



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Prácticas agronómicas para reducir la velocidad de escurrimientos en
laderas

AUTOR:

Reinaldo Clemente Arreaga Morán

TUTOR:

Ing. Agr. Oscar Guido Caicedo Camposano, PhD.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

El escurrimiento en laderas con frecuencia es uno de los problemas que se ha venido presentado, se inicia cuando tanto la capacidad de almacenamiento de la superficie como el poder de intercepción de la flora se han agotado; a partir de entonces surge la película de agua que discurre sobre la superficie y que erosiona el suelo, dado que fluye hacia los niveles más bajos del suelo agrícola. La presente investigación fue parafraseada, simplificada y sometida a un estudio en la cual se analizaron los principios elementales y la trascendencia de las prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas. Por lo anteriormente detallado se determinó lo siguiente: Las practicas agronómicas permiten reducir la velocidad de escurrimientos en laderas mediante un sistema de conservación de suelos que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas de fertilidad y agroforestales; este sistema radica en su aplicación inmediata para tener éxito en la protección de los suelos de ladera. Las barreras vivas consisten en la implementación de vegetación perenne (árboles o arbustos) construidas en pendientes a lo largo del talud del terreno, su finalidad es reducir el caudal de agua sobre su superficie a la vez que capturan y retienen el suelo. El efecto de la labranza en fajas sobre el control de la erosión se basa en tres principios: Diferente densidad de cultivos utilizados; separación de áreas inclinadas y disposición de los contornos de las plantas. La efectividad de las fajinas depende de la cantidad de sedimentos que puede llegar a almacenar, y disminuyendo ésta conforme se va asentando; solamente es efectiva en las primeras precipitaciones y en aquellas que son de baja intensidad, no presentando ningún beneficio cuando las precipitaciones son de alta intensidad. La siembra en contorno permite reducir la pendiente natural del suelo plantando en curvas de nivel; este es un enfoque simple que requiere una inversión inicial baja y puede controlar eficazmente la erosión hídrica.

Palabras claves: Erosión hídrica, precipitación, cobertura, suelo.

SUMMARY

Hillside runoff is one of the problems that has been occurring frequently, it starts when both the storage capacity of the surface and the interception power of the flora have been exhausted; from then on, a film of water flows over the surface and erodes the soil, since it flows towards the lower levels of the agricultural soil. The present research was paraphrased, simplified and subjected to a study in which the elementary principles and the importance of agronomic practices to reduce the velocity of runoff on slopes were analyzed. Based on the above, the following was determined: Agronomic practices make it possible to reduce the speed of runoff on slopes by means of a soil conservation system that complements and combines structural works, agronomic fertility measures and agroforestry; this system lies in its immediate application to be successful in the protection of slope soils. Living barriers consist of the implementation of perennial vegetation (trees or shrubs) built on slopes along the slope, their purpose is to reduce the flow of water on its surface while capturing and retaining the soil. The effect of strip tillage on erosion control is based on three principles: Different density of crops used; separation of sloping areas; and arrangement of plant contours. The effectiveness of the strips depends on the amount of sediment that can be stored, decreasing as it settles; it is only effective in the first rainfall and in those of low intensity, presenting no benefit when the rainfall is of high intensity. Contour seeding allows reducing the natural slope of the soil by planting on contour lines; this is a simple approach that requires a low initial investment and can effectively control water erosion.

Key words: water erosion, precipitation, cover, soil.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ii
SUMMARY	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	2
MARCO METODOLÓGICO	2
1.1. Definición del tema caso de estudio	2
1.2. Problemática	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5.1. El escurrimiento en laderas y su forma de medición	3
1.5.2. Proceso de la erosión hídrica en la esorrentía en laderas.....	5
1.5.3. Factores que interviene en la erosión hídrica en laderas	6
1.5.3.1. Clasificación de la erosión hídrica en laderas.....	6
1.5.3.1.1. Erosión por salpicadura.....	7
1.5.3.1.2. Erosión laminar.....	7
1.5.3.1.3. Erosión por surcos.....	7
1.5.3.1.4. Erosión en cárcavas	7
1.5.4. Prácticas de conservación de suelos.....	8
1.5.5. Prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas.	8
1.5.5.1. Barreras vivas	9
1.5.5.2. Cultivos en fajas.....	11
1.5.5.3. Barreras muertas	13
1.5.5.4. Acordonamientos y fajinas.....	14
1.5.5.5. Siembra en contorno.....	15
1.6. Hipótesis	16
1.7. Metodología de la investigación	17
CAPITULO II.....	18
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	18
2.1. Desarrollo del caso	18
2.2. Situaciones detectadas.....	18
2.3. Soluciones planteadas.....	19
2.4. Conclusiones.....	19

2.5. Recomendaciones	20
BIBLIOGRAFIA	21
ANEXOS.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Barreras vivas.....	25
Figura 2. Cultivos en contorno.....	25
Figura 3. Cultivos en fajas.....	26
Figura 4. Barreras muertas.....	26
Figura 5. Sistema de fajinas.....	27

INTRODUCCIÓN

Las laderas estas compuestas de ambientes muy diversos, que difieren por sus condiciones agroecológicas, socioeconómicas, necesidades y prioridades de las familias productoras (Ramírez 2023).

El escurrimiento en laderas con frecuencia es uno de los problemas que se ha venido presentado, se inicia cuando tanto la capacidad de almacenamiento de la superficie como el poder de intercepción de la flora se han agotado; a partir de entonces surge la película de agua que discurre sobre la superficie y que erosiona el suelo, dado que fluye hacia los niveles más bajos del suelo agrícola (Ramírez 2023).

En el campo el escurrimiento es uno de los factores que más influyen en los proyectos agrícolas; en un clima tropical, el cual se caracteriza por lluvias intensas de corta duración, que en muchos casos superan la capacidad de infiltración del suelo, provocando que el agua corra por la superficie o se encharque; el exceso de agua sobre los suelos en laderas tiene cuatro causas principales: precipitación, limitaciones topográficas y edáficas; la precipitación es la principal fuente de exceso de agua (IICA 2019).

La importancia de las practicas agronómicas para reducir la velocidad de escurrimientos en laderas es un sistema de conservación de suelos que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas de fertilidad y agroforestales; este sistema radica en su aplicación inmediata para tener éxito en la protección de los suelos de ladera (IICA 2019).

Existen varias prácticas que reducen la velocidad de escurrimientos en laderas, donde se establecen obstáculos o barreras al escurrimiento del agua de lluvias; esto se hace con la finalidad de mejorar su infiltración y evitar que se arrastren partículas de suelo; algunas de estas prácticas son: zanjas de infiltración, pircas o paredes de piedra, terrazas o andenes y barreras vivas (Rivera *et al.* 2016).

El presente trabajo se efectuó con el fin de recopilar y enriquecer los conocimientos sobre las prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas.

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre la temática correspondiente a las practicas agronómicas para reducir la velocidad de escurrimientos en laderas.

1.2. Problemática

Actualmente existen problemas de degradación de los suelos, especialmente la erosión hídrica en suelos con pendiente (laderas), que tiene su incidencia en factores económicos, sociales y culturales, debido a la sobreexplotación del recurso y uso de prácticas inadecuadas de manejo de suelos y aguas, siendo su consecuencia más significativa la pérdida del suelo y su fertilidad, reducción de los rendimientos y empobrecimiento de los sistemas de producción agropecuarios.

Debido a los desconocimientos por parte de los agricultores en la implementación de prácticas adecuadas en los sistemas de producción para conservación de los suelos, ha provocado el incrementado de los porcentajes de escurrimientos en laderas en el Ecuador, lo cual ha causado el aumento de erosión de los suelos agrícolas.

Además, el mal empleo de maquina agrícola y la eliminación de cultivos de cobertura en laderas con fin agrícola, ha incidido a la perdida de la protección natural de los suelos, lo cual genera que el agua de escurrimiento arrastre el suelo con los nutrientes que se encuentran en el mismo.

1.3. Justificación

La sustentabilidad del recurso suelo es importante para garantizar la creciente demanda de alimentos y materias primas, donde la erosión es considerada como la principal amenaza para mantener la productividad a largo plazo en suelos agrícolas; por ello es importante conocer que la erosión en condiciones de laderas es provocada por el agua del total de lluvia precipitada que

genera una escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo, donde sus efectos dependen de las características físicas del suelo que determinan su infiltración en el mismo, fenómeno que empobrece los suelos por deterioro químico, físico y pérdida de materia orgánica.

Debido a su trascendencia, es relevante estudiar y establecer prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas para mejorar la conservación del suelo en los sistemas de producción agrícola, siendo importante para los agricultores adquirir los conocimientos sobre su manejo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Fundamentar las prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Detallar los factores que determinan el escurrimiento en zonas de laderas.
- Describir las principales prácticas agronómicas de reducción de la velocidad de los escurrimientos en laderas.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. El escurrimiento en laderas y su forma de medición

Las masas de tierra con cambios de elevación o pendientes significativos se denominan escarpes y originalmente se formaron por procesos geológicos; los taludes establecidos durante muchos años pueden cambiar de posición debido al terreno, actividad sísmica, flujo de agua, cambios en la resistencia del suelo, clima o deslizamientos de tierra accidentales o movimientos del suelo debido a causas humanas o naturales (Woolhiser *et al.* 2017).

Durante la escorrentía o escurrimiento, el agua de lluvia que fluye sobre el suelo se mueve inicialmente de forma laminar y luego en pequeña concentración,

umentando la pendiente descendente; factores como la intensidad de las precipitaciones, el área y la forma de la superficie, la pendiente y el gradiente, la naturaleza y extensión de la cubierta vegetal, la rugosidad del suelo y las características del subsuelo afectan la cantidad y concentración de la escorrentía (Woolhiser *et al.* 2017).

La escorrentía superficial como el flujo de agua sobre la superficie del terreno donde la erosionabilidad está determinada por las condiciones del suelo, la topografía y la cobertura del suelo; la escorrentía superficial suele deberse a una infiltración insuficiente del agua de lluvia en el perfil del suelo (Viramontes *et al.* 2017).

En el proceso de escorrentía, el agua de lluvia satisface inicialmente las necesidades hídricas del suelo y del entorno atmosférico en el que se ubican los cultivos; variables climáticas como la temperatura, la humedad relativa, la precipitación, la radiación solar y el viento pueden interferir con el proceso de transpiración de las plantas y la evaporación del agua de la superficie del suelo; al mismo tiempo, existe un proceso de infiltración de agua al suelo, el agua se acumula en diferentes capas o sin ella, dependiendo de la textura, estructura, tipo de poro y contenido de materia orgánica del suelo (Viramontes *et al.* 2017).

Entre los métodos directos más comúnmente utilizados para medir la escorrentía superficial, existen dos categorías distintas: campo y laboratorio. También existen dos tipos de métodos de campo: parcelas permanentes para mediciones permanentes y mediciones especiales en diferentes lugares o situaciones (Ramírez 2023).

Las parcelas de escorrentía corresponden a parcelas de terreno de diferentes tamaños, delimitadas por muros que aíslan el agua de escorrentía de la entrada o salida de la parcela, concentrando así en almacenamiento el agua que fluye hacia la parcela, se recogen contenedores y muestras para su posterior análisis; sin embargo, los resultados obtenidos son en ocasiones erróneos debido a factores como la posible formación de corrientes adyacentes a los lados aplicados (Ramírez 2023).

Por otro lado, algunos de los problemas asociados al uso de mapas de escorrentía se superan según la implementación de la caja de Gerlach; debido a su simplicidad y bajo costo, pueden usarse para muestrear la pérdida de suelo en muchos lugares seleccionados en áreas grandes y, por lo tanto, son adecuados para estudios de erosión a escala de cuencas hidrográficas (Velásquez 2017).

1.5.2. Proceso de la erosión hídrica en la escorrentía en laderas

Las gotas de lluvia que causan erosión tienen muchas formas y tamaños; su tamaño varía de 5 a 6 milímetros de diámetro; a medida que viajan por el espacio, las velocidades que alcanzan varían de 2 a 9 m/s, dependiendo de su diámetro; el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo es la etapa principal del proceso de erosión (Tapia *et al.* 2018).

El mismo autor manifiesta que las gotas de lluvia se rompen cuando golpean el suelo, enviando partículas volando en todas direcciones, en terreno llano, las partículas se esparcen uniformemente, pero en terrenos inclinados, las partículas pueden transportarse; en el caso de arena fina, es más probable que las partículas sean salpicadas.

Si la cantidad de precipitación excede la infiltración, se forma un exceso de agua, que fluye sobre la superficie del suelo y las pendientes, transportando las partículas extraídas del suelo en volumen y velocidad; el agua de escorrentía se concentra en grietas o desniveles del suelo y forma zanjas o barrancos (Rivera *et al.* 2019).

El autor antes mencionado indica que la escorrentía superficial como la fracción de precipitación que se mueve sobre el suelo en un flujo laminar y se acumula en las zonas más bajas del suelo; a medida que disminuyen el flujo de agua y la velocidad de escorrentía, las partículas se asientan; primero se almacenan las partículas más grandes y luego las más pequeñas; esto sucede hasta que el escurrimiento de agua se detiene por completo, a veces no hasta que llega y desemboca en un río, laguna o mar.

1.5.3. Factores que interviene en la erosión hídrica en laderas

Existen cuatro factores principales que afectan la erosión del suelo en laderas: clima, topografía, tipo de suelo y vegetación; pero a través de ellos se puede combinar la influencia del tiempo y el comportamiento humano; la cobertura vegetal es un factor que protege la superficie del suelo de la fuerza erosiva de las fuertes gotas de lluvia, promueve la infiltración de agua y mejora la estructura del suelo; las raíces de las plantas brindan soporte al suelo y evitan que se erosione (Medard 2017).

El mismo autor manifiesta que el clima es el factor más favorable para la erosión, principalmente el clima con precipitaciones irregulares, recurrencia aleatoria de largas sequías y lluvias intensas, intensa evaporación y falta de agua.

La topografía del terreno es otro factor que afecta la erosión de las laderas y la longitud de las mismas que impiden el flujo de agua; se considera una barrera natural importante a tener en cuenta al implementar medidas de conservación del suelo; en suelos ricos en materia orgánica son resistentes a la erosión debido a su alta capacidad de infiltración (Francisco 2018).

El autor antes mencionado indica que las propiedades físicas y químicas del suelo tienen una fuerte influencia en el mecanismo y la intensidad de los procesos de descomposición; la erosionabilidad del suelo determina su susceptibilidad a la erosión; se manifiesta como una propiedad dinámica que depende de factores como estructura, materia orgánica, textura, rugosidad superficial, rocosidad superficial, humedad inicial del suelo, perfil del suelo, temperatura y prácticas agrícolas.

1.5.3.1. Clasificación de la erosión hídrica en laderas

Hussain *et al.* (2018) expresan que la erosión hídrica es clasificada en cuatro tipos de erosión, las mismas que se producen de forma simultánea en el mismo terreno o ladera tales como: Erosión por salpicadura, erosión laminar, erosión por surcos y erosión en cárcavas.

1.5.3.1.1. Erosión por salpicadura

La erosión por salpicadura es debido al impacto de las gotas de lluvia sobre los agregados de la superficie del suelo, creando una barrera superficial que afecta negativamente al suelo. Durante el proceso de penetración este tipo de erosión está directamente relacionada con la intensidad de la precipitación y su energía cinética e indirectamente con la estabilidad de los agregados y la cobertura del suelo (Gaete 2018).

1.5.3.1.2. Erosión laminar

En la erosión laminar se lleva a cabo la remoción una capa fina y uniforme de tierra; es la forma de erosión más peligrosa, aunque la menos visible. Sus efectos sobre el suelo incluyen la pérdida del color de la superficie debido a la eliminación de humus y una disminución gradual de la productividad del suelo; el efecto de la erosión laminar sobre el suelo se debe principalmente a que es selectiva para las partículas del suelo, desplazando primero la fracción más fina o más ligera de partículas, y luego este evento da como resultado la formación de la conocida cubierta erosionada. en el que se pierde por completo todo el suelo Materiales ligeros como la materia orgánica (Riquelme 2017).

1.5.3.1.3. Erosión por surcos

Esto ocurre cuando la escorrentía se concentra en puntos específicos del suelo debido a una topografía irregular hasta que gana suficiente flujo y velocidad para tallar y formar pequeños canales; este tipo de erosión da lugar a la formación de pequeños barrancos a lo largo de las laderas que controlan la concentración del escurrimiento; pero como eran visibles para los campesinos, se les prestó más atención, por lo que fueron eliminados del trabajo cultural; esto suele ocurrir cuando hay fuertes lluvias y el terreno tiene pendientes pronunciadas (Riquelme 2017).

1.5.3.1.4. Erosión en cárcavas

La erosión en cárcavas ocurre donde la escorrentía se concentra en ciertas áreas del país, donde los grandes y rápidos flujos de agua hacen que las zanjas crezcan año tras año; generalmente, los cañones están formados por surcos poco profundos excavados por las fuertes lluvias hasta que se van ensanchando

paulatinamente; en algunos casos específicos, el suelo es susceptible a la erosión y las fuertes lluvias pueden crear cárcavas; cuando el cañón alcanza cierta profundidad, toma la forma de una cascada; se producen turbulencias en el fondo del espacio y la parte superior sobresale; se separa por su propio peso y luego la brecha se amplía (Bragagnolo 2019).

1.5.4. Prácticas de conservación de suelos

Las prácticas de conservación de suelos se definen como un conjunto de actividades a nivel local que mantienen o mejoran la capacidad productiva de las tierras en áreas degradadas; además de prevenir o reducir la erosión, compactación y salinización del suelo; las medidas de conservación del suelo deberían incluir cuatro actividades básicas: proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia, aumentar la capacidad de infiltración para reducir la escorrentía superficial y mejorar la estabilidad de los agregados del suelo, haciéndolo más resistente a la erosión por salpicadura y aumentando la rugosidad de la superficie para reducir las tasas de escorrentía (FAO 2017).

Es un sistema que combina y complementa la ingeniería civil con prácticas agronómicas, botánicas y mecánicas; además se define a la conservación como el uso de la tierra de acuerdo con sus capacidades y necesidades, dentro de la viabilidad económica, para mantener su productividad continua (Rivera *et al.* 2016)

1.5.5. Prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas.

La mayoría de los problemas de erosión y degradación del suelo en la agricultura están relacionados con prácticas agrícolas deficientes, principalmente la preparación del suelo durante la siembra; la práctica agronómica conocida como labranza implica varios tipos de manipulación mecánica del suelo; pero los beneficios de la labranza dependen de la intensidad y la forma en que se utilicen estos sistemas (Carrasco 2017).

El mismo autor indica que los métodos agronómicos para prevenir y controlar la erosión incluyen actividades como la siembra, la labranza de conservación, la incorporación de materia orgánica y la aplicación de enmiendas del suelo que

ayudan a reducir la densidad aparente, aumentar la capacidad de infiltración y mantener la humedad del suelo; también se pueden observar asociaciones con cultivos, cultivos diversificados, rotación de cultivos, zanjas en contorno, labranza en franjas, cobertura en barbecho, barreras vivas, barreras muertas, labranza cero, labranza reducida, agrosilvicultura y cultivos de cobertura.

1.5.5.1. Barreras vivas

Son barreras a la vegetación perenne (árboles o arbustos) construidas en pendientes a lo largo del talud del terreno, su finalidad es reducir el caudal de agua sobre su superficie a la vez que capturan y retienen el suelo (Claro 2018).

El autor antes mencionado manifiesta que la distancia entre las barreras vivas dependerá del tipo de suelo, la pendiente, el tipo de cultivos y la cantidad de lluvia; cuanto más pronunciada es la pendiente, menor es la profundidad del suelo y cuanto mayor es la intensidad de la precipitación, menor es la distancia entre las barreras.

Una vez que haya determinado la pendiente promedio del terreno, determina la distancia entre los obstáculos y luego marca los contornos donde se plantarán las plantas; esto incluye preparar la tierra para el cultivo, lo que requiere un deshierbe regular y otras eliminaciones del suelo cultural; estos cultivos se cultivan con cultivos de cobertura para reducir los huecos y reducir los caudales de agua; se realizan en terrenos con pendientes bajas (normalmente del 2% al 15%), homogéneos y largos; al elegir las plantas, es importante prestar atención a si existen barreras biológicas en el área y qué tipos de plantas forman estas barreras, porque es importante elegir las plantas más adecuadas para el clima y el suelo local (Turrent *et al.* 2018).

Las barreras vivas deben ser perennes, de fácil propagación, con abundante follaje, con ramas que nazcan directamente debajo del suelo o lo más cerca posible del suelo, con un sistema radicular profundo y denso, no plantas invasoras (con riesgo de convertirse en malezas) y capaces de soportar podas frecuentes y difíciles, preferentemente las leguminosas, deben producir gran cantidad de biomasa y ser apetecibles si se van a utilizar como alimento para animales (Uribe y Francisco 2019).

Una variante de planta es Tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*), un arbusto de mezquite de hojas perennes; además, se debe considerar la introducción en el área de especies forestales nativas o introducidas, así como especies frutales, para crear barreras para la vida; la barrera no tiene por qué consistir necesariamente en una especie, sino que es mejor plantar diferentes especies una al lado de la otra; siempre que sea posible, se deben utilizar plántulas cultivadas en viveros o en los propios agricultores (Turrent *et al.* 2018).

Para que las barreras se desarrollen rápidamente es importante regar las plantas después del trasplante tantas veces como sea necesario hasta que estén completamente establecidas; quitar las malas hierbas alrededor del tronco para evitar la competencia por agua y nutrientes; mientras las plantas aún son pequeñas y frágiles, para que los animales no las dañen; podar los árboles con regularidad para evitar que crezcan y se desarrollen, lo que puede evitar que entren al suelo y creen sombra si desea plantar cultivos cerca de ellos (Uribe y Francisco 2019).

El sistema de barrera vivas en terraza se coloca verticalmente a intervalos de 1 metro aproximadamente 15 a 20 m en una pendiente seleccionada del 9 – 10 %; bajo este sistema, algunos de los desechos se colocarán en la barrera en la parte inferior de la barrera mientras se prepara el resto. En este esquema de siembra tradicional, la barrera viva de los sistemas de hileras se complementa con maíz y Canavalia y Stizolobium. El maíz (variedad T - 66) tiene un marco de siembra de 35 cm entre plantas x 90 cm entre hileras de siembra, las leguminosas se siembran en la calle a los 12 - 15 días e inmediatamente después del primer montículo su marco de siembra es de 15 - 20 cm entre plantas (Ramírez *et al.* 2019).

Los mismos autores afirman que las medidas de protección de barrera vivas con siembra en contorno y tratamiento protector son 64 % y 70 % más efectivas para prevenir la erosión del suelo; las medidas de conservación del suelo y el agua, como las barreras vivas plantadas en contornos, funcionan bien en una variedad de condiciones agroclimáticas y del suelo, especialmente en pendientes; en este sentido, son aptos para pequeños productores de ladera; el pasto *Phalaris* es la especie más popular en términos de facilidad de establecimiento, velocidad de

cierre, producción de forraje y conservación del suelo.

La barrera viva puede tardar en desarrollarse al principio, pero casi desde el principio los agricultores pueden observar la acumulación de tierra encima y la erosión debajo; usarla para cuantificar estos impactos es una herramienta poderosa para comunicar el concepto de valores de conservación del suelo y el agua (Robins y Burgoa 2016).

Los autores mencionados anteriormente expresan que en un estudio de tres años después de que se instalaron las barreras, la textura del suelo entre las barreras cambió significativamente, mostrando un movimiento descendente de las partículas más finas; el efecto de los obstáculos sobre la deposición del suelo es un proceso de desarrollo lento. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los procesos de depósito (en lugar de la erosión, que es más difícil de detectar a simple vista) se observan directamente encima del bloqueo; al elegir las plantas, es importante prestar atención a si existen barreras biológicas en el área y qué tipos de plantas forman estas barreras, porque es importante elegir las plantas más adecuadas para el clima y el suelo local.

Las barreras vivas deben ser plantas perennes fáciles de propagar, con abundancia de hojas y ramas, comenzar justo debajo del suelo o lo más cerca posible del suelo y tener un sistema de raíces denso; estas plantas pueden incluso ser listones de algunas especies forrajeras adaptadas a las condiciones climáticas de la zona, o algunas especies arbustivas, entre ellas Tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*), una especie de hojas largas Mesquite un arbusto; además, se debe considerar el establecimiento de especies forestales introducidas o nativas en la zona como una forma de crear barreras de vida, así como la introducción de algunas especies frutales (Tapia *et al.* 2018).

1.5.5.2. Cultivos en fajas

El cultivo en fajas consiste en la siembra de diferentes cultivos que se alternan en una curva horizontal; la longitud de la franja debe evaluarse teniendo en cuenta la pendiente del suelo, el tipo de suelo y los cultivos específicos (Tayupanta y Cordova 2017).

Los autores mencionados anteriormente indican que el efecto de la labranza en fajas sobre el control de la erosión se basa en tres principios: Diferente densidad de cultivos utilizados; separación de áreas inclinadas y disposición de los contornos de las plantas.

Los cultivos en fajas se cultivan en una secuencia sistemática de franjas que actúan como barrera de retención de agua y evitan la pérdida de suelo por erosión; los principales tipos de cultivos en fajas son: fajas en contorno, fajas de campo y fajas de viento (Francisco 2018).

El mismo autor menciona que las fajas plantadas adecuadamente pueden aumentar la fertilidad del suelo, proporcionar una buena cobertura vegetal y asegurar la presencia de cultivos densos en fajas que actúan como cobertura viva; ambas culturas están representadas en fajas contorneadas y cruzadas.

Los sistemas de cultivo en fajas ofrecen todos los beneficios de los cultivos en contorno y la rotación de cultivos con la protección adicional de fajas de cultivos más densas al reducir la tasa y el volumen de escorrentía de agua de los cultivos más densos (Cordova 2018).

El mismo autor indica que la siembra en fajas, complementada con terrazas, es el método más eficaz de conservación del suelo y el agua; con una experiencia en algodón se perdieron 9,8 toneladas de suelo por hectárea perdida; la misma experiencia se repitió en otro sitio donde la pendiente del suelo era del 5 %: en los campos de algodón plantados entre las franjas protectoras se acumularon 18,7 toneladas de suelo; cuando la pendiente es del 10 %, la pérdida de suelo en campos de algodón protegidos es de 24 toneladas y la pérdida de suelo en campos de algodón desprotegidos es de 42 toneladas; estas pérdidas aumentaron a 36 toneladas y 155 toneladas, respectivamente, cuando el gradiente aumentó al 15 %, y a 44 toneladas y 153 toneladas, respectivamente, cuando el gradiente aumentó al 20 %.

El cultivo en fajas es una práctica muy útil para combatir la erosión, y el clima permite alternativas, incluidos cultivos de invierno, especialmente trébol, y pastizales lo suficientemente resistentes como para encajar una franja mal

protegida en otras dos franjas bien protegidas entre las tiras; un ejemplo evidente del uso de estas fajas protectoras es en las plantaciones de árboles frutales; en este caso, el suelo proporciona muy poca protección, mientras que una franja de vegetación densa e inofensiva proporciona una protección excelente (Fernández 2018).

El mismo autor menciona que el cultivo en fajas puede prevenir eficazmente la erosión si las plantas cultivadas son adecuadas para las fajas, pero puede haber situaciones en las que no sea posible cultivar plantas protectoras debido a condiciones económicas, climáticas o de otro tipo; en este caso, la protección del terreno se encomienda a fajas protectoras a lo largo de contornos de más o menos la misma anchura, que están cubiertas de vegetación y proporcionan una buena protección, que intentamos aprovechar al máximo; el ancho de estos carriles suele variar entre 2,40 y 6 metros.

1.5.5.3. Barreras muertas

Esto implica la construcción de muros de piedra o tocones en las curvas de nivel del terreno, lo que puede reducir la erosión del suelo además de reducir la tasa de escorrentía del agua. Se construyeron muros a lo largo de la pendiente, a veces combinados con barreras vivas (Woolhiser *et al.* 2017).

Los autores mencionados indican que las barreras muertas contribuyen a la deposición gradual de partículas del suelo (principalmente arena, limo y arcilla); están hechas de roca superficial que se encuentra en el propio terreno; las paredes en terrenos inclinados deben construirse sobre una pequeña base plana y la altura no debe exceder los 60 centímetros.

Para crear una barrera contra los rastrojos, se utilizan residuos de cultivos, dispuestos a lo largo de curvas de nivel para evitar el deslizamiento del suelo; los residuos en la superficie del suelo tienen una influencia decisiva en el comportamiento del suelo y de los cultivos posteriores; forman la interfaz entre el suelo y la materia orgánica de la superficie (Fernández 2018).

1.5.5.4. Acordonamientos y fajinas

La medida de conservación basada en fajinas de troncos (implica el derribo de arbolado quemado, su desrame, y la utilización de sus troncos para ser dispuestos en el suelo, siguiendo curvas de nivel, con objeto de proporcionar una barrera mecánica transversal a la línea de máxima pendiente, que sirva de pequeña presa donde se depositen los sedimentos desplazados por la escorrentía, disminuyendo así su movimiento y promoviendo la infiltración; además se disminuye así mismo la energía cinética del agua superficial y se aumenta la rugosidad hidráulica del terreno a la par que se reduce la sedimentación de materiales aguas abajo (Sánchez 2017).

Este autor también señala que las fajinas tienen una capacidad de almacenar sedimentos depende de la pendiente, del diseño, tamaño y longitud de los troncos empleados, la separación entre ellos y el grado de contacto con el suelo de estas barreras; al no tener un buen diseño e instalación pueden concentrar la escorrentía, causando daños que podrían ser mayores que en ausencia del tratamiento.

La aplicación de las fajinas es importante en laderas que cumplen simultáneamente las siguientes características: Riesgo de precipitación intensa; Suelo/litología susceptible a la erosión hídrica; en las zonas que presenten menos de un 30-40 % de la superficie cubierta por plantas rebrotadoras; suelos sin plantas vivas y con más de un 30-40 % del suelo descubierto (sin cubierta de hojarasca, vegetación viva o pedregosidad); Pendiente mayor del 15 % (Varena 2019).

El mismo autor indica que el uso de las fajinas es especialmente interesante en laderas que presentaban arbolado. En este caso, el uso de los troncos para construir barreras supone al mismo tiempo un tratamiento contra la erosión y gestión de la madera quemada. Además, las bases de los troncos pueden aprovecharse como puntos de anclaje de la barrera, siempre que esto no disminuya la efectividad de la barrera.

Es muy importante en las fajinas que el sellado del material junto con el suelo sea adecuado, de manera que no queden huecos, ya que en caso contrario disminuyen su efectividad; en el caso de los troncos talados, si se ponen varios,

también hay que prestar especial atención a que haya un sellado adecuado entre los diversos troncos (Pastor 2018).

El mismo autor manifiesta que es conveniente instalar las fajinas en la ladera al tresbolillo, de manera que todos los huecos queden cubiertos, pero poniendo especial interés en los puntos más sensibles a discontinuidades del terreno que concentren escorrentía, con problemas asociados a pistas forestales, con síntomas previos de erosión; siendo el objetivo de su instalación en niveles escalonados es evitar los flujos laminares de manera que produzcan una irrupción en los mismos.

La efectividad de las fajinas depende de la cantidad de sedimentos que puede llegar a almacenar, y disminuyendo ésta conforme se va colmatando. Algunos autores indican que solamente es efectiva en las primeras precipitaciones y en aquellas que son de baja intensidad, no presentando ningún beneficio cuando las precipitaciones son de alta intensidad (Arteaga 2019).

1.5.5.5. Siembra en contorno

La siembra en contorno trata de reducir la pendiente natural del suelo plantando en curvas de nivel; este es un enfoque simple que requiere una inversión inicial baja y puede controlar eficazmente la erosión mediante la creación de pequeños pasos de protección; el cultivo en contorno es ideal para zonas limitadas donde la pendiente no es muy elevada, entre el 3 % y el 7 %; si la pendiente está entre el 7 % y el 20 % se deben agregar otras medidas de conservación del suelo (Loredo 2017).

Para dibujar una siembra de contorno, se debe determinar la línea con la pendiente máxima en el área de trabajo y marcar su punto medio con estacas; a partir del punto establecido inicialmente, marcar líneas guía o contornos con estacas a una distancia de 15 a 20 metros entre sí; dibuje líneas paralelas a las líneas principales hacia arriba y hacia abajo hasta cubrir toda el área; si el terreno es irregular se deberán marcar dos o más directrices; cuando el suelo está listo, se establece el cultivo (Cortes y Vargas 2019).

La siembra en contorno implica orientar las hileras de cultivos a lo largo de una curva horizontal; esta práctica ayuda a reducir el escurrimiento de agua y la

resistencia del suelo (INTA 2018).

El mismo autor señala que la base de esta técnica es que cada surco o hilera de cultivos bloquea el flujo de agua de lluvia, reduciendo así el caudal de agua y la resistencia del suelo; una manera fácil de sembrar a lo largo de una pendiente es dibujar un generador en el centro de la parcela y cruzar las curvas horizontales usando los niveles "\/" a cada lado.

Como práctica de conservación del suelo y el agua, la siembra en contornos ayuda a mejorar las condiciones del suelo y promueve el uso adecuado de la tierra; este enfoque debe combinarse con otras prácticas, ya que los problemas de erosión del suelo no pueden resolverse completamente de forma aislada (Garreño 2019).

La siembra en contorno se recomienda para terrenos inclinados y se puede utilizar para sembrar cualquier cultivo; es importante tener en cuenta que en pendientes superiores al 12 % esta práctica no suele controlar los efectos de la erosión y se deben utilizar otros métodos de conservación del suelo como zanjas, zanjas de ladera, cajones o terrazas y mano de obra (Duran 2019).

En cuanto a la erosión, la plantación en contornos debe realizarse en las zonas donde el problema es más severo para evitar que este proceso de degradación se intensifique (FAO 2019).

Las prácticas de conservación del suelo surcos con contorno de maíz redujeron la erosión del suelo en un 23 % y la escorrentía en un 7 % en comparación con los surcos en contorno en pendientes máximas (Rudes y Sagastume 2018).

Los cultivos en curvas de nivel consideran instalarse a lo largo de las curvas de nivel; en zonas con escasas precipitaciones la pendiente debe ser nula, y en zonas con altas precipitaciones, deben existir canales de escape en los extremos para favorecer el drenaje y evitar problemas de drenaje (Sims y Rodríguez 2018).

1.6. Hipótesis

Ho= La revisión bibliográfica no podrá sustentar que las prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas.

Ha= La revisión bibliográfica sustentará que las prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas.

1.7. Metodología de la investigación

El desarrollo del presente trabajo está enfocado en una investigación descriptiva, por lo cual se llevó a cabo una profunda recopilación de textos, revistas, bibliotecas virtuales y artículos para profundizar en cada uno de los temas relevantes, de modo que, se pudo lograr un incremento notable en la estructura del documento en cuestión.

La presente investigación fue parafraseada, simplificada y sometida a un estudio en la cual se analizaron los principios elementales y la trascendencia de las prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas.

CAPITULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El objetivo de este estudio bibliográfico fue investigar sobre las prácticas agronómicas para reducir la velocidad de los escurrimientos en laderas, por medio de una revisión de literatura científica en donde se describe que las practicas agronómicas en laderas tales como: siembra en contorno, barreras vivas, cultivos en fajas y establecimiento de fajines, permiten reducir la velocidad de escurrimiento.

2.2. Situaciones detectadas

Las practicas agronómicas permiten reducir la velocidad de escurrimientos en laderas, siendo un sistema de conservación de suelos que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas de fertilidad y agroforestales; este sistema radica en su aplicación inmediata para tener éxito en la protección de los suelos de ladera.

Existen varias prácticas agronómicas que reducen la velocidad de escurrimientos en laderas, donde se establecen obstáculos o barreras al escurrimiento del agua de lluvias; esto se hace con la finalidad de mejorar su infiltración y evitar que se arrastren partículas de suelo; algunas de estas prácticas son: Siembra en contorno, barreras vivas, cultivos en fajas y establecimiento de fajines.

Entre las más importantes prácticas agronómicas que permiten reducir el escurrimiento en laderas están: Las barreras vivas que son barreras de vegetación perenne (árboles o arbustos) construidas en pendientes a lo largo del talud del terreno, su finalidad es reducir el caudal de agua sobre su superficie a la vez que capturan y retienen el suelo; y la siembra en contorno que trata de reducir la pendiente natural del suelo plantando en curvas de nivel; este es un enfoque simple que requiere una inversión inicial baja y puede controlar eficazmente la erosión mediante la creación de un sistema de protección de los suelos.

2.3. Soluciones planteadas

El componente del sistema que tiene relación directa y limita la producción agrícola es la erosión en condiciones de laderas, fenómeno que, al empobrecer los suelos por el deterioro químico, físico, pérdida de materia orgánica, repercute en la obtención de bajos rendimientos de los cultivos.

Es importante realizar una aplicación técnica de las practicas agronómicas para reducir la velocidad de escurrimiento del agua en laderas permitiendo lograr los siguientes beneficios: proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia, aumentar la capacidad de infiltración para reducir la escorrentía superficial y mejorar la estabilidad de los agregados del suelo, haciéndolo más resistente a la erosión por salpicadura y aumentando la rugosidad de la superficie para reducir las tasas de escorrentía; en beneficio de un gran número de productores que explotan los suelos en laderas, de forma intensa.

2.4. Conclusiones

Por lo anteriormente detallado se concluye lo siguiente:

- Las practicas agronómicas permiten reducir la velocidad de escurrimientos en laderas mediante un sistema de conservación de suelos que complementa y combina obras estructurales, medidas agronómicas de fertilidad y agroforestales; este sistema radica en su aplicación inmediata para tener éxito en la protección de los suelos de ladera.
- Las barreras vivas consisten en la implementación de vegetación perenne (árboles o arbustos) construidas en pendientes a lo largo del talud del terreno, su finalidad es reducir el caudal de agua sobre su superficie a la vez que capturan y retienen el suelo.
- El efecto de la labranza en fajas sobre el control de la erosión se basa en tres principios: Diferente densidad de cultivos utilizados; separación de áreas inclinadas y disposición de los contornos de las plantas.
- La efectividad de las fajinas depende de la cantidad de sedimentos que

puede llegar a almacenar, y disminuyendo ésta conforme se va asentando; solamente es efectiva en las primeras precipitaciones y en aquellas que son de baja intensidad, no presentando ningún beneficio cuando las precipitaciones son de alta intensidad.

- La siembra en contorno permite reducir la pendiente natural del suelo plantando en curvas de nivel; este es un enfoque simple que requiere una inversión inicial baja y puede controlar eficazmente la erosión hídrica.

2.5. Recomendaciones

Por lo anteriormente detallado se recomienda lo siguiente:

- Establecer practicas agronómicas en sistemas de producción para reducir la velocidad de escurrimiento en laderas.
- Implementar técnicas de siembra de cultivos de acuerdo con la pendiente del terreno para reducir la velocidad de escurrimiento en laderas.
- Fomentar capacitaciones para los agricultores sobre la importancia de las practicas agronómicas en sistemas de producción para reducir la velocidad de escurrimiento en laderas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arteaga, E. 2019. Prácticas de Conservación de Suelos y Aguas validadas por el Proyecto JALDA. Bolivia. Estudios e Investigación 1: 1-20.
- Bragagnolo, N. 2019. Manual integrado de prácticas conservacionistas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). Roma, Italia. 128 p.
- Carreño, K. 2019. Buenas prácticas de uso y manejo del agua y suelo en la Cuenca del Plata. Fondo para el Medio Ambiente Mundial. 212 p.
- Cortes, E., Vargas, V. 2019. Evaluación de cuatro Prácticas Agroecológicas de Conservación de Suelos de Ladera en Guasca – Cundinamarca. Tesis Ing. Agr. Bogotá. UMD. 80 p.
- Cordova, F. 2018. Siembra en Fajas al Contorno. Hoja de Trabajo de Práctica de Conservación 585. 4 p.
- Carrasco, J. 2017. Prácticas de conservación de suelos. INIA. 23 p.
- Claro, A., Riverol, M., Porra, P., Cabrera, E., Somoza, V., Otero, A. 2018. Efecto de las prácticas agronómicas en las propiedades del suelo en laderas. *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 63-69.
- Duran, S. 2019. Riesgo a la erosión hídrica y prácticas de manejo de suelos en la microcuenca La Concordia. Tesis Ing. Agr. Potosí. UASP. 109 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 2019. Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Bogotá, Colombia. 144 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 2017. Memorias

del taller sobre planificación participativa de conservación de suelos y aguas. Chile. 317 p.

Fernández, L. 2018. Siembra en contorno o en curvas a nivel. Medidas básicas de Protección Ambiental. 22 p.

Francisco, N. 2018. Productividad y erosión hídrica en tres sistemas de manejo del cultivo doble de maíz en una ladera del trópico subhúmedo de México. Tesis PhD. Colegio de Postgraduados. 122 p.

Gaete, N. 2018. Técnicas y estructuras de conservación de suelos y agua. INIA. 28 p.

Hussain, I., Olson, K., Siemens, J. 2018. Efectos del laboreo a largo plazo sobre las propiedades físicas del suelo erosionado. Soil Science 163(12): 970-981.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2018. Siembra a contorno o en curvas a nivel: uso del codal. 3 p.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2019. Obras de conservación de suelos y agua en laderas. SICTA. Costa Rica. 20 p.

Loredo, C. 2017. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP – SAGARPA. 197 p.

Medard, A. 2017. Evaluación de la producción de sedimentos y del escurrimiento superficial en pequeñas cuencas agrícolas. Tesis Ing. MSc. Colegio de Postgraduados. 135 p.

Pastor, R. 2018. Evaluación de la Erosión Hídrica en la Zona de Chanchamayo-Junín utilizando con1o Cobertura Vegetal el Cultivo de Camote (Ipomoea batatas L.). Tesis Ing. Agr. Lima, Peru. UNAM. 157 p.

Ramírez, C., Maidali, E., Oropeza, M. 2019. Eficiencia de dos prácticas productivo-

conservacionistas controlar erosión de laderas en el trópico. *Agrociencia* 35(5): 489-495.

Robins, P., Burgoa, E. 2016. Guía de prácticas para el manejo de erosión y escorrentía agrícola en laderas. RCD del Condado de Monterey. Salinas, California. 52 p.

Ramírez, L. 2023. Manejo y Conservación de suelos. UNIDA VIII. 23 p.

Rivera, P., Oropeza, J., Martínez, M., Mejía, E., Tapia, L., Ventura, E. 2016. El proceso lluvia-escurrimiento-erosión en laderas y microcuencas instrumentadas. *Tecnología y ciencias del agua* 3(4): 151-166.

Rivera, R., Medina, M., Wruck., Gomez, G. 2019. Estudio de erosión hídrica actual de la cuenca Villa Victoria, Estado de México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 21 p.

Riquelme, J. 2017. Establecimiento de cultivos y conservación de suelos. *Investigación y Progreso Agropecuario* 57: 7-13.

Rudes, M., Sagastume, N. 2018. Manual Conservación de Suelos. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central "PROMIPAC". Honduras. 76 p.

Sims, B., Rodríguez, F. 2018. Impacto de barreras vivas sobre suelos de ladera en los valles inter-andinos de Bolivia. 1: efecto sobre la erosión. *Ceiba* 41(1): 1-9.

Sánchez, C. 2017. Efectividad de las fajinas en el control de la erosión edáfica post-incendio en los montes de Castejón de Valdejasa. Tesis Ing. Agr. Huesca. UZ. 115 p.

Turrent, F., Uribe, G., Francisco, N., Camacho, R. 2018. La terraza de muro vivo, para laderas del trópico subhúmedo de México. *Cambio en algunas*

propiedades físicas y químicas del suelo. *Terra* 13(3): 299-316.

Tapia, V., Tiscareño, L., Velázquez, V., Rocha, A., Oropeza, M. 2018. Modelación de la erosión y escurrimiento en suelos de ladera en la cuenca del Lago de Pátzcuaro. *Publicación Técnica N.3*. México. 44 p.

Tayupanta, J., Cordova, J. 2017. Algunas alternativas agronómicas y mecánicas para evitar la pérdida del suelo. INIAP. Ecuador. 42 p.

Uribe, G. Francisco, N. 2019. Manejo agronómico sustentable para laderas abruptas de Los Tuxtlas, Veracruz. Informe técnico. SARH- INIFAP- CIRGOC-CEPAP. Isla Veracruz.

Viramontes, D., Esteves, M., Descroix, L., Duwing, C., Rojas, F., Gutiérrez., De León, B. 2017. Quantification of runoff and water erosion in andosols of an experimental micro-watershed in Valle de Bravo. *Hydraulic Engineering in Mexico* 15(3): 89-103.

Velásquez, V. 2017. Análisis fractal de la rugosidad de un andosol como indicador de su erosionabilidad. Tesis PhD. Programa de Hidro ciencias, México. 177 p.

Varena, L. 2017. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. CONAFOR. 298 p.

Woolhiser, D., Smith, R., Goodrich, D. 2017. Un modelo cinemático de escorrentía y erosión: Documentation and User's Manual. Beltsville, USA: Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS. 130 pp.

ANEXOS



Figura 1. Barreras vivas



Figura 2. Cultivos en contorno



Figura 3. Cultivos en fajas



Figura 4. Barreras muertas



Figura 5. Sistema de fajinas