



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE TRES PRÁCTICAS DE  
AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL SISTEMA  
DE PRODUCCIÓN PAPA –AVENA VICIA– MAÍZ EN LA  
MICROCUEENCA DEL RÍO PUCULPALA**

**Trabajo de Titulación:**  
Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:  
**INGENIERA AGRÓNOMA**

**AUTORA:** ANGÉLICA VIVIANA CAJILEMA QUISHPI

**DIRECTOR:** Ing. JOSÉ FRANKLIN ARCOS TORRES

Riobamba – Ecuador

2021

**© 2021, Angélica Viviana Cajilema Quishpi**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Angélica Viviana Cajilema Quishpi, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación: el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 03 de junio de 2021

Angélica Viviana Cajilema Quishpi

060484118-9

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE AGRONOMÍA**

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de investigación, **EVALUACIÓN DE TRES PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PAPA –AVENA VICIA –MAÍZ EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PUCULPALA**, realizado por la señorita: **ANGÉLICA VIVIANA CAJILEMA QUISHPI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval PhD.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

NORMA SOLEDAD ERAZO SANDOVAL  
Firmado digitalmente por  
NORMA SOLEDAD ERAZO  
SANDOVAL  
Fecha: 2021.07.07 17:03:20  
-05'00'

Ing. José Franklin Arcos Torres  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Firmado electrónicamente por:  
**JOSE FRANKLIN  
ARCOS TORRES**

Ing. Roque Orlando García Zanabria PhD.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Firmado electrónicamente por:  
**ROQUE ORLANDO  
GARCIA ZANABRIA**

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, por bendecirme y guiarme en cada paso, para llegar a tan meta anhelada, ayudando a vencer cualquier obstáculo presentado en el transcurso.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A ti mi ángel hermoso Stephanie Monserrath quien con su mirada y sonrisa llena de felicidad mi corazón, eres la luz que ilumina mi camino, mi inspiración y mi fuerza para seguir adelante

Angélica

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en especial a la Escuela de Ingeniería Agronómica.

A mi director de tesis Ing. Franklin Arcos, a mi asesor Ing. Roque García, por su grata colaboración, sus enseñanzas y guía brindada para la culminación de este trabajo.

De manera especial al Dr. Víctor Barrera, que junto al INIAP me brindaron su confianza y apoyo para llevar a cabo esta investigación.

A los habitantes de la comunidad Puculpala, por permitirme participar en sus actividades agrícolas.

Y en especial agradezco a toda mi familia, por llenarme día a día de ánimo y valor para afrontar las adversidades de la vida.

Angélica

## TABLA DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	vii
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	viii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	ix
<b>RESUMEN</b>	x
<b>SUMMARY/ABSTRACT</b>	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	
<b>1.1 El impacto de la revolución verde en el mundo actual</b>	6
<b>1.2 Degradación del suelo</b>	6
<i>1.2.1 Degradación</i>	6
<i>1.2.1.1 Tipos de degradación</i>	7
<i>1.2.2 Causas del deterioro de los suelos</i>	8
<i>1.2.3 Efectos causados por el deterioro de los suelos</i>	8
<i>1.2.4 Consecuencias de la degradación</i>	8
<i>1.2.4.1 Pérdida de nutrientes (N, P, K, S, Ca, Mg, entre otros)</i>	8
<i>1.2.4.2 Modificación de las propiedades físico-químicas</i>	9
<i>1.2.4.3 Deterioro de estructura</i>	9
<i>1.2.4.4 Pérdida física de materiales</i>	9
<i>1.2.4.5 Incremento de toxicidad</i>	9
<i>1.2.3 Degradación del suelo en el Ecuador</i>	9
<b>1.3 Fertilidad de los suelos</b>	10
<b>1.4 Agricultura de conservación</b>	10
<i>1.4.1 Definición</i>	10
<i>1.4.2 Agricultura de conservación como alternativa para evitar la erosión</i>	10
<i>1.4.3 Prácticas de Agricultura de Conservación (AC)</i>	11
<i>1.4.3.1 Tipos de labranza</i>	11
<i>1.4.3.2 Cultivos de cobertura</i>	12
<i>1.4.3.3 Zanjas de desviación</i>	13
<i>1.4.3.4 Rotación de cultivos</i>	14

<b>1.5</b>	<b>Enfoque de sistemas</b>	16
<i>1.5.1</i>	<i>Sistemas de producción</i>	17
<i>1.5.1.1</i>	<i>El sistema de cultivo</i>	17
<i>1.5.1.2</i>	<i>Sistema de ganadería</i>	18

## **CAPÍTULO II**

<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	
<b>2.1</b>	<b>Características del lugar</b>	19
<i>2.1.2</i>	<i>Localización</i>	19
<i>2.1.3</i>	<i>Ubicación geográfica</i>	19
<i>2.1.4</i>	<i>Condiciones climatológicas</i>	19
<i>2.1.5</i>	<i>Clasificación ecológica</i>	19
<i>2.1.6</i>	<i>Taxonomía del suelo</i>	20
<b>2.2</b>	<b>Materiales</b>	21
<i>2.2.1</i>	<i>Material biológico de la investigación</i>	21
<i>2.2.2</i>	<i>Materiales de campo</i>	21
<i>2.2.3</i>	<i>Materiales de oficina</i>	21
<i>2.2.4</i>	<i>Equipos</i>	21
<i>2.2.5</i>	<i>Insumos agrícolas</i>	21
<b>2.3</b>	<b>Métodos</b>	21
<i>2.3.1</i>	<i>Método</i>	21
<i>2.3.1.1</i>	<i>Cultivo de papa</i>	22
<i>2.3.1.2</i>	<i>Cultivos de avena-vicia</i>	23
<i>2.3.1.3</i>	<i>Cultivo de maíz</i>	23
<b>2.4</b>	<b>Análisis físico del suelo</b>	23
<i>2.4.1</i>	<i>Densidad aparente</i>	23
<i>2.4.2</i>	<i>Humedad gravimétrica</i>	24
<b>2.5</b>	<b>Análisis químico del suelo</b>	24
<i>2.5.1</i>	<i>Determinación del nitrógeno amoniacal (Método Fotocolorimétrico)</i>	24
<i>2.5.2</i>	<i>Determinación del fósforo (Método Fotocolorimétrico)</i>	25
<i>2.5.3</i>	<i>Determinación de potasio (Método de Espectrofotometría de absorción atómica)</i>	25
<b>2.6</b>	<b>Factores en estudio</b>	25
<i>2.6.1</i>	<i>Factor A: Conservación de suelos</i>	25
<i>2.6.2</i>	<i>Factor B: Tipos de labranza</i>	25



2.6.3	<i>Factor C: Cultivos de cobertura</i>	25
2.7	<b>Tratamientos en estudio</b>	26
2.8	<b>Características del campo experimental</b>	27
2.8.1	<i>Cultivo de papa</i>	27
2.8.2	<i>Cultivo de avena-vicia</i>	28
2.8.3	<i>Cultivo de maíz</i>	28
2.9	<b>Tipo de diseño</b>	28
2.9.1	<i>Diseño experimental</i>	28
2.9.2	<i>Análisis de varianza</i>	29
2.9.3	<i>Análisis funcional</i>	29
2.9.4	<i>Análisis económico</i>	29
2.10	<b>Manejo específico del experimento</b>	30
2.10.1	<i>Cultivo de papa</i>	30
2.10.1.1	<i>Manejo convencional del cultivo (testigo)</i>	30
2.10.1.2	<i>Manejo del cultivo con agricultura de conservación</i>	31
2.10.2	<i>Cultivo de maíz</i>	32
2.10.2.1	<i>Manejo convencional del cultivo (testigo)</i>	32
2.10.2.2	<i>Manejo del cultivo con agricultura de conservación</i>	32
2.10.3	<i>Cultivo de avena-vicia</i>	33
2.10.3.1	<i>Manejo convencional del cultivo (testigo)</i>	33
2.10.3.2	<i>Manejo del cultivo con agricultura de conservación</i>	33

### **CAPÍTULO III**

3	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	
3.1	<b>Nutrientes del suelo expresados en kg ha<sup>-1</sup> en rotación de cultivos</b>	35
3.1.1	<i>Nitrógeno en forma de Amonio (NH<sub>4</sub>)</i>	35
3.1.2	<i>Fósforo (P)</i>	37
3.1.3	<i>Potasio (K)</i>	38
3.2	<b>Rendimientos expresados en ha<sup>-1</sup> de papa y avena-vicia en el año 2019 y maíz suave en el año 2020.</b>	42
3.2.1	<i>Rendimiento del Cultivo de papa en T ha<sup>-1</sup> en el año 2019</i>	42
3.2.2	<i>Rendimiento del Cultivo de avena-vicia en T ha<sup>-1</sup> en el año 2019</i>	46
3.2.3	<i>Rendimiento del cultivo de maíz suave en T ha<sup>-1</sup> en el año 2020</i>	50
3.3	<b>Costos y beneficios expresados en USD ha<sup>-1</sup> en rotación de cultivos</b>	56

<b>CONCLUSIONES</b>	63
<b>RECOMENDACIONES</b>	64
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Área de producción de cultivos y porcentajes de degradación del suelo	24
<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación de los tubérculos de papa	36
<b>Tabla 2-2:</b>	Tratamientos en estudio y ciclos de evaluación	40
<b>Tabla 3-2:</b>	Características de la unidad experimental	41
<b>Tabla 4-2:</b>	Características de la unidad experimental	41
<b>Tabla 5-2:</b>	Características de la unidad experimental	42
<b>Tabla 6-2:</b>	Características de la unidad experimental	42
<b>Tabla 7-2:</b>	Esquema de análisis de varianza	43
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis de varianza para evaluar el rendimiento en T ha <sup>-1</sup> del cultivo de papa año 2019	57
<b>Tabla 2-3:</b>	Promedios y pruebas LSD al 5% para el cultivo de papa año 2019	58
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis de varianza para evaluar el rendimiento en T ha <sup>-1</sup> del cultivo de avena-vicia año 2019	61
<b>Tabla 4-3:</b>	Promedios y pruebas LSD al 5% para el cultivo de avena-vicia año 2019	62
<b>Tabla 5-3:</b>	Análisis de varianza para evaluar el rendimiento en T ha <sup>-1</sup> del cultivo de maíz suave año 2020	65
<b>Tabla 6-3:</b>	Promedios y pruebas LSD al 5% para el cultivo de maíz suave año 2020	66
<b>Tabla 7-3:</b>	Análisis de varianza para evaluar las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha <sup>-1</sup> de los cultivos en rotación.	71
<b>Tabla 8-3:</b>	Promedios y prueba de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha <sup>-1</sup> de los cultivos en rotación.	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1-1:** Degradación del suelo debido a la fertilidad

22

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Modelos Cuadráticos para ajustar el nitrógeno en forma de Amonio (NH <sub>4</sub> ) para las prácticas de agricultura de conservación y testigo productor.	50
<b>Gráfico 2-3:</b>	Modelos Lineales para ajustar el fósforo en kg ha <sup>-1</sup> para las prácticas de agricultura de conservación y testigo productor.	52
<b>Gráfico 3-3:</b>	Modelos Cuadráticos para ajustar el potasio en kg ha <sup>-1</sup> para las prácticas de agricultura de conservación y testigo productor.	53
<b>Gráfico 4-3:</b>	Incremento en porcentaje (%) de Nitrógeno (NH <sub>4</sub> ), Fósforo (P) y Potasio (K) a los 500 días de evaluación con Agricultura de Conservación (AC) frente al testigo.	55
<b>Gráfico 5-3:</b>	Incremento del rendimiento del cultivo de papa 2019 en T ha <sup>-1</sup>	59
<b>Gráfico 6-3:</b>	Incremento del rendimiento de avena-vicia 2019 en T ha <sup>-1</sup>	63
<b>Gráfico 7-3:</b>	Incremento del rendimiento de maíz suave 2020 en T ha <sup>-1</sup>	67
<b>Gráfico 8-3:</b>	Resumen de incremento del rendimiento de los cultivos en rotación en porcentaje (%)	69
<b>Gráfico 9-3:</b>	Resumen de incremento de los beneficios netos de los cultivos en rotación en USD ha <sup>-1</sup> respecto al T9.	74
<b>Gráfico 10-3:</b>	Relación beneficio/costo, frente al testigo (T9).	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** LOCALIZACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN
- ANEXO B.** ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS EN CAMPO.
- ANEXO C.** PRESUPUESTO
- ANEXO D.** RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA FRENTE AL TESTIGO
- ANEXO E.** RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE AVENA-VICIA FRENTE AL TESTIGO
- ANEXO F.** RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ FRENTE AL TESTIGO
- ANEXO G.** INCREMENTO DEL RENDIMIENTO EN T HA<sup>-1</sup> DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN.
- ANEXO H.** COSTOS TOTALES EN USD HA<sup>-1</sup> DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN
- ANEXO I.** BENEFICIO BRUTO EN USD HA<sup>-1</sup> DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN
- ANEXO J.** PRECIOS DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN
- ANEXO K.** BENEFICIO NETO EN USD HA<sup>-1</sup> DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN
- ANEXO L.** INCREMENTO EN LOS BENEFICIOS NETOS EN (%) DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN.
- ANEXO M.** PROMEDIO DE NITRÓGENO (NH<sub>4</sub>), FÓSFORO (P) Y POTASIO (K) DE LOS TRATAMIENTOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN VERSUS EL TESTIGO A LOS 500 DÍAS DE EVALUACIÓN.
- ANEXO N.** RELACIÓN BENEFICIO/COSTO DE LOS TRATAMIENTOS
- ANEXO Ñ.** DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE LA COSECHA DE PAPA.
- ANEXO O.** DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE LA COSECHA DE MAÍZ.
- ANEXO P.** DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE LA COSECHA DE AVENA-VICIA.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar tres prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa, avena-vicia, maíz en la microcuenca del río Puculpala; el diseño experimental utilizado fue el diseño de Bloques Completamente al Azar “DBCA” con 9 tratamientos (incluido el testigo) con tres repeticiones. La identificación nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ), Fósforo (P), se usó el método del Fotocolorimétrico y el Potasio (K) el método de espectrofotometría de absorción atómica, el rendimiento en  $\text{kg ha}^{-1}$  y el análisis económico de los cultivos en rotación (papa año 2019, avena-vicia año 2019, maíz suave año 2020). Se determinó contenidos de 12,64%, 15,20% y 4,66% de nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ), fósforo (P) y potasio (K) respectivamente, con las prácticas de agricultura de conservación a los 500 días de evaluación en relación con el testigo. En cuanto a los rendimientos de los cultivos de papa año 2019, avena-vicia año 2019 y maíz suave año 2020, reporta incrementos de 43,40% (T6), 46,08% (T4) y 46,61% (T4) respectivamente, con relación al testigo. Además, los mejores incrementos económicos para los cultivos de papa año 2019, avena-vicia año 2019 y maíz suave año 2020, son de 51,96%, 70,02% y 58,96% respectivamente, en relación con el testigo. Se concluye que las prácticas de Agricultura de Conservación, con la interacción, Con zanjas, L. reducida, Con residuo fue el mejor en aportar nutrientes del suelo, rendimientos e incremento económico. Se recomienda implementar prácticas de agricultura de conservación para mejorar la fertilidad del suelo e incrementar sus rendimientos y a su vez sus ingresos económicos

**Palabras clave:** <AGRONOMÍA>, <SISTEMA DE PRODUCCIÓN>, <AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN>, <PRÁCTICAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN>, <MICROCUCENCA RÍO PUCULPALA>.

LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.07.06 17:08:09  
-05'00'



1311-DBRA-UTP-2021

## ABSTRACT

This investigation aimed to evaluate three conservation agriculture practices in the potato, oat-vetch, and corn production system in the *Puculpala* River micro-basin; the experimental design used was the Completely Randomized Block Design "CRBD" with 9 treatments (including the control) with three replications. The photolorimetric method was used to identify the nitrogen in the form of ammonium (NH<sub>4</sub>), and the phosphorus (P) whereas the atomic absorption spectrophotometry method was used to identify the potassium (K). In addition, the yield in kg ha<sup>-1</sup> and the economic analysis of the crops in rotation (potato year 2019, oats-vetch year 2019, soft corn year 2020) was analyzed in dollars per hectare. The contents of 12.64%, 15.20% and 4.66% of nitrogen in the form of ammonium (NH<sub>4</sub>), phosphorus (P) and potassium (K), respectively, were determined with the conservation agriculture practices at 500 days of evaluation in relation to the control. As for the yields of potato crop year 2019, oats-vetch year 2019 and soft corn year 2020, it reports increases of 43.40% (T6), 46.08% (T4) and 46.61% (T4), respectively, in relation to the control. In addition, the best economic increases for potato crop year 2019, oats-vetch year 2019 and soft corn year 2020, are 51.96%, 70.02% and 58.96% respectively, in relation to the control. It is concluded that the Conservation Agriculture practices, with the interaction, with ditches, with reduced farming., with residue were the best in providing soil nutrients, yield and economic increase. It is recommended to implement conservation agriculture practices to improve soil fertility and increase yield and economic incomes.

Key words: <AGRONOMY>,<PRODUCTION SYSTEM>,<CONSERVATION AGRICULTURE>,<CONSERVATION AGRICULTURE PRACTICES>,<PUCULPALA RIVER MICROWATER BASIN>.



## INTRODUCCIÓN

El suelo constituye el sustento de vida del planeta, es un recurso natural no renovable, esto quiere decir que la capacidad de regenerarse está por debajo de su degradación. Además (Burbano, H. 2016. pp. 117-124) indica, que el suelo se conoce como el asiento natural para la producción de los alimentos para la población mundial y garantiza la seguridad alimentaria, también un suelo sin limitaciones, es decir sano, presenta gran capacidad para fijar carbono antes que migre hacia la atmósfera, disminuyendo la contaminación y la degradación de la capa de ozono.

Según (Yáñez, W. *ét. ál.* 2017. pp. 152-158) la degradación del suelo avanza de una forma muy alarmante, el principal agente erosivo es el agua, esta causa lixiviación y pérdida de fertilidad, también interviene el viento, y actividades antrópicas, además (Vimos, 2017, pp. 1-116) menciona que el hombre con sus técnicas de labranza inadecuadas contribuye a que la degradación avance con mayor rapidez y se pierdan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

En el Ecuador las pendientes pronunciadas existentes favorecen a la erosión, la pérdida de suelo varían de 5 a 50 TM/ha/año, en la región interandina se puede observar que el daño es mayor, en la provincia de Chimborazo se presenta una pérdida del 4% lo que constituye un problema sobre la fertilidad de los suelos eliminando la capa arable por lo tanto perdiendo sus características de estructura, aireación y alta actividad microbiana, daño del ecosistema, escurrimiento de agroquímicos amenazando acabar con la base de la producción o ser incapaz de sostener la producción agrícola (Vimos, 2017, p. sn).

En la zona Andina en la parte alta predomina la agricultura a pequeña escala, en esta zona la producción tiene bajos rendimientos (Valarezo, 2017, p. 2-4), esto conlleva a la pobreza extrema a la población existente y por lo tanto a buscar diversas formas de supervivencia, migrando hacia las ciudades más grandes, dejando abandonados todos los campos de producción ya desérticos, sin buscar alternativas de recuperación de los mismos o prácticas agrícolas sustentables o conservacionistas.

La zona alto Andina se caracteriza por tener un ambiente que contempla parámetros naturales, físicos y una gran diversidad de especies, mismas que por el sistema de producción convencional se están degradando, los suelos pierden la capacidad para producir (Valarezo, 2017, p. 2-4).

En la antigüedad se cultivaba de acuerdo con los pisos altitudinales, gracias a la presencia de variados microclimas, (maíz 2 400 msnm y la papa 3 200 msnm) construían terrazas para evitar la degradación del suelo, asimismo realizaban zanjás y muros, sirviendo como cortinas rompevientos (Ramón, V., 2005. pp. 1-135).

En la actualidad existen varias prácticas de agricultura de conservación, tales como, rotación de cultivos, cultivos en fajas, cultivos asociados, labranza mínima, cobertura de suelo, trazado de curvas de nivel, zanjas, barreras, etc., estas ayudaran en la preservación y regeneración de los suelos que presentan degradación continua.

En el presente trabajo se evaluó tres prácticas de Agricultura de Conservación como: zanjas de desviación, tipos de labranza y cultivos de cobertura con la rotación de cultivos (papa, avenavicia, maíz) en la microcuenca del río Puculpala, mejorando así la producción de los agricultores de la comunidad.

A nivel mundial el suelo, es considerado como el recurso natural de mayor importancia para la producción de alimentos, requerida para la subsistencia de la población mundial, los animales y las plantas. En los últimos años se ha evidenciado limitaciones para resolver los problemas de seguridad y soberanía alimentaria para la población en continuo crecimiento (López, 2002, p. 119-141).

En el Ecuador la superficie agropecuaria es 5'048.499 de hectáreas, que está distribuido en cultivos permanentes con 1'518.099 hectáreas, cultivos transitorios con 1'155.894 hectáreas y pastos cultivados con 2'374505 hectáreas. La rotación de cultivos transitorios del total, corresponden 1'155894 hectáreas que equivale el 22% que alternan con cultivos de diferentes ciclos en el mismo lugar, evitando su agotamiento y deterioro, el porcentaje restante (78%) no realizan rotación de cultivos; el uso de agroquímicos en los cultivos permanentes es el 48,08%, mientras que en los cultivos transitorios el 73,49% de manera indiscriminada (INEC, 2015, p. 32).

En el Ecuador cada vez la demanda alimenticia va incrementando de manera acelerada, a un ritmo de 1,6% anual, las áreas destinadas a la actividad agrícola, sin medidas de conservación deterioran la fertilidad del suelo y en consecuencia su baja productividad, siendo necesario intervenir con los agricultores en capacitación para la adopción de nuevas alternativas de producción que involucre de manera urgente la conservación y el mejoramiento del suelo (Suquilanda, 2017, 45-48).

Según (Vimos, 2017, pp. 1-116), en la provincia de Chimborazo los índices de erosión de suelo son de 4%, debido al mal manejo de este, al uso indiscriminado de agroquímicos y al uso de maquinaria agrícola con aperos inadecuados, además estos se usan en las laderas lo que ha favorecido a la erosión en las partes altas.

La razón de incluir en la rotación del sistema la avena-vicia y el haba, se debe a que la cosecha de papa -en los meses de julio-agosto- coincide con el período de verano, en donde se observó la

presencia de fuertes vientos de hasta 35 km hora<sup>-1</sup>, y en el cual los productores dejaban el suelo en descanso o cultivaban variedades nativas de papa que no les proveía cosechas con suficiente producción para su seguridad alimentaria y peor aún ingresos económicos extras; esto permitió tener cubierto el suelo con cultivos que promovieron un mejor uso del suelo y mejores ingresos económicos para las familias de la zona (Barrera *et al.*, 2012).

La degradación del suelo, se considera a toda modificación que se produce sobre la calidad, la energía, características físicas – químicas y biológicas del suelo, etc., involucrando cambios adversos que reducirán su habilidad para llevar a cabo las funciones y que le conducen directamente al deterioro del suelo (Suquilanda, 2015, p. sn).

La evaluación de las tres prácticas de agricultura de conservación (zanjas de desviación, tipos de labranza y cobertura de suelo) en el sector de la microcuenca del río Puculpala, se debe a que las prácticas de agricultura convencional producen erosión y deterioro del suelo, disminuyendo los niveles de fertilidad y productividad del suelo.

En Ecuador, la tala indiscriminada de los bosques naturales y de continuar este ritmo de deforestación, las reservas forestales para el año 2030 habrán desaparecido, principalmente por la ampliación de la frontera agrícola con el establecimiento de sistemas en monocultivos, que han demostrado poca sostenibilidad y desastres en cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades y el ambiente (MAE, 2012. pp. 4).

El Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA, 2007, p. sn) señala que vastas zonas de pendiente han sido empleadas para la producción agropecuaria. De esta manera, se inicia el proceso de pérdida de la biodiversidad (capital Natural).

Adicionalmente, el recurso suelo es explotado hasta un punto más allá del cual, actividades como el exceso de pastoreo del ganado, producción agrícola en áreas marginales, deforestación, etc., afectan la capacidad regenerativa de algunas especies vegetales, que conllevan no solo a la degradación del capital Natural sino además repercusiones socioeconómicas en las familias campesinas (Barrera *et al.*, 2012, p. 768-779).

Lo anteriormente señalado se puede observar en la microcuenca del río Puculpala, en donde se encuentra localizada la parroquia Quimiag que tiene 5257 habitantes, mismos que dependen fundamentalmente de las actividades agropecuarias, contando con un área de 1525,37 ha que es dedicada al cultivo de productos para la venta y consumo familiar tales como: papa, maíz, haba,

cebada, fréjol, alfalfa, cebada, ocas, mellocos, avena, zanahoria, cilantro y col (PROMAREN, 2013, pp. 175). Esta situación define el alto grado de vulnerabilidad y de riesgo social y económico que puede provocarse como consecuencia del manejo inadecuado del capital Natural, su degradación o efectos del cambio climático.

En la microcuenca del río Puculpala las áreas boscosas casi han desaparecido y el mal manejo del sistema de producción basado en los cultivos de papa y pastos muestran el siguiente esquema: siembra de papa, maíz, haba en los meses de febrero-marzo, con el inicio de las lluvias, y su ciclo de cultivo es de aproximadamente 7 meses (agosto-septiembre), en el caso de la papa y maíz, y de la haba de cinco meses; a partir de los meses de agosto-septiembre, dejan en barbecho hasta el mes de diciembre; finalmente, luego del ciclo de cultivos lo dejan sin uso por espacio de 3 a 5 años, o en su defecto establecen pasturas para la alimentación animal, el cual dura en el campo aproximadamente tres años. Este sistema de producción ha promovido el deterioro del capital Natural, especialmente del recurso suelo (PDOT Quimiag, 2015, p. 1-168).

Ante esta problemática, se realizó la presente investigación con la finalidad de propiciar alternativas de manejo racional del suelo, con prácticas de agricultura de conservación como la construcción de zanjas de desviación, tipos de labranza y cobertura del suelo, mejorando así la producción de los agricultores de la comunidad de Puculpala.

Además, el INIAP juntamente con Organismos Internacionales, Nacionales y locales, financian y dan apoyo a esta investigación, que es parte del proyecto que se implementó, con enfoque de manejo integrado de cuencas, que integra en su estudio los capitales: humano, social, cultural, financiero, político, físico y natural.

Este trabajo de investigación presenta como objetivos evaluar tres prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa, avena-vicia, maíz en la microcuenca del río Puculpala, así como también evaluar el efecto de las prácticas de agricultura de conservación sobre las características físico-químicas del suelo en la microcuenca del río Puculpala, además evaluar el efecto de las prácticas de agricultura de conservación sobre el rendimiento de los cultivos y por último evaluar económicamente las prácticas de agricultura de conservación en la microcuenca del río Puculpala.

Las hipótesis planteadas en el trabajo investigativo son: hipótesis nula, ninguna de las tres prácticas de agricultura de conservación influye sobre las características físico-químicas del suelo, el rendimiento de los cultivos e ingresos económicos de los productores de la microcuenca del río Puculpala y como hipótesis alterna, una de las prácticas de agricultura de conservación influye

sobre las características físico-químicas del suelo, el rendimiento de los cultivos e ingresos económicos de los productores de la microcuenca del río Puculpala.

Adema, se evaluaron parámetros dependientes como: Fertilidad de los suelos, Rendimiento de los cultivos e Ingresos económicos, y como variable independiente las prácticas de agricultura de conservación.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 El impacto de la revolución verde en el mundo actual

La agricultura y la necesidad de cultivar alimentos para la supervivencia de la humanidad, en la década de los cincuenta se volvió muy importante por tal motivo se buscaba altas tasas de producción agrícola con el uso de altas tecnologías.

La revolución verde se inició con el cambio del sistema agrícola hacia un diferente sistema apoyado de la “ciencia positivista” que principalmente se basaba en el uso de fertilizantes químicos, plaguicidas, herbicidas, maquinaria agrícola y las semillas híbridas que dominó la “Revolución verde”, siendo estos imprescindibles para la industrialización agrícola y que los países pobres lo lleven a cabo para salir de la pobreza (Chilón, 2017, p. 844-859).

El concepto básico en cual se basaba fue que mientras más insumos se añadían el rendimiento de los cultivos tendría aspectos positivos tanto en la productividad y como la economía, lo cual parecía tener resultados prometedores, pero después los efectos negativos fueron mayores que los beneficios o efectos positivos.

Uno de los problemas más graves que se ha evidenciado en el suelo es que se arruinan y se vuelven suelos infértiles incapaces de dar sostenibilidad a ningún cultivo, además el suelo no presenta nutrientes para la buena nutrición vegetal.

La agricultura ancestral era autosuficiente y no se requería de insumos químicos externos, más bien para incorporar nutrientes en el suelo se realizaba las prácticas de compostaje y se realizaba la rotación de cultivos también como métodos ancestrales para el cuidado del suelo, mientras que en la actualidad las practicas modernas de fertilización usando insumos químicos a degradado los suelos de manera acelerada (Ceccon, 2008, p ).

#### 1.2 Degradación del suelo

##### 1.2.1 *Degradación*

La degradación acelerada e irreversible de recurso suelo, es uno de los grandes peligros para la humanidad, se puede definir como el desbalance de algunas funciones del suelo que pueden causar

el deterioro físico, químico y biológico pudiendo llegar hasta la total destrucción. También podemos precisar como el deterioro de la calidad del suelo y la pérdida o reducción de la energía del suelo (López, R., 2002 p. 1).

El 15% de los suelos, acerca de 37,5 mil km<sup>2</sup> se encuentran en estado de erosión, la degradación del suelo ha ido aumentando en un 0,8% de los cuales el 25,9% se aprecia en la región Sierra (Montatixe, C., 2020).

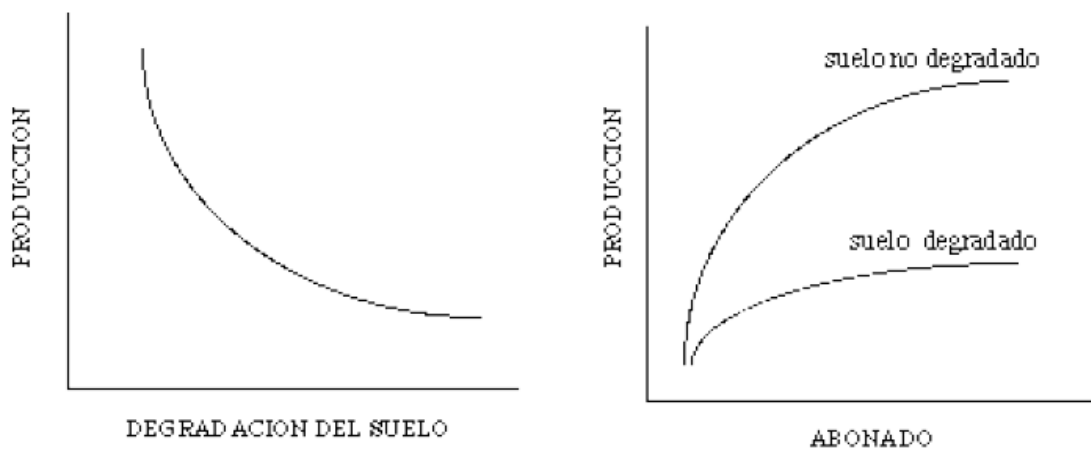
### 1.2.1.1 Tipos de degradación

Según (Suquilanda, 2017. pp. 27-288) existen una serie de degradaciones diferentes de las tenemos:

#### **Degradación de Fertilidad**

Es la reducción de la capacidad del suelo para soportar vida. Se producen modificaciones en sus propiedades físico-químicas y biológicas que conllevan a un deterioro. Además, pierde la capacidad de producir y cada vez requiere mayor cantidad de fertilizantes, obteniendo cosechas menores a las de un suelo no degradado (Figura 1).

La degradación del suelo también puede ser consecuencia de la **degradación química** se puede presentar por varias causas como: pérdida de nutrientes, acidificación, salinización, aumento de toxicidad por liberación o concentración de determinados elementos químicos y la **degradación física por:** pérdida de estructura, aumento de la densidad aparente, disminución de la permeabilidad o de la capacidad de retención de agua.



**Figura 1-1.** Degradación del suelo debido a la fertilidad.

Fuente: (Vimos, 2017, 1-116)

## **Degradación por Erosión**

La erosión es la pérdida de materiales del suelo de forma selectiva, independientemente, por la acción por el viento o del agua los materiales de las capas superficiales son arrastrados. Se habla de erosión hídrica cuando su agente es el agua, y de erosión eólica cuando su agente es el viento (Suquilanda, 2017, pp. 27-288).

## **Degradación por contaminantes**

El suelo también se degrada al presentar grandes acumulaciones de sustancias, esto implica la pérdida irreversible del suelo debido a la impermeabilización y a la erosión, problemas de estabilidad en las laderas y acidificación (Suquilanda, 2017, pp. 27-288).

### ***1.2.2 Causas del deterioro de los suelos***

Según (Suquilanda, 2017, pp. 27-288) señala que la degradación de suelos afecta directamente al sector agropecuario, debido a varias causas como: tala de bosques desmedida, sin cobertura vegetal, uso intensivo de la mecanización agrícola lo que incluye el uso de aperos de labranza inadecuados, monocultivos, riegos inadecuados, uso de contaminantes (plaguicidas, fertilizantes y desinfectantes químico-sintéticos), bajos niveles de capacitación en el manejo y conservación de suelos, olvido de las prácticas de conservación de suelos.

### ***1.2.3 Efectos causados por el deterioro de los suelos***

Entre los efectos que podemos señalar son: pérdida irreversible del suelo productivo, incrementa la erosión, disminución del valor económico de las tierras, incrementa los costos de producción, menores ingresos para los productores y aumento de la migración campo ciudad.

### ***1.2.4 Consecuencias de la degradación***

Según (Vimos, 2017, 1-116) la degradación del suelo presenta importantes consecuencias:

#### ***1.2.4.1 Pérdida de nutrientes (N, P, K, S, Ca, Mg, entre otros)***

Pueden eliminarse de manera directa por las aguas que se infiltran en el suelo o por erosión a través de las aguas de escorrentía, o de manera indirecta por erosión de los materiales que los contiene o que podrían fijarlos.



#### 1.2.4.2 *Modificación de las propiedades físico-químicas*

Acidificación, desbasificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible.

#### 1.2.4.3 *Deterioro de estructura*

Un suelo compactado presenta menor porosidad, lo que conlleva a una reducción del drenaje y una pérdida de estabilidad, en consecuencia, se produce encostramiento superficial, disminuye de la capacidad de retención de agua y por tanto el aumento de la escorrentía.

#### 1.2.4.4 *Pérdida física de materiales*

Erosión selectiva (parcial, de los constituyentes más lábiles, como los limos) o masiva (perdida de la capa superficial del suelo, o en los casos extremos de la totalidad del suelo).

#### 1.2.4.5 *Incrementación de toxicidad*

Las propiedades del suelo al ser modificadas producen la liberación de sustancias nocivas.

### 1.2.3 *Degradación del suelo en el Ecuador*

El Ecuador se caracteriza por la gran variedad y la riqueza de sus recursos naturales, dentro de los cuales se puede destacar en particular la presencia de los suelos volcánicos con un potencial agrícola elevado y una amplia gama de climas sobre distancias cortas. Sin embargo, los suelos de la sierra ecuatoriana están sustentando por una capa dura amarilla, conocida como cangahua, que a menudo están expuestas en laderas de pendiente erosionada (Vimos, 2017, pp. 1-116).

A continuación, en la tabla 1-5, se observa que en el Ecuador aproximadamente la mitad del total de las tierras agrícolas se encuentran en un estado de degradación.

**Tabla 1-1:** Área de producción de cultivos y porcentajes de degradación del suelo.

<b>Descripción</b>	<b>Mundo</b>	<b>Ecuador</b>
Total, tierras de cultivo (ha)	1500 millones	2'361786
Tierras de cultivo afectadas por degradación del suelo (%)	38	46

**Fuente:** (Vimos, 2017 pp. 1-116)

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021.

### **1.3 Fertilidad de los suelos**

La fertilidad del suelo está representada por la cantidad adecuada de nutrimentos, agua y aire que este es capaz de suministrar a las plantas para permitirles crecer y producir en buenas condiciones. Además, el suelo es el soporte y proveedor de alimento para los animales y vegetales para su desarrollo (Suquilanda, 2017, pp. 27-288).

Según (Andrades, 2014, pp. 2-34) menciona al suelo como soporte físico y fuente de elementos nutritivos constituye un elemento fundamental para el correcto desarrollo y la buena producción de cualquier especie vegetal.

La incorporación de cultivos de protección que agreguen materia orgánica al suelo puede potenciar la fertilidad, mejorando la estructura por lo tanto promover un suelo sano y fértil (IAEA, 2021).

### **1.4 Agricultura de conservación**

#### ***1.4.1 Definición***

La Agricultura de conservación (AC) es un sistema que mantiene cubierto permanentemente al suelo, las labores de labranza son mínimas y una diversidad de especies (FAO, 2019). Además (Salgado, 2017, pp 1-40) dice que la conservación de suelos también es una combinación de obras estructurales, medidas agronómicas de fertilidad y los sistemas agroforestales.

#### ***1.4.2 Agricultura de conservación como alternativa para evitar la erosión***

Portilla (2012, pp. 4-5), menciona que *“El objetivo de la Agricultura de Conservación es tener una producción agrícola económica, ecológica y socialmente sostenible y que al mismo tiempo regenera el suelo y revierte su degradación”*.

Para tener un buen manejo de suelos, si no se conoce los riesgos de erosión principalmente en las zonas de ladera, que presentan poca vegetación que cubre al suelo y que por efectos de la erosión mediante el uso de la labranza convencional y también por el efecto de la lluvia que arrastra toda la capa arable hacia las partes bajas de la ladera por lo tanto el suelo se deteriora rápidamente (Suquilanda, 2017, pp. 27-288).

Las medidas de conservación ayudan a la restauración y conservación del suelo, ya que a su vez estas medidas ayudan a una mejor productividad agrícola, para iniciar una recuperación de suelos se debe tomar en cuenta las prácticas de agricultura de conservación (Suquilanda, 2017, pp. 27-288).

Las medidas agronómicas de conservación de suelos permiten principalmente el aumento de la capacidad productiva mediante sistemas de manejo directo.

También (Salgado, 2017, pp. 1-40) menciona algunos beneficios de la agricultura de conservación como: una menor velocidad de escorrentía, disminuye la cantidad de escurrimientos y no deja que se formen cárcavas.

Las prácticas de Agricultura de Conservación son alternativas que pueden solucionar los problemas que son generados por el excesivo laboreo del suelo, consecuentemente estas prácticas, mejoraran la calidad del suelo y el rendimiento de los cultivos (Martínez, G., *ét. ál.* 2019, p. 756-778).

Según (Martínez, G., *ét. ál.* 2019, p. 756-778), menciona que la Agricultura de Conservación presenta tres principios: a) el suelo no debe movérselo seguidamente para la siembra, b) proteger la superficie con residuos de cosecha, c) practicar rotación de cultivos y (Portilla, 2012, p. 4-5) también menciona que la Agricultura de Conservación se basa en tres principios: suelo permanente cubierto, movimiento del suelo mínimo y rotación de cultivos.

La práctica de Agricultura de Conservación en las fincas ayuda a la reducción de operaciones en campo, por tal motivo los agricultores no tienen la necesidad de adquirir diversos equipos, los costos como de combustible, mano de obra tienden a reducir (FAO, 2006).

### ***1.4.3 Prácticas de Agricultura de Conservación (AC)***

En la actualidad existen varias prácticas de Agricultura de Conservación, las utilizadas en el presente trabajo se describen a continuación:

#### ***1.4.3.1 Tipos de labranza***

El laboreo constante promueve la rápida degradación de la estructura del suelo, afecta a su composición química, promueve la degradación biológica y la pérdida del carbono del suelo, en forma de dióxido de carbono (Mamani, *ét. ál.* 2015, pp. 67-73).

## **Labranza mínima**

El sistema de labranza mínima es aquel que el suelo se labra muy poco o se realiza pocas pasadas con un arado (FAO, 2019). Según (Valarezo, 2017, pp. 2-4) el sistema de labranza mínima ayuda principalmente en la reducción de la pérdida del suelo por erosión hídrica y también por la erosión eólica. Después de cada siembra al momento de cosechar se deja los residuos en el mismo lugar del cultivo eso ayudará a alcanzar los objetivos de la labranza mínima.

Según (FAO, 2001) comenta que son técnicas usadas para mejorar el suelo, el agua y los recursos biológicos, con la finalidad de mejorar y hacer sostenible la producción agrícola.

La labranza conservacionista o siembra directa constituye una alternativa para una mejor producción, además este sistemas dará beneficios a corto, mediano y largo plazo sobre el suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas y también ayudan en la reducción de los costos de producción, porque con el sistema convencional los precios son elevados (Rojas, 2001, p. 209)

## **Labranza convencional**

El problema más grande sobre erosión se presenta en los suelos que están expuestos al sistema de labranza convencional, en los suelos agrícolas afecta un 50% (Pantoja, 2016, p. 593).

El sistema de labranza convencional en la región Andina ha sido el método más usado para las labores pre culturales para la siembra, causando efectos negativos sobre la erosión del suelo lo que conlleva a la disminución de la materia orgánica alteración en las propiedades físico, químicas y biológicas del suelo (Rojas, 2001, p. 209).

### *1.4.3.2 Cultivos de cobertura*

El cultivo de cobertura es una alternativa sana de prácticas de agricultura de conservación, frente a la acelerada degradación del suelo.

Los cultivos de cobertura son introducidos en las rotaciones de cultivos y estos formarán una capa densa en el suelo, generalmente las plantas usadas para realizar la cobertura de suelo son las gramíneas o plantas herbáceas (Suquilanda, 2017, pp. 27-288), según (FAO, 2001) son variedades espontaneas que se cortan o se secan antes de cada siembra nueva. Las especies leguminosas son una de las principales especies forrajeras (FAO, 2019).

Según (Suquilanda 2017, pp. 27-288), menciona que los cultivos de cobertura tienen como objetivos:

- Evitar la erosión del suelo por el golpe directo de las gotas de lluvia y que arrastran las partículas más pequeñas hacia las partes bajas
- Mejora la infiltración
- Reduce la velocidad de escurrimiento superficial
- Incorporar como abono verde incrementando la materia orgánica en el suelo

Las plantas más usadas para las coberturas de suelo son las leguminosas y gramíneas. Entre las leguminosas más usadas tenemos la *Vicia villosa*, *Vicia Sativa* y algunos tréboles (*Trifolium spp*) y entre las gramíneas más usadas tenemos la avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y centeno (*Secale cereale* L.) (Valarezo, 2017, pp. 2-4).

Los cultivos pueden permanecer por mucho tiempo o por varias temporadas, pero también estos cultivos se los puede incorporar en el suelo mediante el uso de la labranza, a esta adición de las plantas de cobertura se le conoce como la incorporación de abonos verdes (Valarezo, 2017, p. 2-4).

### **Cultivos de cobertura como abonos verdes**

Estos tienen la finalidad de devolver al suelo los nutrientes. Al incorporar al suelo esto regula el contenido de nitrógeno y carbono.

Los abonos verdes tienen varios beneficios como el aumento de materia orgánica en el suelo, debido a su buena relación carbono/nitrógeno; enriquecimiento del suelo con nutrientes disponibles ya que con su descomposición libera nutrientes y se ponen a disposición para los cultivos; evita la erosión, impidiendo que lleguen directo el impacto de las gotas de lluvia al suelo y protegiendo del efecto directo de los rayos solares y del viento. Mejora de la estructura del suelo ya que favorece a la formación de agregados facilitando la entrada de aire y agua; por último, evita el crecimiento de arvenses (Suquilanda, 2017, pp. 27-288).

Además, según (FAO, 2000) la arvejilla (*Vicia sativa*) muestra efecto positivo sobre el rendimiento de cultivo de maíz.

#### *1.4.3.3 Zanjas de desviación*

Son canales angostos transversales a la pendiente trazados en un intervalo predeterminado siguiendo la curva de nivel, estos tienen el propósito de interceptar las aguas de escorrentía y

evacuar hacia lugares adecuados, además reducen el grado de pendiente disminuyendo el riesgo de erosión (Suquilanda, 2017, pp. 27-288).

#### *1.4.3.4 Rotación de cultivos*

La rotación de cultivos es lo contrario al manejo de cultivos en monocultivo o la producción de un solo cultivo en la misma parcela por mucho tiempo (varios años). Lo que condujo a realizar la rotación de cultivos es debido a que se dieron cuenta que la producción era mayor en cada ciclo de cultivo a diferencia de los cultivos que están presentes por años en la misma parcela. La diversidad de especies a sembrar en cada ciclo ya sean especies con diferente hábito de crecimiento, precocidad, (Valarezo, 2017, p. 2-4).

La rotación de cultivos es muy antigua ya que se ha usado con el fin de aumentar la fertilidad en los suelos que son utilizados para la agricultura, en la actualidad se usa los fertilizantes sintéticos nitrogenados que sustituyen a las plantas leguminosas ya que han los mismos han perdido gran importancia. Las plantas leguminosas y gramíneas en un sistema de rotación se las usa en el periodo de descanso que se le da al terreno (Valarezo, 2017, p. 2-4).

Según (Suquilanda, 2017, pp. 27-288) La rotación de cultivos tiene como objetivos:

- Lograr ocupación máxima del suelo en espacio y tiempo
- Mantener una cobertura permanente
- Mantener y mejorar la fertilidad de suelo
- Ayuda a prevenir la incidencia de plagas
- Reducir los efectos negativos del clima

La rotación de cultivo en el presente trabajo fue papa – avena vicia – maíz:

#### **Cultivo de papa**

A nivel mundial los países con mayor extensión dedicados al cultivo de papa son: china (3,5 millones ha), la Federación Rusa (3,4 millones ha), Ucrania (1,6 millones ha), Polonia (1,4 millones ha) y La India (1,1 millones ha). A nivel de América Latina, en Ecuador se cultiva alrededor de 66.000 ha de papa, a pesar de ser un país de origen de este cultivo (Pumisacho y Sherwood, 2002, p. 1009-1010).

En cuanto a producción los países como: Holanda, Estados Unidos, Bélgica y Luxemburgo y Canadá, su producción de papa por área cultivada es mayor teniendo datos estadísticos de (44 T ha<sup>-1</sup>), (39 T ha<sup>-1</sup>), (38 T ha<sup>-1</sup>) y (27 T ha<sup>-1</sup>) respectivamente. En los Andes países como Colombia y Venezuela tienen los altos rendimientos de (16 t/ha), mientras que en Ecuador y Bolivia presenta una producción de (6 y 7 T ha<sup>-1</sup>) respectivamente (Pumisacho y Sherwood, 2002, p. 1009-1010).

La provincia de Chimborazo, en datos estadísticos se encuentra dentro de unas de las provincias con mayor la producción de papa a nivel del Ecuador con el 13,87% de producción (ESPAC-INEC, 2017, p. 88).

La producción promedio es de 480.000 toneladas y un rendimiento por hectárea de 7.7 toneladas, mientras tanto los estudios realizados por INIAP demuestran que el rendimiento promedio es de 14 T ha<sup>-1</sup> (Pumisacho y Sherwood, 2002, pp. 1009-1010).

### **Cultivo de maíz**

El maíz (*Zea mays* L.) es originario de América, el maíz de altura es uno de los cultivos más importantes de la zona andina debido al área dedicada al cultivo y por ser un componente básico de los sistemas de producción y alimentación del hombre andino (Morales, 2015, pp. 15-145).

El cultivo de maíz tiene gran importancia debido a la superficie dedicada a este cultivo y que este cumple un papel importante en la dieta de la población ecuatoriana (Yáñez et al., 2013, p. 96). Según (Caviedes Cepeda, 2019, pp. 116-123) menciona que las estadísticas de la FAO, en el año 2016 la superficie sembrada fue de 485696 hectáreas con una producción de 1'667704 toneladas y un rendimiento de 3.17 T ha<sup>-1</sup>.

### **Cultivo de avena-vicia**

Es una mezcla entre una gramínea y una leguminosa con la finalidad de usarlo como cobertura del suelo.

El cultivo de **avena** (*Avena sativa*) en el Ecuador presenta buenas características geográficas, climáticas y de suelos lo que permite cultivar en todo el callejón interandino en especial en las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Loja, Azuay y Cotopaxi (Jiménez, L. 2016. p. 3).

La **avena forrajera** (*Avena sativa*) pertenece a la familia de las gramíneas, su uso es exclusivo para pastoreo, heno y ensilado, pero también se lo usa para cubrir el suelo y aportar materia orgánica.

Según (Loayza, 2016, p. 7) la variedad INIAP – 82 posee las siguientes características agronómicas:

- Habito de crecimiento erecto
- Buen macollaje
- Inflorescencia en panoja mediana
- Grano mediano, ovoide y lleno
- Ciclo vegetativo de 180 días
- Rendimiento de 1300 a 1500 kg ha<sup>-1</sup> (28 a 110 qq/ha)
- Altitud que se adapta 2800 – 3300 msnm

La **vicia** (*vicia sativa*) es una leguminosa que resulta muy importante y se realiza su práctica normalmente lo cual no resulta ser costoso, la siembra se la realiza a chorro continuo o al voleo. Al ser cosechado y dejado en el mismo lugar estos ayudan en el incremento de Materia Seca y al cubrimiento del suelo (Bertolotto y Marzetti, 2017, p. 31).

### **1.5 Enfoque de sistemas**

El enfoque de sistemas es una manera de pensar en términos de interconexión, relaciones y contexto. Según este enfoque, las propiedades esenciales de un organismo, de una sociedad o de otros sistemas complejos son propiedades del conjunto, que surgen de las interacciones y las relaciones entre las partes, este análisis de las propiedades de las partes y del todo se debe realizar teniendo en cuenta el contexto. El contexto es el producto de las diferentes percepciones de los diferentes grupos de actores sociales que comparten diferentes visiones de mundo. Existen, por lo tanto, "contextos", como realidades socialmente construidas por las decisiones y acciones derivadas de estas diferentes percepciones de la realidad. En este sentido, el contexto es un espacio especial de desarrollo, donde interactúan sociedad, cultura y naturaleza (Segredo, A., *ét. ál.* 2015, pp. 115-129).

La agricultura considerada como un “sistema” significa la incorporación de dimensiones biofísicas tales como, nutrientes y agua en el suelo, además se considera los aspectos socioeconómicos mediante el cual se toma decisiones para la producción agrícola y el consumo (FAO, 2001).

La FAO (2021) menciona a la agricultura dentro de un enfoque sistémico se la puede considerar que: *“El sistema agrario representa la realidad agraria dada a escala determinada, generalmente relacionado con una micro región. Abarca la sociedad rural local en su complejidad, el ecosistema y el conjunto de las relaciones técnicas, sociales y económicas que*



*esta comunidad ha establecido con su ambiente y en el interior de ella misma. La unidad de producción agrícola, que a su vez se analiza como un sistema de producción autónomo, es uno de sus componentes esenciales, constituyendo a su vez subsistemas del sistema agrario”.*

### **1.5.1 Sistema de producción**

Los sistemas de producción agropecuarios juegan un papel importante en la economía del Ecuador. Un sistema es definido como la relación entre componentes físicos u objetos que están relacionados con un solo objetivo. Es decir que debe presentar una relación armónica con el todo. Además, (FAO, 2021) menciona que *“es una combinación en el espacio y en el tiempo de ciertas cantidades de fuerza de trabajo (familiar, asalariada, etc.) y de distintos medios de producción (recursos vegetales, tierras, agua, mano de obra, etc.), con el objetivo de obtener diferentes producciones agrícolas”.*

Un sistema agropecuario, en un lugar geográfico específico, en si es un “Sistema Real” que es puro y exclusivo de un territorio específico. En donde se encuentra influenciado por los factores endógenos y exógenos los cuales afectan a la productividad, los factores endógenos pueden ser controlados por el agricultor y los factores exógenos no se puede controlar, no obstante todos estos factores son necesarios analizarlos para una excelente productividad (Leon-Velarde y Barrera, 2003).

Según (FAO, 2021) un sistema de producción está constituido por subsistemas:

#### **1.5.1.1 El sistema de cultivo**

Un sistema de cultivo se define como una superficie de terreno donde puede existir varios sistemas de cultivo, a esta asociación puede ser llamado sistema de producción vegetal.

El estudio de un sistema de cultivo aspira a entender la evolución de la población vegetal tales como, crecimiento de las plantas cultivadas, su distribución en el terreno, su rotación en el tiempo, su nivel de competitividad con las malezas existentes, etc., los itinerarios técnicos empleados, el nivel de producción obtenido, la productividad del trabajo y de la tierra y el rendimiento del cultivo.

### *1.5.1.2 Sistema de ganadería*

Este subsistema hace referencia al conjunto de animales agrupados en un rebaño, en sí, al estudio de la actividad animal en el que se aplica una determinada vía técnica, los componentes son selección, reproducción, alimentación, higiene y protección sanitaria.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Características del lugar

##### 2.1.2 Localización

La presente investigación, se realizó en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, parroquia Quimiag, comunidad Puculpala. (ANEXO A).

##### 2.1.3 Ubicación geográfica<sup>1</sup>

Altitud: 2874 msnm

Latitud UTM: 98141175

Longitud UTM: 768788

##### 2.1.4 Condiciones climatológicas<sup>2</sup>

Zona climática: mesotérmico-semihúmedo

Temperatura promedio: 15 a 22°C

Precipitación media anual: 500 a 2.000 mm

Humedad relativa promedio: 70%

Topografía: 50 al 70%

Tipo de suelo: Andisol

##### 2.1.5 Clasificación ecológica

La zona de estudio pertenece a bosque seco Montano – Bajo (b.s.M.B) (PDOT Quimiag, 2015, p. 1-168).

<sup>1</sup> Información directa obtenida por Técnicos INIAP, 2019

<sup>2</sup> Cañadas 1983 y PDOT, Quimiag 2012

<sup>3</sup> Departamento de suelos y aguas EESC (INIAP, 2014)

### **2.1.6 *Taxonomía del suelo***<sup>3</sup>

Orden: Andisoles

Suborden: Udands

Gran orden: Haplustands

Subgrupo: Thapthic Haplustands

<sup>1</sup> Información directa obtenida por Técnicos INIAP, 2019

<sup>2</sup> Cañadas 1983 y PDOT, Quimiag 2012

<sup>3</sup> Departamento de suelos y aguas EESC (INIAP, 2014)

## **2.2 Materiales**

### **2.2.1 Material biológico de la investigación**

Papa variedad superchola (*Solanum tuberosum*), mezcla forrajera de avena INIAP-82 (*Avena sativa*) – vicia común (*Vicia sativa*), maíz blanco (*Zea maíz*).

### **2.2.2 Materiales de campo**

Estacas, Piolas, azadones, Barras, palas, martillo, postes, alambre de púa, rollo de mangueras, aspersores, letreros, balanza de campo, balanza de precisión, libreta de campo, barreno para densidad aparente, barreno para análisis de suelo, fundas plásticas, bomba de mochila, equipo de protección para plaguicidas, costales, nivel topográfico, materiales de laboratorio y reactivos.

### **2.2.3 Materiales de oficina**

Lápices, esferos, hojas de papel bond, borrador, marcadores, resaltadores y carpetas.

### **2.2.4 Equipos**

Computadora, impresora, cartuchos, calculadora, GPS y cámara digital.

### **2.2.5 Insumos agrícolas**

Fertilizantes químicos y pesticidas de baja toxicidad.

## **2.3 Métodos**

### **2.3.1 Método**

Las variables evaluadas para los cultivos de la investigación:

- a. Rendimiento en T ha<sup>-1</sup> de los cultivos en rotación.
- b. Beneficios netos en USD ha<sup>-1</sup>

Se evaluó los siguientes parámetros agronómicos para cada cultivo:

### 2.3.1.1 Cultivo de papa

#### **Peso de tubérculos por parcela**

Una vez cosechadas todas las plantas de cada parcela neta, se pesó en una balanza y se expresó el resultado en kg/parcela.

#### **Rendimiento en Kg ha<sup>-1</sup>**

Para estimar el rendimiento de papa en kg ha<sup>-1</sup>, se aplicó la siguiente fórmula:

$$R = PCP \times \frac{10000\text{m}^2/\text{ha}}{\text{ANCm}^2}$$

En donde:

- R: Rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>  
PCP: Peso de campo por parcela en kg  
ANC: Área neta cosechada en m<sup>2</sup>

#### **Categoría de tubérculos**

La clasificación de tubérculos, esta actividad se realizó después de la cosecha mediante la siguiente escala:

**Tabla 1-2:** Clasificación de los tubérculos de papa

<b>Categoría</b>	<b>Peso tubérculo en gramos</b>
1. Gruesa	>80
2. Primera loquera	61 a 80
3. Segunda loquera	41 a 60
4. Tercera loquera	21 a 40
5. Cuchipapa	<20

**Fuente:** Torres, 2011

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

### 2.3.1.2 Cultivo de avena – vicia

#### **Rendimiento de materia verde por parcela**

La parcela neta se determinó eliminando 1 metro a cada lado de la parcela (10m x 4m) contando con una superficie neta de 60 m<sup>2</sup>. Se trozó todo el forraje y se pesó en una balanza toda la materia fresca y luego se expresó el rendimiento en T ha<sup>-1</sup>. De acuerdo con los tratamientos los residuos se quitaron o dejaron en la misma parcela, luego de haber pesado el follaje.

### 2.3.1.3 Cultivo de maíz

#### **Peso del grano de maíz por parcela**

Cuando el cultivo se halló en madurez fisiológica, se recogió las mazorcas de cada parcela neta. Se procedió a desgranar y en una balanza se determinó el rendimiento del grano y el peso de la tusa en campo. También se tomó el peso del resto de los residuos del maíz, y se expresó el resultado en kg ha<sup>-1</sup>, de acuerdo con el tratamiento se dejó o se retiró de la parcela.

#### **Rendimiento en Kg ha<sup>-1</sup>**

Para estimar el rendimiento del maíz en kg ha<sup>-1</sup>, se aplicó la siguiente fórmula:

$$R = PCP \times \frac{10000\text{m}^2/\text{ha}}{\text{ANCm}^2}$$

En donde:

- R: Rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>  
PCP: Peso de campo por parcela en kg  
ANC: Área neta cosechada en m<sup>2</sup>

## **2.4 Análisis físico del suelo**

### **2.4.1 Densidad aparente**

Al inicio y al final del experimento se determinó la densidad aparente, para ello se tomó muestras del suelo a una profundidad de 11-20cm dentro de la parcela neta, con el barreno de volumen conocido (68,19cm<sup>3</sup>). Estas muestras se llevaron al laboratorio para pesarlas en húmedo y se

colocaron en la estufa a 105 °C durante 24 horas y se determinó el peso seco. Los datos se expresaron en g/cm<sup>3</sup>.

$$Da = Ms/Vt$$

En donde:

Da= Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

Ms= Masa de suelo seco a 105 °C

Vt= Volumen total (cm<sup>3</sup>)

#### **2.4.2 Humedad gravimétrica**

Las muestras que se tomaron para densidad aparente, también se usaron para evaluar este parámetro por lo que se tomaron muestras de suelo al inicio y al final del experimento en cada parcela neta. Las muestras se tomaron a una profundidad de 11-20cm, estas fueron pesadas y colocadas en la estufa a 105 °C por 24 horas. La determinación de la humedad se realizó con el método gravimétrico y se expresó en porcentaje aplicando la siguiente fórmula:

$$Hg = (PSH - PSS / PSS) \times 100$$

En donde:

Hg= Humedad gravimétrica (%)

PSH= Peso del suelo húmedo (g)

PSS= Peso del suelo seco (g)

### **2.5 Análisis químico del suelo**

#### **2.5.1 Determinación del nitrógeno amoniacal (Método Fotocolorimétrico)**

Permitió cuantificar el nitrógeno amoniacal disponible para las plantas en el suelo. El compuesto de azul indofenol se obtiene en la reacción a pH alto del amonio e hipoclorito. El calcio y el magnesio se complejan con el citrato para evitar interferencias. Como extractante se utilizó Olsen modificado (Bicarbonato de sodio + EDTA + Superflow).



### **2.5.2 *Determinación de fósforo (Método Fotocolorimétrico)***

La determinación de fósforo dio a conocer que el fósforo disponible define los grados de deficiencia, suficiencia o exceso de este elemento en relación con su disponibilidad para los cultivos.

Se basa en la medición de la intensidad del color producido por el complejo azul de fosfomolibdato. Este complejo que es heteropoliácido se forma por la reacción del ión ortofosfato con el ión molibdato en medio ácido. El ácido ascórbico parcialmente el complejo formado y genera el color azul. Como extractante se utiliza Olsen modificado.

### **2.5.3 *Determinación de potasio. (Método de Espectrofotometría de absorción atómica)***

Se determinó la cantidad de potasio extraída por la solución Olsen modificado (pH a 8,5). El elemento potasio, en solución son atomizados en la llama de aire-acetileno, lo que permitió que se absorba la radiación proveniente de una lámpara del mismo elemento en forma proporcional a la cantidad de átomos presentes. La adición de óxido de lantano se hizo con el fin de eliminar la interferencia de carácter químico. Como extractante se utiliza Olsen modificado.

## **2.6 Factores en estudio**

### **2.6.1 *Factor A: Conservación de suelos***

- a. Sin zanjas de desviación
- b. Con zanjas de desviación

### **2.6.2 *Factor B: Tipos de labranza***

- a. Labranza convencional
- b. Labranza mínima

### **2.6.3 *Factor C: Cultivos de cobertura***

- a. Sin residuo
- b. Con residuo

## 2.7 Tratamientos en estudio

Los nueve tratamientos en estudio constan en la Tabla 2-6. Los tratamientos T1 a T8 son propuestas de Agricultura de Conservación, priorizando la tecnología de manejo del INIAP, en cada cultivo con la combinación de los factores AxBxC. El tratamiento T9 es el tratamiento testigo de las prácticas convencionales que realizan los agricultores.

**Tabla 2-2:** Tratamientos en estudio y ciclos de evaluación

Tratamiento	1er ciclo	2do ciclo	3er ciclo
T1= Con zanjas, labranza convencional, sin residuo	Papa	Avena-vicia	Maíz
T2= Con zanjas, labranza convencional, con residuo	Papa	Avena-vicia	Maíz
T3= Con zanjas, labranza reducida, sin residuo	Papa	Avena-vicia	Maíz
T4= Con zanjas, labranza reducida, con residuo	Papa	Avena-vicia	Maíz
T5= Sin zanja, labranza convencional, sin residuo	Papa	Avena-vicia	Maíz
T6= Sin zanja, labranza convencional, con residuo	Papa	Avena-vicia	Maíz
T7= Sin zanja, labranza reducida, sin residuo	Papa	Avena-vicia	Maíz
T8= Sin zanja, labranza reducida, con residuo	Papa	Avena-vicia	Maíz
T9= Testigo (sin zanjas, labranza convencional, sin residuo)	Papa	Avena-vicia	Maíz

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

Sin residuo = corta y alimenta los animales o vende; Con residuo = corta y deja en la superficie del suelo.

## 2.8 Características del campo experimental

**Tabla 3-2:** Características de la unidad experimental

N°	Denominación	Especificaciones
1	Número de repeticiones:	3
2	Número de tratamientos:	9
3	Número de unidades experimentales (parcelas):	27
4	Área total por parcela: 6 m x 12 m	72 m <sup>2</sup>
5	Área total del experimento: 72m <sup>2</sup> x 27 parcelas	1944 m <sup>2</sup>
6	Área total del ensayo incluidos caminos: (74m x 42m)	2330m <sup>2</sup>

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

### 2.8.1 Cultivo de papa

**Tabla 4-2:** Características de la unidad experimental

N°	Denominación	Especificaciones
1	Área total de parcela	72 m <sup>2</sup>
2	El número de surcos por parcela total	12
3	Número de surcos por parcela neta	10
4	Densidad de sitios por surco	15
5	Distancia entre surcos	1 m
6	Distancia entre plantas	0.40
7	Área neta por parcela	40 m <sup>2</sup>

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

### 2.8.2 Cultivo de avena-vicia

**Tabla 5-2:** Características de la unidad experimental

N°	Denominación	Especificaciones
1	Área total de parcela	72 m <sup>2</sup>
2	Área neta por parcela	52 m <sup>2</sup>

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

La siembra se realizará al boleó

### 2.8.3 Cultivo de maíz

**Tabla 6-2:** Características de la unidad experimental

N°	Denominación	Especificaciones
1	Área total de parcela	72 m <sup>2</sup>
2	El número de surcos por parcela total	15
3	Número de surcos por parcela neta	13
4	Distancia entre surcos	0.80
5	Distancia entre plantas	0.40
6	Área neta por parcela	40 m <sup>2</sup>

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

## 2.9 Tipo de diseño

### 2.9.1 Diseño experimental

Se aplicó el diseño de Bloques Completamente al Azar “DBCA” en arreglo de parcela dividida más un testigo en donde el factor A corresponde a la parcela principal y los factores B y C como parcela dividida sobre el factor A, con tres repeticiones por tratamiento.

### 2.9.2 *Análisis de varianza*

**Tabla 7-2:** Esquema de análisis de varianza

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	26
Bloques	2
Conservación (A)	1
Error experimental	2
Labranza (B)	1
AxB	1
Cobertura (C)	1
CxA	1
CxB	1
AxBxC	1
Testigo vs Resto de tratamientos	1
Error experimental	14

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

### 2.9.3 *Análisis funcional*

Análisis de varianza y prueba de (Least significant difference) LSD al 5% para comparar los niveles de los factores, las interacciones de los factores y la comparación ortogonal testigo versus el resto de los tratamientos.

### 2.9.4 *Análisis económico*

Se realizó el análisis de presupuesto Parcial basado en la Tasa de Retorno Marginal (TRM); para ello, deberán tomar en consideración los costos de producción y los rendimientos de los cultivos en cada tratamiento en estudio (CIMMYT, 1988)

## **2.10 Manejo específico del experimento**

En la microcuenca del río Puculpala, se seleccionó un lote de 2940m<sup>2</sup>, que estuvieron en barbecho por tres años, se tomaron muestras de suelo por cada unidad experimental a la profundidad de 11-20 cm, al inicio del ensayo y luego de cada cultivo en rotación, para su análisis químico y físico en el Laboratorio del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

### **Trazado de zanjas de desviación de agua**

En las parcelas principales que correspondieron al factor A (A1= con zanjas), se realizó cuatro zanjas separadas cada 13 metros con una longitud de 32 metros y una profundidad de 0,50 metros, con la ayuda de un nivel en A con pendiente del 1%. En la parte alta del talud se sembró Retamilla (*Genista monspessulana* L.) con la finalidad de proteger las zanjas.

#### **2.10.1 Cultivo de papa**

##### *2.10.1.1 Manejo convencional del cultivo (testigo)*

Se prepararon las parcelas que pertenecieron a la labranza convencional, 15 días antes de la siembra, se realizó labores en el suelo de barbecho con un pique y repique con azadones. Transcurrido este tiempo se procedió sembrar la papa, en surcos con distancia de 1 m y entre plantas de 0,40, se usó semilla de la variedad superchola (990 kg ha<sup>-1</sup> de semilla), se depositó dos tubérculos medianos.

Se utilizó fertilizante compuesto 18-46-00 al momento de la siembra, en relación de 50 kg ha<sup>-1</sup> de abono por 181,80 kg/ha de semilla de papa. El tape se hizo con azadón, con una capa de tierra que cubra la semilla. Las labores de rascadillo y aporque se efectuó con azadón a los 60 y 100 días después de la siembra.

Para el control de lancha se usó fungicidas sistémicos y de contacto cada 10 o 15 días después de la emergencia, y para el control de gusano blanco, pulguitas, trips y moscas minadoras fue courage, curaron y engeo.

La cosechó manualmente cuando la piel del tubérculo estuvo firme.

### *2.10.1.2 Manejo del cultivo con agricultura de conservación*

Las parcelas que corresponden a **labranza convencional**, 15 días antes de la siembra se ejecutó labores de barbecho y repique con azadones. En las unidades experimentales **con labranza reducida**, se aplicará glifosato en dosis de 12,5 cc/litro de agua, 15 días antes de la siembra. Con un mes antes de la siembra hizo el trampeo.

Para la siembra se construyeron surcos a una profundidad de 0,30 cm con azadones y la distancia de 0,40 entre plantas, además se usó semilla de la variedad SUPERCHOLA, depositando 1 tubérculo de 60 gramos de peso, el tape se hizo con una capa de tierra no superior al doble del tamaño de la semilla.

Para la fertilización se aplicó de acuerdo con el análisis químico del suelo, según (Pumisacho y Sherwood, 2002), la fertilización para suelo que tiene un contenido medio de los nutrientes principales, es de 120–300–60–30 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-S. Al momento de la siembra se colocó, al fondo del surco y a chorro continuo, el 40% de N y el 100% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-S y se tapó con una capa de suelo para evitar el contacto con los brotes del tubérculo semilla.

Las labores de rascadillo y aporque se llevó a cabo a los 45 y 60 días después de la siembra, con azadones, en el rascadillo se puso el 60% de N restante en banda lateral y se cubrió con suelo en la labor del medio aporque.

El control de plagas se realizó con insecticidas de sello azul como el Acefato en dosis de 2 g/l de agua. Para la lancha, el principio se dio manejo integrado del cultivo, se usó variedad resistente como SUPERCHOLA, época de siembra, semilla de calidad, fungicidas de contacto y sistémicos de sello verde como Cimoxanil, Clorothalonil y Propineb, en dosis de 2,5 g/l de agua.

Se cosechó cuando la planta entró en la fase de madurez fisiológica, en los tratamientos sin residuo se procedió a retirar el follaje de la cosecha a un costado de la parcela, en el caso de los tratamientos con residuo los restos de la cosecha se dejaron en el mismo sitio como cobertura del suelo.

Además, la cosecha fue manual y se registró el peso correspondiente en kg/parcela neta y luego se clasificó de acuerdo con las categorías.

## **2.10.2 Cultivo de maíz**

### *2.10.2.1 Manejo convencional del cultivo (testigo)*

En la parcela testigo que correspondió al manejo del agricultor, se realizó la preparación del suelo tal como lo hacen en localidad con yunta o azadón; para la siembra se hizo los surcos con azadón con distancia de 0,50 m entre plantas y 0,80 m entre surcos con tres semillas por golpe. Densidad de siembra de 39 kg ha<sup>-1</sup> se usó maíz suave INIAP 102.

Para la fertilización se aplicó al momento de la siembra 67 kg ha<sup>-1</sup> de 18-46-00 y 61 kg ha<sup>-1</sup> de Sulphomag. La fertilización complementaria se aplicó a los 45 días con 60 kg ha<sup>-1</sup> de Urea. El rascadillo o aporque se ejecutó a los 45 días después de la siembra manualmente con azadón.

Para el control de gusano cogollero y de la mazorca se utilizó Engeo (Thiamethoxam y Lambdacihalotrina) en dosis de 200 ml ha<sup>-1</sup> y Eltra (Carbozulfan) en dosis de 400 ml ha<sup>-1</sup>.

Se cosechó cuando cumplió su madurez fisiológica, de forma manual, y el resto de la planta se dio a los animales como forraje.

### *2.10.2.2 Manejo del cultivo con agricultura de conservación*

La preparación del suelo de las parcelas con labranza reducida se realizó con un mes de anticipación para facilitar la descomposición de residuos antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12,5 cc/l de agua con la finalidad de controlar las malezas.

La distancia de siembra fue de 0,80 m entre surcos y 0,50m entre sitios, se depositó por sitio 3 semilla (50.000plantas ha<sup>-1</sup>). Los hoyos se hicieron con espeque en labranza reducida y en caso de labranza convencional se realizó surcos con azadón. Se usó maíz suave INIAP 102 para la siembra en dosis de 39 kg ha<sup>-1</sup>;

Para fertilizar se puso 80-60-20-20 kg ha<sup>-1</sup>, de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O; al momento de la siembra se colocó el 50% del nitrógeno y la totalidad de fósforo y potasio, mientras que el otro 50% del Nitrógeno a los 45 días después de la siembra (antes de la floración masculina).

Para labores de rascadillo y deshierba se aplicó atrazina como herbicida selectivo cuando el maíz suave tiene de 4 a 6 hojas verdaderas en dosis de 1 Kg/ 200 lt de agua.



El control de insectos plaga como trozadores (*Agrotis* sp) y gusano del choclo (*Heliothis zea*), se utilizó Engeo (Thiamethoxam y Lambdacihalotrina), en dosis de 200 ml ha<sup>-1</sup> y Eltra (Carbozulfan) en dosis de 400 ml ha<sup>-1</sup>.

La cosecha se realizó cuando cumplió la madurez fisiológica, los tratamientos con residuo solo se recolectó la mazorca y el resto de la planta se dejó en el mismo sitio como cobertura del suelo, y las parcelas que son sin residuo se cosecharon las mazorcas y el resto de la planta se sacó a un costado fuera de la parcela.

### **2.10.3 Cultivo de avena-vicia**

#### *2.10.3.1 Manejo convencional del cultivo (testigo)*

La preparación del suelo se realizó 15 días antes de la siembra se removió el suelo con azadón o yunta con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron de forma espontánea.

La siembra se hizo al voleo mezclando 45 kg ha<sup>-1</sup> de avena y 45 kg ha<sup>-1</sup> de vicia, que alcanzó una dosis de 90 kg ha<sup>-1</sup> de mezcla.

La fertilización se realizó con 50 kg ha<sup>-1</sup> de 10-30-10 y 50 kg ha<sup>-1</sup> de Urea.

No se realizó ningún control para plagas y enfermedades durante el ciclo.

Para la cosecha, en las parcelas sin residuo se cortó y se sacó el forraje del ensayo para la alimentación de animales o venta y las parcelas con residuo se cortó y se dejó en las mismas.

#### *2.10.3.2 Manejo del cultivo con agricultura de conservación*

Para la preparación de las parcelas que corresponden a la labranza convencional, 15 días antes de la siembra se realizó las labores de barbecho y repique con azadones. En las unidades experimentales con labranza reducida, se aplicó glifosato en dosis de 12,5 cc/litro de agua, 15 días antes de la siembra con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea.

En los tratamientos del T1 al T8, se efectuó una fertilización en dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> de 18-46-00 a la siembra y 100 kg ha<sup>-1</sup> de Urea al macollamiento.

La siembra se hizo al voleo en dosis de 135 kg ha<sup>-1</sup> de avena-vicia (90 kg ha<sup>-1</sup> de avena y 45 kg ha<sup>-1</sup> de vicia), utilizando la semilla de avena (*Avena sativa* L.) variedad INIAP 82 y la vicia (*Vicia sativa* L.) variedad común, se tapó la semilla con azadón.

No se realizó ningún control para plagas y enfermedades.

La cosecha se realizó al inicio de la floración, en los tratamientos sin residuo se cortó el forraje y se sacó del ensayo para la alimentación de animales bovinos o venta, mientras que en los tratamientos con residuo se cortó y se dejó en la superficie como cobertura del suelo.

## CAPÍTULO III

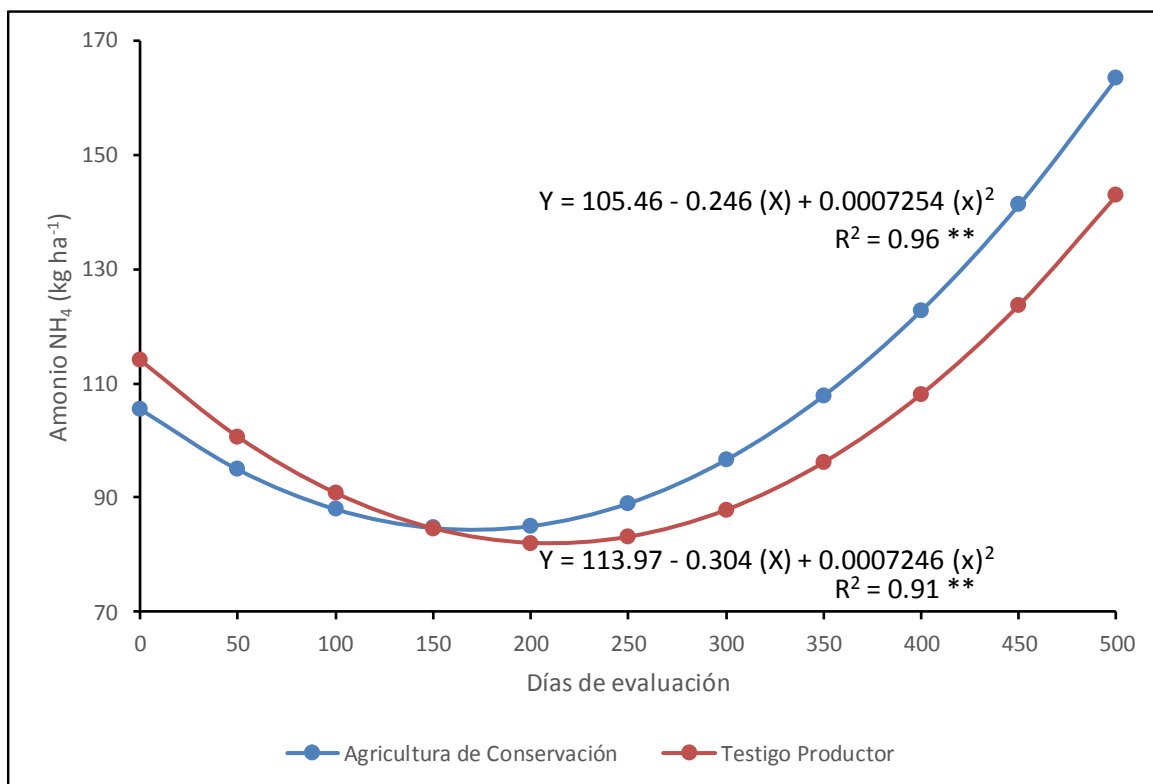
### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1 Nutrientes del suelo expresados en $\text{kg ha}^{-1}$ en rotación de cultivos

##### 3.1.1 *Nitrógeno en forma de Amonio ( $\text{NH}_4$ )*

Las respuestas de nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) en  $\text{kg ha}^{-1}$  respecto a los 500 días de evaluación de los cultivos en rotación papa y avena-vicia en el año 2019; maíz suave en el año 2020, con las prácticas de agricultura de conservación (T1-T8) y el testigo productor (T9). La mejor respuesta cuadrática se presenta con la práctica de agricultura de conservación en donde el ajuste de los datos a ese modelo fue de  $R^2 = 0,96$ , versus el valor obtenido con el testigo productor en donde el  $R^2 = 0,91$  (Gráfico 1-3).

La ecuación de regresión para las prácticas de agricultura de conservación muestra que el contenido de nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) en la primera etapa de evaluación (200 días) disminuye  $0,246 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día que transcurre, y se incrementa  $0,0007254 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día que transcurre hasta llegar a los 500 días de evaluación; en cambio, la ecuación para la práctica testigo productor muestra que el contenido de nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) en la primera etapa de evaluación disminuye  $0,304 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día que transcurre y se incrementa  $0,0007246 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día que transcurre hasta llegar a los 500 días de evaluación (Gráfico 1-3).



**Gráfico 1-3:** Modelos Cuadráticos para ajustar el Amonio (NH<sub>4</sub>) para las prácticas de agricultura de conservación y testigo productor.

**Realizado por:** Angélica V, Cajilema Q. 2021

Además, se puede apreciar que el contenido de nitrógeno en forma de amonio (NH<sub>4</sub>) incrementan hasta 163,32 kg ha<sup>-1</sup> a los 500 días de evaluación con las prácticas de agricultura de conservación respecto con el tratamiento testigo que obtuvo un valor 142,84 kg ha<sup>-1</sup> a los 500 días de evaluación. Los tratamientos de agricultura de conservación es superior con el 12,54% al testigo en contenido de nitrógeno en forma de amonio.

Lo que permite señalar que realizar una labranza reducida en el establecimiento de los cultivos en rotación y mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha y con un cultivo de cobertura como avena-vicia, sí contribuye a incrementar el contenido de nitrógeno en forma de amonio (NH<sub>4</sub>).

Al comparar con CIMMYT (2015) quien manifiesta que el suelo con labranza reducida con retención de residuos puede estar asociado con una menor disponibilidad del nitrógeno debido a una mayor inmovilización producida por los residuos dejados sobre la superficie del suelo. La fase de inmovilización neta cuando se adopta labranza reducida puede ser transitoria, ya que la mayor inmovilización del nitrógeno reduce la oportunidad de que se presenten pérdidas por lixiviación y desnitrificación del nitrógeno mineral.

Los nutrientes que son cosechados y removidos pueden ser reemplazados por medio de la fijación simbiótica del nitrógeno y la materia orgánica (López, 2010).

La FAO (2008) menciona que la producción de papa sin labranza y con abono verde puede contribuir a reducir la degradación, la erosión y la contaminación del suelo con nitrógeno asociadas a la producción de este tubérculo.

### **3.1.2 Fósforo (P)**

En el (Gráfico 2-3) se puede apreciar las respuestas de P en  $\text{kg ha}^{-1}$  respecto a los 500 días de evaluación de los cultivos en rotación papa y avena-vicia en el año 2019; maíz suave en el año 2020, con las prácticas de agricultura de conservación y el testigo productor.

La mejor respuesta lineal se presenta con la práctica del testigo productor en donde el ajuste de los datos a ese modelo fue de  $R^2 = 0,83$ , versus el valor obtenido con la práctica de agricultura de conservación en donde el  $R^2 = 0,62$ . La ecuación de regresión para las prácticas de agricultura de conservación muestra que el contenido de P se incrementa en  $0,138 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día que transcurre en la rotación de cultivos; en cambio, la ecuación para la práctica testigo productor muestra que el contenido de P se incrementa en  $0,146 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día que transcurre en la rotación de cultivos.

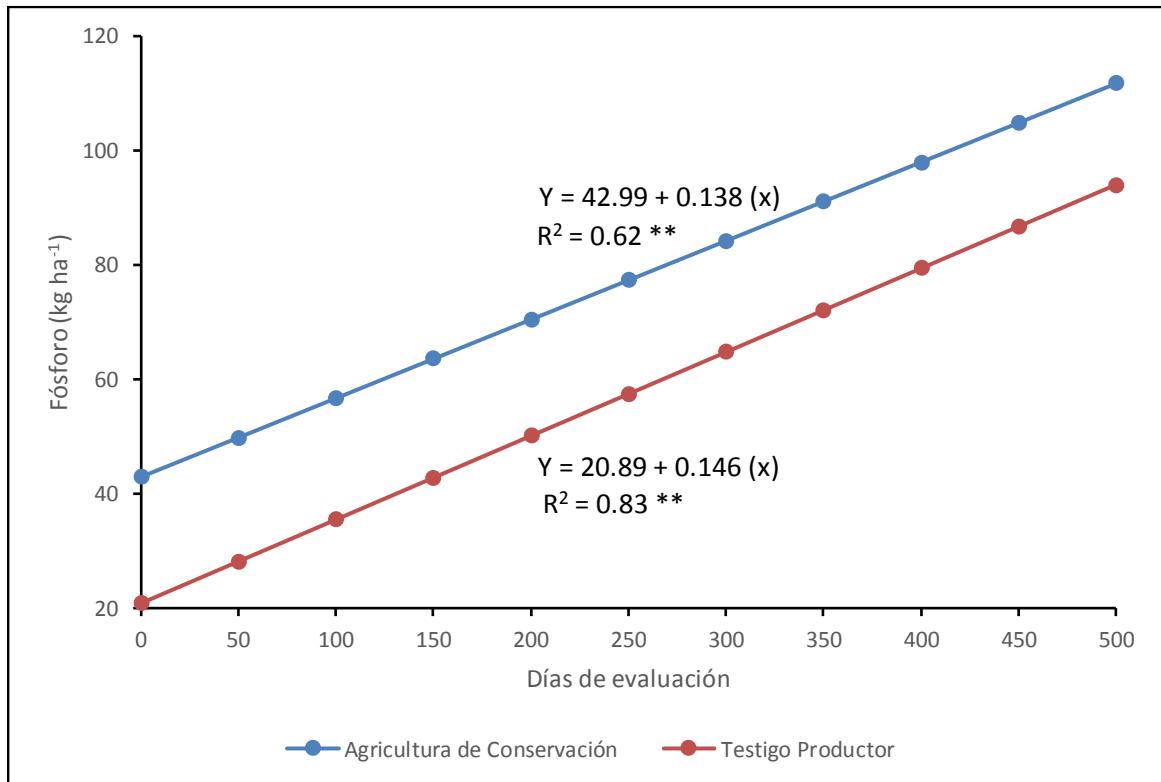
Además, el contenido de P con las prácticas de agricultura de conservación se incrementa hasta  $111,79 \text{ kg ha}^{-1}$  a los 500 días de evaluación; en cambio, con la práctica testigo productor el contenido de P se incrementa hasta  $94,80 \text{ kg ha}^{-1}$  a los 500 días de evaluación. Los tratamientos de agricultura de conservación son superiores con el 15,20% al testigo en contenido de fósforo.

El incremento en fósforo demuestra que realizar, labranza reducida para el establecimiento de los cultivos en rotación, mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha, con cultivos de cobertura como avena-vicia, sí contribuye a mejorar los valores de fósforo en el suelo.

Lo que concuerda con la FAO (2021) que menciona que una cobertura de suelo ayuda a reciclar los nutrientes (especialmente el fósforo) y movilizarlos en el perfil del suelo con el fin de facilitar su disponibilidad para los siguientes cultivos.

Además, el CIMMYT, (2015), indica que se observa la acumulación de fósforo en la superficie de suelos con labranza reducida. Si el suelo superficial se seca con frecuencia durante la temporada de crecimiento, la colocación más profunda de fósforo en labranza reducida puede ser

una opción. Sin embargo, si hay mantillo sobre la superficie del suelo con labranza reducida, es probable que el suelo superficial sea más húmedo que los suelos cultivados con labranza y probablemente no haya necesidad de una colocación más profunda del fósforo.



**Gráfico 2-3:** Modelos Lineales para ajustar el fósforo en kg ha<sup>-1</sup> para las prácticas de agricultura de conservación y testigo productor.

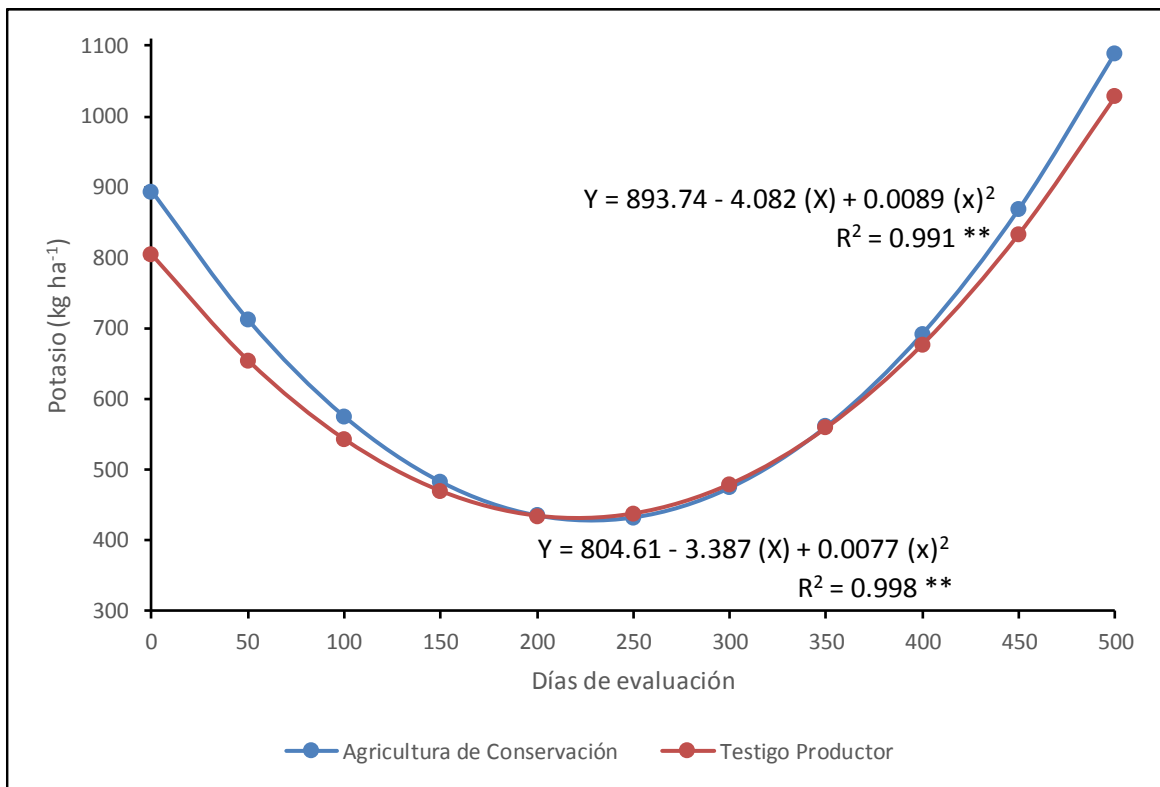
**Realizado por:** Angélica V, Cajilema Q. 2021

### 3.1.3 Potasio (K)

En el (gráfico 3-3) se puede apreciar las respuestas de K en kg ha<sup>-1</sup> respecto a los 500 días de evaluación de los cultivos en rotación papa y avena-vicia en el año 2019; maíz suave en el año 2020, con las prácticas de agricultura de conservación y el testigo productor. La mejor respuesta cuadrática se presenta con la práctica del testigo productor en donde el ajuste de los datos a ese modelo fue de  $R^2 = 0,998$ , versus el valor obtenido con la práctica de agricultura de conservación en donde el  $R^2 = 0,991$ .

La ecuación de regresión para las prácticas de agricultura de conservación muestra que el contenido de K en la primera etapa de evaluación disminuye 4,082 kg ha<sup>-1</sup> por cada día que transcurre, y se incrementa 0,0089 kg ha<sup>-1</sup> por cada día que transcurre hasta llegar a los 500 días de evaluación; en cambio, la ecuación para la práctica testigo productor muestra que el contenido

de K en la primera etapa de evaluación disminuye 3,3832 kg ha<sup>-1</sup> por cada día que transcurre y se incrementa 0,0077 kg ha<sup>-1</sup> por cada día que transcurre hasta llegar a los 500 días de evaluación.



**Gráfico 3-3:** Modelos Cuadráticos para ajustar el potasio en kg ha<sup>-1</sup> para las prácticas de agricultura de conservación y testigo productor.

**Realizado por:** Angélica V, Cajilema Q. 2021

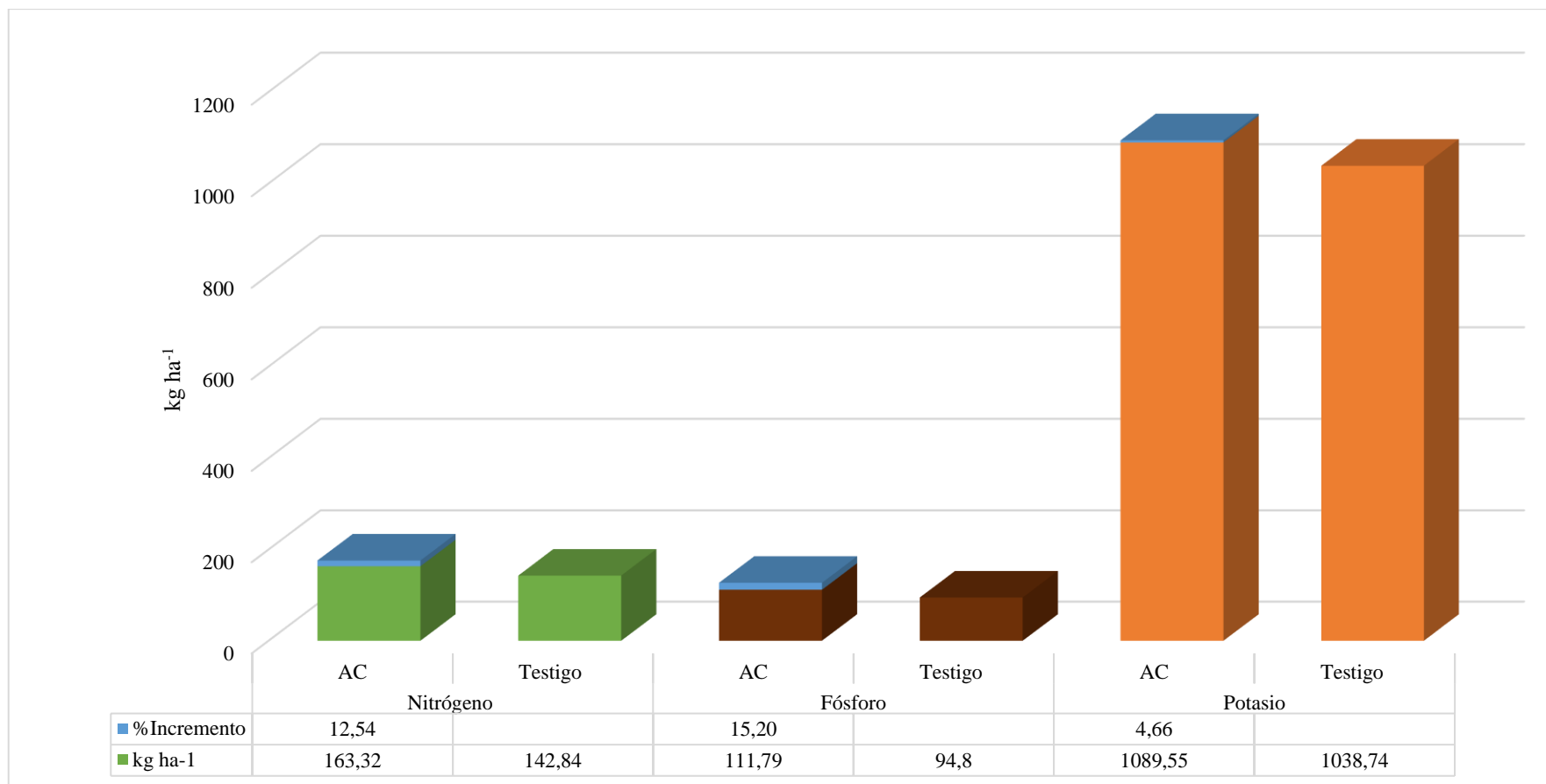
Además, el contenido de K con las prácticas de agricultura de conservación se incrementa hasta 1089,55 kg ha<sup>-1</sup> a los 500 días de evaluación; en cambio, con la práctica testigo productor el contenido de K se incrementa hasta 1038,74 kg ha<sup>-1</sup> a los 500 días de evaluación. Los tratamientos de agricultura de conservación son superiores con el 4,66% al testigo en contenido de potasio.

El incremento de potasio alcanzado, evidencia que realizar labranza reducida para el establecimiento de los cultivos en rotación, mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha, con cultivos de cobertura como avena-vicia, sí contribuye a mejorar los valores de potasio en el suelo.

Lo que concuerda con Verhulst *et al.* (2011, p. 340-467) quien que menciona que el suelo con mínima labranza conserva e incrementa la disponibilidad de nutrientes, tales como el potasio, cerca de la superficie del suelo donde proliferan las raíces del cultivo.

También la FAO (2021) manifiesta que un suelo cubierto promueve reciclar los nutrientes (especialmente el potasio) y movilizarlos en el perfil del suelo con el fin de facilitar su disponibilidad para los siguientes cultivos.





**Gráfico 4-3:** Incremento en porcentaje (%) de nitrógeno (NH<sub>4</sub>), fósforo (P) y potasio (K) a los 500 días de evaluación con Agricultura de Conservación (AC) frente al testigo.

**Realizado por:** Angélica V, Cajilema Q. 2021

En el gráfico (4-3), se mostró que para las prácticas de agricultura de conservación el nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) presentó un incremento de 20,48 kg  $\text{ha}^{-1}$  respecto al testigo y que corresponde a un 12,54%. Para el fósforo (P) con prácticas de agricultura de conservación se incrementó en 16,99 kg  $\text{ha}^{-1}$  respecto al testigo y que corresponde a un 15,20% y para el potasio (K) con prácticas de agricultura de conservación se incrementó en 50,81 kg  $\text{ha}^{-1}$  respecto al testigo y que corresponde a un 4,66%.

### **3.2 Rendimientos expresados en t $\text{ha}^{-1}$ de papa y avena-vicia en el año 2019 y maíz suave en el año 2020.**

Los análisis de varianza para la variable rendimiento en t  $\text{ha}^{-1}$  de papa y avena-vicia en el año 2019 y maíz suave en el año 2020, mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $\text{Pr} \leq 0.01$ ) para el factor cobertura y la comparación ortogonal testigo versus el resto de los tratamientos, respectivamente, así como también para el factor labranza para el cultivo de maíz suave 2020.

#### **3.2.1 Rendimiento del Cultivo de papa en T $\text{ha}^{-1}$ en el año 2019**

Análisis de varianza para el rendimiento en toneladas por hectárea del cultivo de papa determinó diferencias altamente significativas para el factor Cobertura y la comparación ortogonal testigo versus el resto de los tratamientos, con un coeficiente de variación de 6,34% (Tabla 1-3).

**Tabla 1-3:** Análisis de varianza del rendimiento en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de papa en el año 2019.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Papa año 2019
Repeticiones	2	140.77 **
Conservación (A)	1	1.84 ns
Error experimental	2	0.14
Labranza (B)	1	1.47 ns
A x B	1	1.65 ns
Cobertura (C)	1	24.81 **
A x C	1	1.42 ns
B x C	1	0.67 ns
A x B x C	1	0.24 ns
T(1-8) vs T9	1	207.68 **
Error experimental	14	2.14
Total	26	
<b>CV (%)</b>		<b>6.34</b>
<b>Promedio t ha<sup>-1</sup></b>		<b>21.72</b>

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

\*\* Estadísticamente altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* Estadísticamente significativo ( $P \leq 0.05$ ); ns estadísticamente no significativo ( $P \geq 0.05$ ).

La prueba LSD al 5% en la tabla 2-3, para el rendimiento de papa en t ha<sup>-1</sup> en el año 2019, la cobertura con residuo se reporta en el rango *a* y fue superior en 8,56% al rendimiento obtenido con la cobertura sin residuo, que se reporta en el rango *b*.

**Tabla 2-3:** Promedios y pruebas de LSD al 5% para la variable rendimiento total en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de papa en el año 2019.

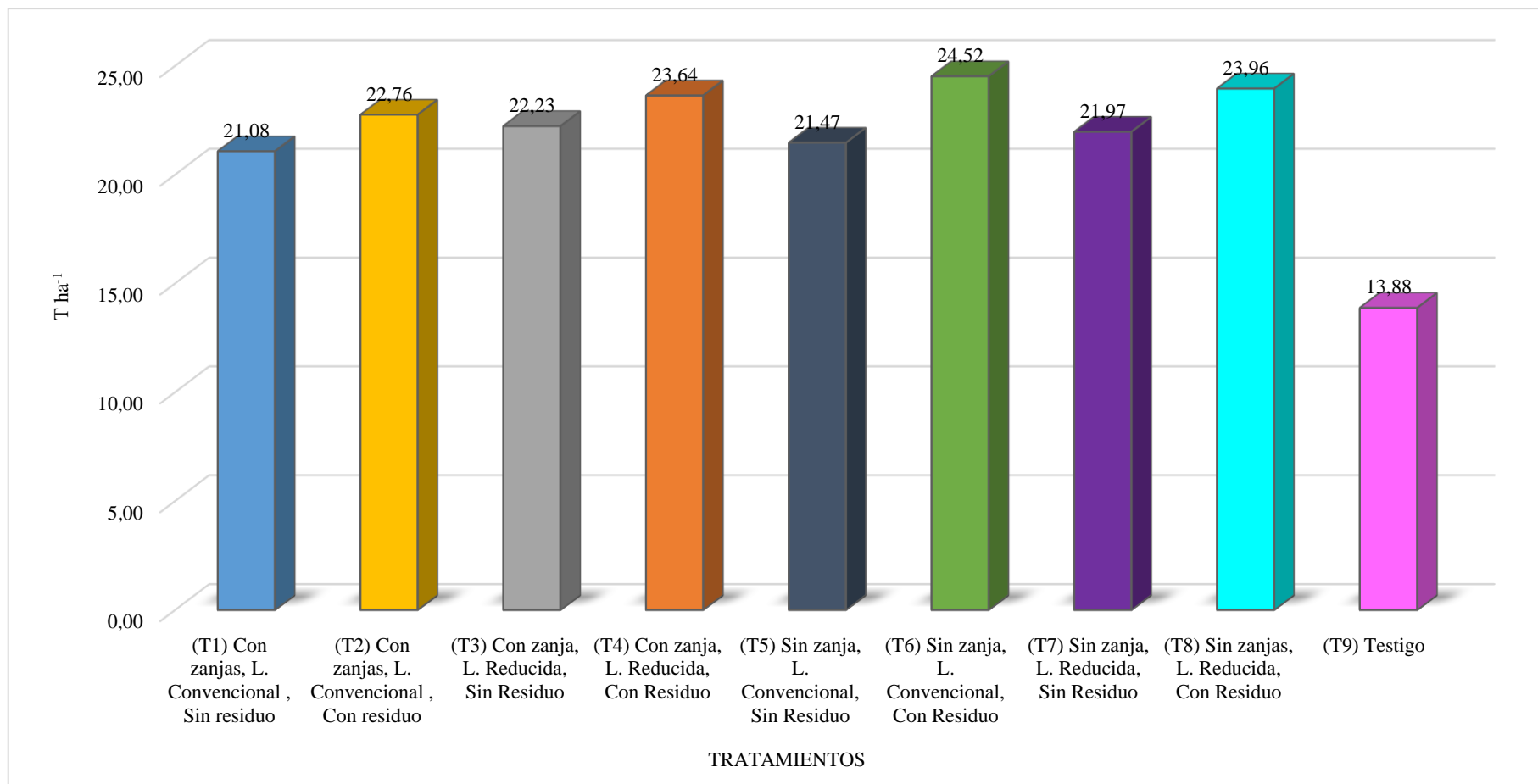
<b>Factores en estudio</b>	<b>Papa año 2019</b>
<b>Labranza:</b>	
Convencional	22.46 a
Reducida	22.95 a
<b>Cobertura:</b>	
Sin residuo	<b>21.69 b</b>
Con residuo	<b>23.72 a</b>
<b>Testigo versus el Resto</b>	
Testigo	<b>13.88 b</b>
Resto de tratamientos	<b>22.71 a</b>

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo.

Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $Pr \leq 0.05$ ).



**Gráfico 5-3:** Incremento del rendimiento del cultivo de papa en T ha<sup>-1</sup> en el año 2019.

Realizado por: Angélica V, Cajilema Q. 2021

En la gráfica 5-3 el rendimiento del cultivo de papa expresado en  $T ha^{-1}$  en el año 2019, se observó que la interacción, Sin zanjás, Labranza convencional, Con residuo (T6), presentó un rendimiento de  $24,52 T ha^{-1}$  respecto al testigo (T9) con un rendimiento de  $13,88 T ha^{-1}$  con un incremento de  $10,64 T ha^{-1}$  que corresponde al 43,40%.

Del análisis de los resultados obtenidos para la variable de rendimiento, se indica que mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha y con un cultivo de cobertura como avena-vicia, sí contribuyó a incrementar los rendimientos de papa en el año 2019.

Esto concuerda con la FAO (2008) quien manifiesta que el cultivo de papa sin labranza ayuda a restablecer el suelo, estimula la productividad y reduce la necesidad de usar fertilizantes y combustibles.

### ***3.2.2 Rendimiento del Cultivo de avena-vicia en $T ha^{-1}$ en el año 2019***

Análisis de varianza para el rendimiento en toneladas por hectárea del cultivo de avena-vicia determinó diferencias altamente significativas para el factor Cobertura y la comparación ortogonal testigo versus el resto de los tratamientos, con un coeficiente de variación de 7,27% (Tabla 3-3).

**Tabla 3-3:** Análisis de varianza para evaluar el rendimiento en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de avena-vicia en el año 2019.

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Avena-Vicia año 2019</b>
Repeticiones	2	40.87 **
Conservación (A)	1	0.45 ns
Error experimental	2	3.39
Labranza (B)	1	5.58 ns
A x B	1	5.97 ns
Cobertura (C)	1	63.28 **
A x C	1	0.49 ns
B x C	1	0.38 ns
A x B x C	1	0.04 ns
T(1-8) vs T9	1	374.80 **
Error experimental	14	3.92
Total	26	
<b>CV (%)</b>		<b>7.27</b>
<b>Promedio t ha<sup>-1</sup></b>		<b>27.03</b>

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

\*\* Estadísticamente altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* Estadísticamente significativo ( $P \leq 0.05$ ); ns estadísticamente no significativo ( $P \geq 0.05$ ).

La prueba LSD al 5% en la tabla 4-3, para el rendimiento del cultivo de avena-vicia en t ha<sup>-1</sup> en el año 2019, la cobertura con residuo se reporta en el rango *a* y fue superior en 10,84% al rendimiento obtenido con la cobertura sin residuo, que se reporta en el rango *b*.

**Tabla 4-3:** Promedios y pruebas de LSD al 5% para la variable rendimiento total en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de avena-vicia en el año 2019.

<b>Factores en estudio</b>	<b>Avena-Vicia año 2019</b>
<b>Labranza:</b>	
Convencional	27.86 a
Reducida	28.83 a
<b>Cobertura:</b>	
Sin residuo	<b>26.72 b</b>
Con residuo	<b>29.97 a</b>
<b>Testigo versus el Resto</b>	
Testigo	<b>16.49 b</b>
Resto de tratamientos	<b>28.35 a</b>

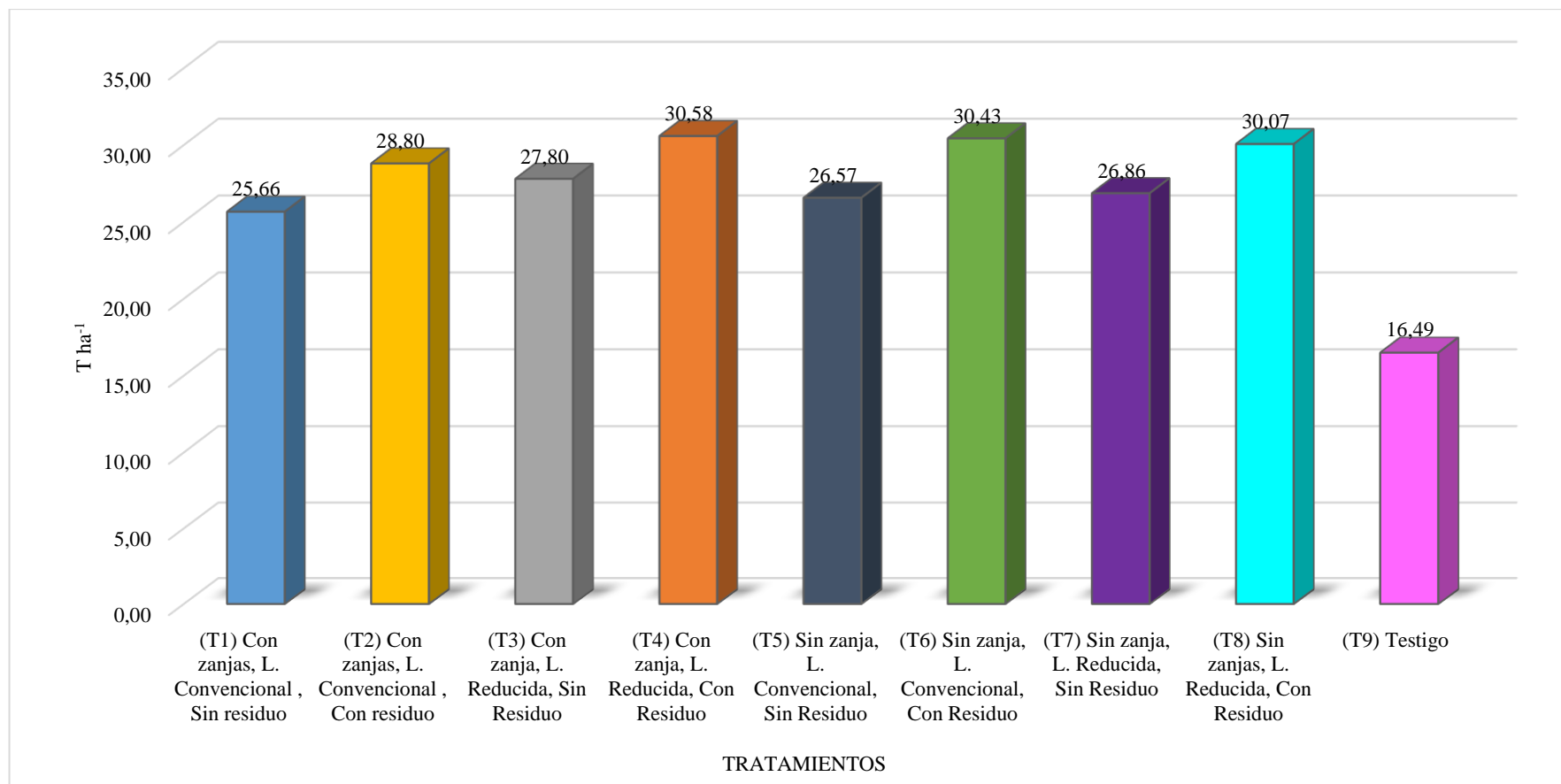
**Elaborado por:** Cajilema A., 2021

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo.

Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $Pr \leq 0.05$ ).





**Gráfico 6-3:** Incremento del rendimiento de avena-vicia en T ha<sup>-1</sup> en el año 2019.

Realizado por: Angélica V, Cajilema Q. 2021

En la gráfica 6-3, el rendimiento del cultivo de avena-vicia expresado en  $T ha^{-1}$  en el año 2019, se observó que la interacción, Con zanjas, Labranza reducida, Con residuo (T4), presentó un rendimiento de  $30,58 T ha^{-1}$  respecto al testigo (T9) con un rendimiento de  $16,49 T ha^{-1}$  logrando un incremento  $14,09 T ha^{-1}$  que corresponde al 46,08%.

Del análisis de los resultados obtenidos para la variable de rendimiento, se indica que realizar zanjas, mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha y con un cultivo de cobertura como avena-vicia, sí contribuyó en el incremento del rendimiento de avena-vicia en el año 2019.

Lo que concuerda con López (2010 p. 7) menciona que la Agricultura de conservación (AC) comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar, mejorar y hacer uso más eficiente de los recursos naturales, esto permite la conservación del medio ambiente, así como una producción sostenible.

### ***3.2.3 Rendimiento del cultivo de maíz suave en $T ha^{-1}$ en el año 2020***

Análisis de varianza para el rendimiento en toneladas por hectárea del cultivo de maíz suave determinó diferencias altamente significativas para los factores labranza, cobertura y la comparación ortogonal testigo versus el resto de los tratamientos, con un coeficiente de variación de 9,76% (Tabla 5-3).

**Tabla 5-3:** Análisis de varianza para evaluar el rendimiento en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de maíz suave año 2020.

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Maíz suave año 2020</b>
Repeticiones	2	0.31 ns
Conservación (A)	1	0.18 ns
Error experimental	2	0.44
Labranza (B)	1	1.79 **
A x B	1	0.02 ns
Cobertura (C)	1	1.73 **
A x C	1	0.02 ns
B x C	1	0.01 ns
A x B x C	1	0.00 ns
T(1-8) vs T9	1	7.12 **
Error experimental	14	0.16
Total	26	
<b>CV (%)</b>		<b>9.76</b>
<b>Promedio t ha<sup>-1</sup></b>		<b>4.05</b>

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

\*\* Estadísticamente altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* Estadísticamente significativo ( $P \leq 0.05$ ); ns estadísticamente no significativo ( $P \geq 0.05$ ).

La prueba LSD al 5% en la tabla 6-3, para el rendimiento del cultivo de maíz suave en T ha<sup>-1</sup> año 2020, la labranza reducida se reporta en el rango *a* y fue superior en 12,20% al rendimiento obtenido con la labranza convencional, que se reporta en el rango *b*; la cobertura con residuo se reporta en el rango *a* y fue superior en 11,78% al rendimiento obtenido con la cobertura sin residuo, que se reporta en el rango *b*.

**Tabla 6-3:** Promedios y pruebas de LSD al 5% para la variable rendimiento total en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de maíz suave año 2020.

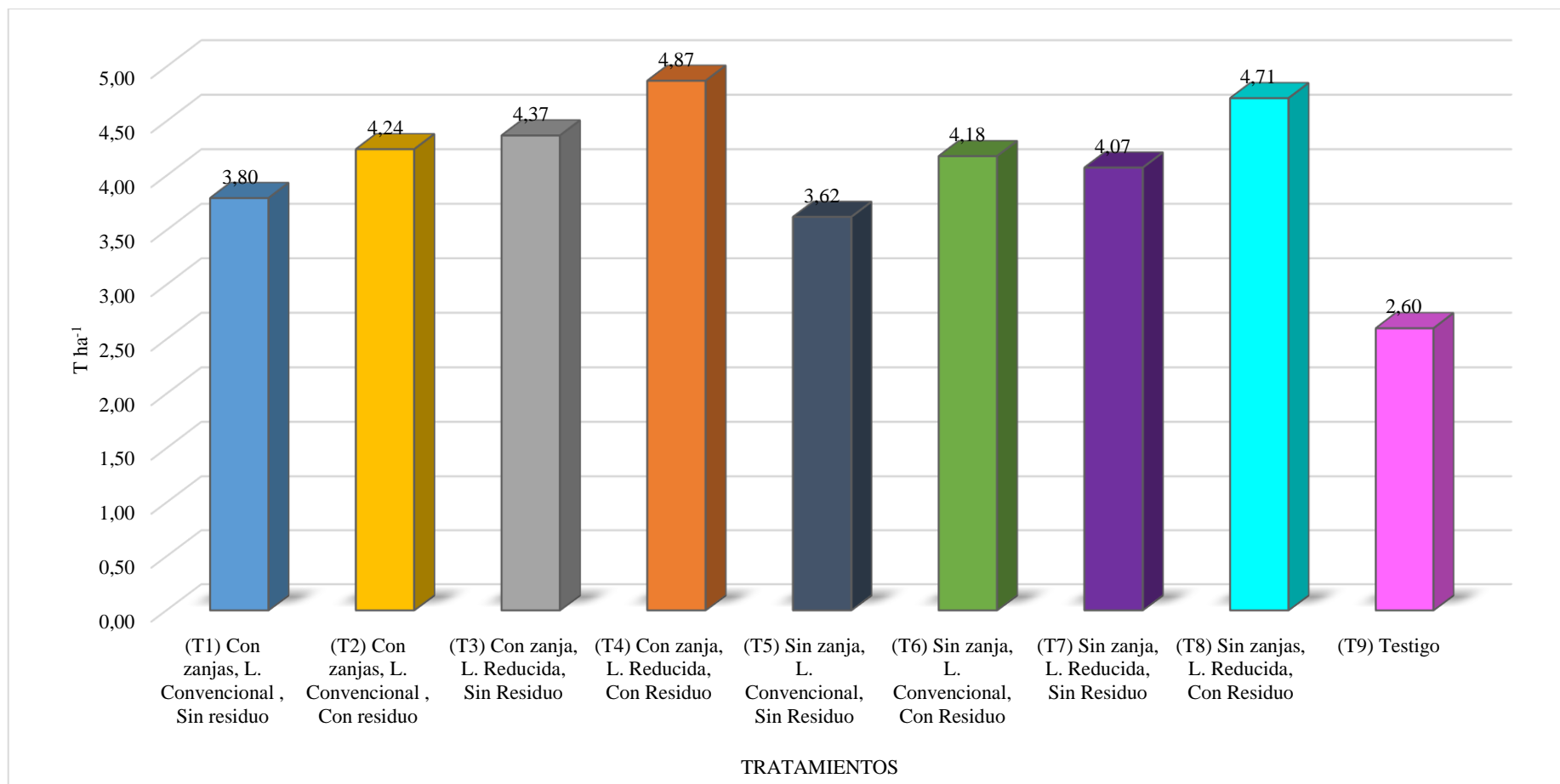
<b>Factores en estudio</b>	<b>Maíz suave 2020</b>
<b>Labranza:</b>	
Convencional	<b>3.96 b</b>
Reducida	<b>4.51 a</b>
<b>Cobertura:</b>	
Sin residuo	<b>3.97 b</b>
Con residuo	<b>4.50 a</b>
<b>Testigo versus el Resto</b>	
Testigo	<b>2.60 b</b>
Resto de tratamientos	<b>4.23 a</b>

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo.

Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $Pr \leq 0.05$ ).



**Gráfico 7-3:** Incremento del rendimiento de maíz suave en T ha<sup>-1</sup> en el año 2020.

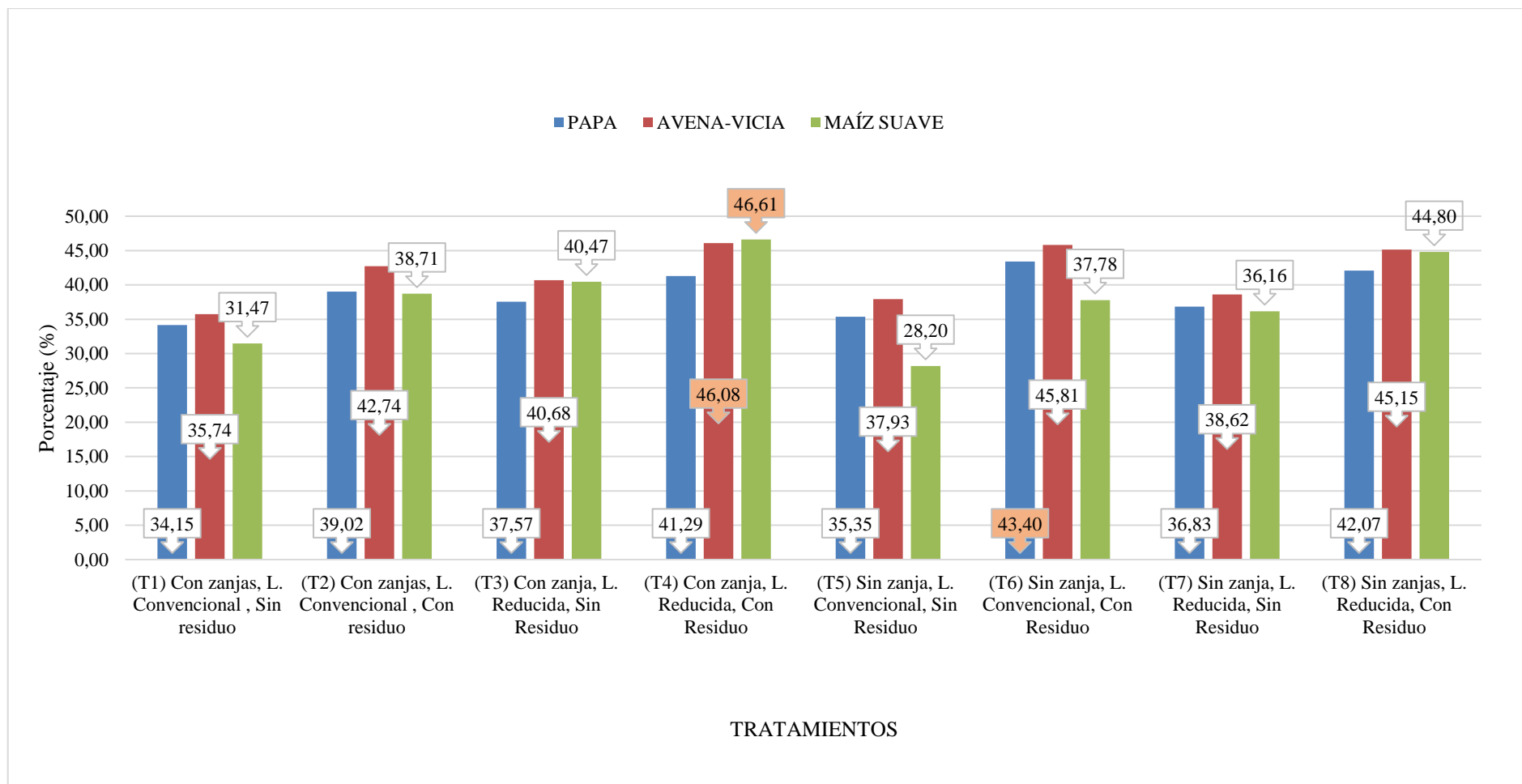
Realizado por: Angélica V, Cajilema Q. 2021

En la gráfica 7-3 el rendimiento del cultivo de maíz suave en  $T\ ha^{-1}$  año 2020, se observó que la interacción, Con zanjas, Labranza reducida, Con residuo (T4), presenta un rendimiento de  $4,87\ T\ ha^{-1}$  respecto al testigo (T9) con un rendimiento de  $2,60\ T\ ha^{-1}$  con un incremento  $2,27\ T\ ha^{-1}$  que corresponde al 46,61%.

Del análisis de los resultados obtenidos para la variable de rendimiento, se indica que trazar zanjas, mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha y con un cultivo de cobertura como avena-vicia, sí contribuyó al incremento del rendimiento de maíz suave año 2020.

Esto concuerda con Martínez Gamiño *ét. ál.* (2019 pp. 765-768) que menciona que las prácticas de Agricultura de Conservación son alternativas que solucionan los problemas que son generados por el excesivo laboreo del suelo, consecuentemente estas prácticas, mejoraran la calidad del suelo y el rendimiento de los cultivos.

También la FAO (2002), manifiesta que la adopción de prácticas de agricultura de conservación por parte de los agricultores muestra un incremento de los rendimientos.



**Gráfico 8-3:** Resumen de Incremento del rendimiento de los cultivos en rotación en porcentaje (%).

Realizado por: Angélica V, Cajilema Q. 2021

### **3.3 Costos y beneficios expresados en USD ha<sup>-1</sup> en rotación de cultivos**

El análisis de varianza de la variable beneficio bruto en USD ha<sup>-1</sup> mostró diferencias estadísticas altamente significativas ( $Pr \leq 0.01$ ) para el factor labranza, cobertura y para la comparación ortogonal testigo versus el resto de los tratamientos, con un coeficiente de variación 4,22% (Tabla 7-3).

El análisis de varianza de la variable costo total en USD ha<sup>-1</sup> mostró diferencias estadísticas altamente significativas ( $Pr \leq 0.01$ ) para el factor labranza y para la comparación ortogonal testigo versus el resto de los tratamientos. Además, para el factor conservación mostró diferencia estadística significativa ( $Pr \leq 0.05$ ), con un coeficiente de variación 1,12% (Tabla 7-3).

El análisis de varianza de la variable beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> mostró diferencias estadísticas altamente significativas ( $Pr \leq 0.01$ ) para el factor labranza, cobertura y para la comparación ortogonal testigo versus el resto de los tratamientos, con un coeficiente de variación 6,34% (Tabla 7-3).

Lo señalado anteriormente para las variables en estudio, evidencia que los costos y beneficios de los cultivos en rotación, fueron influenciados por las prácticas de agricultura de conservación evaluadas con relación al testigo.



**Tabla 7-3:** Análisis de varianza para evaluar las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> de los cultivos en rotación.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios		
		Beneficio Bruto	Costo Total	Beneficio Neto
Repeticiones	2	25295653.04 *	50871.87 ns	23077885.54 *
Conservación (A)	1	45066.67 ns	258337.50 *	519204.17 ns
Error experimental	2	522501.79	8640.13	559464.04
Labranza (B)	1	4055748.17 **	499393.50 **	7401482.67 **
A x B	1	716221.50 ns	1504.17 ns	783370.67 ns
Cobertura (C)	1	15863256.00 **	19153.50 ns	14779981.50 **
A x C	1	512752.67 ns	13.50 ns	518028.17 ns
B x C	1	100104.17 ns	3408.17 ns	66570.67 ns
A x B x C	1	43861.50 ns	48.17 ns	41002.67 ns
T(1-8) vs T9	1	103406945.85 **	3769394.24 **	67690568.17 **
Error experimental	14	412745.02	3545.77	393695.74
Total	26			
<b>CV (%)</b>		<b>4.22</b>	<b>1.12</b>	<b>6.34</b>
<b>Promedio USD ha<sup>-1</sup></b>		<b>15232</b>	<b>5335</b>	<b>9897</b>

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

\*\* Estadísticamente altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* Estadísticamente significativo ( $P \leq 0.05$ ); ns estadísticamente no significativo ( $P \geq 0.05$ ).

Los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> (Tabla 8-3).

**Tabla 8-3:** Promedios y prueba de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> de los cultivos en rotación.

<b>Factores en estudio</b>	<b>Beneficio Bruto (USD ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Costo Total (USD ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Beneficio Neto (USD ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Conservación:</b>			
Con zanjas de desviación	15881 a	<b>5571 a</b>	10310 a
Sin zanjas de desviación	15968 a	<b>5364 b</b>	10604 a
<b>Labranza:</b>			
Convencional	<b>15513 b</b>	<b>5611 a</b>	<b>9902 b</b>
Reducida	<b>16335 a</b>	<b>5323 b</b>	<b>11012 a</b>
<b>Cobertura:</b>			
Sin residuo	<b>15111 b</b>	5439 a	<b>9672 b</b>
Con residuo	<b>16737 a</b>	5495 a	<b>11242 a</b>
<b>Testigo versus el Resto</b>			
Testigo	<b>9697 b</b>	<b>4278 b</b>	<b>5419 b</b>
Resto de tratamientos	<b>15924 a</b>	<b>5467 a</b>	<b>10457 a</b>

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

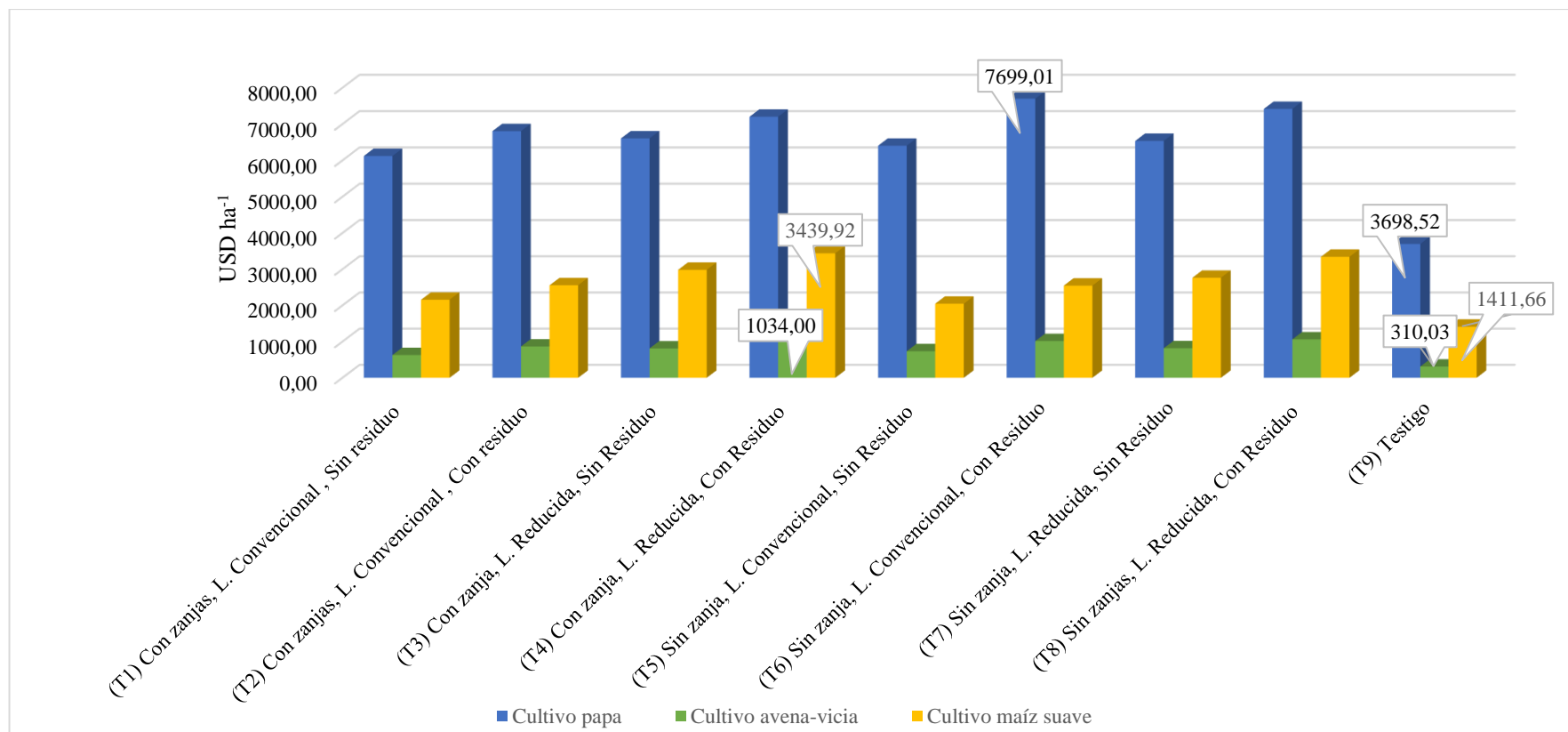
Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo; Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo; Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $Pr \leq 0.05$ ).

La variable beneficio bruto en USD ha<sup>-1</sup>, para labranza reducida y cobertura con residuo se reportó en el rango *a* y fueron superiores en 5% y 9,72% al beneficio bruto obtenido con la labranza convencional y cobertura sin residuo respectivamente, que se reportó en el rango *b* (Tabla 8-3).

La variable costo total en USD ha<sup>-1</sup>, para conservación de suelos con zanjas de desviación de agua y labranza convencional se reportó en el rango *a* y fueron superiores en 3,72% y 5,13% al costo total obtenido con la conservación de suelos sin zanjas de desviación de agua y labranza reducida, respectivamente, que se reportó en el rango *b* (Tabla 8-3).

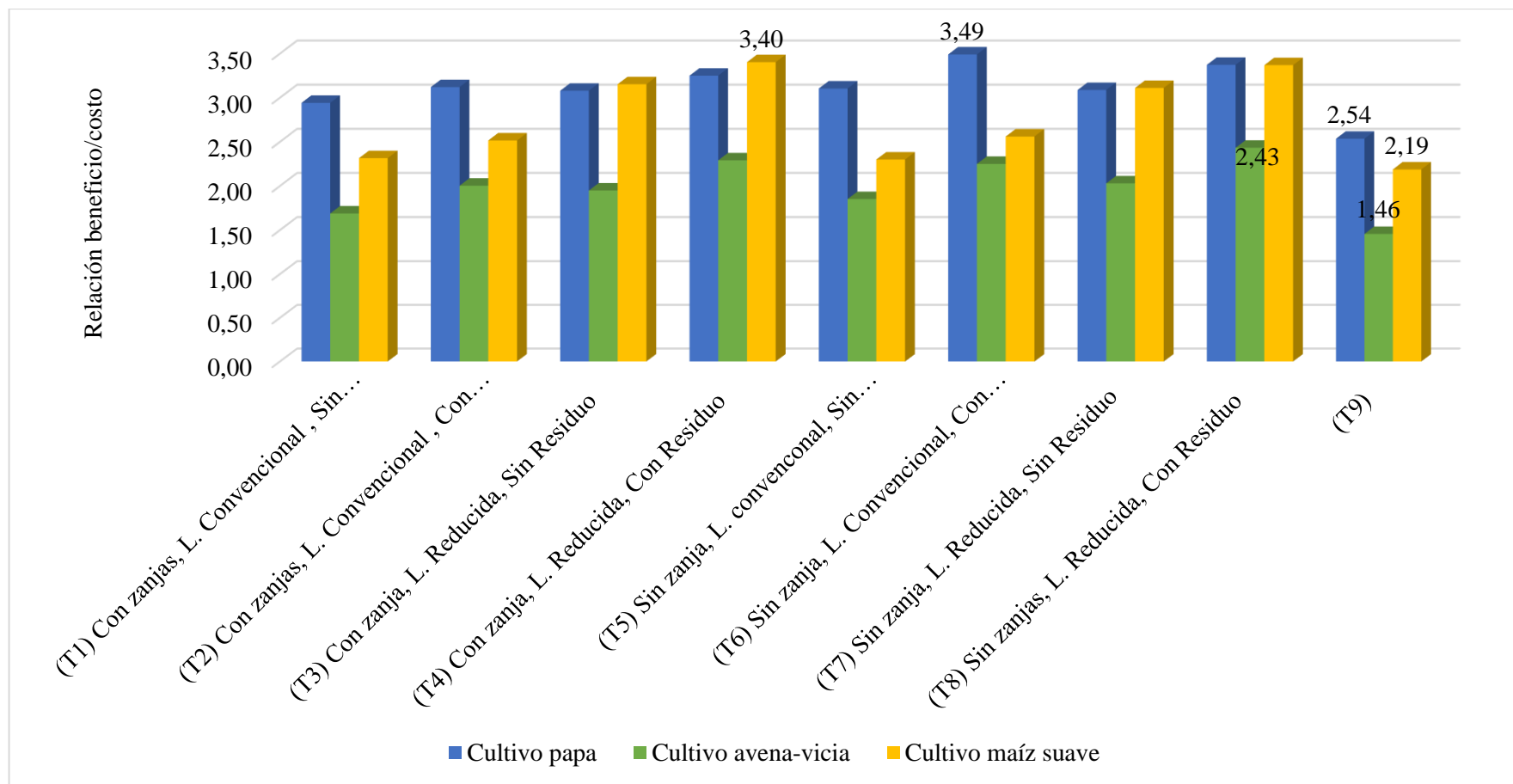
Para la variable beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup>, para labranza reducida y cobertura con residuo se reportó en el rango *a* y fueron superiores en 10,08% y 13,97% al beneficio neto obtenido con la labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente, que se reportó en el rango *b* (Tabla 8-3).

Del análisis de los resultados de las variables relacionadas con los costos y beneficios de los factores en estudio evaluados se señala que los mejores beneficios brutos y beneficios netos en USD ha<sup>-1</sup> por ciclos de cultivo en rotación, se pueden obtener cuando se realiza la labranza reducida y cuando se mantiene el suelo con residuos, en donde la avena-vicia resulta ser un cultivo de cobertura muy relevante.



**Gráfico 9-3:** Incremento de los beneficios netos de los cultivos en rotación en USD ha<sup>-1</sup> frente al testigo (T9).

Realizado por: Angélica V, Cajilema Q. 2021



**Gráfico 10-3:** Relación beneficio/costo, frente al testigo (T9).

Realizado por: Angélica V, Cajilema Q. 2021

En la gráfica 9-3, los beneficios netos de los cultivos en rotación en USD ha<sup>-1</sup>, para el cultivo de papa en el año 2019 el tratamiento sin zanjas, labranza convencional y con residuo (T6), presentó un incremento de 4000,50 USD ha<sup>-1</sup> respecto al testigo (T9), además se obtuvo la mejor relación beneficio/costo con 3,49 dólares, es decir, se recuperó el dólar invertido y se obtuvo una ganancia de 2,49 dólares (gráfico 10-3), con una rentabilidad de 51,96%.

Para el cultivo de avena-vicia en el año 2019 el tratamiento sin zanjas, labranza reducida y con residuo (T8) presentó un incremento de 752,58 USD ha<sup>-1</sup> en relación con el testigo (T9), también mostro el mejor beneficio/costo con 2,43 dólares, es decir, se recuperó el dólar invertido y se obtuvo una ganancia de 1,43 dólares (gráfico 10-3), con una rentabilidad de 70,82%.

Para el cultivo de maíz suave en el año 2020 el tratamiento con zanjas, labranza reducida y con residuo (T4) presentó un incremento de 2028,26 USD ha<sup>-1</sup> en razón con el testigo (T9), al mismo tiempo presentó el mejor beneficio/costo con 3,40 dólares, es decir, se recuperó el dólar invertido y se obtuvo una ganancia de 2,40 dólares (gráfico 10-3), con una rentabilidad de 58,96%.

El análisis económico, señaló que los mejores beneficios netos USD ha<sup>-1</sup> y las mejores relaciones beneficio/costo, alcanzaron con el T6 para el cultivo de papa, en el T8 para el cultivo de avena-vicia y en el T4 para el cultivo de maíz suave.

Lo que concuerda con Rojas (2001, p. 209), quien menciona que la labranza conservacionista o siembra directa constituye una alternativa para una mejor producción, además este sistema dará beneficios a corto, mediano y largo plazo sobre el suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas y también ayudan en la reducción de los costos de producción, porque con el sistema convencional los precios son elevados y los beneficios son menores.

Mientras tanto la FAO (2002), dice que hay otros beneficios rápidamente apreciados de la Agricultura de Conservación por los agricultores son la reducción de la cantidad y costo de la mano de obra y de la energía necesarios para la preparación de la tierra y la siembra ya que el suelo está blando y fácil de trabajar. La labranza del suelo es la operación que consume más tiempo y energía del agricultor.

## CONCLUSIONES

La introducción de prácticas de agricultura de conservación en la microcuenca del río Puculpala, influyó de manera positiva sobre las características físico-químicas del suelo, el rendimiento de los cultivos en rotación e ingresos económicos de los productores.

La aplicación de agricultura de conservación con prácticas como cultivo de cobertura con avena-vicia, labranza reducida, construcción de zanjas de desviación, contribuyó al incremento de elementos como nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) en (12,54%), fósforo (P) en (15,20%) y potasio (K) en (4,66%) los cuales fueron determinados a los 500 días del ensayo.

La implementación de agricultura de conservación en la microcuenca del río Puculpala con prácticas de construcción de zanjas de desviación, cobertura vegetal, labranza reducida, incrementó el rendimiento de papa en (43,40%), maíz en (46,61%), avena-vicia en (46,08%), como cultivos en rotación comparados con las prácticas tradicionales que realiza el agricultor de la zona.

El análisis económico demostró que con las prácticas de agricultura de conservación como zanjas de desviación, labranza reducida y mantener el suelo cubierto es una opción rentable para el agricultor, generando beneficios económicos netos superiores a los de la práctica convencional, en la rotación de cultivos por lo tanto en papa la relación beneficio/costo fue de \$ 3,49 con una rentabilidad de (51,96%), en maíz la relación beneficio/costo fue de \$ 3,40 con una rentabilidad de (58,96%) y en avena-vicia la relación beneficio/costo fue de \$ 2,43 con una rentabilidad de (70,82%).

## **RECOMENDACIONES**

En la microcuenca del río Puculpala se recomienda aplicar agricultura de conservación con prácticas como labranza reducida, construcción de zanjas de desviación, cobertura de suelo y cultivos en rotación, lo cual permite tener mayor rendimiento e ingresos económicos reduciendo los riesgos de erosión del suelo.

Sugerir a los Gobiernos Seccionales y a las Juntas Parroquiales promuevan la difusión de las prácticas de agricultura de conservación en las áreas de su jurisdicción.

Continuar evaluando otros cultivos en rotación y otras prácticas de agricultura conservación en la microcuenca del río Puculpala.



## BIBLIOGRAFÍA

**ANDRADES, M. & MARTÍNEZ Ma.** Fertilidad del suelo y parámetros. *Universidad de la Rioja*. [en línea]. 2014. (3). pp. 2-34. [Consulta: 01 de marzo 2021]. Disponible en Dialnet-FertilidadDelSueloYParametrosQueLaDefinen-267902

**BARRERA, Victor; et. al.** Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands. *Agricultural Sciences*. 2012. Ecuador. 3(5). pp. 768-779. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3332/1/iniapscCD80.pdf>

**BERTOLOTTO, M. & MARZETTI, M.,** Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura. *Aapresid*. 2017. Argentina. (7). pp. 3-27. [Consulta: 20 agosto 2020] Disponible en [https://issuu.com/aapresid/docs/aap-original\\_cultivos\\_de\\_cobertura](https://issuu.com/aapresid/docs/aap-original_cultivos_de_cobertura)

**BURBANO, H.** El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*. [en línea]. 2016. Colombia. 33(2). pp. 117-124. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf>

**CAVIEDES CEPEDA, G..** Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. 2019. Ecuador. 11(1). pp. 116-123. ISSN 1390-5384. [Consulta: 14 febrero 2021] Disponible en <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100>

**CIGEA,.** Principios en los que se refleja explícitamente la producción más limpia. *Estrategia Ambiental Nacional (2007-2010)*. [en línea] 2007. [Consulta: 22 enero 2020] Disponible en: [www.medioambiente.cu/uptpml/files/Clase16.pdf](http://www.medioambiente.cu/uptpml/files/Clase16.pdf)

**CIMMYT.** 1988. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. Edición completamente revisada. México, CIMMYT.

**CIMMYT.** Agricultura de Conservación. [en línea]. 2015. [Consulta: 08 marzo 2021] Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/4408/56985.pdf>

**CECCON, E.,.** La revolución verde tragedia en dos actos. *Redalyc*. [en línea] 2008. México. 1(91). pp. 21-29. [Consulta: 14 febrero 2021] Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/644/64411463004.pdf>

**CHILÓN, E.,.** "Revolución Verde" Agricultura y suelos, aportes y controversias. *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica*. [en línea]. 2017. Bolivia. 3(3). pp. 844-859. [Consulta: 22 enero 2021]

**ESPA-C-INEC.** Encuesta de producción Agropecuaria. *Inec* [en línea]. 2017. Ecuador. 2(2). pp. 88-88. ISSN 03048802. [Consulta: 21 enero 2019]. Disponible en:

[http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-88021974000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88021974000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**FAO.** *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos.* Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [en línea]. 2000 [Consulta: 01 de marzo 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/agl/agll/docs/lw8s.pdf>

**FAO.** *FAO.* Sistemas Agrícolas Mundiales. [en línea]. 2001. [Consulta: 22 de febrero 2021]. Disponible en <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0106sp.htm>

**FAO.** *FAO.* Labranza cero: cuando menos es más. [en línea]. 2001. [Consulta: 24 de febrero 2021]. Disponible en <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0101sp1.htm>

**FAO.** *FAO.* Los “cultivos de cobertura” en Brasil. [en línea]. 2001. [Consulta: 24 de febrero 2021]. Disponible en <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0105sp.htm>

**FAO.** *Agricultura de conservación.* Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [en línea]. 2002 [Consulta: 08 de marzo 2021]. Disponible

[http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6E\\_s.pdf](http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6E_s.pdf)

**FAO.** *FAO.* Agricultura de Conservación. [en línea]. 2006. [Consulta: 22 de febrero 2021]. Disponible en <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0110sp.htm>

**FAO.** *La papa y la conservación del suelo.* Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [en línea]. 2008 [Consulta: 07 de marzo 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/suelo.html>

**FAO.** *La deforestación continúa a un ritmo alarmante.* Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [en línea]. 2010 [Consulta: 9 de agosto 2019]. Disponible <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2005/1000127/index.html>

**FAO.** Agricultura de conservación. FAO. [en línea] 2019. [Consulta 02 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/conservation-agriculture/es/>

**FAO.** *FAO.* Recuperado el 22 de febrero 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/y4936s/y4936s03.htm>

**FAO.** *FAO.* Recuperado el 08 de marzo 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>

**IAEA.** *Organismo Internacional de Energía Atómica.* Mejora de la Fertilidad del suelo. Recuperado el 01 marzo de 2021. Disponible en: [https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-](https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo#:~:text=La%20fertilidad%20del%20suelo%20es,inorg%C3%A1nicos%20que%20nutran%20el%20suelo.)

[suelo#:~:text=La%20fertilidad%20del%20suelo%20es,inorg%C3%A1nicos%20que%20nutran%20el%20suelo.](https://www.iaea.org/es/temas/mejora-de-la-fertilidad-del-suelo#:~:text=La%20fertilidad%20del%20suelo%20es,inorg%C3%A1nicos%20que%20nutran%20el%20suelo.)

**INEC.** Información Ambiental En La Agricultura. [en línea], 2015, pp. 32. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-agroambiental/>.

**JIMÉNEZ BRICEÑO, Leslie Estefanía.** *Efecto de omisión de cinco nutrientes en el cultivo de avena (Avena sativa L.) para la producción de biomasa.* [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito-Ecuador. 2016. p. 3. [Consulta: 24-02-2021] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8782/3/T-UCE-0004-61.pdf>

**LEON-VELARDE, C. & BARRERA, V.** Métodos Bio-matemáticos para el Análisis de Sistemas Agropecuarios en el Ecuador. *INIAP* [en línea], 2003. Ecuador. pp. 196. [Consulta: ] Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/443/1/iniapsbt95m.pdf>.

**LOAYZA GALLARDO, Carlos Enrique.** *Eficiencia agrónomica del nitrógeno en el cultivo de avena forrajera (Avena sativa L.).* [en línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito-Ecuador. 2016. p. 7. [Consulta: 24-02-2021] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10127/1/T-UCE-0004-87.pdf>

**LÓPEZ, R.** Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. 2<sup>da</sup> ed. Mérida-Venezuela, *CIDIAT*. [en línea]. 2002. Mérida-Venezuela. 2(SC-75) pp. 119-141 ISBN 9806483103. [Consulta: 02 agosto 2019]. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Roberto\\_Lopez-Falcon/publication/264311522\\_Degradacion\\_del\\_Suelo\\_causas\\_procesos\\_evaluacion\\_e\\_investigacion/links/53d85a490cf2e38c63317361/Degradacion-del-Suelo-causas-procesos-evaluacion-e-investigacion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Lopez-Falcon/publication/264311522_Degradacion_del_Suelo_causas_procesos_evaluacion_e_investigacion/links/53d85a490cf2e38c63317361/Degradacion-del-Suelo-causas-procesos-evaluacion-e-investigacion.pdf)

**LÓPEZ GARRIDO, Rosa.** *Laboreo de Conservación: Efectos a Corto y Largo plazo sobre la calidad de suelo y el Desarrollo de los cultivos.* [en línea]. (Trabajo de Doctorado). Universidad de Sevilla, Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Sevilla. 2010. p. 7. [Consulta: 08-03-2021] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/36065504.pdf>

**MAE.** 2012. *Informe de avances en el Plan de Forestación del Ministerio del Ambiente.* Disponible en <http://www.ambiente.gov.ec/userfiles/37/file/%20PLAN%20NACIONAL%20DE%20FORESTACION%20Y%20REFORESTACION/INFORME%20DE%20AVANCES%20EN%20EL%20PLAN%20DE%20FORESTACION.pdf>. 4 pp.

**MAMANI, P; et. al.** La agricultura de conservación Una alternativa contra la adversidad del cambio climático sobre los suelos de la región andina. *Fundación PROINPA*. [en línea]. 2015. Cochabamba-Bolivia. pp. 67-73. [Consulta: 02 agosto 2019]. Disponible en [https://www.proinpa.org/publico/Informe\\_compendio\\_2011\\_2014/La%20agricultura%20de%20conservacion.pdf](https://www.proinpa.org/publico/Informe_compendio_2011_2014/La%20agricultura%20de%20conservacion.pdf)

**MARTÍNEZ GAMIÑO, M.Á; et. al.** Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. [en línea]. 2019. México. 10(4) pp. 765-778. ISSN 2007-0934. [Consulta: 14 febrero 2021] Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342019000400765&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000400765&lng=es&nrm=iso)

**MONTATIXE, C. & ECHE, M.** Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *In Siembra..* [en línea]. 2020. Ecuador. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1735/3301>

**MORALES, E.** "Manejo de cultivos andinos del Ecuador". Universidad de las Fuerzas Armadas. [en línea]. 2015. Ecuador. 1. pp. 15-145. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>

**PANTOJA, J.** Potencial para el uso de cultivos de cobertura en ecuador. *IASA* [en línea]. 2016. Ecuador. 1(593). [Consulta: 20 septiembre 2020] Disponible en: [http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4878/16/Anexo 16.pdf](http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4878/16/Anexo%2016.pdf).

**PDOT Quimiag.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Quimiag. *Diagnóstico realizado por el equipo técnico del Gobierno Autónomo*. [en línea]. 2015. Riobamba-Ecuador. pp. 129. [Consulta: 02 agosto 2019] Disponible en [http://app.sni.gob.ec/sinlink/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0660821990001\\_Diagnostico\\_2406-2015\\_22-18-04.pdf](http://app.sni.gob.ec/sinlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660821990001_Diagnostico_2406-2015_22-18-04.pdf)

**PORTILLA, A.** *Evaluación de la biodisponibilidad del nitrógeno en cultivo de fréjol arbusto con cobertura y bajo sistemas de labranza de conservación*. (Trabajo de Titulación) (Tercer nivel). [en línea]. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, Carrera de Química de Alimentos. Quito-Ecuador. 2012, pp. 1-125. [Consulta: 02 de agosto 2019] Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1187>

**PROMAREN.** 2013. *Plan de Manejo y Cogestión de la Microcuenca del río Zula*. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. Realizado pro equipo técnico de base del GADPCH. Proyecto de Manejo de Recursos Naturales de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 175 pp.

**PUMISACHO & SHERWOOD, S.** El cultivo de la papa en ecuador. *INIAP*. [en línea]. 2002. 111(479). pp. 1009-1010. [Consulta: 02 de septiembre 2019]. Disponible en: <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion PDF/Pumisacho y Sherwood Cultivo de Papa en Ecuador.pdf>.

**RAMÓN VIVANCO, Claudia Paquita, & REYES BUENO, Flor Andrea.** *Determinación del grado de erosión actual y potencial de los suelos del cantón Catamayo*. [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Tercer Nivel). Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Manejo y construcción del Medio Ambiente. Loja-Ecuador. 2005. pp. 1-135. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5780/1/Ram%c3%b3n%20Vivanco%20Claudia%20%26%20Reyes%20Bueno%20FLor.pdf>

**ROJAS, L.** La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agronomía Mesoamericana*. [en línea]. 2001. Alajuela, Costa Rica. 12(2). pp. 209-212. [Consulta: 02 agosto 2019]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712213.pdf>

**SALGADO, J.** *Efecto de las obras de conservación de suelos en la diversidad de macroinvertebrados y sus parámetros fisicoquímicos en la Finca El Aguacatal Buena Vista, comunidad Plan Grande, Estelí, I semestre 2017* [en línea]. (Trabajo de titulación). (Tercer Nivel). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Facultad Multidisciplinaria, FAREM- Estelí. 2018. pp. 1-40. [Consulta: 15 agosto 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unan.edu.ni/9383/1/18795.pdf>.

**SEGREDO, A; et. al.** Enfoque sistémico del clima organizacional y su aplicación en la salud pública. *Revista cubana de Salud Pública*. [en línea]. 2015. Cuba. 41(1). Pp. 115-129. [Consulta: 21 de febrero 2021]. Disponible en <https://www.scielosp.org/pdf/rcsp/2015.v41n1/o10/es>

**SUQUILANDA, M.** *Manejo agroecológico de Suelos*. 1<sup>ra</sup> ed. Quito-Ecuador. 2017, pp. 45-48

**SUQUILANDA, M.B.** *El deterioro de los suelos en el ecuador y la produccion agricola*. [en línea]. 2015. Quito. [Consulta: 18 agosto 2019]. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.-Suelos.pdf>.

**TORRES, L; et.al.** “Cosecha y poscosecha”. INVENTARIO DE TECNOLOGÍAS E INFORMACIÓN PARA EL CULTIVO DE PAPA EN ECUADOR . [en línea]. 2011, (Ecuador)

[Consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <https://cipotato.org/papaenecuador/cosecha-y-poscosecha/#1508259032234-bd324f26-5f8>

**VALAREZO, R.** *Evaluación el impacto socio-económico de las prácticas de agricultura de conservación en los sistemas de producción a nivel de la microcuenca del río illangama.* [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Maestría). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Insituto Superior de Investigación y Posgrado. Quito-Ecuador. 2017. pp. 3-67. [Consulta: 22 febrero 2020]. Disponible en: <http://200.12.169.19:8080/bitstream/25000/8328/1/T-UCE-0004-01.pdf>.

**VERHULST, N; et. al.** *Conservation agriculture for wheat-based cropping systems under gravity irrigation: increasing resilience through improved soil quality.* 2011. Plant Soil 340, 467-480.

**VIMOS REINOSO, Maritza Katherine.** *Evaluación del estado de degradación y de fertilidad según el uso del suelo en tres agroecosistemas.* [en línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 1-116. [Consulta: 14-02-2021] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7644/1/13T0848.pdf>.

**YÁNEZ, C; et. al.** "El cultivo de maíz de altura". *Guía de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras.* [en línea]. 2013. Ecuador. (Guía N° 96). pp. 3-29. [Consulta: 03 julio 2020] Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2435>.

**YÁNEZ, W; et. al.** Niveles de nitrógeno en suelos del cantón Chambo, provincia de Chimborazo. *Journal of the Selva Andina Biosphere.* [en línea]. 2017. Ecuador. 5(2). pp. 152-158. [Consulta: 02 febrero 2021] Disponible en [http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592017000200010&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org/bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592017000200010&lng=es&nrm=iso). ISSN 2308-3859.

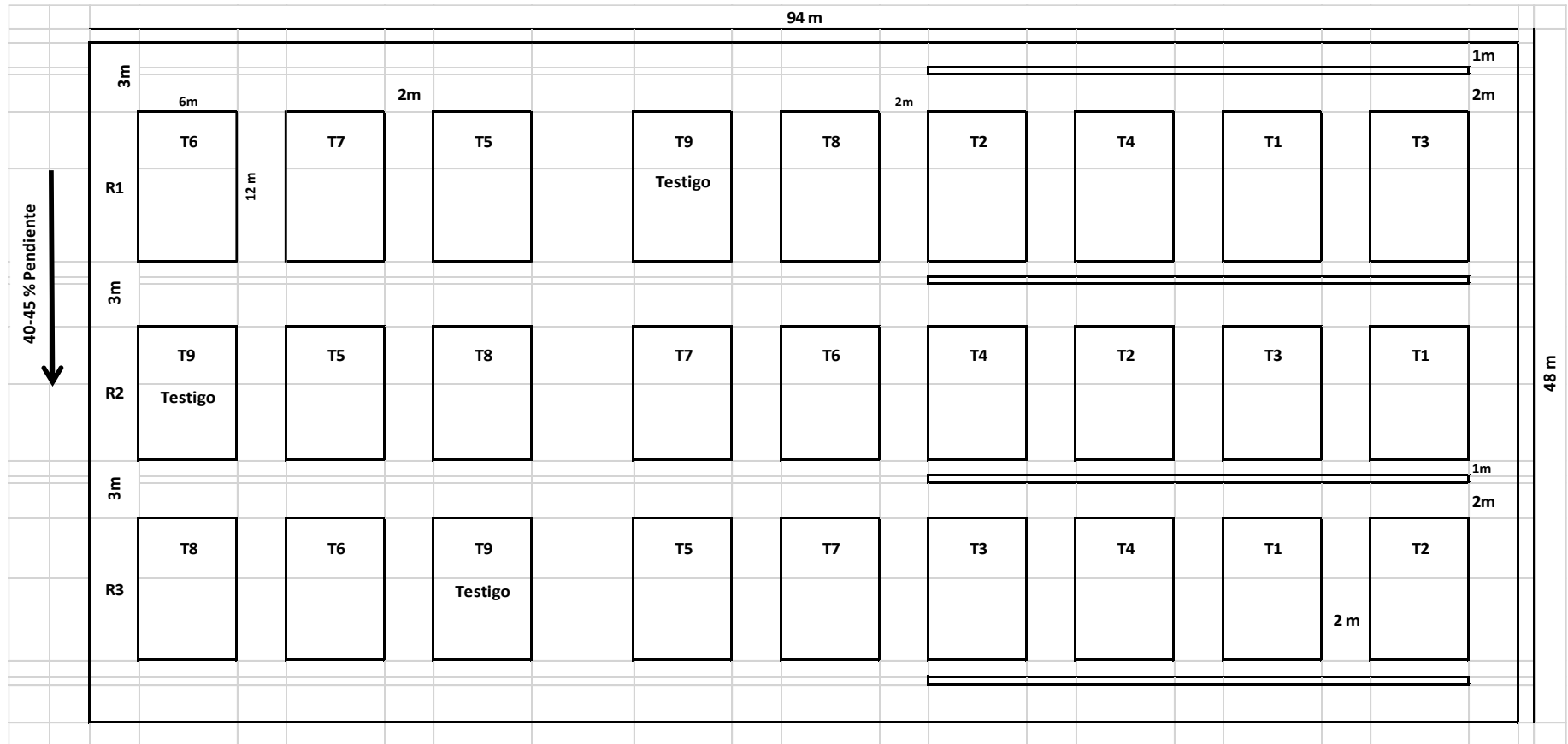
## ANEXOS

### ANEXO A. LOCALIZACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN



**Realizado por:** Angélica V, Cajilema Q. 2021

**ANEXO B. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS EN CAMPO.**



Realizado por: Angélica V, Cajilema Q. 2021



## ANEXO C. PRESUPUESTO

<b>Rubros</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<b>Materiales de campo:</b>				
Estacas	120	Unidad	0,25	30
Piola	6	Kg	5	30
Manguera de ½	6	Rollo 100 m	50	300
Aspersores	12	aspersor	15	180
Letreros	27	letrero	5	135
Costales	100	unidad	0,3	30
Fundas plásticas	5	Paquete	1	5
Ligas	2	Paquete	7	14
<b>Plantas:</b>				
Lupinus	500	planta	0,25	125
<b>Semillas:</b>				
Papa superchola	384,91	Kg	0,55	211,7
Maíz blanco	120	Kg	2,5	300
Avena Iniap 82	200	Kg	2	400
Vicia variedad común	100	Kg	1,45	145
<b>Análisis de suelo y plantas:</b>				
Análisis químico de suelo	6	Análisis	27	162
Análisis físico de suelo	6	Análisis	12	72
Análisis de plantas	6	Análisis	27	162
<b>Insumos agrícolas:</b>				
Glifosato	2	Litro	5	10
Metsulforonmetil	30	Gramos	0,35	10,5
<b>Fertilizantes:</b>				
Abono Orgánico	350	Kg	0,2	70
18-46-0	100	Kg	0,7	70
Muriato de potasio	100	Kg	0,54	54
Sulpomag	100	Kg	0,72	72
Urea	100	Kg	0,54	54
Abono foliar	10	Litro	8,5	85
Mano de obra	20	Jornal	12	240
<b>Insecticidas:</b>				
Cipermetrina	3	Litro	8,75	26,25
Acefato	3	Litro	29	87
<b>Fungicidas:</b>				
Cimoxanil + mancozeb	4	Kg		4
Dithane	3	Litro		3
Soll 76 pm	3	Kg		3
Carbendazim	3	Litro		3
Manejo y cuidado de cultivo	20	Jornal	12	240
<b>Materiales de oficina y consulta:</b>				
Libreta de campo	5	Unidad	5	25
Hojas	4	Resmas	10	40

Esferos	2	Caja	15	30
Lápices	2	Caja	20	40
Material de consulta	4	Varios	100	400
Movilización	50	Movilización/día	20	1000
<b>Documentacion final:</b>				
Empastados	60	Unidad	7	420
			<b>SUBTOTAL</b>	5288,45
			<b>15%</b>	793,27
			<b>IMPREVISTOS</b>	
			<b>TOTAL</b>	6081,72

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

#### ANEXO D. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA FRENTE AL TESTIGO

**TABLA RESUMEN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA FRENTE AL TESTIGO**

TRATAMIENTO	PROMEDIO Tn Ha-1	TESTIGO	%	%	INCREMENTO
1	21,08	13,88	65,85		34,15
2	22,76	13,88	60,98		39,02
3	22,23	13,88	62,43		37,57
4	23,64	13,88	58,71		41,29
5	21,47	13,88	64,65		35,35
6	24,52	13,88	56,60		43,40
7	21,97	13,88	63,17		36,83
8	23,96	13,88	57,93		42,07

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

## ANEXO E. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE AVENA-VICIA FRENTE AL TESTIGO

**TABLA RESUMEN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE AVENA-VICIA  
FRENTE AL TESTIGO**

TRATAMIENTO	PROMEDIO Tn Ha-1	TESTIGO	%	%	INCREMENTO
1	25,66	16,49	64,26		35,74
2	28,80	16,49	57,26		42,74
3	27,80	16,49	59,32		40,68
4	30,58	16,49	53,92		46,08
5	26,57	16,49	62,07		37,93
6	30,43	16,49	54,19		45,81
7	26,86	16,49	61,38		38,62
8	30,07	16,49	54,85		45,15

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

## ANEXO F. RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ FRENTE AL TESTIGO

**TABLA RESUMEN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAÍZ FRENTE  
AL TESTIGO**

TRATAMIENTO	PROMEDIO Tn Ha-1	TESTIGO	%	%	INCREMENTO
1	3,80	2,60	68,53		31,47
2	4,24	2,60	61,29		38,71
3	4,37	2,60	59,53		40,47
4	4,87	2,60	53,39		46,61
5	3,62	2,60	71,80		28,20
6	4,18	2,60	62,22		37,78
7	4,07	2,60	63,84		36,16
8	4,71	2,60	55,20		44,80

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO G. INCREMENTO DEL RENDIMIENTO EN T HA<sup>-1</sup> DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN.**

<b>Cultivo de Papa año 2019</b>	<b>Cultivo de avena-vicia año 2019</b>	<b>Cultivo de maíz suave año 2020</b>
10,64	14,09	2,27
43,40	46,08	46,61

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO H. COSTOS TOTALES EN USD HA<sup>-1</sup> DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN**

<b>Tratamientos</b>	<b>Cultivo de Papa año 2019</b>	<b>Cultivo de avena-vicia año 2019</b>	<b>Cultivo de maíz suave año 2020</b>
(T1) Con zanjás, L. Convencional, Sin residuo	3152,44	911,65	1639,19
(T2) Con zanjás, L. Convencional, Con residuo	3209,18	862,32	1686,34
(T3) Con zanja, L. Reducida, Sin Residuo	3176,62	855,78	1385,49
(T4) Con zanja, L. Reducida, Con Residuo	3200,62	801,00	1431,41
(T5) Sin zanja, L. convencional, Sin Residuo	3042,76	860,70	1574,82
(T6) Sin zanja, L. Convencional, Con Residuo	3091,25	811,36	1632,35
(T7) Sin zanja, L. Reducida, Sin Residuo	3131,26	794,18	1309,58
(T8) Sin zanjás, L. Reducida, Con Residuo	3125,54	741,30	1368,28
(T9)	2408,68	679,38	1189,00

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO I. BENEFICIO BRUTO EN USD HA<sup>-1</sup> DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN**

<b>Tratamientos</b>	<b>Cultivo de Papa año 2019</b>	<b>Cultivo de avena-vicia año 2019</b>	<b>Cultivo de maíz suave año 2020</b>
(T1) Con zanjas, L. Convencional, Sin residuo	9273,73	1539,60	3795,00
(T2) Con zanjas, L. Convencional, Con residuo	10014,40	1727,80	4243,00
(T3) Con zanja, L. Reducida, Sin Residuo	9782,67	1667,80	4369,00
(T4) Con zanja, L. Reducida, Con Residuo	10403,07	1835,00	4871,33
(T5) Sin zanja, L. Convencional, Sin Residuo	9446,80	1594,00	3622,00
(T6) Sin zanja, L. Convencional, Con Residuo	10790,27	1825,80	4179,67
(T7) Sin zanja, L. Reducida, Sin Residuo	9668,27	1611,80	4074,00
(T8) Sin zanjas, L. Reducida, Con Residuo	10542,40	1803,90	4711,33
(T9) Testigo	6107,20	989,40	2600,67

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO J. PRECIOS DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN**

Precio tonelada de papa año 2019	USD 440
Precio tonelada de avena-vicia año 2019	USD 60
Precio tonelada de maíz año 2020	USD 1000

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO K. BENEFICIO NETO EN USD HA<sup>-1</sup> DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN**

<b>Tratamientos</b>	<b>Cultivo de Papa año 2019</b>	<b>Cultivo de avena-vicia año 2019</b>	<b>Cultivo de maíz suave año 2020</b>
(T1) Con zanjias, L. Convencional, Sin residuo	6121,29	627,95	2155,81
(T2) Con zanjias, L. Convencional, Con residuo	6805,22	865,48	2556,66
(T3) Con zanja, L. Reducida, Sin Residuo	6606,05	812,03	2983,51
(T4) Con zanja, L. Reducida, Con Residuo	7202,45	1034,00	3439,92
(T5) Sin zanja, L. Convencional, Sin Residuo	6404,04	733,30	2047,18
(T6) Sin zanja, L. Convencional, Con Residuo	7699,01	1014,44	2547,32
(T7) Sin zanja, L. Reducida, Sin Residuo	6537,01	817,63	2764,42
(T8) Sin zanjias, L. Reducida, Con Residuo	7416,86	1062,60	3343,06
(T9) Testigo	3698,52	310,03	1411,66

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO L. INCREMENTO EN LOS BENEFICIOS NETOS EN PORCENTAJE (%) DE LOS CULTIVOS EN ROTACIÓN.**

Tratamientos	% de Incremento		
	Cultivo de Papa año 2019	Cultivo de avena-vicia año 2019	Cultivo de maíz suave año 2020
(T1) Con zanjas, L. Convencional, Sin residuo	39,58	50,63	34,52
(T2) Con zanjas, L. Convencional, Con residuo	45,65	64,18	44,78
(T3) Con zanja, L. Reducida, Sin Residuo	44,01	61,82	52,68
(T4) Con zanja, L. Reducida, Con Residuo	48,65	70,02	58,96
(T5) Sin zanja, L. Convencional, Sin Residuo	42,25	57,72	31,04
(T6) Sin zanja, L. Convencional, Con Residuo	51,96	69,44	44,58
(T7) Sin zanja, L. Reducida, Sin Residuo	43,42	62,08	48,93
(T8) Sin zanjas, L. Reducida, Con Residuo	50,13	70,82	57,77

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO M. PROMEDIO DE NITRÓGENO (NH<sub>4</sub>), FÓSFORO (P) Y POTASIO (K) DE LOS TRATAMIENTOS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN VERSUS EL TESTIGO A LOS 500 DÍAS DE EVALUACIÓN.**

Agricultura de conservación vs. Testigo	Nitrógeno (NH <sub>4</sub> ) a los 500 días en kg ha <sup>-1</sup>	Fósforo a los 500 días en kg ha <sup>-1</sup>	Potasio a los 500 días en kg ha <sup>-1</sup>
Promedio de los tratamientos con agricultura de conservación	99	129	552

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO N. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO DE LOS TRATAMIENTOS.**

	<b>BENEFICIO/COSTO</b>		
	<b>Cultivo papa</b>	<b>Cultivo avena-vicia</b>	<b>Cultivo maíz suave</b>
(T1) Con zanjas, L. Convencional, Sin residuo	2,94	1,69	2,32
(T2) Con zanjas, L. Convencional, Con residuo	3,12	2,00	2,52
(T3) Con zanja, L. Reducida, Sin Residuo	3,08	1,95	3,15
(T4) Con zanja, L. Reducida, Con Residuo	3,25	2,29	3,40
(T5) Sin zanja, L. convencional, Sin Residuo	3,10	1,85	2,30
(T6) Sin zanja, L. Convencional, Con Residuo	3,49	2,25	2,56
(T7) Sin zanja, L. Reducida, Sin Residuo	3,09	2,03	3,11
(T8) Sin zanjas, L. Reducida, Con Residuo	3,37	2,43	3,37
(T9)	2,54	1,46	2,19

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO Ñ. DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE LA COSECHA DE PAPA.**

<b>No. Lab. Investig.</b>	<b>REP</b>	<b>TRAT</b>	<b>Da (g/cc)</b>	<b>Hg (gr agua/ gr suelo)</b>	<b>Hv (gr agua/ ml suelo)</b>
49831	1	1	0,72	13,2	9,5
49832	1	2	0,72	8,7	6,3
49833	1	3	0,79	10,6	8,4
49834	1	4	0,68	12,3	8,4
49835	1	5	0,78	9,6	7,5
49836	1	6	0,71	11,1	7,8
49837	1	7	0,67	15,1	10,2
49838	1	8	0,74	12,1	8,9
49839	1	9 (Testigo)	0,84	12,7	10,7
49849	2	1	0,74	9,9	7,3
49850	2	2	0,7	23,5	16,3
49851	2	3	0,78	9,2	7,2
49852	2	4	0,74	10,1	7,5
49853	2	5	0,76	10,6	8,1



---

49854	2	6	0,73	9,8	7,2
49855	2	7	0,72	10,4	7,5
49856	2	8	0,76	18,6	14,1
49857	2	9 (Testigo)	0,71	12,7	9,1
49867	3	1	0,73	18,1	13,1
49868	3	2	0,72	11,9	8,6
49869	3	3	0,73	15,9	11,5
49870	3	4	0,76	14,2	10,7
49871	3	5	0,79	13,6	10,8
49872	3	6	0,69	15,4	10,5
49873	3	7	0,74	12,9	9,5
49874	3	8	0,77	12,1	9,3
49875	3	9 (Testigo)	0,72	18,4	13,3

---

**Realizado por:** Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO O. DATOS DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE LA COSECHA DE MAÍZ.**

<b>No. Lab. Investig.</b>	<b>REP</b>	<b>TRAT</b>	<b>PROFUNDIDAD (cm)</b>	<b>Da (g/cc)</b>	<b>factor usado para ppm a kg/ha</b>
49371	1	1	20	1,00	2,00
49372	1	2	20	1,00	2,00
49373	1	3	20	0,99	1,98
49374	1	4	20	0,98	1,96
49375	1	5	20	0,98	1,96
49376	1	6	20	0,89	1,78
49377	1	7	20	0,98	1,96
49378	1	8	20	1,00	2,00
49379	1	9	20	0,91	1,82
		(Testigo)			
49389	2	1	20	0,92	1,84
49390	2	2	20	1,06	2,12
49391	2	3	20	0,98	1,96
49392	2	4	20	1,01	2,02
49393	2	5	20	0,99	1,98
49394	2	6	20	0,97	1,94
49395	2	7	20	0,90	1,80
49396	2	8	20	0,95	1,90
49397	2	9	20	1,00	2,00
		(Testigo)			
49407	3	1	20	0,99	1,98
49408	3	2	20	1,01	2,02
49409	3	3	20	0,93	1,86
49410	3	4	20	0,98	1,96
49411	3	5	20	0,99	1,98
49412	3	6	20	0,97	1,94
49413	3	7	20	1,00	2,00
49414	3	8	20	0,85	1,70
49415	3	9	20	0,95	1,90
		(Testigo)			

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021

**ANEXO P. DATOS DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL SUELO DE LA COSECHA DE AVENA-VICIA.**

<b>No. Lab. Investig.</b>	<b>REP</b>	<b>TRAT</b>	<b>PROFUNDIDAD (cm)</b>	<b>Da (g/cc)</b>	<b>factor usado para ppm a kg/ha</b>
49371	1	1	20	0,72	1,44
49372	1	2	20	0,72	1,44
49373	1	3	20	0,79	1,58
49374	1	4	20	0,68	1,36
49375	1	5	20	0,78	1,56
49376	1	6	20	0,71	1,42
49377	1	7	20	0,67	1,34
49378	1	8	20	0,74	1,48
49379	1	9	20	0,84	1,68
		(Testigo)			
49389	2	1	20	0,74	1,48
49390	2	2	20	0,7	1,40
49391	2	3	20	0,78	1,56
49392	2	4	20	0,74	1,48
49393	2	5	20	0,76	1,52
49394	2	6	20	0,73	1,46
49395	2	7	20	0,72	1,44
49396	2	8	20	0,76	1,52
49397	2	9	20	0,71	1,42
		(Testigo)			
49407	3	1	20	0,73	1,46
49408	3	2	20	0,72	1,44
49409	3	3	20	0,73	1,46
49410	3	4	20	0,76	1,52
49411	3	5	20	0,79	1,58
49412	3	6	20	0,69	1,38
49413	3	7	20	0,74	1,48
49414	3	8	20	0,77	1,54
49415	3	9	20	0,72	1,44
		(Testigo)			

Realizado por: Cajilema, Angélica, 2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 04 / 08 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Angélica Viviana Cajilema Quishpi</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Recursos Naturales</i>
<b>Carrera:</b> <i>Agronomía</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera Agrónoma</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): cn=EC, ln=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.08.04 15:14:14  
-05'00'



1311-DBRA-UTP-2021