnología agropecuaria es el conjunto de conocimientos técnicos, científicamente ordenados, que permiten diseñar y crear bienes y servicios, que facilitan la adaptación al medio ambiente y la satisfacción de las necesidades esenciales de las personas (INTA[4], 2016).

La adopción de tecnologías y prácticas agropecuarias es fundamental para mejorar la productividad, diversificar los sistemas de producción, conservar los recursos naturales y mejorar el nivel de vida de las familias productoras (Pérez y Larios, 2018).

Esta capacidad es importante para los organismos de investigación que generan innovaciones para los agricultores, las instituciones de extensión que fomentan el empleo de la tecnología nueva, los diversos tipos de proyectos de desarrollo rural que introducen cambios en las tecnologías agrícolas y una serie de organismos no gubernamentales (ONG) y actividades a nivel de la comunidad que tratan de mejorar las prácticas de cultivo (CIMMyT[5], 1993).

2.7.1. EL ESTUDIO DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO

La adopción por parte de cada productor, se define como el grado de uso de una nueva tecnología con un equilibrio a largo plazo, cuando el

[4] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

[5] Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

productor tiene suficiente información sobre la tecnología que adoptó y su potencial. En este sentido, el tema de adopción de tecnología es muy relevante en la producción agrícola de los países en desarrollo donde la mayor parte de los ingresos provienen de este sector (Lucien, 2017).

Teniendo en cuenta la necesidad de adopción tecnológica en el tema de conservación de suelos, Césped, citado por Rubio (2021), lo define como el acto en virtud del cual un agricultor, decide poner en práctica o incorporar a sus métodos de producción agrícola o pecuaria por una determinada recomendación técnica, con el fin de elevar la productividad física de su predio y la rentabilidad económica de su sistema de producción.

La adopción de tecnología es muy variable, depende del grado de instrucción, de la experiencia previa, de la localidad, del sistema de producción, del costo que tiene la tecnología, de la complejidad de aplicación e inclusive, puede estar condicionada por cuestiones culturales, políticas y religiosas (Vicine, 2015).

2.7.2. IMPORTANCIA DE UNA EVALUACIÓN DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA

De acuerdo con PASOLAC[6], citado por López (2008) comenta que el estudio de adopción de tecnologías, es una herramienta de carácter socioeconómica, que se usa para conocer qué cantidad de productores y/o productoras de una comunidad o zona determinada, aplican, mantienen o han abandonado las tecnologías de manejo sostenible de suelo y agua, que han sido promovidas por una entidad determinada, durante un periodo no menor de tres años. Además, el estudio debe identificar y analizar los factores (patrones) que influyen en la decisión de los productores (as) de adoptar o rechazar determinada tecnología.

La evaluación de los efectos de las tecnologías generadas es crucial para las instituciones dedicadas a la Investigación y Desarrollo (I+D), ya que les permite demostrar la efectividad de los productos desarrollados y justificar las inversiones realizadas (Sánchez y Zambrano, 2019).

[6] Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central.

Así pues, la adopción de prácticas de conservación de suelos y agua por familias campesinas de la pequeña y mediana producción, es el objetivo de muchos organismos que promueven la agricultura sostenible. Muy a menudo se afirma que esta adopción es lenta y que el proceso de adopción es complejo, sin embargo, en muchas ocasiones no se cuenta con mucha información sobre este proceso.

La iniciativa de aplicar este tipo de estudios nace ante la necesidad de evaluar dichos proyectos. Estos estudios contribuyen a mejorar la eficiencia de los recursos invertidos por parte de las instituciones en proyectos de transferencia que buscan mejorar el nivel de vida de la población mediante el incremento de la productividad a través de la incorporación de nuevas tecnologías, Principalmente las de conservación de suelos y agua que vienen a mejorar la fertilidad del desgastado, erosionado y desprotegido suelo (Guzmán y Gallegos, 2010).

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

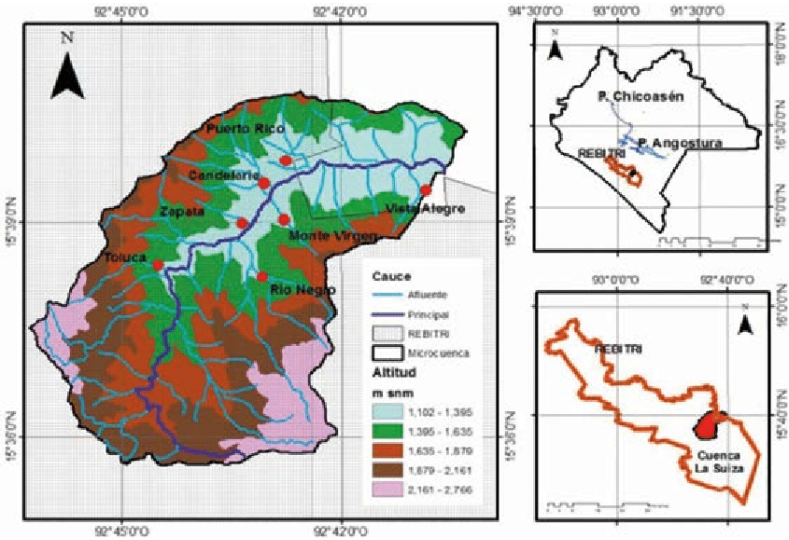
3.1. ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. MACRO LOCALIZACIÓN

La microcuenca la suiza es una cuenca exorreica que desemboca en la presa La Angostura, forma parte de la subcuenca Yahuayita y pertenece a la región hidrológica No. 30 Grijalva - Concordia o el Alto Grijalva (Gutiérrez, 2014), tiene una extensión estimada 6 083 ha y un perímetro de 37 kilómetros (Palacios, 2012). Se localiza dentro del límite geopolítico del municipio de Montecristo de Guerrero y pertenece a la región Frailesca en el estado de Chiapas (Vázquez, 2016).

La microcuenca la suiza, se destaca por situarse dentro de un Área Natural Protegida (ANP) de carácter federal denominada Reserva de la Biosfera El Triunfo (REBITRI) con un total de 5 190 ha que representa el 85% del total de su superficie (Palacios, 2012). La mencionada reserva es catalogada como importante proveedora de servicios ambientales a la sociedad; principalmente servicios hídricos para los diversos usos. Por ello, el agua funge como eje de conectividad territorial para 11 municipios vinculados a la zona, incluyendo Montecristo de Guerrero y su actividad agropecuaria (López *et al.,* 2014).

Figura 2. Ubicación de la Microcuenca La Suiza (INIFAP, 2013).



Fotografía 1. La Suiza - Vista panorámica de la microcuenca La Suiza, Montecristo de Guerrero, Chiapas, México.



3.1.1.2. Clima

En la microcuenca La Suiza predomina los climas Semi cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y Templado húmedo con abundantes lluvias en verano, con altitudes entre los 1000 a 2600 m s.n.m.

Presenta una precipitación anual de 2 000 a 3 000 mm en la parte baja y de 2 500 a 4 500 mm en la parte alta, siendo abril a octubre los meses más lluviosos. La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C en la parte baja y de 12 a 18°C en la parte alta.

3.1.1.3. Fisiografía y topografía

La microcuenca del río La Suiza se extiende sobre el parteaguas formado por la Sierra Madre de Chiapas ubicado en la provincia fisiográfica Tierras Altas de Chiapas-Guatemala, específicamente en la subprovincia Sierra de Chiapas. Esta zona se caracteriza por crestas alargadas por arriba de los 2,000 msnm, macizos montañosos de fuertes pendientes entre los 1,000 a 2,000 msnm y laderas con pendientes moderadas a fuertes por debajo de los 1,000 msnm (Müllerried, 1982).

Por efecto de la pendiente existe una mayor densidad de cauces de primer orden en la parte alta de la microcuenca, las cuales, a su vez, tienden a ser corrientes violentas y por lo tanto a ejercer un mayor desgaste sobre las paredes del cauce. Bajo estas condiciones, la disminución de la cobertura vegetal provoca que los tiempos de concentración bajen e influyan en la capacidad de desfogue de la microcuenca (Castro y López, 2014).

3.2. MICROCLOCALIZACIÓN

El estudio se llevó a cabo acabo en dos comunidades pertenecientes a la microcuenca La Suiza, Vista Alegre y Puerto Rico, pertenecientes a la zona baja y media de la microcuenca.

Fotografía 2. Asentamiento rural y paisaje montañoso en el entorno del área de estudio.



3.2.1. VISTA ALEGRE

La localidad Vista Alegre está situada en el Municipio de Montecristo de Guerrero y forma parte de la zona baja de la microcuenca del rio la suiza. La latitud de Vista Alegre es 15.656389° y la longitud es -92.679444°. La altura sobre el nivel del mar es de 1 263 m.

Cuenta con una población de 189 habitantes, donde el 53% son mujeres y el 47% son hombres. Dentro de todos los pueblos del municipio, ocupa el número 9 en cuanto a número de habitantes y está situado a 1 263 metros de altitud.

3.2.2. PUERTO RICO

La localidad de Puerto Rico está situada en el municipio de Montecristo de guerrero y se encuentra en las coordenadas de GPS: longitud: -92.711667° y latitud: 15.664722°.

Hay 327 habitantes donde el 51% lo conforman hombres y el 49% mujeres. En la lista de los pueblos más poblados de todo el municipio, es el número 4 del ránking y se encuentra a 1 237 metros de altitud.

Los medios de vida productivos de la población son el cultivo del café bajo sistemas agroforestales, el cual representa el 85% del ingreso familiar, y la siembra de maíz y frijol especialmente para autoconsumo (López-Báez *et al*. 2012).

Fotografía 3. Paisaje agrícola en terrenos de ladera de la zona de estudio.



3.3. PROCESO METODOLÓGICO

El procedimiento metodológico que se llevó a cabo para el desarrollo del trabajo se basa básicamente en tres fases, la primera fue de búsqueda de información y análisis de la base de datos de ubicación de prácticas establecidas en la microcuenca, así como la determinación de los parámetros a evaluar. La segunda fase consistió en un trabajo de campo para la medición de sedimento de las prácticas de conservación de suelo y la tercera fase fue el trabajo de gabinete para el análisis e interpretación de resultados.

3.3.1. FASE DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

En esta fase se buscó la información referente al estudio a realizar, primeramente, se buscó en la base de datos que maneja INIFAP, para ubicar y tener referencia de las presas filtrantes que se tienen en los sitios. Por otra parte, se revisaron informes y otros materiales como revistas, libros y folletos con información referente al manejo de cuencas y estudios de adopción de tecnologías agrícolas.

3.3.2. FASE DE CAMPO, OBTENCIÓN DE SEDIMENTACIÓN

Las principales prácticas y obras que se implementaron están orientadas al control de la erosión en cárcavas cuya principal función es la retención de azolves y la disminución de la velocidad de las escorrentías. Se determinó que dado la disponibilidad de material con el que se contaba en el sitio y la utilidad de las obras, las más adecuadas para implementar eran presas filtrantes vegetativas y, en algunos casos, presas filtrantes de costales; debido, principalmente a la presencia de cárcavas de dimensiones considerables en diversas zonas dentro de los terrenos agrícolas del área de estudio.

Para la evaluación de las presas filtrantes vegetativas se tomaron datos de altura, ancho y longitud del sedimento en metros (Figura 3).

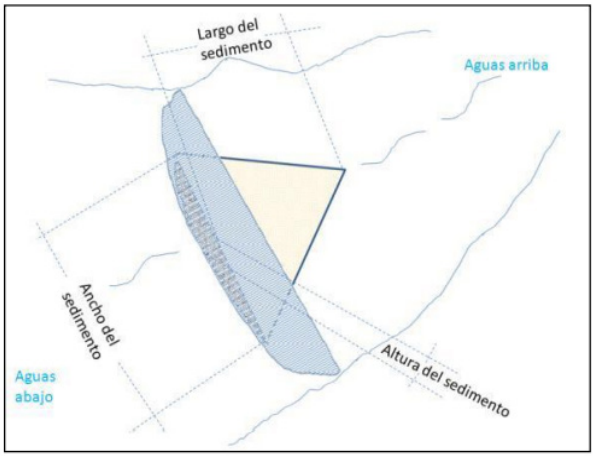
Los materiales que se utilizaron para la medición de suelo retenido en presas filtrantes vegetativas fueron:

- Flexómetro: Para obtener valores de dimensión (m).
- Nivel de mano: Sirvió de apoyo para determinar el grado de pendiente de las presas dentro de la cárcava
- Formato prediseñado para recolección de datos: Para llenar con los datos obtenidos de sedimentos
- GPS: Para georreferenciar las presas evaluadas.

Para la cuantificación del sedimento retenido en las presas filtrantes, se realizó el siguiente procedimiento:

a) Se realizaron recorridos en sitio para ubicar las zonas afectadas por erosión en cárcavas, y realizar las mediciones en los lugares donde se construyeron las presas, dentro de cada cárcava.
b) Se procedió a la medición de los sedimentos retenidos en las presas, considerando la altura del sedimento, ancho del sedimento y el largo de sedimento.

Figura 3. Elementos considerados en la medición de sedimentos retenidos en las presas filtrantes.



3.3.3. ANÁLISIS QUÍMICO DE SEDIMENTO

El análisis químico fue realizado con la finalidad de diagnosticar las propiedades físicas, químicas y el estado nutrimental de los sedimentos que han sido retenidos en las presas filtrantes vegetativas.

En este sentido, se realizó un muestreo tomando en cuenta las tres posiciones en el relieve (parte alta, media, y baja de la cárcava), cuya profundidad de la muestra fue en relación a la altura en la que se encontraba el sedimento retenido en las presas. Las muestras fueron extraídas con una pala y luego se colocaron en una bolsa plástica etiquetadas para trasladarlo.

Las muestras de suelo del sedimento, antes de ser enviadas, se tamizaron con una malla de 0.05 mm para después ser empaquetadas, pesadas y etiquetadas, posteriormente fueron enviadas al laboratorio de análisis de suelo de FERTILAB.

3.3.4. FASE DE GABINETE

3.3.4.1. Variables

Tomando en cuenta los resultados obtenidos del análisis de suelo realizado por el laboratorio, se consideró interpretar las siguientes variables:

Características físicas del sedimento

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes.

En este sentido las variables físicas que se tomaron en cuento para analizar fueron las siguientes:

- Clase Textural
- Punto de Saturación
- Capacidad de campo (Cc)
- Punto de Marchitez Permanente (Pmp)
- Conductividad hidráulica
- Densidad aparente

Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua se trata de un concepto de utilidad, que indica la cantidad de agua en un perfil de suelo que puede ser extraída teóricamente por la planta, después que se ha drenado libremente el excedente durante un periodo de tiempo.

Para determinar esta variable se aplicó la siguiente fórmula, cuyo cálculo se realizó con el programe office Excel 2010:

$$\mathrm{CRA} = (\mathrm{Cc} - \mathrm{Pmp}) * \mathrm{Da} * \frac{1}{\gamma}$$

Donde:

CRA: Capacidad de retención de agua, cm

Cc: Capacidad de campo, (%)

Pmp: Punto de marchitez permanente, (%)

Da: Densidad aparente, (g/cm^3)

ϒ: Peso específico del agua, (1 g/cm^3).

Características químicas del sedimento

Para analizar las características químicas que presenta el sedimento muestreado se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- pH: Es una de las propiedades fisco-química más Importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC):

Disponibilidad de nutrientes

El término nutriente disponible se aplica a los minerales que están solubles en la solución del suelo y que pueden ser absorbidos por las plantas. En este sentido, se interpretaron los resultados de los nutrientes disponibles de los siguientes elementos:

- Nitrógeno: éste es el elemento mineral más importante en la constitución de las moléculas orgánicas, para su interpretación se tomó en cuenta la cantidad de nitrato (NO_3) disponible.
- Fósforo: el fósforo es otro de los elementos más importantes para el desarrollo de las plantas, por lo que se consideró para interpretar los valores de disponibilidad.
- Potasio: es un macronutriente esencial para las plantas, las cuales necesitan cantidades elevadas de este nutriente, su interpretación se realizó en ppm, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

La relación Carbono/Nitrógeno es un índice de calidad del sustrato orgánico del suelo. En este sentido, para la determinación se tomaron valores estimados de Nitrógeno y Carbono bajo las siguientes formulas:

Estimación de Nitrógeno total (Nt)

$$\% \text{ Nt} = \frac{\% \text{ M. O.}}{20}$$

Estimación de Carbono (C)

$$\% \text{ C} = \frac{0.58}{\% \text{ M. O}}$$

Estimación relación Carbono/Nitrógeno

$$\text{C/N} = \frac{\% \, Nt}{\% \text{ C}}$$

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 21, cuyos datos se analizaron mediante un análisis de medias (Tukey) con un nivel de confianza simultaneo de 95% para una comparación de medias y determinar la diferencia significativa de las propiedades físicas y químicas de los sedimentos respecto a las tres zonas evaluadas.

3.3.5. EVALUACIÓN SOCIAL

Es de importancia para las instituciones involucradas en el desarrollo del sector agropecuario, a las comunidades y productores para conocer el grado de aceptación y la velocidad con que las innovaciones tecnológicas son adoptadas por los usuarios. Es decir, cómo una innovación tecnológica deja de ser experimental y se transforma en una práctica de uso común en el sector social.

Con el fin de ilustrar la propuesta metodológica se realizó una serie de preguntas semiestructuradas para conocer la aceptación y apropiación de la implementación de prácticas de conservación de suelo, en este caso presas filtrantes vegetativas en parcelas con cultivos de café y maíz, en las comunidades que se encuentran dentro de la microcuenca. Con el objetivo de caracterizar a los usuarios de la tecnología e identificar los factores asociados a la adopción de esta tecnología en la microcuenca, se evaluó mediante entrevistas a productores que han implementado dichas prácticas en sus parcelas.

En la portada de la encuesta se recolectó información referente al nombre del productor, municipio y comunidad, fecha u otra variable que permitió identificar al productor informante. Posteriormente se incluyeron cinco indicadores que darían respuesta a los objetivos enfocados a la aceptación de esta tecnología. Los indicadores fueron: a) el proceso de adopción de la innovación; b) factores que afectan el proceso de adopción; c) impactos (económicos, sociales o ambientales) percibidos por el productor con la adopción; d) otros factores en la adopción de la innovación; y e) restricciones para la adopción de la innovación.

En este sentido, la aplicación de las encuestas fue para aquellos productores que establecieron las practicas mediante el proyecto que previamente inicio INIFAP- The Nature Conservancy y aquellas que las han implementado fuera del proyecto, lo que permitió tener una idea más clara del grado de aceptación de estas tecnologías.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. CAPACIDAD DE SEDIMENTO RETENIDO

En el Cuadro 1 se observa el área, volumen y peso del sedimento retenido en las 19 presas filtrantes vegetativas evaluadas en la comunidad de Vista Alegre, con especies establecidas de sauco (*Sambucus nigra* L.) y palo de agua (*Dracaena fragrans*). De este modo se observa que el área del sedimento va de 0.084 a 0.733 m^2. Así mismo, se observa que el volumen del sedimento retenido se encuentra en un rango de 0.011 a 0.168 m^3. Además, el peso del sedimento retenido se presentó con valores que va de 17 a 253 kilogramos.

Por otro lado, la presa tres fue la que más suelo retuvo, presentando 253 kilogramos, en un área de 0.624 m^2; le precedió el número 11 con 222 kilogramos en un área de 0.617 m^2. La presa que menos suelo retuvo fue el número 12 con 17 kilogramos en un área de 0.084 m^2.

Cuadro 1. Área, volumen y peso de sedimento retenido en presas filtrantes vegetativas, en la comunidad de Vista Alegre.

No. De presa	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Peso (kg)
1	0.733	0.092	137
2	0.272	0.078	116
3	0.624	0.168	253
4	0.359	0.066	100
5	0.185	0.033	50
6	0.148	0.033	50
7	0.200	0.027	41

No. De presa	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Peso (kg)
8	0.532	0.093	140
9	0.238	0.036	53
10	0.636	0.108	162
11	0.617	0.148	222
12	0.084	0.011	17
13	0.242	0.042	62
14	0.358	0.063	94
15	0.330	0.056	82
16	0.485	0.102	153
17	0.224	0.043	64
18	0.174	0.037	55
19	0.285	0.046	68

El cuadro 2 muestra los sedimentos retenidos de acuerdo al posicionamiento de la cárcava (alta, media y baja), se puede observar que en la parte alta se concentra mayor volumen retenido con 0.47 m^3, precedido de la zona media con 0.42 m^3, estadísticamente las tres zonas de la cárcava no presentan diferencias significativas. Del mismo modo, el peso obtenido muestra que la zona alta y media presentan los valores más altos con 706 y 635 kg, cuya diferencia no es significativa estadísticamente. La presencia de valores más altos en la zona alta y media, se le puede atribuir a las condiciones en las que se encontraban las presas, las cuales se encontraban en condiciones de regulares a buenas, al igual que, las dimensiones de anchura que las presas presentaban.

Cuadro 2. Sedimento retenido por zona de cárcava en Vista Alegre.

Zona	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Peso (kg)
Alta	2.32[a]	0.47[a]	706[a]
Media	2.3[a]	0.42[a]	635[a]
Baja	2.1[a]	0.39[a]	578[a]
CV	0.54	0.62	0.63

*Letras iguales son estadísticamente iguales (a, b) *CV: Coeficiente de variación.

Como se puede observar, en el Cuadro 3 se muestra la retención en volumen de sedimentos de las 18 presas filtrantes vegetativas evaluadas en la comunidad Puerto Rico, con especies utilizadas de sauco (*Sambucus nigra* L.) y palo de agua (*Dracaena fragrans*). Observándose que el área del sedimento va de 0.072 a 0.311 m^2. Así mismo, se obtuvo que el volumen del sedimento retenido va de 0.009 a 0.122 m^3. De la misma forma, el peso del sedimento retenido se presentó en un rango que va de 8 a 183 kg.

En este sentido, la presa dos fue la que más suelo retuvo, presentando 183 kg, en un área de 0.348 m^2, le precedió la presa 11 con 86 kg en un área de 0.311 m^2, y la presa que menos suelo retuvo fue la numero cinco con 8 kg en un área de 0.088 m^2.

Cuadro 3. Área, volumen y peso de sedimento retenido en presas filtrantes vegetativas, en la comunidad Puerto Rico.

No. Presa	Área del sedimento (m2)	Volumen del sedimento (m3)	Peso (kg)
1	0.274	0.034	51
2	0.348	0.122	183
3	0.216	0.037	55
4	0.235	0.040	60
5	0.088	0.005	8
6	0.143	0.014	21
7	0.233	0.024	37
8	0.226	0.037	56
9	0.395	0.049	74
10	0.144	0.025	38
11	0.311	0.057	86
12	0.281	0.044	65
13	0.235	0.039	58
14	0.076	0.009	14
15	0.097	0.012	18
16	0.072	0.014	21
17	0.106	0.020	29
18	0.226	0.037	56

La cantidad de sedimento retenido de acuerdo al posicionamiento de las presas dentro de la cárcava (alta, media y baja) en la comunidad de puerto rico, se muestran en el cuadro 4, en el que se puede observar que en la parte alta se concentra mayor volumen retenido con 0.25 m^3, precedido de la zona media con 0.23 m^3, de este modo, estadísticamente las tres zonas de la cárcava no presentan diferencias significativas. Del mismo modo, el peso obtenido muestra que la zona alta y media presentan los valores más altos con 378 y 356 kg, cuya diferencia no es significativa estadísticamente. La presencia de valores más altos en la zona alta y media, se le puede atribuir a las condiciones en las que se encontraban las preseas, las cuales se encontraban en condiciones regulares a buenas, al igual que, las dimensiones de anchura que las presas presentaban.

Cuadro 4. Sedimento retenido por zona de cárcava en Puerto Rico.

Zona	Área (m^2)	Volumen (m^3)	Peso (kg)
Alta	1.3[a]	0.25[a]	378[a]
Media	1.5[a]	0.23[a]	356[a]
Baja	0.82[a]	0.13[a]	196[a]
CV	0.54	0.62	0.63

*letras iguales significa que no hay diferencia significativa

De la misma manera, en el Cuadro 5 se representa la comparación de las dos comunidades evaluadas, y presenta el sumatorio total de los parámetros calculados. De este modo, permite ver que la parcela ubicada en la comunidad de Vista Alegre retuvo más sedimento en comparación con la comunidad Puerto Rico.

Es importante mencionar que, en el manejo de los cultivos en los diferentes sistemas, como maíz y frijol, se han implementado prácticas de conservación como siembras en curvas de nivel, surcos en contornos, conservación de los residuos de cosecha y prácticas de conservación dentro de los cafetales que permite contrarestar el escurrimiento superficial. Asi mismo, es relevante comentar que los cultivos como frijol y maíz están recomendados para pendientes abajo del 15 % esto debido a los problemas de erosión, sin embargo debido a la necesidad de tener los granos básicos

para su alimentación, son sembrados en terrenos con mucha pendiente y con riesgo de erosion.

De este modo, los factores que pueden influir en la retención de sedimentos entre ambos sitios puede deberse a el sistema de producción, ya que en la parcela Vista Alegre es un sistema de producción de café bajo sombra, lo que nos permitió observar que la cantidad de especies que generan sombra a los cafetales contribuyen a la disminuir la velocidad y agresividad de las precipitaciones que caen en el sitio, así como la cobertura del suelo que proporciona la hojarasca ayuda a prevenir la erosión. Por otro lado, el sitio evaluado en el ejido Puerto Rico, es un sistema de producción de maíz-frijol, por lo que, al encontrarse con poca cobertura arbórea, no se protege al suelo del impacto de la lluvia, provocando que la retención del azolve se vea reducida.

Cuadro 5. Comparación de área, volumen y peso de sedimento retenido total en presas filtrantes vegetativas, en las comunidades.

Sitio	Área del sedimento (m2)	Volumen del sedimento (m3)	Peso (t)
Vista Alegre	6.726	1.280	1.919
Puerto Rico	3.705	0.620	0.930

Aunque las presas filtrantes vegetativas continuan cumpliendo la funcion de retener el sedimento, es importante mencionar que, las cantidades esperadas son muy bajas en relación al periodo de su establecimiento. Las causas pueden ser diversas y se le atribuye a diferentes factores tales como el grado de pendiente, la cobertura vegetal, la reconstrucción de presas y las actividades antropogenicas que se llevan a cabo en el sitio. Aunado a esto, tambien es de gran relevancia mencionar el poco manetniemiento que se les brindan a estas obras y practicas por parte de los propietarios influye considerablemente en la eficacia de las mismas, ocasionando asi, que las practicas establecidas puedan retener mayor sedimento a largo plazo.

Asi mismo, cabe mencionar que, la falta de mantenimiento de obras y prácticas provocan el deteririo gradual de estas, por lo que, se considera que las presas disminuyan su eficiencia en la retencion de sedimentos

aguas arriba de las presas, provocando la salida o pérdida de sedimento atraves del escurrimiento superficial provocando el arrastre del mismo.

4.2. ANÁLISIS DE SUELO

El Cuadro 6 indica las propiedades físicas del sedimento retenido en la práctica de conservación de suelo ubicadas en el ejido Vista Alegre. Se encontró que la textura de suelo que predomina en las tres partes de la cárcava es de la clase textural Franco, lo que de acuerdo con Chuquillanqui y Vegas (2016) este tipo de textura son ideales para los cultivos, ya que este tipo de suelo de acuerdo a su condición geomorfológica cuenta con buen drenaje, genera excelentes rendimientos físicos y buena calidad de algunos cultivos (CORPOICA, 2007).

Por otra parte, la densidad aparente fue menor que 1.0 g cm^3 en todas las zonas de la cárcava, a lo que, de acuerdo con Cairo (1995), valores de densidad aparente <1 g/cm^3 se clasifican como muy bajos. Esta condición indica que se trata de un suelo poroso, bien aireados y con buen drenaje. Del mismo modo, la textura de los suelos es una de las propiedades que se relaciona estrechamente con la densidad aparente, por lo que, en relación a la clasificación que hizo Pritchett (1990) los suelos Francos pueden llegar a tener una densidad aparente de 1.3 a 1.4 g/cm^3, mientras que los suelos orgánicos pueden llegar a tener una densidad aparente que fluctúa entre 0.7 y 1.0 g/cm^3, por lo que los resultados de densidad aparente en este suelo podría encontrarse en el rango de clasificación de suelo con manejo orgánico.

La diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente es lo que define la capacidad que tiene el suelo para retener agua para las plantas, conocida como humedad aprovechable. En este sentido, se encontró que la zona baja de la cárcava es donde ocurre una mayor capacidad de retención de agua con 0.141 cm/cm, mientras que en la parte alta tiene una capacidad menor de retener agua para las plantas con 0.122 cm/cm, entendiendo así, que este efecto se debe a que la sección baja de la cárcava es zona de acumulación de sedimentos.

Por otro lado, el punto de saturación se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todo el espacio poroso está lleno de agua (FAO, 2005), por lo que de acuerdo al Cuadro 4, la zona alta es la que contiene un menor punto de saturación (57%), mientras que la sección baja se encuentra en un punto del 69%. En este sentido y tomando en cuenta la clasificación de Martínez (1990), los valores de punto de saturación en las tres zonas de la cárcava (alta, media y baja) entran en el grupo de suelos con denominación de "Muy húmedos", ya que ésta denominación corresponde a grados de saturación que van del 50% a 80%, por lo que la saturación del suelo analizado no presenta problemas de saturación.

En términos generales, los parámetros evaluados no presentaron diferencias significativas respecto a las zonas muestreadas, por lo que se puede decir que las propiedades físicas de los sedimentos en las tres zonas se encuentran estadísticamente iguales.

Cuadro 6. Propiedades físicas y capacidad de retención de agua en la comunidad Vista Alegre.

Zona	Textura	Psat (%)	Cc (%)	Pmp (%)	Da (g/cm³)	CRA (cm/cm)
Alta	Franco	57[a]	30.5[a]	18.15[a]	0.99[a]	0.122[a]
Media	Franco	62.5[a]	33.45[a]	19.9[a]	0.99[a]	0.134[a]
Baja	Franco	69[a]	37[a]	22[a]	0.94[a]	0.141[a]
CV		0.96	0.09	0.09	0.03	0.07

*Letras iguales significa que no existe diferencia significativa (a, b).
CV: Coeficiente de variación
Cc: Capacidad de campo
Pmp: Punto de marchitez permanente
Da: Densidad aparente
Psat: Punto de saturación
CRA: Capacidad de retención de agua.

Los análisis del potencial de hidrógeno (pH) reportaron valores que van desde 6.3 a 6.6 (Cuadro 7), por lo que pueden clasificarse como neutros. En este sentido, el rango de pH del suelo que en forma general se considera como el más adecuado por la razonable disponibilidad de nutrimentos esenciales para las plantas, va de 6.0 a 6.5 (INTAGRI, 2018).

Aunque las especies de plantas cultivadas tienen ciertas diferencias en cuanto al pH en que se desarrollan mejor, se acepta que, en general, habrá mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas a pH del suelo entre 6.0 y 7.0 (Toledo, 2016). Aunado a esto, para las plantas que se cultivan en el ejido Vista Alegre, como el café, requiere un pH en el rango de 5 a 5.5, por lo que se puede decir que los valores de pH en los sedimentos se presentan de manera favorable para el crecimiento y desarrollo de este cultivo.

En cuanto a la distribución de fósforo, todos los puntos se encuentran dentro del rango de valores muy alto, teniendo valores mayores a 89 ppm; la zona donde existe mayor concentración de este elemento se encuentra en la parte baja de la cárcava, lo que puede atribuirse a factores como el fosforo disuelto en el agua del escurrimiento superficial y la concentración de materia orgánica del suelo, la cual puede aumentar la disponibilidad de fósforo por reducción de la tendencia de la fracción mineral a fijar el nutriente.

En este sentido, el pH puede tener influencias significativas en la disponibilidad de fósforo que se encuentra en el suelo, pues de acuerdo a INTAGRI [7](2017) los valores de pH en donde se da la máxima disponibilidad de este nutriente se encuentra de 5.5 a 7.0, a lo que, ciertamente la disponibilidad de este elemento se ve afectado por el pH.

En lo que respecta al contenido de potasio (K), la parte alta de la cárcava cuenta 196.5 ppm de este nutriente, contenido que se clasifica como moderadamente bajo, mientras que la zona media y alta de la cárcava, con valores de 256 y 288 ppm respectivamente, se pueden considerar como un nivel medio de concentración de potasio.

En el caso de carbonatos totales, las tres zonas de la cárcava presentan el mismo valor 0.01 %, lo que se considera como un suelo libre de carbonatos. Lo mismo ocurre con la conductividad eléctrica, la cual indica que no existen problemas por salinidad.

[7] Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura.

El análisis estadístico mostró que no existen diferencias significativas de las propiedades químicas evaluadas en las tres zonas de la cárcava evaluadas.

Cuadro 7. Propiedades químicas en sedimentos de la comunidad Vista Alegre.

Zona de la cárcava	pH	Carbonatos Totales (%)	Salinidad	P Bray (ppm)	K (ppm)	N-NO3 (ppm)
Alta	6.63[a]	0.01[a]	0.40[a]	89.45[a]	196.5[a]	32.70[a]
Media	6.34[a]	0.01[a]	0.83[a]	143.50[a]	256[a]	62.75[a]
Baja	6.49[a]	0.01[a]	0.93[a]	156.0[a]	288[a]	74[a]
CV	0.02	0	0.39	0.27	0.19	0.38

CV= Coeficiente de variación *Letras iguales no existe diferencia significativa (a,b).

El Cuadro 8 muestra el contenido disponible de cada micronutriente encontrado en los sedimentos; se puede observar que el contenido de Calcio (Ca) extractable se encuentra en un rango de 1155.5 a 1948 ppm, encontrándose la mayor concentración en la parte baja de la cárcava, mientras que la parte alta se encuentra el valor más bajo, aunado a esto, los valores obtenidos en las tres zonas de la cárcava se mantienen dentro del rango de valor medio de calcio extractable.

La zona media de la cárcava presenta un contenido de magnesio de 230 ppm (valor más alto de las tres zonas), en contraparte a la zona alta, la cual contiene 165 ppm, valor menor en comparación a las dos zonas restantes. En este sentido, la parte media y baja se encuentran en un rango alto de magnesio, mientras que la zona alta está dentro de rango medio.

El contenido de boro se encuentra con valores similares en las tres zonas, considerado como muy bajo (< 0.5ppm), por lo que esto podría limitar el crecimiento de las plantas y el sistema radical. Por otro lado, se puede observar que los valores de zinc (Zn) muestran que la parte baja contiene un contenido de 1.17 ppm, similar al de la parte media 1.14 ppm, por lo que valores arriba de 1.0 son suficientes, mientras que en la parte alta se encuentra con un contenido de 0.54 ppm, considerando a esta zona como deficiente en Zinc.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el mayor contenido de manganeso se encuentra en la parte baja con un valor de 10.6 ppm, lo cual se considera como un rango de valor medio, mientras que en la parte alta de la cárcava tiene un valor de 6.09 ppm, lo que se considera como un valor moderadamente bajo.

Es importante mencionar que los productores de la zona realizan una fertilización basada en NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) por lo que la aportación de micronutrientes es nula, lo que permite un agotamiento gradual en las reservas de estas en el suelo.

Cuadro 8. Micronutrientes en el suelo comunidad Vista Alegre.

Posición	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Bo (ppm)	Al (ppm)	S (ppm)
Alta	1155.5[a]	165[a]	22[a]	40.1[a]	0.54[a]	6.1[a]	0.87[a]	0.11[a]	0[a]	7.55[a]
Media	1531.5[a]	230[a]	16.2[a]	37.4[a]	1.15[a]	8.5[a]	0.85[a]	0.10[a]	2.34[a]	9.83[a]
Baja	1948[a]	228[a]	21.9[a]	36.4[a]	1.17[a]	10.6[a]	0.82[a]	0.10[a]	1.95[a]	12.10[a]
CV	0.26	0.18	0.17	0.05	0.38	0.27	0.03	0.06	0.88	0.23

CV= coeficiente de variación.

En el Cuadro 9 se observan los valores de las bases intercambiables que se encontraron en los sedimentos retenidos, mostrando que los valores obtenidos de Calcio intercambiable van de un rango de 5.77 a 9.72 mg/100g, donde la mayor presencia se encuentra en la parte baja de la cárcava. Del mismo modo, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, que establece los índices de fertilidad de suelo, los resultados obtenidos pueden clasificarse de clase media.

El magnesio intercambiable se encuentra con valores similares en la zona media y baja, con 1.89 y 1.88 mg/100g respectivamente, mientras que la parte alta presenta un valor de 1.36. De este modo, los valores obtenidos de magnesio intercambiable son clasificados de clase media (SEMARNAT, 2002).

Los valores del potasio intercambiable corresponden a un rango de 0.5 a 0.74 mq/100g, teniendo en cuenta que la zona baja es donde existe

el valor más alto con 0.74 mq/100g, que, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, este valor se considera de clase alta, mientras que en la parte baja es donde existe el menor valor de los tres sitios con 0.5 mq/100g, valor que clasifica al sitio como clase media.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) que presentan los sedimentos corresponden a valores de 7.7 mq/100g en la parte alta, 10.3 mq/100g en la zona media y 12.5 mq/100g en la parte baja, siendo este último el valor obtenido más alto. En este sentido, los valores obtenidos de CIC se clasifican de clase baja o moderadamente baja, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana.

El análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas en las bases intercambiables y la capacidad de intercambio catiónico las tres zonas de la cárcava.

Cuadro 9. Bases intercambiables y CIC en sedimentos de Vista Alegre.

	Cationes mq/100 g			
Zona	**Ca**	**Mg**	**K**	**CIC**
Alta	5.77[a]	1.36[a]	0.5[a]	7.7[a]
Media	7.65[a]	1.89[a]	0.66[a]	10.3[a]
Baja	9.72[a]	1.88[a]	0.74[a]	12.5[a]
CV	0.25	0.17	0.19	0.23

*Letras iguales no existe diferencia significativa *Capacidad de Intercambio Catiónico.

Respecto al Ejido Puerto Rico, la clase textural en las tres zonas de la cárcava es clasificada como franca o textura media y de acuerdo con la Clasificación Americana posee una relación de arena-limo-arcilla de 40-40 20 % respectivamente. En este sentido, se considera como la más adecuada para cualquier cultivo como el maíz y frijol que se cultivan en esta zona.

Los resultados de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, muestran que en la zona alta y media de la cárcava tienen alta humedad aprovechable; la densidad aparente en las tres secciones son similares (Cuadro 10), sin embargo, y debido a la mayor humedad aprovechable, la parte alta y media tienen la mayor capacidad de retención de agua con 0.134 y 0.131 cm/cm de profundidad respectivamente, mientras

que en la zona baja cuenta con una menor capacidad, mostrando un valor de 0.113 cm/cm.

De manera general, los parámetros evaluados no muestran diferencias significativas en las tres zonas de la cárcava.

Cuadro 10. Propiedades físicas y capacidad de retención de agua en Puerto Rico.

Posición	Textura	Psat (%)	Cc (%)	Pmp (%)	Da (g/cm^3)	CRA (cm/cm)
Alta	Franca	61.0[a]	32.7[a]	19.5[a]	1.02[a]	0.134[a]
Media	Franca	60.0[a]	32.1[a]	19.1[a]	1.01[a]	0.131[a]
Baja	Franca	48.4[a]	25.8[a]	15.4[a]	1.09[a]	0.113[a]
CV		0.12	0.13	0.13	0.04	0.09

Psat: Punto de saturación

Cc: Capacidad de campo

Pmp: Punto de marchitez permanente

Da: Densidad aparente

CRA: Capacidad de retención de agua

Los valores del potencial de hidrogeno (pH) que se encuentran en los sedimentos evaluados corresponde a un valor de 6.7 en la parte alta, precedido por 6.3 en la parte media y 6.4 la zona baja de la cárcava (Cuadro 11), los cuales se consideran como un pH ligeramente ácido, entendiendo que los suelos con mejor rango para la agricultura están entre los 5.5 y 6.5 pH, los valores que se presentan en las tres zonas se puede considerar como apta para la implementación de algún cultivo.

La presencia de carbonatos totales distribuidas en las tres zonas se mantiene en un mismo valor, 0.01 %, esto se puede considerar como un suelo libre de carbonatos, el cual no podría ser un factor limitativo para el aprovechamiento de hierro, zinc, fósforo y nitrógeno.

Los resultados de contenido de fosforo (P) indican que la mayor presencia de este elemento se encuentra en la parte media con 95.3 ppm, mientras que la zona donde menor cantidad se encontró fue en la parte baja con 60.5 ppm. Aunado a esto, los valores correspondientes a las tres zonas se encuentran dentro del rango de clasificación por disponibilidad alta de fósforo (40-100 ppm).

Por otra parte, el potasio (K) disponible muestra que se encuentra en un rango de 422 a 472.5 ppm, siendo la parte media la que contiene menor cantidad, mientras que la parte alta es en la que se encuentra mayor disponibilidad de este elemento, aun así, los valores reflejados en las tres zonas entran en la clasificación de rango alto de potasio extraíble (250 a 800 ppm) (SEMARNAT, 2002). Esto se puede a la fertilización basada en NPK realizada por los productores, a lo que en el caso de abonados potásico aumenta a corto plazo la proporción del potasio soluble e intercambiable (Carbonero, S/F), así mismo, de acuerdo con Vistoso y Martínez (2020) mencionan que el pH del suelo influye para la disponibilidad de potasio en el suelo, siendo > 5.5 en el cual el potasio está más disponible para las plantas.

De acuerdo al análisis estadístico, los resultados muestran que las propiedades químicas no muestran diferencias significativas en las tres zonas.

En síntesis, las propiedades químicas parecen estar influidas por la fertilización basada en NPK que, a través del tiempo, los agricultores aplicaron en la parcela. Por esta razón presentó condiciones favorables en mejores valores de pH, P, K y N-NO3.

Cuadro 11. Propiedades químicas del suelo en la comunidad Puerto Rico.

Posición de la cárcava	pH (1.2 agua)	Carbonatos Totales (%)	Salinidad (CE Extracto)	P-Bray (ppm)	K (ppm)	N-NO3 (ppm)
Alta	6.7[a]	0.01[a]	1.24[a]	61.15[a]	472.5[a]	91.4[a]
Media	6.3[a]	0.01[a]	0.93[a]	95.3[a]	422[a]	69.5[a]
Baja	6.4[a]	0.01[a]	0.7[a]	60.5[a]	433[a]	50.7[a]
CV	0.03	0	0.28	0.28	0.06	0.29

*Letras iguales no existe diferencia significativa.

De acuerdo a los resultados mostrados en el Cuadro 12, se puede observar que el contenido de Calcio (Ca) en la parte alta de la cárcava se encuentra con un valor 1875.5 ppm siendo la zona con mayor contenido de Ca, mientras que la parte baja se encuentra el valor más bajo de las

tres zonas, con 1486 ppm, aunado a esto los valores presentados en las tres zonas de la cárcava se mantiene dentro del rango de valor medio de calcio extractable.

La zona alta de la cárcava presenta un contenido de magnesio de 317.5 ppm (valor más alto de las tres zonas), en contraparte, la parte baja contiene 243 ppm, valor menor en comparación a las dos zonas restantes. Así mismo, en las tres zonas muestreadas se encuentra el magnesio en un rango alto (>180 ppm).

El contenido de boro se encuentra con valores similares en las tres zonas, y dentro de un rango de valor muy bajo (<0.5 ppm), lo que podría limitar el crecimiento de las plantas, sobre todo el sistema radicular. Por otro lado, se puede observar que el contenido de zinc (Zn) muestra que la parte baja contiene un valor de 0.13 ppm siendo la zona con menor cantidad de este micronutriente, mientras que en la parte media tiene 0.83 ppm, valor más alto en comparación a las dos partes restantes. De esta manera, las concentraciones de Zinc presentes en los suelos muestreados se consideran bajos, por lo que, cultivos como el maíz y fríjol (sembrados en este sitio) son especialmente sensibles a los bajos niveles disponibles de este elemento.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la zona con mayor contenido de manganeso es la parte media con un valor de 7.06 ppm, mientras que en la parte baja de la cárcava tiene un valor de 3.16 ppm. De esta manera, los valores encontrados en la parte alta y medias se encuentran dentro del rango de valor moderadamente bajo, mientras que la zona baja se considera como bajo en el contenido de manganeso.

En general y en ambas comunidades Ejidales, el contenido de Aluminio no es un factor limitativo para la disponibilidad de fósforo, hierro y manganeso. Tampoco el Sodio es un factor limitativo que afecte al proceso de estructuración del suelo.

Cuadro 12. Micronutrientes en el suelo en la comunidad Puerto Rico.

Posición	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	B (ppm)	Al (ppm)	S (ppm)
Alta	1875.5[a]	317.5[a]	13.3[a]	27.2[a]	0.60[a]	5.56[a]	0.47[a]	0.12[a]	0.0[a]	18.13[a]
Media	1550[a]	264[a]	13.3[a]	45[a]	0.83[a]	7.06[a]	0.72[a]	0.10[a]	2.53[a]	9.05[a]
Baja	1486[a]	243[a]	20.6[a]	24[a]	0.13[a]	3.16[a]	0.74[a]	0.01[a]	2.53[a]	9.05[a]
CV	0.13	0.14	0.27	0.35	0.69	0.37	0.23	0.76	0.87	0.43

*CV: coeficiente de variación *letras iguales no tiene diferencia significativa.

En el Cuadro 13 se observan los valores de las bases intercambiables que se encontraron en los sedimentos retenidos en el ejido Puerto Rico, mostrando que, los valores de Calcio intercambiable se encuentran en el rango de 7.42 a 9.37 mq/100g, en donde la mayor presencia se encuentra en la parte alta de la cárcava, mientras que la zona baja es donde existe la menor concentración. Del mismo modo, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, que establece los índices de fertilidad de suelo, los resultados obtenidos pueden clasificarse de clase media.

El magnesio intercambiable se encuentra con valores similares en la zona alta y media, con 2.61 y 2.17 mq/100g respectivamente, mientras que la parte baja presenta un valor de 2.0 mq/100g; tomando en cuenta los resultados del análisis del magnesio intercambiable, pueden ser clasificados de clase media, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (2002).

Los valores que presenta el potasio intercambiable corresponde a un rango de 1.08 a 1.21 mq/100g, teniendo en cuenta que la zona alta es donde existe el valor más alto con 1.21 mq/100g, mientras que en la parte baja es donde existe la menor concentración con 1.08 mq/100g. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, los valores obtenidos de K intercambiable se consideran de clase alta en los tres sitios.

La Capacidad de Intercambio Catiónico que presentan los sedimentos corresponden a valores de 13.25 mq/100g en la parte alta, 11.1 mq/100g en la zona media y 10.6 mq/100g en la parte baja, siendo éste último el valor más bajo. En este sentido, los valores obtenidos de CIC se

clasifican de clase baja o moderadamente baja, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana.

Cuadro 13. Bases intercambiables y CIC en sedimentos de Puerto Rico.

Zona	Cationes mq/100g			CIC*
	Ca	Mg	K	
Alta	9.37[a]	2.61[a]	1.21[a]	13.25[a]
Media	7.73[a]	2.17[a]	1.08[a]	11.1[a]
Baja	7.42[a]	2[a]	1.11[a]	10.6[a]
CV	0.13	0.14	0.06	0.12

*Capacidad de Intercambio Catiónico.

4.3. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA, COMPARACIÓN ENTRE COMUNIDADES

En el Cuadro 14 se muestran los valores de conductividad hidráulica obtenidos en las tres zonas de la cárcava de los dos sitios evaluados, en donde puede apreciarse que en Vista Alegre se encuentra en un rango de 0.7 a 1.9 cm/h siendo todas de clase lenta. Por otro lado, en Puerto Rico presenta un rango de 1.3 a 3.9 cm/h a lo que la clasificación va de lenta a una conductividad moderada.

De acuerdo al análisis estadístico, no existe diferencia significa entre las zonas evaluadas de ambas comunidades, por lo que se consideran estadísticamente iguales.

Cuadro 14. Conductividad hidráulica en tres sitios y dos comunidades ejidales.

	Alta	Media	Baja
Ejidos		Conductividad hidráulica (cm/h)	
Vista Alegre	1.9[a]	1.2[a]	0.7[a]
Puerto Rico	1.4[a]	1.3[a]	3.9[a]
CV	0.21	0.06	0.98

*Letras iguales no existe diferencia significativa

4.4. RELACIÓN C/N, COMPARACIÓN ENTRE COMUNIDADES EJIDALES

El Cuadro 15 muestra la relación C/N de los tres sitios de las cárcavas evaluadas en ambas comunidades, de esta manera, los resultados muestran que en los tres sitios se encuentra una relación de 11.6, valor que es compartido en ambos ejidos.

Cuando la Relación C/N es de 10 a 14, se favorece la proliferación de microorganismos descomponedores de la materia orgánica, porque cuentan con suficiente carbono para utilizarlo como fuente de energía y nitrógeno para sintetizar sus proteínas, lo que estimula la mineralización de dicho elemento para ser aprovechado por los componentes vegetales del sistema.

Los valores de la relación C/N obtenidos en ambos ejidos, indican que la tasa de la mineralización es buena, y corresponden a una mineralización y ruptura de tejido vegetal rápida, en consecuencia, los nutrientes están disponibles en poco tiempo para los cultivos y para el componente arbóreo del sistema.

El análisis estadístico indica que no existe diferencia significativa en las tres zonas de la cárcava de ambas comunidades.

Cuadro 15. Relación C/N en las comunidades ejidales.

	Relación C/N en los sitios		
Ejido	Alta	Media	Baja
Vista Alegre	11.6[a]	11.6[a]	11.6[a]
Puerto Rico	11.6[a]	11.6[a]	11.6[a]

*Letras iguales no existe diferencia significativa

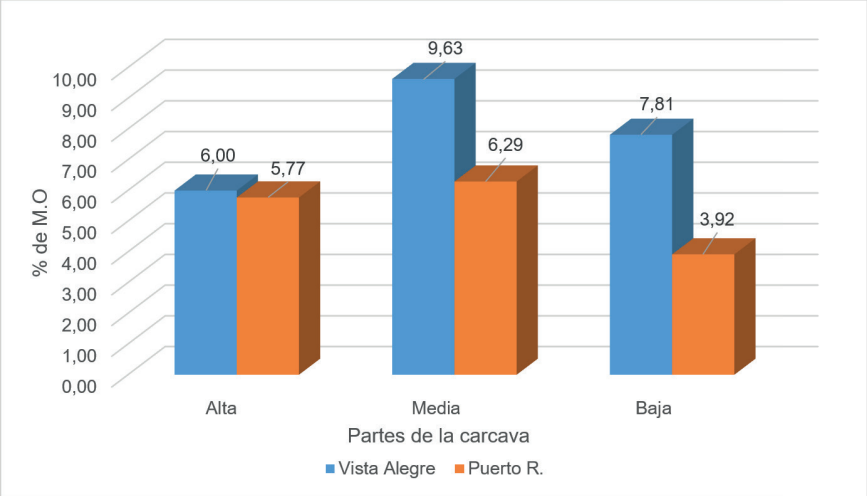
4.5. MATERIA ORGÁNICA, COMPARACIÓN ENTRE COMUNIDADES EJIDALES

La Figura 4, muestra el contenido de materia orgánica en los dos ejidos muestreados, por lo que se puede decir que la cantidad de MO en la comunidad Vista Alegre tiene mayor contenido de materia orgánica en

la parte media de la cárcava con un valor de 9.63 %, mientras que la parte alta presenta un porcentaje de 6.0 %. Los valores de MO encontradas en las tres zonas evaluadas se pueden considerar dentro de la clasificación de alto contenido de MO de acuerdo a SEMARNAT (2002).

Por otra parte, en la comunidad Puerto Rico se encontró que las cantidades de MO van de 3.92 a 6.29 %, ubicándose la mayor concentración en la parte media de la cárcava, mientras que la parte baja es la que menos materia orgánica dispone. En este sentido, la parte alta y media, con 5.77 y 6.29% respectivamente, se encuentran dentro de la clasificación de alto contenido, tomando en cuenta que el rango debe ser >4%, mientras que la zona baja (3.92%) se clasifica como término medio (2-4%) (Norma Oficial Mexicana 021, SEMARNAT, 2002).

Figura 4. Contenido de M.O. en sedimentos en dos comunidades.



Si bien, ambas comunidades presentan niveles medios y altos de concentración de materia orgánica en el suelo, pueden observarse ligeras diferencias en el contenido de MO de un sitio a otro, lo cual puede atribuirse a que son sistemas de producción diferentes, en uno cafetal bajo sombra y en otro maíz-frijol. En el caso del sistema de producción café bajo sombra, se ha encontrado que la influencia de los árboles influye positivamente en la contribución de MO, esto lo comprueba Cabon y Thériez, citado por

Villarreyna (2016), quienes hacen mención que, en cafetales sombreados con *Erythrina poeppigiana* y otras especies de sombra, se conserva de manera significativa una mayor cantidad de hojarasca y ramas en el suelo, en comparación con un cafetal a pleno sol, así mismo, se menciona que bajo sombra se puede producir una cantidad de 12 toneladas de hojarasca por año versus 8 toneladas por año en cafetales sin árboles de sombra.

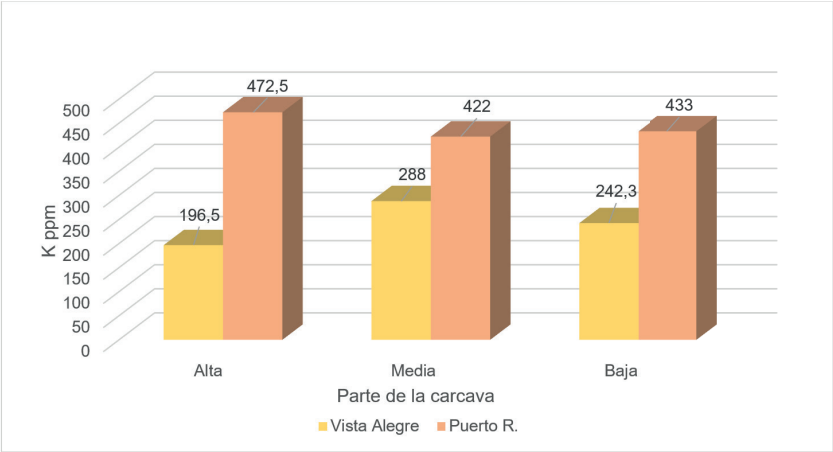
Por otra parte, el sistema de producción maíz-frijol presenta menor contenido de materia orgánica. En general se observa que, con la presencia de árboles en sistemas de cultivo como el café, existe mayor incorporación de hojarasca, sin embargo, se reconoce que la incorporación de rastrojos al suelo por parte del productor ha sido una práctica que beneficia a la generación de MO. Al respecto, Forjan y Manso (2018) mencionan que la descomposición de rastrojos sobre la superficie del suelo resulta más lenta, debido a factores como un menor contacto con el suelo y diferencias en el contenido de agua, temperatura y disponibilidad de nutrientes, que demandan un mayor tiempo para producir su descomposición. De esta manera, algunos de estos factores pudieron influir significativamente en la formación de MO en el sitio, cuyo contenido se puede ver ligeramente inferior en comparación con el sistema de producción de café bajo sombra en el ejido Vista Alegre.

4.6. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE K EN LAS COMUNIDADES VISTA ALEGRE Y PUERTO RICO

En la Figura 5, se muestra los contenidos de Potasio en los sitios muestreados por cárcava. Por una parte, se encuentra la comunidad de Vista Alegre, en donde las concentraciones de potasio se encuentran en un rango de 196.5 a 288 ppm, siendo la parte media la zona donde existe el mayor contenido de este elemento, mientras que la parte alta es la que presenta menor presencia de Potasio disponible. Puede observarse que las condiciones de Potasio extraíble en este sitio, se puede clasificar dentro del rango medio (Norma Oficial Mexicana 021, SEMARNAT, 2002).

Caso distinto el que ocurre en la comunidad de Puerto Rico, donde se observa que las concentraciones de Potasio extraíble pueden clasificarse en el rango alto, debido a que las concentraciones que existen en este sitio corresponden a valores que van de 422.0 a 472.5 ppm, notándose que la parte en donde existe mayor presencia es en la zona alta, mientras que la parte media mantiene una menor disponibilidad.

Figura 5. Contenido de Potasio (K) en los suelos de Vista Alegre y Puerto Rico.



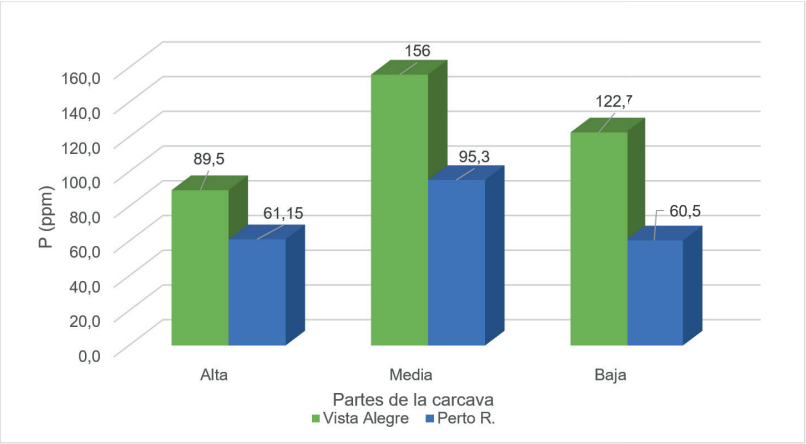
4.7. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE P EN LAS COMUNIDADES VISTA ALEGRE Y PUERTO RICO

En cuanto a la distribución de Fósforo, en los diferentes puntos de muestreo de las cárcavas de los dos sitios, estos se encuentran dentro del rango de valores altos de 60.5 a 89.5 ppm (Norma Oficial Mexicana-2002). Así mismo, existen dos valores más altos de Fósforo disponible dentro de las seis zonas de las cárcavas estudiadas con valores de 156.0 y 127.7 ppm, que corresponden a la parte media y baja de la cárcava en la comunidad de Vista Alegre, por lo que dichos valores pertenecen al grupo de rango muy alto, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 021 (SEMARNAT, 2002).

Las concentraciones muy altas encontradas en el sitio Vista Alegre se puede atribuir al contenido de materia orgánica, ya que, de acuerdo con Cisneros *et al*. (2016), la aplicación y mineralización de la materia

orgánica a través de la pulpa de café u otros residuos incorporados favorecen la desorción del Fósforo del complejo coloidal. Del mismo modo, se ve beneficiada por el pH del suelo y la presencia de microorganismos encargados de solubilizar este elemento tanto en los sustratos como en el sitio definitivo de siembra, que ayudan a la mineralización del Fósforo en el suelo. En adición, Mejía *et al.,* (2011) evaluó la influencia de sistemas de cultivo de café orgánico, convencional y orgánico-mineral en el contenido de Fósforo, y encontró que en el sistema café orgánico-mineral hubo mayores contenidos de P orgánico e inorgánico. Concluye que el aporte de materia orgánica y aplicación de fuentes minerales o de síntesis química mejora el contenido y efecto del Fósforo.

Figura 6. Contenido de Fosforo (P) en cárcavas de los ejidos Vista Alegre y Puerto Rico.



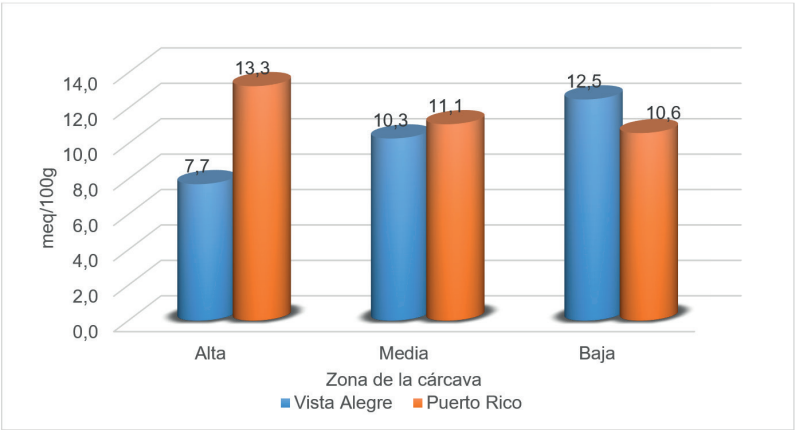
La Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo, es lo que le permite retener los elementos necesarios para nutrir a las plantas, que de otra forma estarían con la solución del suelo fácilmente disponibles para su lavado en profundidad.

En este sentido, en la figura 7 se puede observar que las zonas evaluadas en la comunidad de Vista Alegre, la mayor capacidad de intercambio se lleva a cabo en la parte baja de la cárcava, con un valor de 12.5 meq/100g, lo que podría interpretarse como un valor moderadamente bajo. Por otra parte, en la zona alta de la misma se puede notar que

existe un CIC de 7.7 meq/100g valor que se puede interpretar como una capacidad baja.

De la misma manera, en la comunidad Puerto Rico, la zona alta es donde se lleva a cabo el mayor intercambio catiónico con un valor de 13.3 meq/100g de suelo, mientras que en la parte baja existe menor capacidad, mostrando un valor de 10.6 meq/100g; ambas zonas se consideran como moderadamente bajas.

Figura 7. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en dos sitios.



4.8. EVALUACIÓN SOCIAL

Según el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMyT) (1997), la adopción es la acción de recibir, haciéndolos propios, pareceres, métodos, doctrinas, ideologías, etc., que han sido creados por otras personas o comunidades y se mide según el tiempo que tengan los agricultores de aplicar una tecnología, con diferentes métodos. Uno de estos son los estudios de adopción.

Según el PASOLAC (2006), el estudio de adopción de tecnologías, es una herramienta de carácter socioeconómica, que se usa para conocer qué cantidad de productores y/o productoras de una comunidad o zona determinada, aplican, mantienen o han abandonado las tecnologías de conservación de agua y suelo.

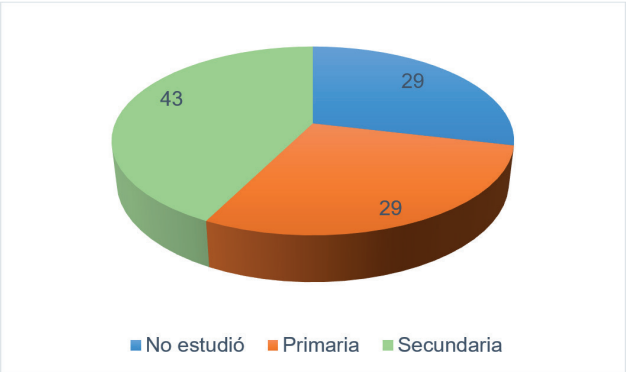
4.8.1. ESCOLARIDAD ALCANZADA EN PRODUCTORES DE ESTUDIO

Con respecto a la escolaridad, la Figura 8 indica el porcentaje de personas según el nivel escolar, por lo que se puede decir que la educación secundaria es mayor con un 43%, mientras que las personas que recibieron educación primaria o no estudiaron representan el 29% respectivamente. En este sentido, se afirma que los productores con bajos niveles de educación, presentan mayores problemas para comprender el mensaje, lo que dificulta la apropiación de la información (Radulvich, 1999).

De esta manera, de acuerdo con Guzmán y Gallegos (2010) menciona que esto se convierte en una limitante muy seria a la hora de la transferencia de tecnologías ya que el proceso de comunicación se vuelve más complejo, tanto para transmitir el mensaje como para seleccionar el método más adecuado para hacerlo.

De acuerdo con Melgar (1995), citado por Pineda 2012, en un estudio sobre la adopción de prácticas de conservación de suelos en Tonacatepeque, El Salvador, se encontró que los agricultores que adoptaron más prácticas, fueron los que se clasificaron en una categoría intermedia de educación.

Figura 8. Porcentaje de personas según el nivel escolar.



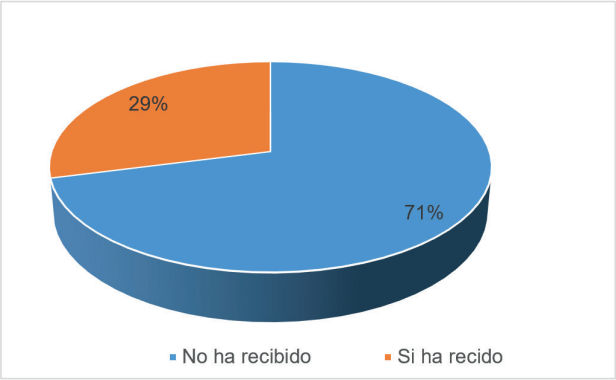
4.8.2. RECIBIMIENTO DE CAPACITACIÓN

La Figura 9 representa el porcentaje de personas que han recibido capacitación para la implementación y/o seguimiento de obras establecidas

en los últimos 5 años, observándose que el 71% de las personas no han recibido capacitación por parte de alguna institución, en contraparte, el 29% pertenece al grupo que si ha recibido capacitación, contando con la presencia de algunas instituciones como INIFAP y CESMACH como capacitores.

En este sentido, en el estudio realizado por Lucien (2017) sobre factores que determinan adopción, encontró que el hecho de que un productor haya recibido capacitación sobre prácticas de conservación de suelos, tiene una influencia positiva en su decisión de adopción, generando que un productor capacitado tenga más oportunidad de adoptar por lo menos una práctica de conservación de suelos que un productor no capacitado.

Figura 9. Porcentaje de personas que han recibido capacitación.

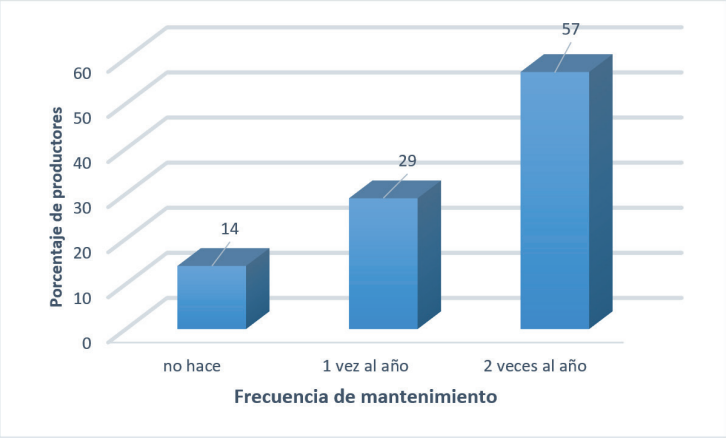


4.8.3. MANTENIMIENTO DE LAS PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN

La Figura 10 representa la frecuencia con la que los productores le dan mantenimiento a las prácticas de conservación establecidas en sus predios. El mantenimiento se define como un conjunto de actividades que deben realizarse, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstas continúen cumpliendo con su función para el cual fueron diseñados (Botero, 1993). De este modo, cuando se habla de mantenimiento de las obras establecidas, se refiere a la poda, resiembra y limpieza de las presas y/o barreras vivas.

En este sentido, la representación gráfica muestra que, 57 % de los productores realizan labores de mantenimiento dos veces al año, comúnmente entre los meses de julio y noviembre. Así mismo, 29% de los productores encuestados, contestó que realizan este tipo de actividades una vez al año, mientras que el 14% restante, indicó que no hacen labores que permitan mantener en óptimas condiciones las practicas establecidas, debido a que las personas ven como inconveniente el tiempo para realizar este tipo de actividades, lo que, citando algunos productores, mencionaron: "No lo hacemos porque la disponibilidad del tiempo no nos da, así que preferimos aprovechar ese tiempo para dedicarlo a nuestros cafetales".

Figura 10. Frecuencia de mantenimiento a las prácticas de conservación.



4.8.4. INCONVENIENTES MÁS COMUNES

Para Moreno *et al*. (2011) citados por Robles *et al*. (2016), existen múltiples factores que influyen en la adopción de innovaciones agrícolas, de los cuales se mencionan los siguientes: edad del agricultor, escolaridad, renovación generacional, capital social, capacidad de gestión, disponibilidad de tiempo, tipo de propiedad de la tierra, tamaño de la finca, rendimiento de los cultivos, la rentabilidad agrícola y el tipo de suelos.

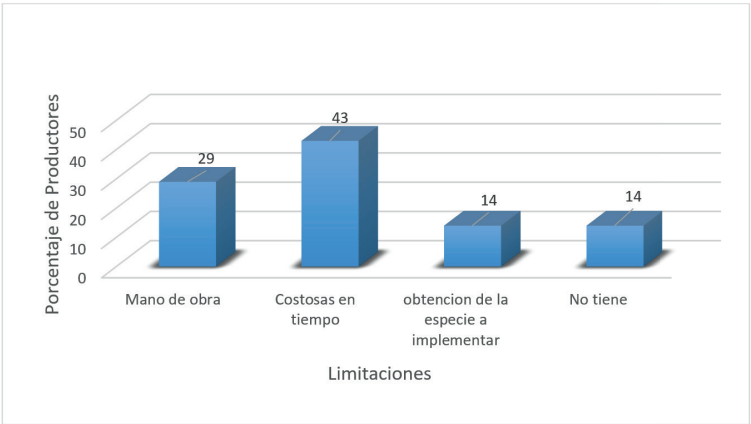
En este sentido, unas de las principales demandas durante la implementación de las obras físicas de conservación de suelo y agua,

es la demanda de mano de obra y la disponibilidad de tiempo requerida principalmente de los productores.

En la Figura 11 se refleja los inconvenientes más comunes que los productores manifiestan para continuar con la implementación de prácticas de conservación por cuenta propia, en donde se puede observar que el inconveniente más común entre ellos se debe a la disponibilidad de tiempo para dedicar a la construcción o mantenimiento de las prácticas y la mano de obra que debe ser contratada, siendo el 43 y 29% respectivamente.

La disponibilidad de mano de obra y de tiempo, son uno de los factores más importantes que determina la capacidad del productor de adoptar prácticas de conservación de suelo y agua, como lo indica PASOLAC (1999). Además, en las comunidades bajo estudio, la cantidad necesaria de mano de obra y la disponibilidad del tiempo requerido para la construcción o mantenimiento de presas filtrantes o barreras vivas afectan la difusión de estas prácticas en la comunidad.

Figura 11. Inconvenientes más comunes para el establecimiento de nuevas prácticas.

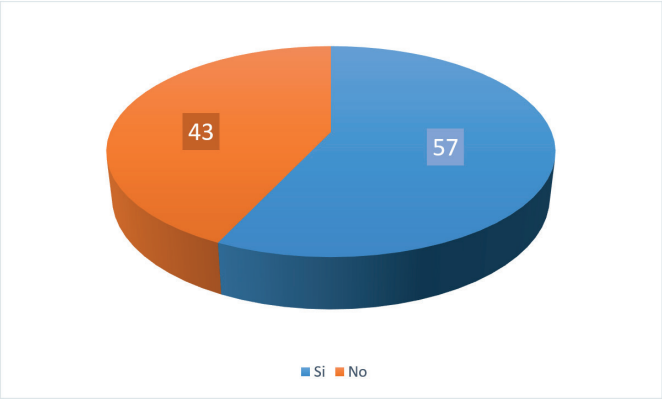


4.8.5. DISPOSICIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS PRACTICAS

La Figura 12 representa la cantidad de personas que están convencidas y dispuestas a implementar nuevas prácticas de conservación por cuenta propia, sin la necesidad de recibir algún tipo de estímulo

económico, siendo el 57% que se encuentra en la mejor disposición de implementar dichas prácticas, por otro lado, el 43 % de los encuestados no estaría dispuesto implementar nuevas prácticas, a menos que se les ofrezca algún estímulo económico, y aunque les resulta benéficas para su parcela, consideran que es más importante las labores culturales que se llevan a cabo en el cafetal, debido a que sus ingresos económicos depende de ello.

Figura 12. Disposición a implementar nuevas prácticas en sus parcelas.



CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Las presas filtrantes vegetativas fueron y son de gran relevancia para las zonas susceptibles a la erosión hídrica, cumplieron con las funciones de rehabilitación de acuerdo a las características ambientales de cada región, las cuales condicionaron a la magnitud de la protección contra el escurrimiento superficial.

En ambos ejidos, las presas filtrantes vegetativas se encontraron en condiciones de regulares a buenas, lo cual garantizó el impacto positivo en el control de la erosión hídrica.

Los materiales arrastrados se encontraron muy fértiles debido a los contenidos altos de materia orgánica, lo cual significa que las presas filtrantes están cumpliendo con el propósito de acumular gran parte de suelo fértil, con una relación C/N mayor a 10, lo que indica una tasa de la mineralización buena, y corresponden a una mineralización y ruptura de tejido vegetal rápida, lo que permite la disponibilidad de nutrientes en poco tiempo.

La implementación de las presas filtrante vegetativas, ha reflejado una gran ventaja en la disminución del dimensionamiento de las cárcavas, los resultados muestran que la cantidad de azolve retenido, las características físicas y químicas del sedimento retenido se han mostrado en condiciones favorables, existe la regeneración del material vegetal nativo de la región, misma que es más resistente a las condiciones adversas del entorno y, además, la retención de los sedimentos contribuye la posibilidad de reutilizar el suelo para el establecimiento de algún cultivo.

Los factores que limitan la aceptación y adopción de esta práctica de conservación, se centran en la falta de capacitación en temas de conservación y la disponibilidad de tiempo de algunos de los productores; existen otros factores que limitan la adopción de estas tecnologías, como la escolaridad de los productores, disposición en tiempo para mantener o implementar prácticas nuevas o la contracción de mano obra.

CAPÍTULO 6

SUGERENCIAS

Se sugiere la siembra de diferentes especies a lo largo de la cárcava como café, maíz, frijol u otro tipo de material viviente, logrando dos objetivos, uno es brindarle consistencia y estabilidad a la cárcava y el otro es tener un reservorio de especies vegetativas adaptadas a la región para beneficio del productor.

Es importante realizar evaluaciones periódicas una vez transferida la tecnología, por lo que, en proyectos de desarrollo sostenibles no se debe limitar la oferta tecnológica, debido a que limitan la promoción de la innovación entre los agricultores, aun cuando se tengan metas físicas claras de cumplimiento.

Proponer capacitaciones bajo el esquema de taller participativo, aprendiendo con un enfoque práctico, en donde y mediante la participación motive el interés por los temas tratados y se llegue al autoaprendizaje, a fin de que el efecto solucione por sí mismo sus necesidades, la selección de los temas a tratar que sean el resultado de un diagnóstico de campo, como, métodos de conservación de suelo y agua.

Que las investigaciones de adopción de tecnologías tomen cuenta los estudios de línea de base de las entidades, como un punto de partida para una mejor comprensión de los procesos de adopción.

Para asegurar la apropiación de los proyectos que fomentan la conservación de suelo y agua, es imprescindible impulsar de forma sistemática y efectiva la Educación Ambiental en las comunidades beneficiarias.

LITERATURA CITADA

Alcañiz J.M. 2008. Erosión: evaluación del riesgo erosivo y prácticas de protección del suelo. Documentaria Universitaria. Girona, España. 22 Páginas.

Bienes R. 2006. La erosión hídrica: Importancia y clases. parámetros climáticos condicionantes de la erosión (intensidad, torrencialidad, aridez, déficit hídrico, tamaño de gota). Consejería de economía e innovación tecnológica. Comunidad de Madrid.

Castellanos C. M.G. 2012. Evaluación de presas filtrantes para el control de la erosión hídrica en cárcavas, en microcuencas de la sierra madre de Chiapas. Tesis profesional. Universidad de ciencias y artes de Chiapas, facultad de ingeniería. Chiapas, México. 74 Paginas.

Castillo C. C. M. 2005. Selección y calibración de indicadores locales y técnico para evaluar la degradación de los suelos de laderas, en la microcuenca Cuscamá el Tuma - La Dalia Matagalpa, 2005. Tesis profesional. Universidad nacional agraria, facultad de recursos naturales y del ambiente. Managua, Nicaragua. Pp. 17.

Césped L.F. 2005. Evaluación cualitativa de la adopción de tecnología básica de manejo silvícola por pequeños propietarios de la comuna de Coyhaique, xi región de Aysén. Tesis profesional. Universidad de Chile, facultad de ciencias forestales. Santiago, Chile. 125 p.

Centro Internacional De Mejoramiento De Maíz Y Trigo (CIMMYT). 1993. La adopción de tecnologías agrícolas: guía para el diseño de encuestas. México, D.F. 95 p.

Cotler H.; E. Sotelo, J. Domínguez, M. Zorrilla, S. Cortina; L. Quiñones. 2007. La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, (núm. 83), Pp. 5-71. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales Distrito Federal, México.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 2007. Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de caña panelera. Edit. Produmadios. Colombia. 150 p.

Díaz V., J. Mongil y J. Navarro H. 2012. Erosión en cárcavas: una revisión de los efectos de los diques forestales. En: congreso nacional de medio ambiente conama (Com.). Universidad Católica De Ávila. 87 p.

Gómez G. A., S. Snachbel y F. Lavado C. 2011. Procesos, factores y consecuencias de la erosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la península ibérica. Boletín de la asociación de geógrafos españoles N.º 55. Pp. 59-89.

Gómez J.A., C. Castillo, J. Mora, A. Lora, E.V. Taguas, J.L. Ayuso, J. Guerrero C. y F.S. Tortosa. 2019. Criterios técnicos para el diseño y evaluación de cárcavas, revegetación para diversificación del paisaje, muros de contención, mejora ambiental de fuentes y abrevaderos y construcción de charcas artificiales. Secretaría general técnica. Andalucía, España. 216 p.

Gracia J. Y R. Domínguez. 1998. Erosión. 2ª edición. Centro nacional de prevención de desastres. México, D.F. Pp. 2-7.

Gutiérrez V.M. 2014. Pautas para una gestión integrada del agua con enfoque de género en la microcuenca del río la suiza en Chiapas, México. Tesis maestría. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 140 p.

Huerta F.P. y O. Loli F. 2014. Erosión hídrica en la cuenca alta del río moche. *Ecología aplicada*. Vol. 13 (Núm. 1), Pp. 15-22. Universidad Nacional Agraria La Molina Lima, Perú.

Huariccallo B.J.L. 2013. Propuesta de estructuras de biotecnología para el control de erosión hídrica (cárcava) en la comunidad de challaccollo-Ilave-puno. Tesis profesional. Universidad nacional del altiplano. Facultad de ingeniería agrícola. Puno, Perú. Pp. 26-33.

Londoño A.C.H. 2001. Cuencas hidrográficas: bases conceptuales de caracterización, planificación, administración. Universidad del Tolima, facultad de ingeniería forestal. Ibagué. Pp. 57-70.

Lucien S.L. 2017. Determinantes de adopción de prácticas de conservación de suelos en los municipios de Santa Ana, Opatoro y Guajiquiro, En el departamento de la Paz, Honduras. Proyecto especial. Escuela agrícola panamericana. Zamorano Honduras. 27 p.

López B. W. y R. Magdaleno G. 2009. La cuenca hidrográfica: un concepto nuevo con historia. Libro técnico No. 3. Campo Experimental Centro De Chiapas, INIFAP. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Pp. 9-24.

López Obando K. 2008. Evaluación de la calidad del establecimiento y efecto de las prácticas de conservación de suelo y agua sobre la calidad del suelo en laderas de Nicaragua. Tesis profesional. Universidad Nacional Agraria Facultad de Recursos Naturales y del ambiente. Nicaragua. 105 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2007. Las cuencas y la gestión del riesgo a los desastres naturales en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala, C.A. 49 P.

Osorio N.W. 2012. pH del suelo y disponibilidad de nutrientes*. Manejo Integral Del Suelo Y Nutrición Vegetal*. Vol. 1 (Núm. 4). Facultad de ciencias universidad nacional de colombia-sede Medellín. 4 p.

Palacios, H.B. 2012. Análisis participativo de la oferta, amenazas y estrategias de conservación de los servicios ecosistémicos (SE) en áreas prioritarias de la subcuenca "La Suiza" Chiapas, México. Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 118 p.

Pérez M.E.D. Y L. González R.C. 2018. Adopción de tecnologías y prácticas agropecuarias en sistemas de producción en Jinotega, Nicaragua. *La Calera.* Vol. 18 (Núm. 30). 11 Paginas. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.

Pineda R. O. 2012. La adopción de tecnologías en conservación de suelos y agua y su efecto en los Ingresos agropecuarios y contenidos de materia orgánica en dos localidades rurales, 2002 al 2008. Tesis de maestría. Universidad nacional agraria. Managua, Nicaragua. 81 p.

Pozo G. B.F. 2000. Efecto del uso de obras de conservación de suelos sobre los rendimientos de sorgo y frijol y características del suelo en Namasigüe y el Ocotal, Honduras. Tesis profesional. Zamorano carrera de ciencia y producción agropecuaria. Honduras. pp 11.

Raudes, M., N. Sagastume. 2009. Manual de conservación de suelos. Programa para la agricultura sostenible en laderas de américa central. Carrera de ciencia y producción agropecuaria. Escuela agrícola panamericana. El Zamorano, Honduras. 75 p.

Rodríguez B.F. 2006. Cuencas hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo. *Revista de las Sedes Regionales*, Vol. Vii (Núm. 12), Pp. 113-125 Universidad de Costa Rica ciudad universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica.

Secretaria De Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2013. Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Cuadernos de divulgación ambiental. Primera edición. México D.F. 36 P.

Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT- 2000.

Santos R. Á. E. 2021. Adopción de tecnologías en conservación de suelos por el pequeño productor rural de yuca en Yacopí Cundinamarca. Tesis de maestría. Universidad de la Salle. Facultad de ciencias agropecuarias. Bogotá D.C. 80 p.

Sánchez. V. H. Y J.L. Zambrano M. 2019. Adopción e impacto de las tecnologías agropecuarias generadas en el Ecuador. *La Granja*. Vol. 30 (Núm. 2). Pp. 25-41. Universidad politécnica salesiana, Ecuador.

Toledo M. 2016. Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos. Primera edición. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). Honduras. 152 p.

Vásquez V.A., A. Mejía M., J. Faustino M., R. Terán A., I. Vásquez R. J. Díaz R. C. Vásquez R. A. Castro A., M. Tapia M. y J. Alcántara R. 2016. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas. Primera edición. Universidad nacional agraria la Molina. Perú. 646 p.

Villareyna A.R.A. 2016. Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos. Informe de proyecto. Ministerio federal de medio ambiente, protección de la naturaleza, obras públicas y seguridad nuclear. Costa rica. 38 p.

World Vision. 2004. Manual de manejo de cuencas. 2 Ed. Faustino J; García Z. Ed Renderos. San Salvador. pp. 31-41.

SOBRE LOS AUTORES

Isidro Fernández-González. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Coyoacán, Mexico City, MX.
Orcid: https://orcid.org/0009-0005-7218-0447

Gerardo Alonso González Pérez. Investigador independiente.

Francisco Javier Cruz Chávez. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

José Rafael Contreras Hinojosa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9928-782X



EDITORA ARTEMIS
2026