



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE CONSERVACIÓN PARA
MITIGAR LA EROSIÓN DEL SUELO CULTIVADO CON AVENA (*Avena sativa* L.),
CHALTURA, IMBABURA”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

BRUNO STIWARD BURGA GUAMBIANGO

DIRECTOR:

ING. MIGUEL ALEJANDRO GÓMEZ CABEZAS. M. Sc

IBARRA- ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE CONSERVACIÓN PARA
MITIGAR LA EROSIÓN, CULTIVADO CON AVENA (*Avena sativa* L.),
CHALTURA, IMBABURA”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Miguel Gómez, M. Sc

DIRECTOR



FIRMA

Mvz. Xavier Bonifaz, M. Sc

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Marcelo Albuja, M. Sc

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100377984-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bruno Steward Burga Guambiango		
DIRECCIÓN:	Calle Manuel Quiroga entre Av. Atahualpa y línea Férrea		
EMAIL:	bsburgag@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2920314	TELÉFONO MÓVIL:	0988815130

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Evaluación de prácticas agrícolas de conservación para mitigar la erosión en del suelo cultivado con avena (<i>Avena sativa</i> L.), Chaltura, Imbabura
AUTOR (ES):	Bruno Steward Burga Guambiango
FECHA: DD/MM/AAAA	15-04-2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Miguel Gómez, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de abril de 2022

EL AUTOR:

(Firma)

Nombre: Bruno Steward Burga Guambiango

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 25 días del mes de abril del 2022

Bruno Stiward Burga Guambiango: “Evaluación de prácticas agrícolas de conservación para mitigar la erosión del suelo cultivado con avena (*Avena sativa* L.), Chaltura, Imbabura” Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

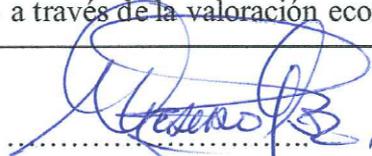
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 25 días del mes de abril del 2022 75 páginas.

DIRECTOR:

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar prácticas agrícolas de conservación para mitigar la erosión del suelo cultivado con avena (*Avena sativa* L.), Chaltura, Imbabura.

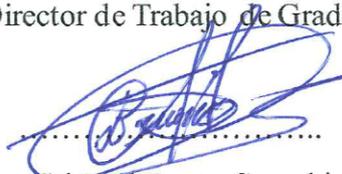
Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Cuantificar el escurrimiento superficial y la pérdida de suelo en los sistemas de labranza.
- Determinar las propiedades físicas del suelo en los sistemas de labranza.
- Realizar un análisis económico a través de la valoración económica total.



Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, M. Sc

Director de Trabajo de Grado



Bruno Stiward Burga Guambiango

Autor

AGRADECIMIENTO

A la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Técnica del Norte y a sus docentes quienes impartieron sus conocimientos necesarios para mi formación académica.

A mis padres quienes siempre me apoyaron tanto en lo emocional como en lo económico, con sus consejos y siempre motivándome para que logre cumplir con la meta propuesta, como no mencionar mi agradecimiento a mis hermanos quienes siempre estuvieron presentes en esta etapa, en especial a mi Lic. Johanna quien ayudo para que siga dando pasos en mi vida profesional.

También mencionar a mi director Ing. Miguel Gómez. MSc y asesores Mvz. Xavier Bonifaz, M. Sc y Ing. Marcelo Albuja, M. Sc quienes fueron la guía para la culminación de este trabajo de investigación.

Para finalizar, a mis amigos Sebastián y Nathaly quienes me brindaron de su amistad incondicional.

Bruno Burga Guambiango

DEDICATORIA

A mis padres José y Margarita quienes fueron un pilar fundamental para la culminación de mi carrera profesional

A mis hermanos Henry, Johanna, Omar, Carolina y Sofía ya que el esfuerzo siempre fue familiar y de una u otra manera siempre estuvieron presentes cuando los necesité.

Bruno Burga Guambiango

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	6
CAPÍTULO I	8
1.1 Antecedentes	8
1.2. Problema de investigación	9
1.3. Justificación	10
1.4 Objetivos	11
1.4.1. Objetivo general.....	11
1.4.2 Objetivos específicos	11
1.5 Hipótesis	11
CAPÍTULO II.....	12
MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. El suelo.....	12
2.2 Erosión del suelo.....	12
2.2.1 Causas de la erosión.....	13
2.2.2 Efectos de la erosión	13
2.2.3 Tipos de erosión.....	14
2.3 Erosión hídrica	14
2.3.1 Tipos de erosión hídrica.....	15
2.3.2 Etapas de la erosión hídrica	16
2.4 Escurrimiento superficial	17
2.4.1 Ciclo del escurrimiento	18
2.4.2 Coeficiente de escurrimiento superficial	18
2.5 Estado y caracterización del suelo	19

2.6. Cobertura vegetal	19
2.7. Sistemas de labranza	20
2.7.1. Labranza tradicional.....	20
2.7.2. Labranza de conservación.....	21
2.7.3 Labranza cero.....	22
2.8. Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	23
2.8.1. Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	24
2.8.2. Descripción de la avena	24
2.8.3 Rendimiento del cultivo de avena.....	24
2.9. El Valor Económico Total (VET).....	25
2.10. Marco legal	26
CAPÍTULO III.....	28
MARCO METODOLÓGICO.....	28
3.1. Descripción del área de estudio	28
3.1.2. Caracterización del lote en la Granja Experimental “La Pradera UTN”	28
3.1.3. Características de suelo.....	29
3.1.4. Características edafoclimáticas	29
3.2. Materiales y métodos	30
3.2.1 Materiales.....	30
3.3. Métodos.....	30
3.3.1 Factores en estudio.....	31
3.3.2. Niveles	31
3.3.3. Diseño experimental	31
3.3.4. Características del experimento	32
3.3.5. Análisis estadístico.....	33
3.3.6 Variables evaluadas	33
3.3.1. Ubicación	41
3.3.2. Preparación del terreno	42
3.3.4. Análisis químico	42
3.3.5 Siembra	43
3.3.6. Fertilización	43
3.3.7. Labores culturales	43
3.3.8. Cosecha	44

CAPÍTULO IV.....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
5.1. Coeficiente de Escurrimiento (Kr).....	45
5.2. Pérdida de suelo	49
5.3. Propiedades físicas del suelo	52
5.3.1 Densidad aparente y porosidad	52
5.3.2. Tasa de infiltración	54
5.4. Rendimiento del cultivo.....	56
5.5. Valoración económica total	58
CAPÍTULO V	62
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
Conclusiones	62
Recomendaciones	62
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proceso de erosión y transporte de sedimentos reproducida de proceso de erosión	13
Figura 2	Esquema de procesos de erosión/sedimentación en una ladera	16
Figura 3	Etapas del proceso de erosión hídrica	17
Figura 4	Formación de curvas de nivel	22
Figura 5	Desarrollo fenológico de la avena	23
Figura 6	Mapa base de la ubicación del ensayo	28
Figura 7	División de parcelas del experimento	32
Figura 8	Pluviómetro	34
Figura 9	Toma de datos de pérdida de suelo en el laboratorio	36
Figura 10	Medición de propiedades físicas del suelo	38
Figura 11	Ubicación de anillos de infiltración en las parcelas de investigación	39
Figura 12	Corte de avena madura	40
Figura 13	Clinómetro	41
Figura 14	Preparación del terreno con ayuda del arado	42
Figura 15	Deshierbe de parcelas de labranza tradicional	44
Figura 14	Porcentaje de escurrimiento de acuerdo con el sistema de labranza	48
Figura 17	Datos acumulados periodo agosto del 2019-enero del 2020	51
Figura 18	Densidad aparente de los dos sistemas de labranza en estudio	53
Figura 19	Tasa de infiltración en porcentajes en relación con el sistema de labranza (ML y LT)	55
Figura 20	Porcentajes de rendimiento de cultivo en LT y ML	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación taxonómica	24
Tabla 2	Caracterización del lote	29
Tabla 3	Características del suelo del sito de estudio	29
Tabla 4	Condiciones edafoclimáticas	30
Tabla 5	Materiales, insumos, herramientas, equipos e insumos	30
Tabla 6	Sistemas de labranza en estudio	31
Tabla 7	Características del experimento	32
Tabla 8	Esquema de ADEVA del diseño de bloques completos al azar	33
Tabla 9	Esquema del ADEVA de la variable coeficiente de escurrimiento superficial (Kr) en relación con el sistema de labranza	45
Tabla 10	Coeficiente de escurrimiento superficial (kr) según el evento de lluvia en los sistemas de labranza ML y LT	46
Tabla 11	Prueba de Medias Ajustadas LSD Fisher ($\alpha=0.05$) para el Factor Sistema de Labranza para la Variable Escurrimiento Superficial en el Cultivo de Avena	47
Tabla 12	Pruebas de hipótesis secuenciales	49
Tabla 13	Pérdida de sedimentos según el sistema de labranza (LT y ML)	50

Tabla 14 Comparación de múltiples medias entre densidad aparente con respecto al tipo de labranza.....	52
Tabla 15 Análisis de varianza de porcentajes de espacios porosos en relación con el tipo de labranza en estudio.....	54
Tabla 16 Medias ajustadas de error estándar de la tasa de infiltración en relación con los sistemas de labranza (LC y ML).....	56
Tabla 17 Análisis de varianza de rendimiento del cultivo en relación con el tipo de labranza en estudio	56
Tabla 18 <i>Costos de producción del sistema de labranza tradicional</i>	58
Tabla 19 <i>Costos de producción del sistema de mínima labranza</i>	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis Completo de Suelo	68
Anexo 2 Comparación de Variables Promedio de Esguerrimiento Superficial y Pérdida de Sedimentos.....	69
Anexo 3 Prueba de medias ajustadas LSD Fisher ($\alpha=0.05$) para el factor tipo de labranza para la variable pérdida de suelo.....	69
Anexo 4 Peso de Rastrojo en comparación de los dos Sistemas de Labranza	69
Anexo 5 Medias ajustadas de error estándar del rendimiento de cultivo en relación con los tipos de labranza (LT y ML).....	70
Anexo 6 Reposo de muestras saturadas para la obtención de datos para el cálculo de la densidad aparente y la porosidad.	70

**“EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE CONSERVACIÓN PARA
MITIGAR LA EROSIÓN DEL SUELO CULTIVADO CON AVENA (*Avena sativa* L.),
CHALTURA, IMBABURA”**

*Bruno Burga

*Universidad Técnica del Norte

Correo: bsburgag@utn.edu.ec

RESUMEN

La erosión hídrica es el principal tipo de degradación de suelos a nivel mundial, considerando que causa erosión de 1.121 millones de hectáreas cada año. En el Ecuador el 47 % de los suelos agrícolas se ven afectados en mayor o menor proporción por la erosión hídrica provocando un impacto económico y ambiental. Los objetivos del presente estudio fueron cuantificar el escurrimiento superficial y pérdida de suelo, así como también determinar las propiedades físicas del suelo y realizar el análisis económico a través de la valoración económica total en dos sistemas de labranza. El área de estudio estuvo ubicada en la Granja Experimental “La Pradera”. Para ello se realizaron parcelas de escurrimiento con un área de 200m² en un terreno con pendiente promedio de 25%. Los sistemas de labranza evaluados fueron; labranza tradicional (LT) y mínima labranza (ML). Para determinar el escurrimiento superficial se colocaron tanques recolectores en la parte baja de cada unidad experimental también se ubicó un pluviómetro. Se realizó la mezcla de las muestras del tanque y se llevó al laboratorio. Los resultados de la variable del escurrimiento superficial indica que mayor afección hubo en la LT con 0.12 % en comparación de la ML que obtuvo el 0.06%, en pérdida de suelo de igual manera en la LT se tuvo una pérdida de 0.78 kg/ha mayor en comparación a la ML que obtuvo 0.14 kg/ha. En las propiedades físicas de los dos sistemas se puede mencionar que en la densidad aparente la labranza LT es 0.07 g/cm³ más que la ML mientras en el porcentaje de espacios porosos se observó que no hay diferencia significativa. Rendimiento en ML obtuvo con 1.77 t/ha en comparación que la LT que obtuvo 1.07 t/ha. Dentro del análisis económico se obtuvo que el costo de producción en el sistema de LT fue de 939.28 dólares mientras que en el sistema de ML fue de 832.96 dólares, teniendo un menor costo de producción y al realizar la comparación con el rendimiento del cultivo se puede observar que el sistema de ML tiene una mayor rentabilidad. En conclusión, luego de analizar las variables se resalta que están relacionadas Kr, pérdida de suelo, tasa de infiltración y el rendimiento del cultivo en función al factor sistema de labranza.

Palabras claves: infiltración; erosión; labranza; sedimentos; cultivo; densidad; escorrentía; porosidad

ABSTRACT

Water erosion is the main type of soil degradation worldwide, considering that it causes erosion of 1,121 million hectares each year. In Ecuador, 47% of agricultural soils are affected to a greater or lesser extent by water erosion, causing an economic and environmental impact. The objectives of the present study were to quantify the surface runoff and soil loss, as well as to determine the physical properties of the soil and to carry out the economic analysis through the total economic valuation in two farming systems. The study area was in the Experimental Farm "La Pradera". For this, runoff plots with an area of 200m² were made on land with an average slope of 25%. The farming systems evaluated were traditional tillage (LT) and minimum tillage (ML). To determine surface runoff, collection tanks were placed in the lower part of each experimental unit, and a rain gauge was also located. The tank samples were mixed and taken to the laboratory. The results of the surface runoff variable indicate that there was a greater affectation in the LT with 0.12% compared to the ML that obtained 0.06%, in soil loss in the same way in the LT there was a loss of 0.78 kg/ha greater compared to the ML that obtained 0.14 kg/ha. In the physical properties of the two systems, it can be mentioned that in the apparent density the LT tillage is 0.07 g/cm³ more than the ML, while in the percentage of porous spaces it was observed that there is no significant difference. Yield in ML obtained with 1.77 t/ha compared to the LT that obtained 1.07 t/ha. Within the economic analysis, it was obtained that the cost of production in the LT system was 939.28 dollars while in the ML system it was 832.96 dollars, having a lower cost of production and when making the comparison with the yield of the crop, it can be observed that the ML system has a higher profitability. In conclusion, after analyzing the variables, it is highlighted that Kr, soil loss, infiltration rate and crop yield are related to the tillage system factor.

Keywords: infiltration; erosion; tillage; sediments; crop; density; runoff; porosity

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El suelo está considerado como un factor importante para la subsistencia de la vida humana, ya que es la principal fuente de alimentos y debido al tiempo necesario para su regeneración, está considerado como un recurso no renovable (FAO, 2005). El 33% de los suelos en el mundo se encuentran en un rango entre moderado y altamente degradados debido a la erosión (FAO, 2015)

Hay varios tipos de degradación y uno de los principales es la erosión hídrica la cual afecta mundialmente a 1.12 millones de hectáreas, la degradación de los suelos es un proceso provocado por el ser humano; por tal razón, Espinosa, et al., (2011) afirman que las principales causas son la agricultura, la sobre producción y el sobrepastoreo provocando así la escorrentía superficial y pérdida de suelo.

A su vez otro factor que interviene en la pérdida de suelo apto para el cultivo es debido a la topografía existente en la zona interandina, mismos que incrementan la vulnerabilidad de los suelos a la erosión hídrica y los deja con un alto grado de degradación (Rodríguez, et al., 2000).

La excesiva labranza y pérdida de materia orgánica del suelo a menudo conllevan a la reducción de la capacidad de infiltración debido a la pérdida de porosidad superficial puesto que la tasa de infiltración es un factor directamente relacionado con la escorrentía superficial. La tasa de infiltración depende de varios factores como son; la pendiente, textura y estructura del suelo, la continuidad porosa y la cobertura vegetal, ya que varios estudios han demostrado que las tasas de infiltración son mejores al existir cobertura vegetal (Oyarzún; et al.,2011).

Por otra parte, se tiene la presencia de lluvias intensas las cuales repercuten en la erosión o la pérdida de suelo, principalmente en la siembra (Flores; et al., 2013). Si la intensidad de lluvia existente es mayor a la tasa de infiltración tendrá lugar la escorrentía y a su vez se obtiene un desperdicio hídrico mismo que podría ser usado para la producción del cultivo (FAO, 2005)

Se han desarrollado nuevas técnicas agrarias, como la agricultura de conservación que es una respuesta a la sostenibilidad apoyando a la protección del suelo y a su conservación; la agricultura de conservación tiene como característica la mínima remoción de suelo, mantener la cobertura vegetal permanente, además de la rotación de cultivos (FAO,2016).

En este aspecto, durante miles de años se han utilizado distintos tipos de cobertura para la protección de las semillas además para la protección del suelo y sus fuerzas erosionantes, por otra parte, la fijación de vegetación, con ello llevan los beneficios de esta que incluyen ayudar en la estabilización del suelo reduciendo la erosión provocada por viento y agua (Díaz, 2011). Por lo cual (Torres; et al., (2015) mencionan que las pérdidas de suelo y agua se reducen en un 85% y 28%, respectivamente cuando se usa cobertura vegetal.

1.2. Problema de investigación

La problemática que afronta el planeta entero es la variación de precipitaciones en los últimos tiempos debido al cambio climático, lo cual hace que las lluvias sean intensas en cualquier temporada de año, en general el calentamiento global aumenta la variación en la precipitación, es decir, que el número de días lluviosos puede disminuir mientras que la intensidad de lluvia puede aumentar y esto puede producir escorrentías excesivas en un corto periodo (Mukerji, 2009).

En el norte del país se destaca el uso de pendientes para prácticas agrarias tomando en cuenta la existencia de pendientes mayores a un 15% y el uso de maquinaria agrícola para la

remoción de estos suelos deja vulnerables a pérdidas de suelo. Los suelos volcánicos tienden a ser más susceptibles ya que Stolpe; et al., (2018) afirman que el uso de agricultura tradicional en pendientes ayuda al deterioro de la capa superficial y con ello el desgaste del material edáfico.

1.3. Justificación

El Ecuador es caracterizado por la gran diversidad y riqueza de sus recursos naturales, dentro de los cuales se puede destacar en particular la presencia de suelos volcánicos y en Ecuador este porcentaje llega a un 30% (Martínez, y otros, 2012)

Existen varios estudios en el Ecuador que demuestran la diferencia entre la agricultura de conservación y la agricultura tradicional sin tomar en cuenta la pendiente, siendo este un factor importante debido a la topografía existente en el país que es atravesada por la cordillera de los Andes misma que es aprovechada para la agricultura. La Universidad Técnica del Norte se encuentra realizando una investigación con el tema “Evaluación de la agricultura de conservación para mitigar la erosión hídrica en suelos degradados agregando el factor pendiente, donde también se evalúan más variables como el escurrimiento superficial, pérdida de suelo, densidad aparente, porosidad, tasa de infiltración. Con esto se busca ayudar en la conservación de la productividad de los suelos.

El trabajo de investigación está dentro del “Desarrollo Agropecuario y Forestal sostenible” del Grupo de Investigación Agrobiodiversidad y Soberanía Alimentaria (GIASSA) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA), de la Universidad Técnica del Norte.

La presente investigación tuvo como propósito ayudar en la conservación de suelos del país. Por lo cual el trabajo mantuvo como objetivo estudiar tanto la escorrentía superficial y la

perdida de sedimentos, con ello evaluar estructuras del suelo y rendimiento del cultivo bajo dos sistemas de labranza en suelos con pendientes de un 25%.

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las prácticas agrícolas de conservación para mitigar la erosión del suelo cultivado con avena (*Avena sativa* L.), en Chaltura, Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar el escurrimiento superficial y la pérdida de suelo en los sistemas de labranza.
- Determinar las propiedades físicas del suelo en los sistemas de labranza.
- Realiza el análisis económico a través de la valoración económica total.

1.5 Hipótesis

H₀: Los sistemas de labranza no afectan los procesos erosivos y el rendimiento del cultivo en una pendiente de un 25%.

H_a: Los sistemas de labranza si afectan los procesos erosivos y el rendimiento del cultivo en una pendiente de un 25%.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. El suelo

El suelo es un componente esencial del medio ambiente en el que se desarrolla la vida, este es vulnerable y de difícil y larga recuperación, y tomando en cuenta que necesitan miles de años para volver a formarse, y de extensión limitada por lo que se considera un recurso no renovable (Silvia y Correa, 2009). El suelo es el fundamento de los ecosistemas terrestres, debido a que es la base fundamental de la producción de alimentos y la dispersión de cobertura vegetal (Villareal, et al. 2012).

Los suelos albergan una gran cantidad de organismos que cumplen papeles muy importantes como impulsores de muchos servicios ecológicos de los cuales depende el funcionamiento del ecosistema terrestre. La interacción de estos microorganismos con las plantas es directa ya que impactan en varios servicios como son la formación del suelo y el ciclo de los nutrientes, la producción de alimentos tanto para personas como para animales (FAO, 2016).

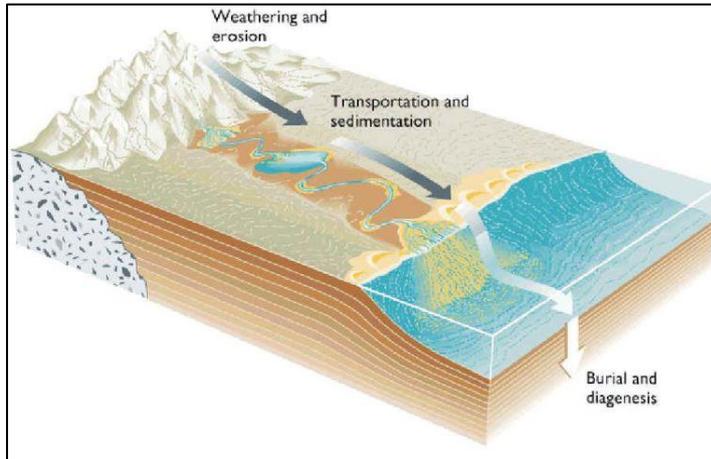
2.2 Erosión del suelo

La erosión de los suelos se considera a toda actividad que de forma natural da lugar al desprendimiento de la superficie terrestre como rocas y suelo las cuales van a otro sitio especialmente por la acción de agua o viento figura 1, y por ello provoca el cambio estético de los paisajes, mismo que puede ser un proceso lento de miles de años o a su vez este puede acelerar su proceso debido a la minería y las malas prácticas agrarias (FAO, 2016). El proceso erosivo en los últimos años ha ido en aumento por lo cual Vivero (1998) señala que de manera

urgente se debe reconocer el peligro que conlleva la erosión y actúa para la conservación del suelo.

Figura 1

Proceso de erosión y transporte de sedimentos reproducida de proceso de erosión



Fuente: Walter, 2011

2.2.1 Causas de la erosión

Las principales causas de erosión a nivel mundial se deben a varios factores tales como; clima precipitación y el factor viento, por otro lado, se tiene los factores condicionantes como las pendientes (Vivero, 1998).

2.2.2 Efectos de la erosión

La erosión es causante de que la capa arable considerada a la capa superficial útil para el uso agrario con mayor cantidad de nutrientes, materia orgánica se deteriore o su vez se elimine dejando disponible los subsuelos, es decir los suelos no productivos. (Plaster, 2000) indica que el espesor del perfil del suelo se reduce por la erosión, disminuyendo también la zona de crecimiento de la raíz teniendo como mayor consecuencia la reducida capacidad de retención de agua. Este problema se observa con mayor particularidad en suelos de profundidad leve.

2.2.3 Tipos de erosión

Según Sachar (2011) los tipos de erosión incluyen el hielo, agua, viento, animales, plantas y a las personas. Varios de los tipos de erosión serán detallados a continuación:

- **Erosión geológica o natural:** consiste en el desgaste de rocas y sedimentos que provienen del fraccionamiento de material pétreo, situada en la parte superficial terrestre causada por diferentes factores como son la radiación solar y factores como el viento y la lluvia.
- **Erosión eólica:** son las que se presentan en las regiones consideradas secas y que constan de fuertes corrientes de viento con la capacidad de desprender las partículas más finas en los suelos secos y sin cobertura, movilizándolos a otro lugar.
- **Erosión antrópica** o considerada causada por la intervención humana, esta es considerada por el uso de maquinaria agraria para la remoción de suelos y en pendientes lo que provoca un desequilibrio en el ecosistema del suelo, aumentando así los procesos erosivos y con ello la pérdida de suelo superficial apto para la agricultura.
- **Erosión hídrica;** esta es provocada por la intensidad, frecuencia y duración que tiene el evento de lluvia. Esta es más común en presencia de pendientes y la falta de cobertura vegetal y con ello la excesiva remoción de suelos.

2.3 Erosión hídrica

Es una de las principales causas de degradación de suelos mediante el transporte de partículas de estos, debido a los impactos causados por gotas de lluvia sobre la superficie tomado en cuenta la presencia, duración e intensidad de precipitaciones en la zona. La erosión hídrica puede afectar en mayor rango con la presencia de fuertes pendientes, el tipo de labranza

que se utiliza, la presencia o ausencia de cobertura vegetal y con ello la capacidad de retención de agua.

Tomando en cuenta que dentro de la investigación solo se evalúan los daños ocasionados por erosión hídrica, a continuación, se detallara sus tipos:

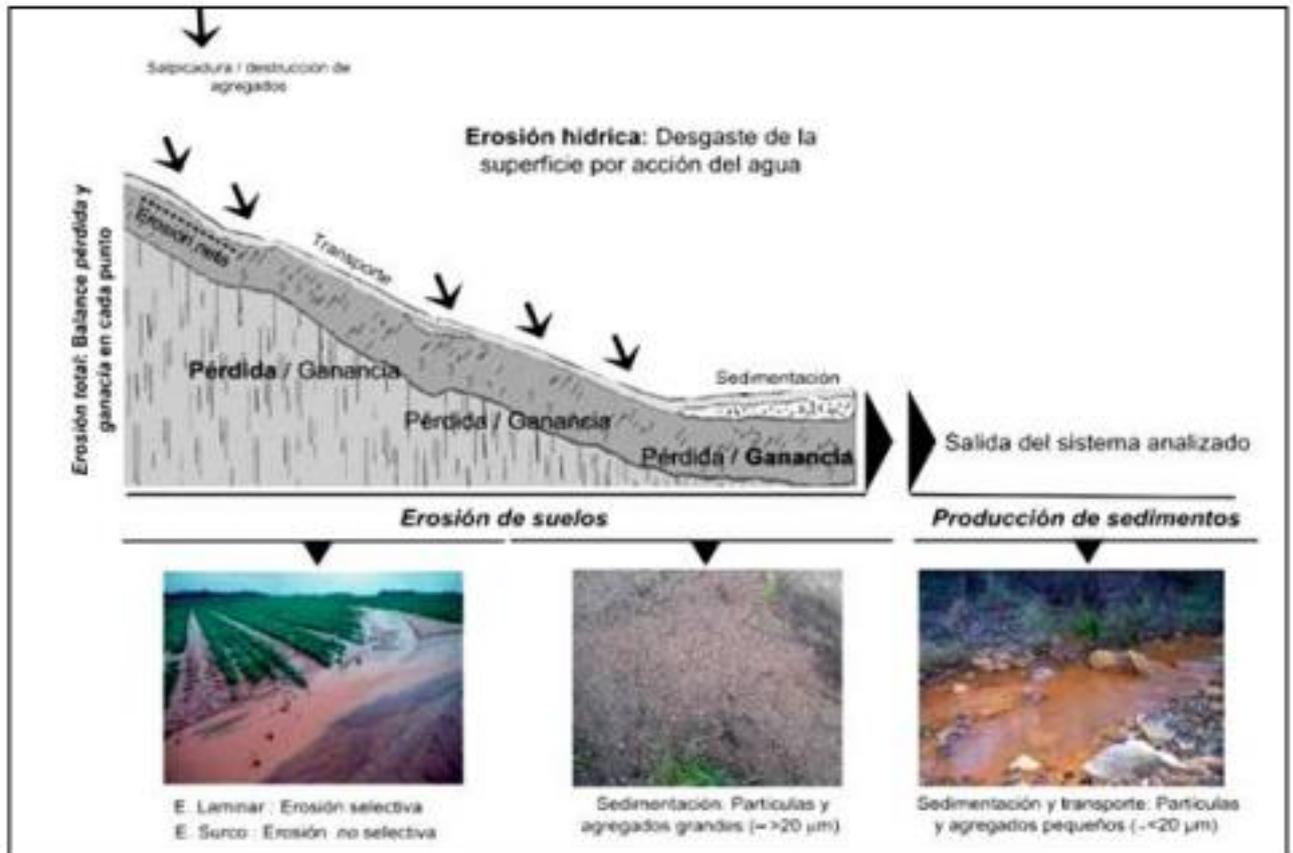
2.3.1 Tipos de erosión hídrica

La erosión hídrica puede darse según lo siguiente:

- **Erosión por arrollamiento:** se produce cuando el agua causa erosión mediante la formación de canales que surcan el suelo los cuales se clasifican según su tamaño:
Regueros, son los de menor tamaño
Cárcavas, aquellos que provienen de la acumulación de agua en un mismo punto y estos fluyen de acuerdo con la pendiente existente
Surcos, considerado los pequeños rastros de agua que remueven gran cantidad de sedimentos existentes en su paso.
- **Erosión laminar:** esta es la que lleva a su paso partículas muy pequeñas y deja los sedientos grandes sin nutrientes esenciales como la materia orgánica y el limo.
- **Coladas de lodo:** dados por deslizamientos de suelos que arrastra material viscoso, esta se da cuando la capacidad de retención de agua sobrepasa sus límites.

Figura 2

Esquema de procesos de erosión/sedimentación en una ladera



Nota: Esquema de sedimentación de Chagas y Kraemer, (2018)

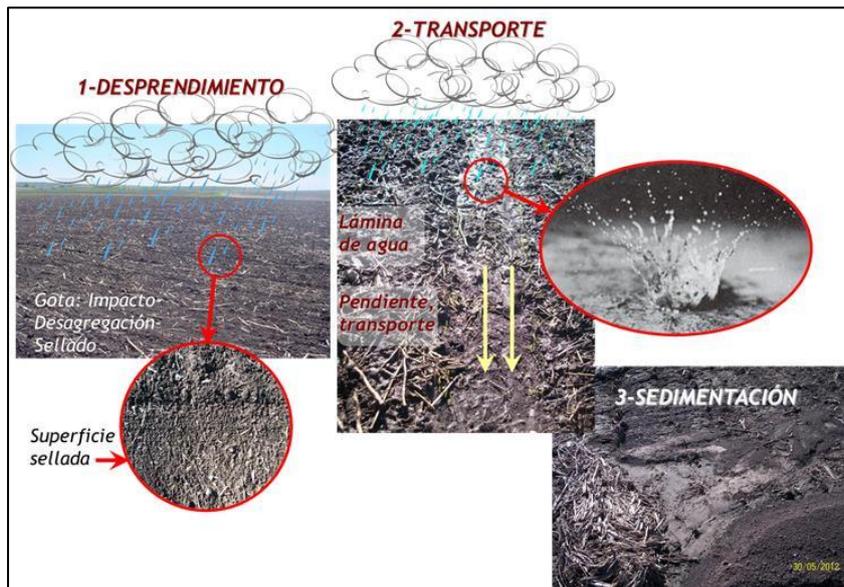
2.3.2 Etapas de la erosión hídrica

Según Ares y Varni (2016) mencionan que hay procesos claros en la erosión hídrica los cuales se los detalla a continuación:

1. Etapa de desprendimiento, intervienen gotas de lluvia mediante la caída sobre la superficie del suelo provocando así la fragmentación de partículas como terrones, los cuales se puede observar en la (figura 3).

Figura 3

Etapas del proceso de erosión hídrica



Fuente: Ares y Varni, (2018)

2. Etapa de transporte lleva a su paso el material desprendido en el agua que corre por la superficie provocando así la erosión laminar, erosión por cárcavas y erosión por surcos dependiendo su nivel de degradación o transporte de partículas.
3. La etapa de sedimentación, llamada así al momento en el cual es depositado el material en un lugar esto por falta de movimiento o cinética para seguir su movilización como se puede observar en la (figura 3).

2.4 Escurrimiento superficial

Es la caída del desperdicio de agua que se moviliza por cárcavas, surcos o canales con dirección a un drenaje. Debido a la cantidad de lluvias, esta es almacenada mediante la infiltración y para aprovechamiento de las plantas y el sobrante se considera el escurrimiento que se moviliza hacia los ríos o niveles bajos sin pendientes.

2.4.1 Ciclo del escurrimiento

Según Edgar, (2016), el ciclo del escurrimiento consta de varias fases las cuales serán mencionadas a continuación:

1. Periodo sin precipitación, se llama a la época sin lluvias presentes o la temporada seca donde el nivel de aguas freáticas es bajo y las aguas subterráneas bajan en cantidad.
2. Periodo inicial de lluvia, presenta un escurrimiento casi nulo debido a la gran tasa de infiltración y retención de humedad por parte del suelo y las plantas.
3. Presencia de lluvias de intensidad, existe una esorrentía moderada debido a la saturación de los suelos.
4. Nivel freático elevado, donde los suelos ya alcanzan el tope en saturación y toda la lluvia se convierte en esorrentía, esto se da más en zonas bajas de intensa precipitación.
5. Final del periodo de lluvias, el escurrimiento se encuentra en niveles freáticos en la zona de aireación.

2.4.2 Coeficiente de escurrimiento superficial

El coeficiente de escurrimiento superficial es igual a la relación entre el escurrimiento superficial y la precipitación y esto se debe expresar en porcentaje y para ello se debe tomar en cuenta los factores que intervienen en este proceso como son la tasa de infiltración o retención de agua, la evaporación y la absorción de agua por parte de las plantas, ya que si no hay movilidad de sedimentos consideramos que no existe esorrentía, aunque también la esorrentía está controlada por la cobertura vegetal (Valladares, 2004)

2.5 Estado y caracterización del suelo

Podemos decir que la topografía del suelo se relaciona directamente con la tasa de infiltración y el escurrimiento superficial ya que el escurrimiento será mayor o menor dependiendo la topografía a la que se encuentre expuesta la precipitación. También (Maderey, 2005) menciona que la capacidad de infiltración varía de acuerdo con el tipo de suelo, ya que estos constan de diferentes características como porosidad, densidad aparente y tasa de infiltración.

2.6. Cobertura vegetal

La cobertura puede ser viva o inerte que su aporte es de protección hacia el suelo evitando así el impacto directo de las gotas de lluvia con el suelo, de esta manera disminuye la erosión hídrica por tanto se previene la pérdida de suelo. La cobertura vegetal mejora la retención de agua y evita la evaporación de estos suelos, por otra parte, el aporte es también con la formación de nutrientes. (Barreto, 2011)

Según; Tálamo, Bermúdez, Garibaldi y Chávez, (2016) afirman que la pendiente no es un factor que influya directamente en la pérdida de sedimentos, debido a que necesita del factor cobertura vegetal, lo que se demuestra en su investigación y también; Nájera González, et al, (2016) ratifican que suelos sin cobertura vegetal presentan mayor riesgo de erosión y hacen la comparación de un bosque, en pendiente el cual debido a su cobertura y descartan que las pérdidas de sedimentos sean por el factor pendiente más bien se encuentran relacionados con el tipo de cobertura existente en la zona de estudio.

2.7. Sistemas de labranza

Considerado a toda actividad relacionada al tratado del suelo para la producción de agraria y estos se clasifican de acuerdo con su intensidad de laboreo en labranza tradicional y labranza de conservación (FAO, 2000)

2.7.1. Labranza tradicional

Según las FAO (2016), el principio de la labranza tradicional se basa en la remoción del suelo con el objetivo de realizar un control de malezas acompañada de varias actividades para la preparación de la cama de siembra, en ella podemos destacar varias ventajas, aunque también tenemos desventajas:

Ventajas

- Máximo control de malezas y con ello un menor costo en herbicidas.
- Permite el control de enfermedades e insectos al enterrar el rastrojo del cultivo.
- Facilita la incorporación de fertilizantes, cal, pesticidas y herbicidas antes de la siembra.
- Facilita la des compactación de costras y suelos compactados.

Desventajas

- Suelos totalmente desnudos susceptibles a la erosión.
- El uso de maquinaria hace que los suelos tiendan a compactarse debido al peso de estos.
- Suelo propenso a la pérdida de humedad.

2.7.2. Labranza de conservación

Considerado el sistema de labranza donde interviene de forma mínima o nula la remoción del suelo, acompañada de una serie de actividades tales como; aplicación de cobertura vegetal y formación de curvas de nivel (Figura 4) con el objetivo de reducir la erosión de los suelos, con ello la obtención de varias ventajas (FAO, 2016)

Ventajas

FAO (2016), expresa que las condiciones físicas que favorecen la adopción de sistemas de labranza de conservación son:

- Suelos con susceptibilidad a la erosión. Con una cantidad apropiada de mantillo, es una medida efectiva para reducir la erosión y mejorar la estructura.
- Suelos de textura gruesa y alta porosidad. Suelos francos, bien drenados y porosos responden bien a la labranza cero.
- Suelos con alta actividad biológica. La presencia de micro y macroorganismos del suelo ayudan a la estructuración, porosidad y estabilidad del sistema.
- Suelos con problemas de sequía y dificultad para conservar el agua. Este sistema es muy eficiente en el uso de este recurso.

De Freitas (2000) señala que la agricultura de conservación es una técnica que beneficia a todos, en distintos aspectos para el agricultor:

- La producción es más estable, particularmente en los años secos, al mejorar la infiltración del agua.

- Las investigaciones presentan rendimientos equivalentes entre sistemas convencionales y de conservación, en algunos casos mayores bajo labranza cero, especialmente en zonas con déficit de humedad.
- Reduce los costos de reparación y mantenimiento de la maquinaria, así como el consumo y costo de combustible (hasta un 40-50% debido al número limitado de operaciones: sólo una pasada para la preparación y la siembra); elevándose las ganancias

Figura 4

Formación de curvas de nivel



Fuente: (FAO, 2016)

2.7.3 Labranza cero

La no labranza o labranza cero se refiere a un método de siembra con técnicas específicas que no requieren de ninguna preparación de camas de siembra, con excepción de la inyección de nutrientes y un método para abrir el suelo colocando la semilla a la profundidad deseada

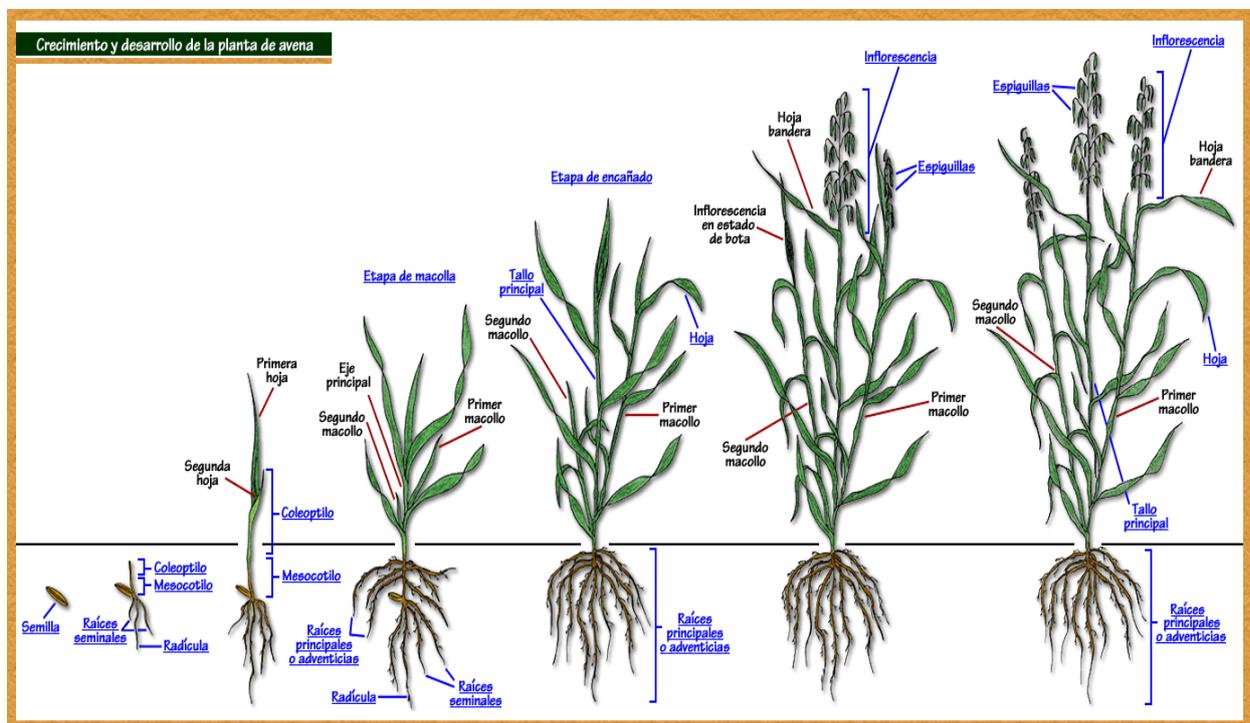
(Naderman y Vieira, 1992) Con este método el suelo apenas se perturba. Sembradoras especializadas abren un hoyo a través de los residuos, insertan el fertilizante, la semilla y cierran la abertura. Aproximadamente el 90 por ciento de la superficie del suelo, no se toca. Los herbicidas anteriores a la emergencia se utilizan para el control de malas hierbas. Este método es el que mejor controla la erosión y preserva la materia orgánica del suelo.

2.8. Avena (*Avena sativa* L.)

En la producción mundial de cereales el cultivo de avena ocupa el quinto lugar y es de mayor importancia en las siembras de invierno, debido a que la avena es considerada un cultivo de emergencia cuando las lluvias tienden a retrasar (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, 2008)

Figura 5

Desarrollo fenológico de la avena



Fuente: (INIFAP, 2008)

2.8.1. Avena (*Avena sativa* L.)

Según INTA (2017), la clasificación taxonómica de la avena es:

Tabla 1

Clasificación taxonómica

Avena (<i>Avena sativa</i> L.)	
Reino	Plantae
División	Magnolephyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poasea
Género	Avena
Especie	A sativa
Nombre científico	<i>Avena Sativa</i> L.

Fuente: (INTA, 2017)

2.8.2. Descripción de la avena

La avena es una planta herbácea anual, pertenece a la familia de las gramíneas, es una planta alógama y el grado de alogamia rara vez excede el 0.5 %. En su gran mayoría las variedades de avena son exopiodes, siendo la especie *Avena sativa* L, la más cultivada, siendo una característica principal la articulación de la primera y segunda flor de la espiga (INIFAP, 2008)

2.8.3 Rendimiento del cultivo de avena

Según INIFAP (2008) el rendimiento promedio del cultivo de avena es de 2.4 t/ha tomando en cuenta los factores suelo, disponibilidad de agua, fertilizante y temporadas de siembra. Alcanza su mayor nivel productivo a los 120 días y conseguir mayor tamaño de grano, pero se puede cosechar a los 86 días si se requiere obtener presencia de grano.

2.9. El Valor Económico Total (VET)

La economía ambiental y su némesis, la economía ecológica, comenzaron a preocuparse por el medio ambiente en la década de los 70, aunque desde ópticas distintas. Sin embargo, ambas visiones están de acuerdo en el valor del medio ambiente para la economía. La economía ambiental ha desarrollado numerosas metodologías de valoración, que se exponen aquí como una aproximación al concepto de desarrollo sostenible y al de valoración económica del medio

El valor económico total (VET) es igual a la suma de todos los valores tanto de uso directo como indirectos más los valores de opción:

VET= VUD+ VUI+ VE donde:

Los valores de uso directo (VDU) son los beneficios que resultan, entre otros, de los usos reales tales como alimentos, abonos y pieles, así como son los culturales y rituales.

Valores de los usos Indirectos (VUI) son los beneficios derivados de las funciones del ecosistema en general, por ejemplo:

- Algunos animales con un papel en la dispersión de determinadas especies de plantas.

Valor de opción (VO) se deriva de la protección de un activo o un bien por la opción de utilizarlo en una fecha futura. Es una especie de valor de seguro (dada la incertidumbre sobre el futuro y la aversión al riesgo) frente a la aparición de; enfermedades del animal, una sequía o cambio climático.

También hay valores distintos a los valores de opción, pero relacionados con ellos, son los valores de casi opción. Estos últimos se refieren a al valor extra asociados a información futura disponible gracias a la conservación de un recurso. Estos valores surgen de la naturaleza

irreversible de la pérdida de raza (después de lo cual ya no cabe recuperar información alguna); no se refiere a la aversión al riesgo de quienes toman decisiones.

Valor de Legado (VL) mide el beneficio que recibe un individuo a partir del conocimiento de que otros se podrán beneficiar de un recurso en el futuro.

Valores de Existencia (VE) se derivan simplemente de la satisfacción de saber que existe un determinado activo o bien, por ejemplo; ganado, carpinchos o ballena azul.

El valor procedente de la satisfacción individual obtenida por una persona al obtener utilidad de los ecosistemas. Es una expresión monetaria de los beneficios que los ecosistemas generan a la sociedad. Este concepto incluye el valor monetario asociado con el uso real e in situ de un servicio de los ecosistemas (valor de uso) y el valor derivado de la satisfacción de conocer que una especie o ecosistema existe o de que generaciones futuras puedan disfrutar de cualquiera de los servicios de los ecosistemas (valor de no uso). (López, González, y Vilardy, 2012)

2.10. Marco legal

Este trabajo está dentro de la Constitución de la República del Ecuador del (2008) en la cual se menciona los derechos de la naturaleza y las personas, promoviendo la conservación de los recursos naturales. Para la siguiente investigación se tomó en cuenta los siguientes artículos de la Constitución que tratan sobre la conservación de suelos.

“Art. 276 numeral 4) Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo permanente y calidad de agua, aire y suelo y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”

“Art.281 numeral 3) fortalece la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.”

“Art. 409 es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.”

Tabla 2*Caracterización del lote*

Ubicación	Granja Experimental “La Pradera”
Cantón	Antonio Ante
Parroquia	Chaltura
Provincia	Imbabura
Altitud	2340 m.s.n.m
Latitud	0°21`23” Norte
Longitud	78°12`31” Sur
Pendiente	2400 m.s.n.m

3.1.3. Características de suelo

Las características del suelo del lote de investigación se pueden observar a continuación en la tabla 3.

Tabla 3*Características del suelo del sitio de estudio*

Características	
Pendiente	25%
Drenaje	Regular
Textura	Franco

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Antonio Ante, 2015)

3.1.4. Características edafoclimáticas

Como se puede observar en la tabla 4 se encuentran las condiciones edafoclimáticas del lugar donde se encuentra la investigación.

Tabla 4*Condiciones edafoclimáticas*

Altitud	2400
Temperatura	16 °C
Precipitación anual	752 mm
Humedad relativa	69%

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Antonio Ante, 2015)

3.2. Materiales y métodos**3.2.1 Materiales**

En la siguiente tabla 5 se menciona los materiales, equipos e insumos con los cuales se trabaja durante la investigación.

Tabla 5*Materiales, insumos, herramientas, equipos e insumos*

Materiales	Herramientas	Equipos	Insumos
Libreta de campo	Palas	GPS	Fertilizantes orgánicos
Letreros de identificación	Azadones	Balanza gravimétrica	Semilla certificada
Estacas	Rastrillo	Pluviómetro	Papel filtro
Balde	Flexómetro	Clinómetro	
Tanque de 200 l		Estufa	
Tubos PVC		Computadora	
Frascos plásticos		Calculadora	
Embudo		Impresora	
Matraz de Erlenmeyer		Nivel en A	
		Cámara fotográfica	

3.3. Métodos

El experimento se llevó a cabo con dos tipos de labranza los cuales son el sistema de labranza tradicional que hace uso del arado y remoción de suelos hasta 25 cm, y el sistema de

labranza de conservación en el cual la remoción de suelos es mínima o nula acompañando de prácticas como acumulación de rastrojo e implementación de curvas de nivel. La siembra se realizó con semilla certificada adquirida en el INIAP (Instituto Nacional de Investigación Agrícola y Pecuaria) en parcelas de 200 m² (10 x 20 m).

3.3.1 Factores en estudio

En la presente investigación el factor en estudio fue el sistema de labranza (Tabla 2)

3.3.2. Niveles

En la tabla 6 se observa dos niveles de estudio que son: labranza tradicional (LT) y mínima labranza (ML) juntamente con su descripción.

Tabla 6

Sistemas de labranza en estudio

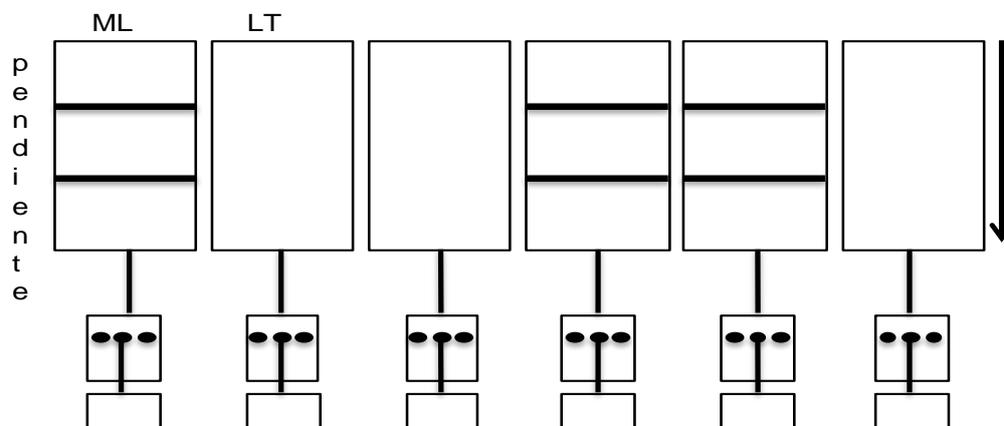
Código	Sistema de labranza	Descripción del sistema
ML	Conservación	Mínima labranza + curvas de nivel
LT	Tradicional	Arado con yunta

3.3.3. Diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 6 unidades experimentales mismas que cuentan con dos tratamientos en estudio. Para ello se utilizó áreas de 200m² que fueron establecidas en una pendiente promedio de 25% (Figura 7).

Figura 7

División de parcelas del experimento



Fuente: (Velasteguí, 2019)

3.3.4. Características del experimento

En la tabla 8 podemos observar las características de cada una de las parcelas experimentales, cabe mencionar que solo el sistema de mínima labranza cuenta con sus respectivas curvas de nivel debido a que es una actividad realizada dentro de la conservación de suelos siendo así una práctica no propia del sistema de labranza tradicional

Tabla 7

Características del experimento

Descripción	Cantidad
Siembra kg ha ⁻¹	200
Número de unidades experimentales	6
Número de curvas de nivel	2
Tamaño de parcela (m ²)	200
Distancia entre curvas de nivel (m)	7

También podemos mencionar que para su fácil manejo se procedió a estratificar en tres secciones, cada 7 metros tomando en cuenta que en el sistema de labranza de conservación ya se encuentra estratificado con las curvas de nivel.

3.3.5. *Análisis estadístico*

Utilizando el paquete Infostat versión 2017 se presenta en la (Tabla 5) el análisis de varianza (ADEVA) del diseño de bloques completos al azar.

Tabla 8

Esquema de ADEVA del diseño de bloques completos al azar

Fuentes de Variación	GL
Bloques	2
Labranza	1
Error	2
Total	5

3.3.6 *Variables evaluadas*

a) **Coefficiente de escurrimiento superficial (Kr)**

Para la toma de este dato se esperó de 24 a 48 horas después de que termine el evento de lluvia para que el escurrimiento se detenga y se realizó la toma de medida de los tanques recolectores situados en la parte inferior de cada unidad experimental.

También se debió instalar un pluviómetro para conocer la pluviometría, dato necesario para determinar el Kr.

Estos datos se llevaron a un software para realizar su cálculo y luego también con la ayuda de infostat para verificar las similitudes de las variables.

Figura 8

Pluviómetro



Los tanques colocados en la parte final de cada unidad experimental fueron uno de 200 l y otro de 50 l mismos que tenían una graduación para poder determinar la altura de agua escurrida obteniendo el volumen y estos datos se los transformó a porcentaje de escurrimiento superficial.

Para determinar el porcentaje de escurrimiento superficial se calculó el porcentaje de escurrimiento y la precipitación.

Para este cálculo se utilizó la siguiente fórmula

$$Kr = \frac{Ve\left(\frac{l}{parcela}\right)}{Vp\left(\frac{l}{parcela}\right)} \times 100$$

Donde:

Ve= volumen de agua escurrida y recolectada en los tanques

Vp= volumen de la precipitación del evento de lluvia

En la cual:

$$Vp = \frac{\text{precipitación (mm)} \times \text{area de la unidad de estudio (m}^2\text{)}}{100(\text{mm/m})} \times \frac{1000l}{m^3}$$

b) Pérdida de suelo

En esta variable se procedió a realizarla mediante dos fases que fueron campo y laboratorio.

b.1) Fase de campo

Luego de cada evento de lluvia se verificó la existencia de escorrentía en los tanques, mismos que después de tomar la medida se procedió a realizar una mezcla hasta homogenizar el contenido de los tanques y luego se tomó una muestra de un litro por cada unidad experimental, para luego llevarlas al laboratorio y continuar con el análisis.

b.2) Fase de laboratorio

Una vez en el laboratorio se procedió a extraer tres submuestras de 50 ml, mismas que fueron sometidas a un proceso de filtración y secado a 105°C por 24 horas.

Para ello se mantuvo los siguientes pasos

- Etiquetado de papel filtro sin sedimentos
- Antes de realizar el filtrado de las muestras se procedió a pesar cada papel filtro que se utilizaría en este proceso y también a etiquetarlos con sus respectivos códigos.
- Homogenizar las muestras.
- Extraer tres submuestras de 50 ml mismas que fueron filtradas con ayuda del papel filtro y un recipiente.
- Se esperó tres horas para que toda el agua sea filtrada y queden solo sedimentos en el papel filtro.

- Se sometió las muestras de papel filtro con sedimentos a un proceso de secado durante 24h a 105°C.
- Para finalizar nuevamente se pesó las muestras de papel filtro con sedimentos.

Figura 9

Toma de datos de pérdida de suelo en el laboratorio



Nota: en la figura se representa el proceso de filtrado de sedimentos y el pesaje del papel filtro luego del proceso de secado.

c) Precipitación

Para ello se colocó un pluviómetro en el sitio del experimento y se procedió a tomar el dato diario entre las 6 y 8 am.

Con la ayuda de una probeta se realizó el cálculo del volumen existente en el recipiente.

d) Densidad aparente y porosidad

Para la medición de las variables, se utilizó el método propuesto por USCC citado por Aburto (2007);

Se procedió a la toma de muestras en campo para el cálculo de la densidad aparente se tomó la alícuota de 50cm³ de cada unidad experimental y se calculó el peso fresco (A₅₀) y por 24 horas se la mantuvo en una estufa a 105°C, con el propósito de obtener el peso seco (O₅₀).

Se utilizaron tres tubos PVC con un diámetro de 11 cm, con la capacidad para 150 cm³, se procedió a cubrir un extremo y hacer 4 orificios en la parte inferior cada uno de ellos de 3 mm, mismos que fueron tapados en su totalidad de manera momentánea. Por debajo de ellos se pusieron otros recipientes con la capacidad de contener 1000 cm³, mismos que se los utilizó para drenar los tubos.

Se llenaron los tubos con dos alícuotas de 350 cm³ y una de 300 cm³ con el propósito de completar 1000 cm³ evitando la compactación.

La mezcla contenida en el tubo se pesó nuevamente y se registró el peso y volumen.

Se colocó agua destilada lentamente y solo una capa superficial con el objetivo de formar un espejo de agua y después de cinco minutos se volvió a añadir agua

Se destaparon los agujeros y se dejó drenar durante 30 min se repitió el proceso de saturación con agua destilada y se calculó nuevamente el peso y volumen

Las ecuaciones que se utilizaron fueron las siguientes:

Ecuación 1. Peso seco de muestra (O₁₀₀₀)

$$O_{1000} = A_{1000} * (O_{50} / A_{50}) (g)$$

Ecuación 2. Densidad aparente (D_a).

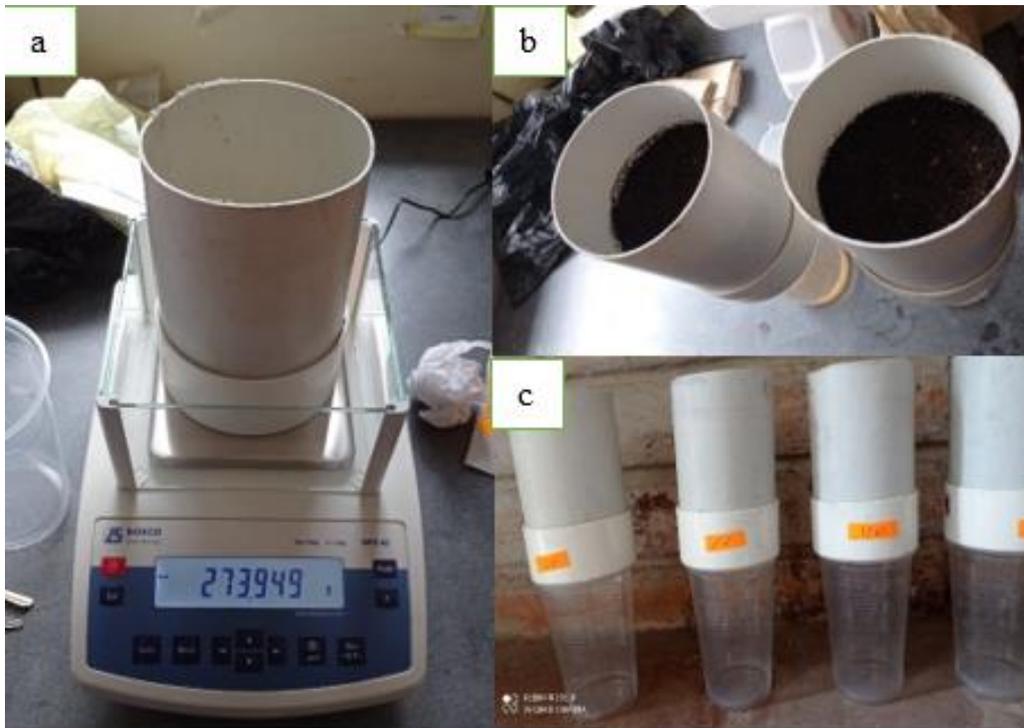
$$D_a = O_{1000} / V_{1000} (g * cm^{-3})$$

Ecuación 3. Porcentaje de espacio poroso total (EP)

$$EP = \{ [W_{nd} - O_{1000} + (V_{1000} - V_{nd})] / V_{1000} \} * 100[\%]$$

Figura 10

Medición de propiedades físicas del suelo



Nota: En la figura se observa; a) pesaje del recipiente, b) capacidad de almacenamiento de agua y c) drenado de las muestras saturadas.

e) **Infiltración**

Se realizó una prueba por cada unida experimental, para ello se empleó el método de los anillos

- Se instaló dos cilindros, uno interno de 30 cm de diámetro y 30 cm de altura y un externo de 60 cm de diámetro con una altura de 30 cm.
- El cilindro externo se lo introdujo en el suelo de 5 a 10 cm de profundidad.
- Luego se introdujo el cilindro de menor diámetro al mismo nivel.
- Se lleno los recipientes y con la ayuda de una regla graduada y un cronómetro se realizó lecturas en intervalos de 1,2,5,10,20 y 30 min

- Se llegó a las 4 horas de intervalo donde se verificó el punto de saturación.
- Con los datos obtenidos se realizó una curva en relación tiempo y milímetros obtenidos.

Figura 11

Ubicación de anillos de infiltración en las parcelas de investigación.



f) Rendimiento del cultivo de avena

Una vez terminada la etapa fenológica del cultivo de avena.

Se procedió a estratificar las parcelas cada siete metros tanto las parcelas de labranza tradicional y tomando en cuenta que las parcelas de mínima labranza ya están estratificadas mediante las curvas de nivel.

Con ayuda de un marco de 0.25 m² (0.5 x 0.5 m) y ubicando en un lugar indistinto se procede a realizar un corte utilizando la hoz, el corte se realiza a 10cm del suelo.

Figura 12

Corte de avena madura



Luego se procede a realizar un trillado y se lleva los granos a un proceso de secado hasta alcanzar una humedad del 14% para realizar el pesaje con el cual se obtiene el rendimiento del cultivo y para finalizar se realiza el cálculo pasándolo de m² a ton/ha.

Por otra parte, se toma la muestra de granos y se somete a un secado en la estufa a 65°C durante 24h y se realizó un pesaje final y se procedió a calcular en ton/ha.

g) Valor Económico Total

Para cumplir con la variable se tomó en cuenta la diferencia de costos en preparación del terreno y las diferencias de rendimiento de cultivo, ya que para encontrar diferencias en el uso de abonos se consideró que el sitio de investigación debería tener entre cinco y seis años.

Se realizó un análisis entre las dos variables y de esta manera obtener el análisis económico del experimento, para ello se determina los costos directos e indirectos que se utilizó en las parcelas tanto para labranza tradicional como para mínima labranza.

3.3 Manejo del experimento

En el sistema de mínima labranza se mantuvo el rastrojo de frejol que fue el cultivo anterior con el objetivo de ir cumpliendo con los parámetros que requiere la conservación de suelos y de esta manera evitar la pérdida de suelo y mantener la humedad a diferencia del sistema tradicional que se dejó un suelo desnudo. Para ello cada una de las parcelas cuenta con tanques recolectores ubicadas en la parte inferior necesarias para la captación de la escorrentía.

3.3.1. Ubicación

El ensayo se lo realizó en un lote con pendiente de un 25% en promedio, mismas que fueron adecuadas para la realización del ensayo con anterioridad donde ya se implementaron los tanques recolectores debido a que el área de estudio fue utilizada para el mismo fin.

Figura 13

Clinómetro



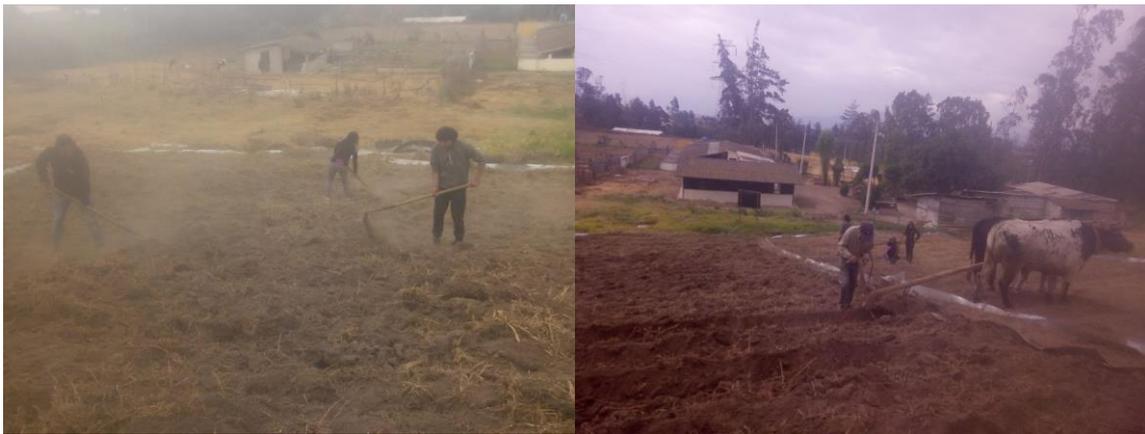
En el sistema de labranza tradicional se procedió con actividades propias de la zona como son el uso de arado para la remoción del suelo mientras que en el sistema de mínima labranza se procedió a aplicar las técnicas establecidas propias para la conservación de suelos como son, implementación de curvas de nivel, mantener el rastrojo y mínima remoción del suelo.

3.3.2. Preparación del terreno

Se realizó el control de malezas, de acuerdo con cada sistema de labranza se realizó las debidas adecuaciones (manejo de parcelas).

Figura 14

.Preparación del terreno con ayuda del arado



Labranza tradicional, se preparó con ayuda del arado o yunta, para remover el suelo en una capa de 20 cm y dejar los suelos bien sueltos.

Labranza de conservación, en esta se realizó el aclarado de las curvas de nivel y también un rayado para proceder a la siembra.

3.3.4. Análisis químico

Para realizar un buen ensayo se procedió a tomar un muestreo de suelo el cual se lo llevó hasta el laboratorio Agrarprojekt para su respectivo análisis químico de micro y macronutrientes mismo que fue de gran ayuda para la fertilización edáfica.

3.3.5 Siembra

La semilla fue adquirida en el INIAP la línea INIAP-18 con el objetivo de obtener una semilla certificada. Para la siembra se aplicó en chorro continuo, con la diferencia que en el sistema de labranza tradicional se la realizó en surcos mientras que en el sistema de labranza de conservación solo se realizó un rayado de no más de cinco centímetros de profundidad y de esta manera evitar la remoción del suelo.

Si la colocación de las semillas se hace de una forma continua se denomina chorrillo o chorro continuo. Si la siembra es en surcos por grupos de semillas separadas por una distancia se denomina siembra a golpe y es una forma eficaz de evitar el posterior aclarado.

Este tipo de siembra se ocupa para semillas de tamaño pequeño o intermedio en este caso sería la avena, misma que también puede ser sembrada al voleo, técnica que consiste en tomar la semillas por puñados y aventar en toda el área de siembra.

3.3.6. Fertilización

De acuerdo con los análisis obtenidos del laboratorio se realizó la fertilización misma que fue repartida en dos etapas del cultivo, la primera al inicio del cultivo y la segunda a la mitad de la etapa fenológica del cultivo y con el objetivo de reducir pérdidas de fertilizante por lixiviación. La fertilización se realizó de la misma manera para los dos sistemas de cultivo.

3.3.7. Labores culturales

Labranza tradicional, en esta se realizó el deshierbe y aporque con en uso de un azadón; mientras que en el sistema de conservación solo se procedió al deshierbe de forma manual.

Figura 15

Deshierbe de parcelas de labranza tradicional



3.3.8.Cosecha

Una vez finalizado el ciclo del cultivo se procede a la cosecha con ayuda de la hoz, trillado y pesaje de la semilla en kg/ha para ello se tomó 3 submuestras de cada parcela de un diámetro de 0.25 m² (0.5 x 0.5 m)

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Coeficiente de Esgurrimiento (Kr)

En los resultados obtenidos al analizar el factor Sistema de Labranza se observa que existe una diferencia significativa entre sus niveles ($F= 15.27$; $GL=1,8$; $p= 0.0045$), mismos que se pueden evidenciar en la (Tabla 9). Dando a conocer que el escurrimiento superficial depende del sistema de labranza en uso.

Tabla 9

Esquema del ADEVA de la variable coeficiente de escurrimiento superficial (Kr) en relación con el sistema de labranza

Fuente de variación	GL(T)	GL(E)	Valor F	Valor p
Interacción	1	8	83.13	<0.0001
SL	1	8	15.27	0.0045

GLT: Grados de libertad Total

** : Significativo al 5%

GLE: Grados de libertad del Error

Velastegui (2019) realizó un estudio con características semejantes al área del experimento de la presente investigación y determinó que precipitaciones mayores a 8 mm son causantes de escurrimiento superficial. En el presente ensayo se obtuvieron dos eventos de lluvia que produjeron escurrimiento superficial desde el mes de agosto del 2019 hasta enero del 2020, en la tabla 10 se puede observar que precipitaciones mayores a 8 mm produjeron escurrimiento superficial en la zona con una pendiente de un 25%. Aunque se puede observar en la tabla 10 que demuestra que existen escorrentías cuando las precipitaciones son en secuencia (lluvias seguidas) en la mayoría de los casos.

Tabla 10

Coefficiente de escurrimiento superficial (kr) según el evento de lluvia en los sistemas de labranza ML y LT

Fecha	Precipitación (mm)	Existencia de escorrentía	Evento de lluvia
30/08/2019	4.325	No	E1
19/09/2019	11.534	No	E2
26/09/2019	13.408	No	E3
23/10/2019	3.604	No	E4
13/11/2019	5.190	No	E5
15/11/2019	7.497	No	E6
12/12/2019	13.408	Si	E7
31/12/2019	6.055	No	E8
02/01/2020	8.362	No	E9
05/01/2020	8.074	Si	E10
20/01/2020	6.776	No	E11

Nota: en la tabla muestra los datos de precipitación y días con o sin escorrentía para ambos tratamientos.

Las precipitaciones que presentaron escurrimiento superficial se dieron en los meses de diciembre del 2019 un solo evento y enero del 2020 también un solo evento como se observa en la tabla 10 esto por las precipitaciones presentadas en esas fechas a diferencia de otros meses que sus precipitaciones fueron muy bajas. La labranza tradicional favorece a un mayor escurrimiento superficial, aumentando los efectos erosivos por la mayor energía cinética del agua en la superficie del suelo (FAO, 2005)

Las prácticas de agricultura de conservación son posibles opciones para lograr conservación de suelos como mencionan, Nyamadzawo, et al., (2012) que la adaptación de estas tecnologías en el sector de la pequeña agricultura puede ayudar a reducir la pérdida de agua de lluvia como la escorrentía.

Tabla 11

Prueba de Medias Ajustadas LSD Fisher ($\alpha=0.05$) para el Factor Sistema de Labranza para la Variable Escurrimiento Superficial en el Cultivo de Avena.

SL	Medias	Error estándar		
LT	0.12	0.02	A	
ML	0.06	0.01		B

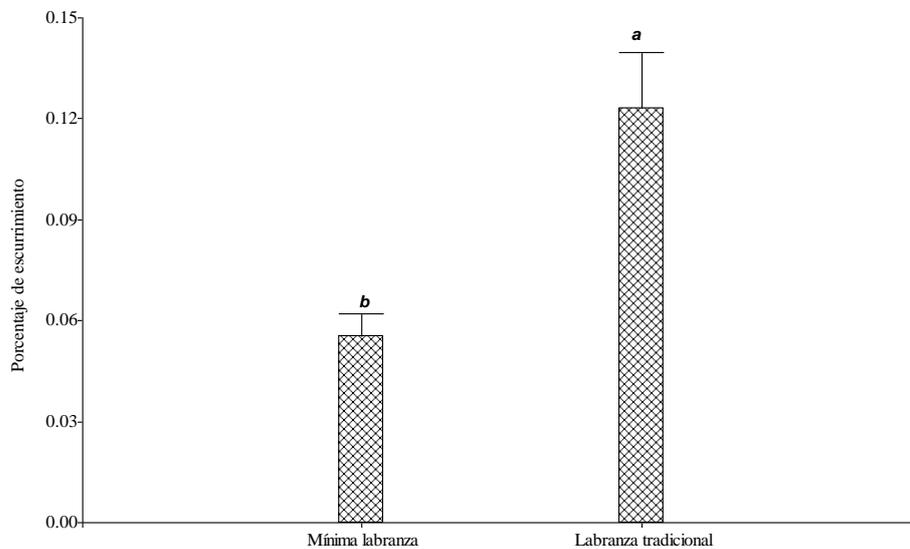
Nota: En la tabla se observa las medias existentes para el factor SL: Sistema de Labranza, para la variable Kr: escurrimiento superficial.

Para el factor Tipo de Labranza se observa que el escurrimiento superficial es 100% mayor cuando se utiliza LT (Tabla 11). En el estudio realizado por Velasteguí (2019) se tiene que el escurrimiento superficial para ambos sistemas de labranza puede variar de acuerdo a la precipitación mensual. muestra que el sistema tradicional presentó un porcentaje superior comparado a la mínima labranza donde la acumulación de escorrentía es en menor proporción. La variable Kr puede variar de acuerdo con la precipitación mensual.

En la figura 14 se puede observar que el escurrimiento superficial en porcentaje es mayor en el sistema tradicional (LT) a diferencia del sistema de mínima labranza (ML). Velasteguí (2019) menciona que el coeficiente de escorrentía superficial varía en dependencia del manejo agrícola, cantidad y duración de la lluvia, del manejo del suelo y sus condiciones, como se muestra en los resultados la mayor cantidad de escurrimiento se detectó en el sistema de labranza tradicional y en presencia de lluvias frecuentes.

Figura 16

Porcentaje de escurrimiento de acuerdo con el sistema de labranza



Nota: El gráfico representa los porcentajes de escurrimiento en cada uno de los sistemas de labranza. Es la cantidad de agua no retenida por las parcelas mismas que terminaron en los recipientes ubicados al final de cada parcela.

El escurrimiento superficial depende de varios factores como son la intensidad de lluvia, la pendiente del terreno, tasa de infiltración, cobertura ya sea natural o artificial y el sistema de labranza los cuales se pueden constatar en la investigación, (Youlton, y otros, 2010) afirman que en el sistema de labranza tradicional el incremento de escorrentía superficial es mayor debido a que los suelos quedan desnudos a diferencia del sistema de mínima labranza (ML) el cual al mantener vegetación reduce en un 30% la escorrentía.

Para evitar la escorrentía superficial se debe evitar la remoción parcial o total del suelo para de esta manera obtener una capa de cobertura vegetal la cual ayude a la protección de los suelos asimismo (Gómez, y otros, 2014) ratifican que el uso de cubiertas en laderas reduce la pérdida de sedimentos y aumenta la tasa de infiltración evitando así la escorrentía superficial (Kr) lo que podemos demostrar en la presente investigación mencionando que la tasa de infiltración

tiene una relación con la escorrentía, sabiendo que a mayor tasa de infiltración figura 17, existe menor escorrentía figura 14 y por ende una menor pérdida de sedimentos figura 19 haciendo mención el factor sistema de labranza, por ende las prácticas agrícolas implementadas tienen repercusión en los suelos para evitar los impactos por escorrentía superficial (Kr).

(Henríquez, Azócar, & Aguayo, 2006) en su investigación presentan como resultado que las fuertes precipitaciones son causantes de un escurrimiento superficial y con ello provocan la erosión de suelos provocando fuertes impactos ambientales, también reduce la capa superficial arrastrando minerales del suelo.

5.2. Pérdida de suelo

Según los datos recolectados en la tabla 12 de la variable pérdida de suelo con referencia al factor sistema de labranza se determina que existe una diferencia significativa entre sus niveles ($F= 25.82$; $GL=1,8$; $p= 0.0010$).

Tabla 12

Pruebas de hipótesis secuenciales

Fuente de variación	GL(FV)	GL(EX)	Valor F	Valor p
Interacción	1	8	127.36	<0.0001
SL	1	8	25.82	0.0010

El evento de lluvia del día 5 de enero del 2020 fue el evento que causó mayor erosión hídrica con una pérdida de suelo en LT, siendo esta de 0.153 kg ha^{-1} mientras que en ML presentó una pérdida de suelo de 0.066 kg ha^{-1} (Tabla 13).

Tabla 13

Pérdida de sedimentos según el sistema de labranza (LT y ML)

Evento de lluvia	Fecha	Pérdida de suelo (Kg ha ⁻¹)	
		ML	LT
7	12/12/2019	0.045	0.093
10	05/01/2020	0.066	0.153

Nota: En la tabla se muestra las fechas en las cuales existió pérdida de suelo mismos que fueron en el evento 7 y 10 de los 11 datos recolectados.

A diferencia de los datos obtenidos por Velasteguí (2019), en la presente investigación no se obtuvo un acumulado mensual, solo se cuantificó la Kr por sistema de y se encontró diferencias significativas cosa que no se encuentra en el trabajo realizado en la misma área de estudio anteriormente.

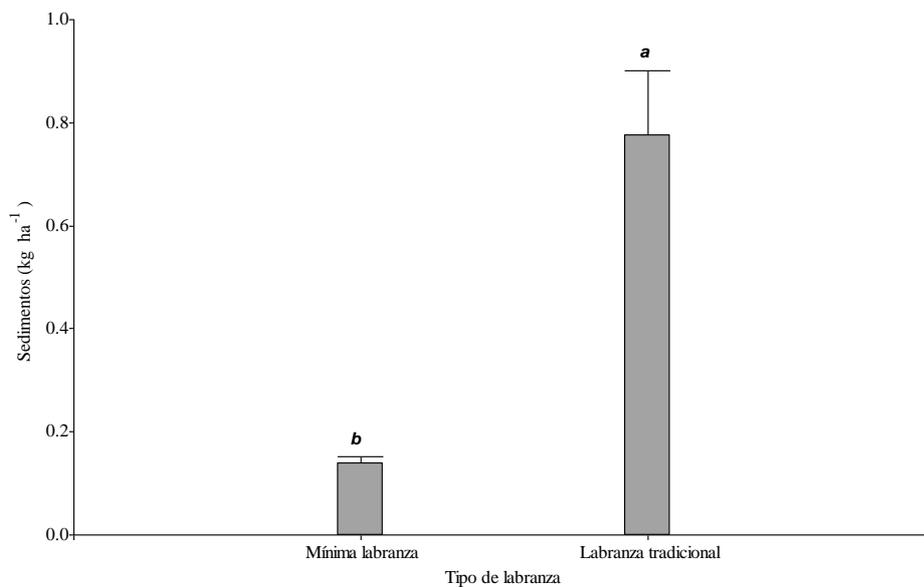
Con los datos obtenidos en la investigación se afirma que en labranza tradicional genera mayor pérdida de suelo y al igual que Rodríguez, et al., (2000) indican en su investigación que los sistemas de labranza también interfieren directamente en el desprendimiento de sedimentos y la pérdida de materia orgánica obteniendo como datos que los sistemas de conservación a largo plazo presentan de una magnitud de 4 a 5 veces menor que el sistema de labranza convencional, podemos adjuntar que la pérdida de suelo se debe más al nivel demográfico como la presencia o ausencia de pendientes (Nájera, et al.,2016).

Los resultados obtenidos indican que dentro del periodo agosto 2019 - enero 2020 existió el 0.78 kg/ha de pérdida de sedimentos en la labranza tradicional en comparación a la mínima labranza que obtuvo una pérdida de sedimentos de 0.14 kg/ha (Figura 17). Se puede

observar que en el sistema de labranza tradicional el desprendimiento de sedimentos es mayor en un 121.6% en comparación al sistema de mínima labranza.

Figura 17

Datos acumulados periodo agosto del 2019-enero del 2020



Dentro de los datos obtenidos sobre la pérdida de suelo, la intervención de la pendiente y el sistema de labranza son factores que se tomaron en cuenta dentro de la investigación, según Zafra, Temprano y Tejero, (2009) mencionan que tiene repercusión la precipitación y el tiempo de periodo seco (bajas precipitaciones) por ello es de gran importancia verificar el periodo secos.

Al utilizar LT se obtiene una pérdida de suelo igual a 0.78 kg ha⁻¹ que representa alrededor de 6 veces mayor a la obtenida con el uso de ML demostrada en la tabla 14 en la prueba de medias.

5.3. Propiedades físicas del suelo

El suelo es un componente natural que puede presentarse de diferentes formas, dependiendo del manejo que el ser humano tenga y la zona geográfica en la que se encuentre. Para ello tenemos a continuación el análisis de varias propiedades como son:

5.3.1 Densidad aparente y porosidad

De acuerdo con los datos de la tabla 15 de la variable densidad aparente con referencia a el factor Tipo de Labranza se determina que existe una diferencia significativa entre sus niveles ($F= 10.18$; $GL=1,4$; $p= 0.0332$).

Tabla 14

Comparación de múltiples medias entre densidad aparente con respecto al tipo de labranza

Fuente de variación	GL(FV)	GL(EX)	Valor F	Valor p
Interacción	1	4	7617.80	<0.0001
TL	1	4	10.18	0.0332

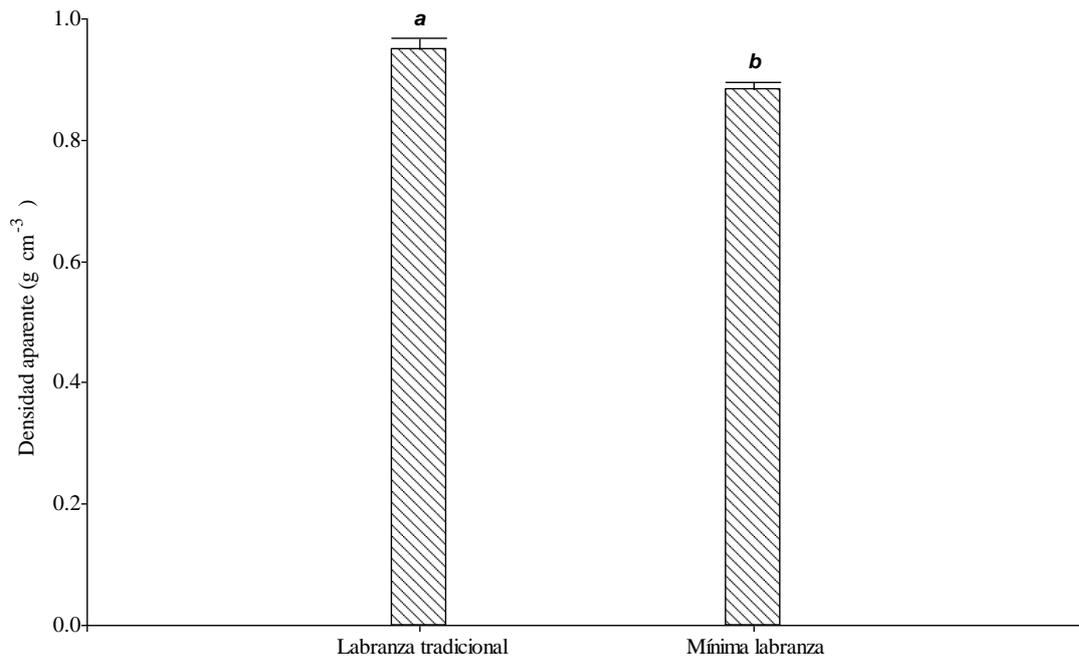
Díaz, et al., (2004) no encontraron diferencias significativas en su estudio con referencia a la densidad con lo que se afirma que el tipo de labranza no es una referencia de variación en las propiedades físicas del suelo en intervalos cortos de tiempo ya que en esta investigación se obtuvo una diferencia significativa.

Como se observa en la figura 18 visualmente la densidad es mayor en el sistema de labranza tradicional, demostrando una mínima significancia la cual se demuestra en la tabla 14, a través del análisis de varianza de medias con respecto al sistema de labranza. Alonso (2011) menciona que los datos de densidad no son significativos en los sistemas de labranza debido al tiempo ya que dicha variación fue muy ligera en los dos tratamientos.

Se puede destacar que la variable densidad aparente y porosidad no tienen una relación directa con el factor sistema de labranza y por ello tampoco se relacionan con las variables como son escorrentía y pérdida de sedimentos

Figura 18

Densidad aparente de los dos sistemas de labranza en estudio



Nota: En la figura se verifica que la densidad aparente en labranza tradicional es 7.4% mayor que el sistema de mínima labranza.

También Yang, et al., (2008) mencionan que no encontró diferencia significativa en un estudio similar con sistemas de labranza como rayado, remoción profunda e inversión del suelo, aunque otro autor reportó que la densidad aparente disminuye bajo cero labranzas debido al incremento de materia orgánica y por ello se encontró una significancia debido a que en el sistema mínima labranza por mantener el rastrojo existe un incremento de materia orgánica.

Porosidad

Por otra parte se tiene que la porosidad tampoco se vio afectada por el sistema de labranza como demuestra la tabla 15 mediante un análisis de varianza mediante *LSD Fisher* ($\text{Alpha}=0.05$)

De acuerdo con los datos de la tabla 15 de la variable porosidad con referencia a el factor Tipo de Labranza se determina que no existe una diferencia significativa entre sus niveles ($F= 5.34$; $GL=1,4$; $p= 0.0820$).

Tabla 15

Análisis de varianza de porcentajes de espacios porosos en relación con el tipo de labranza en estudio

Fuente de variación	GL(FV)	GL(EX)	Valor F	Valor p
Interacción	1	4	1591.03	<0.0001
TL	1	4	5.34	0.0820

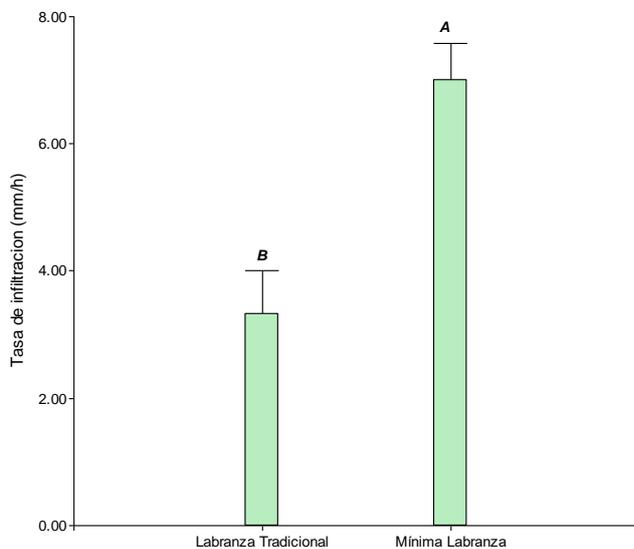
Las diferencias significativas entre la LT y ML se encuentran en la primera capa de suelo (horizonte A) como lo menciona (Urbanek, 2006), sin embargo, en la presente investigación se obtuvo diferencias no significativas en cuanto porosidad tomada en la primera capa de suelo.

5.3.2. Tasa de infiltración

Los resultados obtenidos demuestran que la capacidad de retención de agua fue mayor en el sistema de ML tabla 16 esto puede demostrar que el sistema de ML puede retener una lámina de agua de 7.3 mm en una hora mientras que LT solo puede retener una lámina de agua de 3.3 mm en una hora, si el suelo deja de infiltrar agua es decir llega a su punto de saturación muy pronto, comienza a provocar el escurrimiento y con ello produce una erosión hídrica.

Figura 19

Tasa de infiltración en porcentajes en relación con el sistema de labranza (ML y LT)



La tasa de infiltración se vio afectada por el sistema de labranza que fue practicado en la unidad experimental, por ello se puede observar en la figura 19 visualmente que LT infiltró menos cantidad de agua en comparación al sistema de ML. También se tiene que en el sistema de LT se maneja la remoción del suelo y deja los suelos descubiertos, tomando en cuenta que en la ML hay poca o nula remoción de suelo y por ello existe cobertura vegetal que ayuda a la retención de humedad.

Gómez, Villagra, y Solorzano (2018), mencionan que la erosión es uno de los principales procesos de degradación causados por las labores agrícolas y esto afecta la infiltración de los suelos, la capacidad de retención de humedad, disponibilidad de nutrientes y la pérdida de materia orgánica, el uso de técnicas de conservación como la nula remoción de suelos genera mayor cantidad de materia orgánica en el suelo y con ello ayuda a la retención de esta.

Tabla 16

Medias ajustadas de error estándar de la tasa de infiltración en relación con los sistemas de labranza (LC y ML)

TL	Medias	Error estándar	Rango
LT	3.30	0.53	A
ML	7.30	0.53	B

Datos tomados en trabajos similares mencionan que en la LT se produjo mayor cantidad de pérdida por escorrentía y redujeron la tasa de infiltración a diferencia de las prácticas de conservación que redujeron la pérdida por escorrentía y aumentaron la tasa de infiltración (Wang, et al., 2016). Por ello en el sistema de ML se tiene un 55% mayor en comparación con LT.

5.4. Rendimiento del cultivo

De acuerdo con los datos de la tabla 17 de la variable rendimiento del cultivo con referencia a el factor Sistema de Labranza se determina que existe una diferencia significativa entre sus niveles ($F= 83.21$; $GL=1,14$; $p< 0.0001$)

Tabla 17

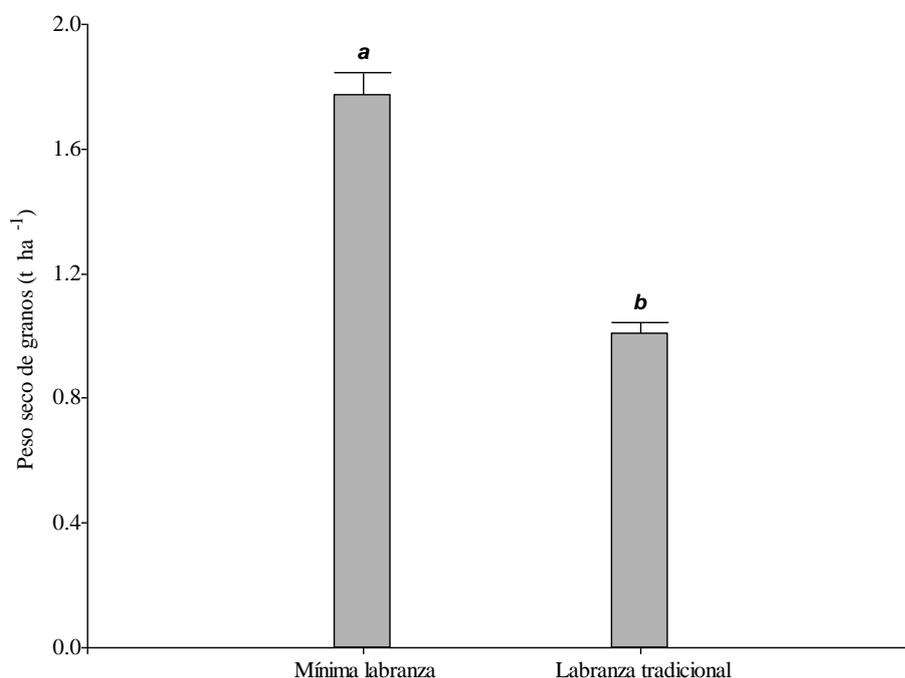
Análisis de varianza de rendimiento del cultivo en relación con el tipo de labranza en estudio

Fuente de variación	GL(FV)	GL(EX)	Valor F	Valor p
Interacción	1	14	405.06	<0.0001
SL	1	14	83.21	<0.0001

Como se observa en la figura 20 el rendimiento del sistema de labranza tradicional es menor en un 37.05 % a comparación del sistema de labranza de conservación por lo que podemos destacar que el sistema de labranza conservacionista ayuda tanto la prevención de la erosión y ayuda a mantener un mayor rendimiento.

Figura 20

Porcentajes de rendimiento de cultivo en LT y ML



De Vita, et al., (2007) mencionan que el rendimiento de cultivo en tiempos de escasas de precipitación es mayor en el sistema de mínima labranza debido a la menor tasa evaporación lo cual permite mantener humedad en los suelos que son aprovechados por el cultivo.

Con respecto al rendimiento de cultivo; Pérez, García y Medina, (2017) indican que los sistemas de labranza de conservación pueden afectar directamente, ya que el suelo tiende a tener mayor compactación por no ser removido, aunque; Velasteguí, (2019) menciona que en ML la poca remoción de suelo y la cobertura vegetal ayuda en la retención de humedad misma que es de gran utilidad para el cultivo y aprovechado para llenado de grano en el caso de la avena.

En el sistema de mínima labranza se mantiene el rastrojo de los cultivos el cual ayuda a la retención de humedad mismo que sirve para los cultivos. Se puede tener un mejor

rendimiento de cultivo en ML siempre que se utilicen mejoradores de suelo por ejemplo el mismo rastrojo debido a que disminuyen la pérdida de agua por calor (Cadena, et al., 2014)

5.5. Valoración económica total

Para la variable de la Valoración económica total de los sistemas de labranza podemos observar entre labranza tradicional (Tabla 18) y mínima labranza (Tabla 19) que al tener la misma área de producción entre los dos sistema, los costos de producción reflejan que en labranza tradicional se invirtió 939.28 dólares siendo mayor su inversión a diferencia del sistema de mínima labranza donde se hizo una inversión de 832.96 dólares, indicando que el uso de maquinaria para la remoción del suelo representa un mayor costo de inversión.

Tabla 18

Costos de producción del sistema de labranza tradicional

COSTOS DIRECTOS					
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Subtotal USD
Preparación del suelo					
Análisis de suelo	Análisis	muestra	1	42	42
Arada	yunta	horas	8	20	160
Siembra y fertilización					
Semilla	INIAP-82	kg	120	0,55	66
Siembra	mano de obra	jornal	2	15	30
Fertilizante	edáfico	kg	70	0,7	49
Transporte de semilla y fertilizante	transporte	flete	1	10	10
Tapado de semilla	mano de obra	jornal	1	15	15
Labores culturales					
Control maleza preemergencia	mano de obra	jornal	4	15	60
Fertilización complementaria	mano de obra	jornal	1	15	15
Cosecha y postcosecha					
Cosecha	mano de obra	jornal	12	15	180
Trillado	alquiler	sacos	23	3	69
Limpieza, clasificación y ensacado	mano de obra	jornal	5	15	75
Comercialización					

venta en mercado	transporte	flete	1	10	10
	mano de obra	jornal	1	15	15
subtotal costos directos					796
COSTOS INDIRECTOS					
Nombre		Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Total USD
Administración		% CD	10		79,60
Interés de capital		%CD	5		39,80
Imprevistos		%CD	3		23,88
Subtotal costos indirectos					143,28
COSTO TOTAL					939,28

Tabla 19

Costos de producción del sistema de mínima labranza

COSTOS DIRECTOS					
Fases y actividades	Nombre	Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Subtotal USD
Preparación del suelo					
Análisis de suelo	Análisis	muestra	1	42	42
rayado de suelo	mano de obra	jornal	2	15	30
Siembra y fertilización					
Semilla	INIAP-82	kg	120	0,55	66
Siembra	mano de obra	jornal	2	15	30
Fertilizante	edáfico	kg	67	0,7	46,9
Transporte de semilla y fertilizante	transporte	flete	1	10	10
Tapado de semilla	mano de obra	jornal	1	15	15
Labores culturales					
Control maleza preemergencia	mano de obra	jornal	8	15	120
Fertilización complementaria	mano de obra	jornal	1	15	15
Cosecha y postcosecha					
Cosecha	mano de obra	jornal	12	15	180
Trillado	mano de obra	jornal	37	3	111
Limpieza, clasificación y ensacado	mano de obra	jornal	1	15	15
Comercialización					
venta en mercado	transporte	flete	1	10	10
	mano de obra	jornal	1	15	15
subtotal costos directos					705,9
COSTOS INDIRECTOS					
Nombre		Unidad	Cantidad	Precio Unit. USD	Total

			USD	USD
Administración	% CD	10		70,59
Interés de capital	%CD	5		35,30
Imprevistos	%CD	3		21,18
Subtotal costos indirectos				127,06
COSTO TOTAL				832,96

Nota: Esta tabla muestra los costos de producción en el área de 600 m² pertenecientes al sistema de labranza de conservación.

El costo de uso de maquinaria sigue siendo un problema en la agricultura tradicional, lo que lleva a la aplicación de tecnología conservacionista para minimizar los costos de producción y también contribuir con la reducción de erosión del suelo (De las Cuevas, et al., 2013). Y podemos constatar mediante los datos de la investigación que el sistema de labranza tradicional si representa mayor costo de inversión por el uso de maquinaria a pesar de tener mayor mano de obra en el rayado para la siembra.

Se puede observar los costos de producción en las tablas 18 y 19 mediante las cuales se constata que en ML el costo de producción es menor que el de LT mientras que el rendimiento del cultivo en ML es mayor que LT siendo un beneficio para el agricultor. Hay que mencionar que en el presente trabajo de investigación los rendimientos fueron menores al promedio dado por el INIFAP (Rendimiento de cultivo = 2.4 ton/ha) esto debido a la falta de precipitaciones en el lugar de investigación.

Dentro de la investigación se puede mencionar que existen costos invaluable como es el suelo que dentro de la agricultura no tiene un valor económico pero al ser un recurso no renovable se le considera de gran valor y a largo plazo es una ganancia para la humanidad sabiendo que es la principal fuente que sirve en la producción de alimentos como lo menciona la FAO, (2016), por otra parte se puede destacar la conservación de la micro fauna que ayuda

a que los suelos se mantengan fértiles y también considerando que el suelo en el cual se realizó el experimento es un suelo volcánico.

Dentro de la Valoración económica total se resalta la ganancia en relación con el ecosistema, ejemplos claros son al mantener la materia orgánica, también conservar los suelos volcánicos y formación de microfauna.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Luego de analizar los eventos de lluvia se determinó que el mayor coeficiente de escurrimiento superficial fue dado en el sistema de labranza tradicional a diferencia del coeficiente de escurrimiento superficial en el sistema de mínima labranza, de esta manera también se presencié una mayor cantidad de pérdida de sedimento en el sistema de labranza tradicional provocando la erosión hídrica en mayor nivel. Determinando que el escurrimiento superficial se encuentra relacionado con la frecuencia de lluvias o precipitaciones y el sistema de labranza.

Dentro de las propiedades físicas del suelo podemos destacar la densidad aparente misma que demostró un bajo nivel de significancia y la porosidad que no tubo significancia dando a conocer que estas variables no se encuentran relacionadas con el sistema de labranza o la pendiente que estas posean, más bien de acuerdo con otros autores estas están relacionadas al factor tiempo, aunque la tasa de infiltración si se ve afectada debido a la vegetación presente que ayuda a la retención de humedad.

En cuanto a el análisis económico se determinó al relacionar los costos de producción y el rendimiento del cultivo que obtenemos una mejor rentabilidad en el sistema de mínima labranza debido a que el costo de producción en labranza tradicional fue mayor y el rendimiento fue menor que el sistema de mínima labranza.

Recomendaciones

Se recomienda trabajar en terrenos con diversas pendientes ya que en la presente investigación no se evaluó esta variable, se trabajó con una sola pendiente.

Una de las características de los sistemas de conservación es que se ven mejores resultados a largo plazo se recomienda seguir con la investigación de manera consecutiva con diferentes cultivos, y no dar periodos de descanso largos ya que sería volver a empezar con la investigación.

Existe gran cantidad de información de técnicas que ayudan a mitigar la erosión del suelo, pero no son de conocimiento de la población por ello se recomienda realizar capacitaciones que ayuden a impartir conocimientos y a su vez aporten a la concientización sobre los problemas de erosión.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, M., & Aguirre, J. (2011). Efectos de la labranza de conservación sobre las propiedades del suelo. *Tierra latinoamericana*, 29(2), 113-121.
- Barreto, L. (2011). Prácticas agropecuarias de conservación de suelos. *Cobertura vegetal*.
- Cadena, M., Campos, S., Demuner Molina, G., Zermeño, A., & Sánchez, F. (2014). Effect of Tillage and Soil Amendments on Moisture Retention and Root Growth. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(2), 123-130.
- Chagas, C. I., & Kraemer, F. B. (2018). *Escorrentamento, erosão do solo e contaminação dos recursos hídricos superficiais por sedimentos associados à atividade agropecuária extensiva: alguns elementos para sua análise*. Buenos Aires: 1ª ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Editorial Facultad de Agronomía.
- De Freitas, V. (2000). Manejo de suelos en pequeñas fincas. *Recuperación, conservación y manejo de suelos*, 11-13.
- De las Cuevas, H., Rodríguez, T., Paneque, P., & Díaz, M. (2013). Costos de explotación de una máquina de siembra directa. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 12-15.
- De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fondo, N., & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*, 92(1-2), 69-78.
- Díaz, M., Glove, J., Murdock, L., Herbeck, J., & Perfect, E. (2004). Soil Structural Disturbance Effects on Crop Yields and Soil Properties in a No-Till Production System. *Agronomy Journal*, 96(6), 1651-1659.
- Edgar, L. (2016). Escorrentamiento Superficial. *Hidrología Básica*, 50-52.
- Espinosa, M., Andrade, E., Rivera, P., & Romero, A. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de geografía*, 53-54.
- FAO. (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO.
- FAO. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal*. Obtenido de El significado de la porosidad del suelo.: <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s.pdf>
- FAO. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal - el significado de la porosidad del suelo*.
- FAO. (2012). Cortinas Rompe Vientos. *Erosión*, 30-31.

- FAO. (4 de Diciembre de 2015). *Los suelos están en peligro, pero la degradación puede revertirse*. Obtenido de ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN: <http://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/>
- FAO. (2016). Conservation Agriculture . *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 1-2.
- Gómez, J., Amate , J., González, M., Vanwalleghem, T., Taguas , E., & Lorite, I. (2014). Olive Cultivation, its Impact on Soil Erosion and its Progression into Yield Impacts in Southern Spain in the Past as a Key to a Future of Increasing Climate Uncertainty. *Agriculture*, 170-189.
- Gómez, N., Villagra, K., & Solorzano, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 167-177.
- Henríquez, C., Azócar, G., & Aguayo, M. (2006). Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, 61-74.
- INIFAP. (2008). *Guia para producir semillas de avena en Bajío*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. (2008). *Guia para producir semillas de avena en Bajío*. 2.
- INTA. (2017). *Instituto Nacional de Tecnologia Agraria*. Obtenido de Instituto Nacional de Tecnologia Agraria: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/memoriainta2017pr.pdf>
- López, M., González, A., & Vilaridy, S. (2012). *Guía docente Ciencias de la Sostenibilidad*. Bogotá.
- Maderey, L. E. (2005). Principios de hidrogeografía estudio del ciclo del agua. En L. E. Maderey, *Principios de hidrogeografía* (pág. 108).
- Martínez, I., Prat, C., Ovalle, C., del Poso, A., Stolpe, N., & Zagal, E. (2012). Subsoiling improves conservation tillage in cereal production of severely degraded Alfisols under Mediterranean climate. *Geoderma*, 10-17.
- Naderman, G., & Vieira, M. (1992). Labranza de conservación. *Manual de sistemas de labranza para latinoamerica*, 32-38.

- Nájera González, O., Bojórquez Serrano, J., Flores Vilchez, F., Murray Núñez, R., & González García, S. (2016). Riesgo de erosión hídrica y estimación de pérdida de suelo en paisajes geomorfológicos volcánicos en México. *Cultivos Tropicales*, 45-55.
- Nájera, O., Bojórquez, J., Flores, F., Murray, R., & González, A. (2016). Riesgo de erosión hídrica y estimación de pérdida de suelo en paisajes geomorfológicos volcánicos en México. *Cultivos tropicales*, 37(2), 45-55.
- Nyamadzawo, G., Nyamugafata, P., Wuta, M., Nyamangara, J., & Chikowo, J. (2012). Infiltration and runoff losses under fallowing and conservation agriculture practices on contrasting soils, Zimbabwe. *International Centre for Research in the Semi-Arid Tropics*, 38(2), 233-241.
- Pérez, M., García, A., & Medina, M. (2017). Tillage systems and seeding densities in sweet potato: quality of soil and reserve roots. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 85-95.
- Rodríguez, N., Ruz, E., Valenzuela, A., & Belmar, C. (2000). Effect of tillage on soil erosion losses with a wheat-oat rotation and pasturing in the Andean foothills of the south-central region of Chile. *Agricultura Técnica*, 60(3), 259-269.
- Tálamo, A., Bermúdez, R., Garibaldi, L. A., & Chávez, A. (2016). Erosión y escorrentía en respuesta a lluvias simuladas e incendios en bosques secos de montaña. *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo*, 105-111.
- Tálamo, A., Bermúdez, R., Garibaldi, L. A., & Chávez, A. (2016). Erosión y escorrentía en respuesta a lluvias simuladas e incendios en bosques secos de montaña. *Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo*, 105-111.
- Urbanek, E. (2006). Cambios en la materia orgánica del suelo, densidad a granel y resistencia a la tracción de los áridos después de la percolación en los suelos después de la conservación y labranza convencional. *Agrofísica Internacional*, 20(1).
- Valladares, F. (2004). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Velasteguí, C. (2019). *Determinación de la pérdida de suelo y el escurrimiento superficial, bajo dos sistemas de labranza en el cultivo de avena (Avena sativa L.) En la granja experimental la pradera avena (Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica del Norte)*. Repositorio Universitario.
- Wang, Y., Meng, X., Liu, Z., & Ji, X. (2016). Snowmelt Runoff Analysis under Generated Climate Change Scenarios for the Juntanghu River Basin, in Xinjiang, China. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(4), 41-57.

- Yang, X., Druty, C., Reynolds, W., & Tan, C. (2008). Impacts of long-term and recently imposed tillage practices on the vertical distribution of soil organic carbon. *Soil & Tillage Research*, 100(1-2), 120-124.
- Youlton, C., Espejo, P., Biggs, J., Norambuena, M., Cisternas, M., Neaman, A., & Salgado, E. (2010). Quantification and control of runoff and soil erosion on avocado orchards on ridges along steep-hillslopes. *Ciencias e Investigación Agraria*, 113-123.
- Zafra, C., Temprano, J., & Tejero, I. (2009). Evaluating urban runoff pollution: sediments deposited on a road surface. *Ingeniería e Invesstigación*, 29(1).

ANEXOS

Anexo 1. Análisis Completo de Suelo



Agrarprojekt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148
 agrarprojekt@cablemodem.com.ec
 info@agrارprojekt.com
 www.agrarprojekt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojekt: UTN-09-05-19

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS		
Tipo de Muestra:	Suelo	
Cultivo:	Cebada	
Número de Muestra:	# 1	# 2
Información Proporcionada por el Cliente:	Labranza Tradicional (LT)	Mínima Labranza (ML)

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

Análisis		Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Cebada - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado
Características del Suelo	Conductividad (CE)	mS/cm	Vol. 1:2	0.2 - 0.6	0.24	0.22
	pH (en H ₂ O)	-	Vol. 1:2	-	6.8	6.8
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5.7 - 6.5	6.0	6.3
Macronutrientes	Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	29.7	26.0
	Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	2.9	3.7
	[NO ₂ +NH ₄]-N	mg/kg	-	20 - 40	32.5	29.7
	Fósforo (P) - Olsen	mg/kg	NaHCO ₃ 0.5M	20 - 30	28.0	20.6
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	120 - 240	112	87.5
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	35 - 120	153	148
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	400 - 1000	392	391
	Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 15	2.4	1.6
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	25 - 50	61.5	50.0
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	6 - 30	26.2	25.8
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	0.8 - 4.0	4.0	3.2
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl ₂	1.2 - 6.0	3.4	2.2
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0.15 - 0.60	0.40	0.24
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	22.5	22.8
	Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	Extracto Agua	< 210	25.8	20.6
	Sales Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	199	185

* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.

- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.

- Prohibida la reproducción total o parcial de Los resultados. No procede copia.

Karl Sponagel

Agrarprojekt S.A.
 Dr. Karl Sponagel
 Director del Laboratorio

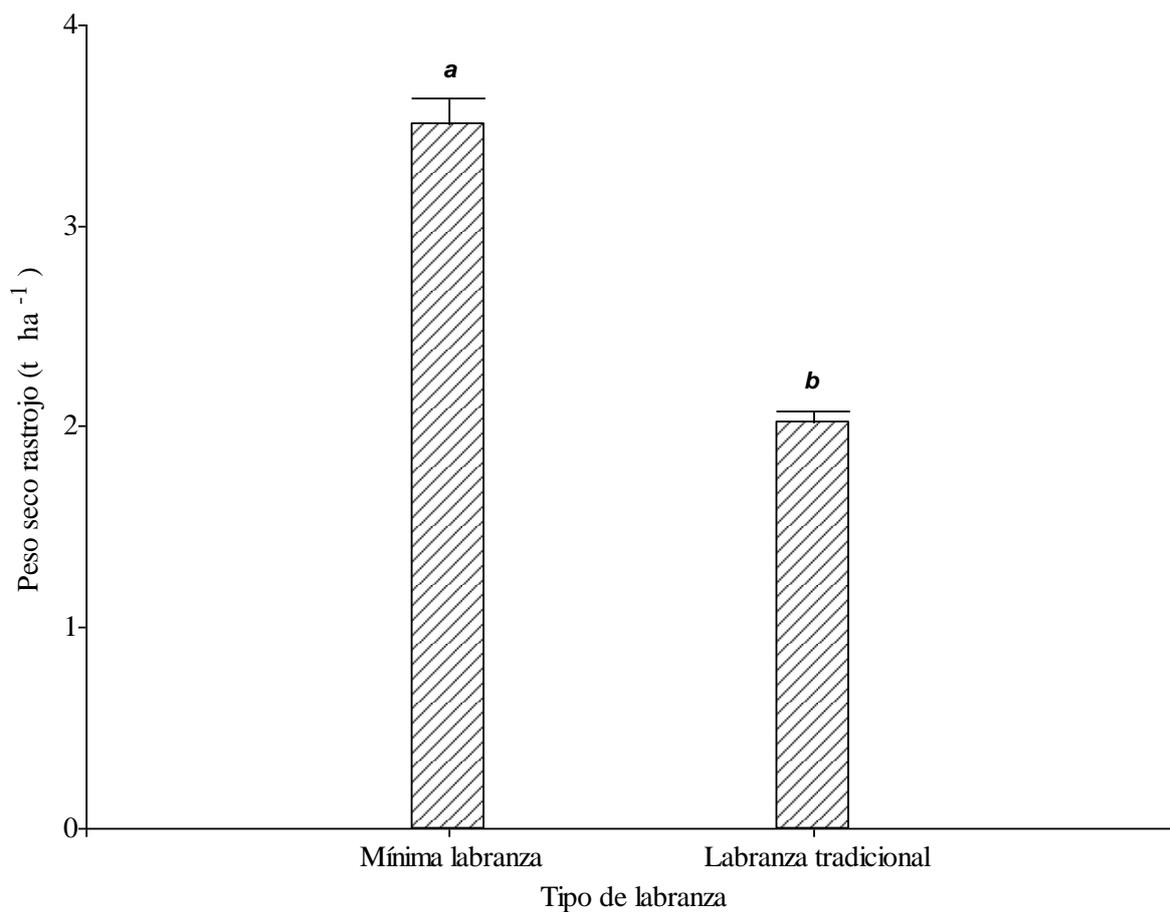
Anexo 2 Comparación de Variables Promedio de Esguerrimiento Superficial y Pérdida de Sedimentos

Variable	n	CV
PROM % esguerrimiento	12	51.37
Sedimentos	12	85.75

Anexo 3 Prueba de medias ajustadas LSD Fisher ($\alpha=0.05$) para el factor tipo de labranza para la variable pérdida de suelo

TL	Medias	Error estándar	Rango
LT	0.78	0.12	A
ML	0.14	0.01	B

Anexo 4 Peso de Rastrojo en comparación de los dos Sistemas de Labranza



Anexo 5 Medias ajustadas de error estándar del rendimiento de cultivo en relación con los tipos de labranza (LT y ML)

TL	Medias	Error estándar	Rango
LT	7.30	0.53	A
ML	3.30	0.53	B

Anexo 6 Reposo de muestras saturadas para la obtención de datos para el cálculo de la densidad aparente y la porosidad.

