



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE
ARVEJA *Pisum sativum* L. EN GRANO VERDE, AYACUCHO, 2016”**

**TESIS PARA OBTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
DOCTORADO EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO
SOSTENIBLE**

AUTOR:

YURI GÁLVEZ GASTELÚ

ASESOR:

Dr. SEGUNDO RAMIRO SÁNCHEZ SOTOMAYOR

JURADO:

Dr. MAYHUASCA GUERRA JORGE VÍCTOR

Dr. JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO

Dra. RAMOS VERA JUANA ROSA

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres, en especial a mi madre
Mery Paulina, mi esposa Edita y a mis hijos
Yuri Jesús y Karen Ángeles

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso, por darme la salud, protegerme y derramar sus bendiciones todos los días de mi vida.

A la Escuela Universitaria de Posgrado, doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Universidad Nacional Federico Villarreal, por acogerme en sus aulas universitarias.

A los docentes de Escuela Universitaria de Posgrado, doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, por compartir sus conocimientos.

Al Dr. Segundo Ramiro Sánchez Sotomayor, por asesorar y contribuir en la realización del trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRAC.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS.....	5
1.2. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA.....	6
1.3. FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	7
1.3.1. General.....	7
1.3.2. Específicos.....	7
1.4. ANTECEDENTES.....	8
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.7. OBJETIVOS.....	18
1.7.1. Objetivo general.....	18
1.7.2. Objetivos específicos.....	18
1.8. HIPÓTESIS.....	19
1.8.1. Hipótesis general.....	19
1.8.2. Hipótesis específico.....	19
II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN (AC).....	20
2.1.1. Definiciones y principios de AC.....	20
2.1.2. Origen de AC.....	23
2.1.3. Objetivos y características de AC.....	26
2.1.4. Funciones y beneficios de AC.....	28
2.1.5. Descripción de las prácticas de AC.....	29
2.2. CULTIVO DE “ARVEJA” (<i>Pisum sativum</i> L.).....	43

2.2.1. Origen e historia del cultivo	43
2.2.2. Clasificación taxonómica del cultivo	44
2.2.3. Importancia del cultivo.....	45
2.2.4. Instalación y conducción del cultivo	45
2.2.5. Rendimiento del cultivo	47
2.2.6. Características del cultivar Usui.....	47
2.3. FUNDAMENTO FILOSÓFICO	48
2.3.1. Fundamento de agricultura sostenible.....	49
2.3.2. Fundamento de desarrollo sostenible	51
2.3.2. Fundamento de la situación ecológica actual	52
III. MÉTODO	54
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	54
3.2.1. Población.....	54
3.2.2. Muestra.....	55
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	55
3.4. INSTRUMENTOS.....	56
3.4.1. Ubicación del trabajo de investigación	56
3.4.2. Características ecológicas del lugar de trabajo de investigación	57
3.4.3. Características climáticas del lugar de trabajo de investigación	58
3.4.4. Características del suelo del lugar de trabajo de investigación	59
3.4.5. Metodología	60
3.4.6. Diseño y distribución del campo experimental	61
3.5. PROCEDIMIENTOS.....	62
3.5.1. Instalación del experimento	62
3.5.2. Conducción del experimento.....	64
3.5.3. Cosecha y recolección de datos.....	65
3.5.4. Parámetros evaluados	65
3.6. ANÁLISIS DE DATOS.....	68
3.6.1. Diseño experimental y análisis estadístico.....	68
3.7. CONSIDERACIONES ÉTICAS	69
IV. RESULTADOS	70
4.1. CANTIDAD DE PLANTAS COSECHADAS.....	70

4.2. TAMAÑO DE LA PLANTA.....	72
4.3. CANTIDAD DE VAINAS POR PLANTA.....	73
4.4. RENDIMIENTO DE VAINA EN VERDE.....	75
4.5. LONGITUD DE VAINA EN VERDE.....	76
4.6. CANTIDAD DE SEMILLAS POR VAINA	78
4.7. MATERIA SECA DE VAINA EN VERDE	79
4.8. ÍNDICE DE COSECHA DE VAINA EN VERDE	81
4.9. CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO.....	82
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	83
5.1. CANTIDAD DE PLANTAS COSECHADAS.....	83
5.2. TAMAÑO DE LA PLANTA.....	85
5.3. CANTIDAD DE VAINAS POR PLANTA.....	86
5.4. RENDIMIENTO DE VAINA EN VERDE.....	87
5.5. LONGITUD DE VAINA EN VERDE.....	91
5.6. CANTIDAD DE SEMILLAS POR VAINA	92
5.7. MATERIA SECA DE VAINA EN VERDE	94
5.8. ÍNDICE DE COSECHA DE VAINA EN VERDE	97
5.9. CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO.....	99
VI. CONCLUSIONES.....	103
VII. RECOMENDACIONES	104
VIII. REFERENCIAS	105
IX. ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 2.1	Relación carbono-nitrógeno y contenido de N-P-K de ciertos residuos empleados en la cobertura muerta	42
Tabla 3.1	Operacionalización de variables en estudio	56
Tabla 3.2	Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico de los años 2009 al 2016. Estación Meteorológica “Pampa del Arco” (UNSCH), Ayacucho	58
Tabla 3.3.	Análisis de caracterización del suelo de “Pampa del Arco”, Ayacucho	59
Tabla 3.4	Tratamientos de los factores en estudio	61
Tabla 4.1	ANVA de la cantidad de plantas cosechadas. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde	72
Tabla 4.2	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en la cantidad de plantas cosechadas	71
Tabla 4.3	Test de Tukey de los efectos principales de tipos de cobertura muerta en la cantidad de plantas cosechadas	71
Tabla 4.4	Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en la cantidad de plantas cosechadas	71
Tabla 4.5	ANVA de la altura de planta. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde	72
Tabla 4.6	Test de Tukey de efectos principales de tipo de labranza de conservación en la altura de planta	72
Tabla 4.7	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en la altura de planta	72
Tabla 4.8	Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en la altura de la planta	73
Tabla 4.9	ANVA de cantidad de vainas por planta. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde	73
Tabla 4.10	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en cantidad de vainas por planta	74
Tabla 4.11	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en cantidad de vainas por planta	74

Tabla 4.12	Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en cantidad de vainas por planta	74
Tabla 4.13	ANVA del rendimiento de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde	75
Tabla 4.14	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en el rendimiento de vaina en verde	75
Tabla 4.15	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en el rendimiento de vaina	75
Tabla 4.16	Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en el rendimiento de vaina en verde	76
Tabla 4.17	ANVA de la longitud de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde	76
Tabla 4.18	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en longitud de vaina en verde	77
Tabla 4.19	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en la longitud de vaina en verde	77
Tabla 4.20	Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en la longitud de vaina en verde	77
Tabla 4.21	ANVA de cantidad de semilla por vaina. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde	78
Tabla 4.22	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en la cantidad de semillas por vaina	78
Tabla 4.23	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en la cantidad de semillas por vaina	78
Tabla 4.24	Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en cantidad de semillas por vaina	79
Tabla 4.25	ANVA de materia seca de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde	79
Tabla 4.26	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en materia seca de vaina en verde	80
Tabla 4.27	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en materia seca de vaina en verde	80

Tabla 4.28	Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta materia seca de vaina en verde	80
Tabla 4.29	ANVA de índice de cosecha de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde	81
Tabla 4.30	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en el índice de cosecha de vaina en verde	81
Tabla 4.31	Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en el índice de cosecha de vaina en verde	81
Tabla 4.32	Test de Tukey de la interacción de tipos de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en el índice de cosecha de vaina en verde	82
Tabla 4.33	Análisis de caracterización del suelo de “Pampa del Arco”, Ayacucho	82

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 3.1	Ubicación del ensayo, campo experimental “Pampa del Arco”, Ayacucho	57
Figura 3.2	Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico de los años 2009 al 2016. Estación Meteorológica “Pampa del Arco” (UNSCH), Ayacucho.	58
Figura 3.3	Croquis de distribución del campo experimental	61
Figura 3.4	Croquis de unidad experimental	62

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Cuadro de datos ordenados generales	110
Anexo 2	Cuadro de datos ordenados por factor respuesta	111
Anexo 3	Análisis de caracterización de suelo	113
Anexo 4	Panel fotográfico	116

RESUMEN

Investigación, agricultura de conservación en la producción de arveja *Pisum sativum* L. grano en verde, Ayacucho. Se desarrolló en el campo experimental “Pampa del Arco” de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, entre enero a diciembre del 2017, con el objetivo de conocer la influencia de prácticas de agricultura de conservación, en la producción de “arveja” en grano verde, mediante la aplicación de las prácticas de labranza de conservación y cobertura muerta. Se empleó el Diseño Experimental Bloque Completo Randomizado, con tres tipos de labranza de conservación y tres tipos de cobertura muerta. Efectuado el ANVA, estadísticamente la práctica labranza en franjas tiene mejor respuesta, obteniendo 261 111,11 plantas cosechadas.ha⁻¹, 156.48 cm de tamaño de planta, 7.42 vainas por planta y un rendimiento de 3 894.90 kg.ha⁻¹ de vaina; mientras la práctica labranza cero, reporta respuesta sobresaliente, acumulando 32.92% de materia seca, y la práctica labranza reducida, con 51.02% de índice de cosecha. La práctica cobertura con brozas de leguminosa, cuantitativamente tiene mejor resultado, con 243 518,52 plantas cosechadas.ha⁻¹, con rendimiento de 3 366.25 kg.ha⁻¹ de vaina, y con 48.11% de índice de cosecha; asimismo la práctica cobertura cero, reporta mejor resultado, con 152.18 cm en el tamaño de la planta, 6.97 vainas por planta, y reservando 30.74% de materia seca. La aplicación de ambas prácticas, labranza de conservación y cobertura muerta, contribuyen en mejorar la capacidad productiva del suelo.

Palabra clave: Agricultura de conservación, labranza de conservación, cobertura muerta

ABSTRAC

Research on conservation agriculture practices in the production of grain immature pea (*Pisum satiyum* L.), in Ayacucho, Perú. It was developed at the experimental field “Pampa del Arco”, University of Huamanga, between January and December 2017. The objective of the research was to learn about the influence of conservation agriculture practices in the production of grain immature “pea”, through the application of tillage practices of conservation and mulching. A complete randomized block experimental design was used with three types of conservation tillage and three types of mutching. After applying statistically ANVA, the practice of tillage stripes cropping got better results in relation with the quantity of harvested plants, with +261 111, 11 plants per hectare, a plant size 156,48 cm, with 7.42 pods per plant and 3 894.90 kg pods yields per hectare. The practice of zero tillage reports outstanding results in the accumulation of dry material (32.92%); while reduced tillage with 51.02% of harvest index. The practice of covering using leguminous brushes got better results in the quantity of harvested plants with 243 518, 52 plants per hectare and 3 366.25 kg of pod yields per hectare with a harvest index of 48.11%. The zero covering practice also got better results in plant size, 152.18cm, 6.97 pods per plant and 30.74% of accumulation of dry material. The application of both practices, conservation tillage and mulching, they contribute to improve the productive capacity of the soil.

Keywords: Conservation agriculture, tillage of conservation, mulching

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo y en nuestro país la producción de cultivos está basada en ideas y concepciones del uso de maquinarias, equipos y herramientas agrícolas creadas para una intensa labranza del suelo. Los mismos se utilizan en la ejecución de los “barbechos” a fin de conservar el suelo limpio de vegetación en el intervalo de una cosecha anterior y la próxima campaña agrícola. Las prácticas de labranza intensa y el “barbecho” se desarrollan en las regiones de clima templado, con la errada idea de mejorar la colecta del agua en el suelo y de los elementos nutritivos. Porque con la utilización de las maquinarias agrícolas, y el uso permanente de arados de disco, vertedera, reja y otros implementos de labranza al igual profundidad del suelo y aún más teniendo en cuenta las estaciones con mayor presencia de humedad, forman horizontes subterráneas compactas llamadas “piso de arado”.

Estas operaciones afectan negativamente en la formación apropiada de las raíces del cultivo, principalmente por la circulación y distribución del agua, así como la presencia del oxígeno en el suelo. Los resultados se vuelven desfavorables, puesto que se produce la escorrentía superficial del agua y en consecuencia la reducción de la velocidad de infiltración en el suelo, provocando la desgaste y deterioro del suelo, y junto a ello, los nutrientes, el materia orgánico, el arrastre de las semillas sembradas; asimismo de manera

negativa afecta la acción biológica de los organismos del suelo. Considerando lo antes señalado, es muy importante optar por métodos alternativos a fin de contener los daños que se vienen ocasionado, porque en nuestro medio existen tecnologías apropiadas para restituir.

En los últimos tiempos, existe gran preocupación en los agricultores respecto a la pérdida del suelo por la erosión, así como por el costo de insumos agrícolas y la fuerza de trabajo ocasionado por el subsolado del suelo o aradura profunda. Muchos agricultores trataron de limitar la frecuencia de laboreo de los suelos, sin embargo han encontrado serias dificultades, entre ellas la menor capacidad germinativa de las semillas, mínima productividad de los cultivos, mayor diseminación de la mala hierba, plagas y enfermedades.

Asimismo, los trabajos de investigación lograron desarrollar diversos equipos sembradoras, la implementaron las prácticas de rotación de cultivares, uso de cultivos de protección, la utilización de herbicidas de acción total o selectiva. “Esto resultados de trabajo de investigación, ha permitido a los agricultores restringir e incluso eliminar las labores de preparación de suelos y al mismo tiempo, mantener o mejorar los niveles de rendimiento de los campos” (Benites y Bot, 2014, p. 24).

Conforme Stenholm y Waggoner (1990), como se citó en (Benites y Bot, 2014) la palabra sustentable involucra “dimensiones agronómicas, medioambientales, sociales, económicas y políticas. No se trata simplemente del conjunto de mejores prácticas de manejo del suelo, o reducción del uso de agroquímicos. El nuevo enfoque de gestión, hace hincapié en las interacciones en el sistema suelo-agua-planta” (p. 33). Es decir tener presente el dinamismo de la fertilidad de los suelos, los cuales se incrementan notoriamente en los sistemas integrales de agricultura de conservación, cuyas prácticas involucran, la siembra

directa, cobertura muerta, y rotación de cultivos. Razón por la cual se propuso evaluar la influencia de las prácticas de agricultura de conservación en la producción de arveja en grano verde, mediante aplicación de prácticas de labranza de conservación y cobertura muerta.

1.1. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS

La agricultura en el Perú constituye una de las actividades más importantes, y está asociada a diversos factores de carácter económico, cultural, social, climático, ambiental, tecnológico, etc., los cuales condicionan la producción de una gran diversidad de cultivos.

Los problemas más imperiosos del poblador rural en el Perú y de su entorno ambiental, tiene relación con la inadecuada administración de sus recursos naturales, principalmente recurso suelo, agua y cubierta vegetal. La implementación de las labores agrícolas usuales, consistente en quemar las hojarascas, así como las brozas de cosecha, asimismo el uso de los tipos de laboreo originan la fragmentación de los suelo y despoja de la cubierta, causando erosiones hídricas y eólicas, que genera el desgaste de los nutrientes y del componente orgánico.

Este hecho disminuye la capacidad productiva del recurso suelo, y está supeditado al elevado uso de insumos químicos, instando a los productores a gastar de manera creciente en abonos sintéticos y productos agroquímicos, a fin de mejorar los productos de la cosecha, con la consecuencia de incremento de los costos de producción y la desventaja de la rentabilidad económica, así como el deterioro del ambiente.

Este círculo vicioso de la agricultura tradicional no sostenible, promueve al deterioro de la calidad de vida del agricultor, por la baja capacidad productiva de los suelos, en

consecuencia la inseguridad alimentaria que motivan migraciones, competencia intensa por los recursos naturales a fin de satisfacer las necesidades básicas de la población rural.

1.2. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA

En la actualidad, la producción agrícola en nuestro país está asociada al elevado gasto de energía fósil, que genera incremento de costos de producción, deterioro de recursos naturales y del ambiente, porque está fundamentada en conceptos y principios de una agricultura intensiva, donde se utilizan maquinarias, equipos y herramientas de alta tecnología, así como insumos químicos de procesos industriales.

En Ayacucho, al igual que en todo el país, uno de los principales problemas asociada a la producción agrícola y el desarrollo rural; es el proceso de desertificación acelerado de los suelos, por la destrucción de la cubierta vegetal protectora; la erosión y pérdida de la fertilidad de los suelos, por las prácticas de labranza inapropiada y monocultivo; y la contaminación del medio ambiente, por quemar los restos de cosecha y el uso indiscriminado de los recursos provenientes de energía fósil.

Por lo general la producción convencional de los cultivos, generan un alto gasto de energía fósil, pérdida de cobertura vegetal, erosión y disminución de los nutrientes del suelo, problema de los monocultivos, deterioro de los recursos naturales, contaminación del ambiente, baja calidad de los alimentos y entre otros. La aplicación apropiada de las labores de agricultura de conservación, como labranza de conservación, aplicación de cobertura muerta o mulch y rotación de cultivos, permite el uso eficiente del agua, del suelo, de los recursos naturales que intervienen en la producción, así como del espacio, absorción eficiente de los nutrientes, control y manejo adecuado fitosanitario y producción variado de

bienes agrícolas para el productor, hecho que se sustenta en base a la seguridad alimentaria y reducción de conflictos agrícolas.

Si bien existen contradicciones entre los agricultores, en cuanto a las prácticas de agricultura tradicional y convencional, hay diversas tecnologías ancestrales que permiten, proteger y usar eficientemente los recursos naturales, mediante el manejo integral del triángulo agua-suelo-planta, así como de las riquezas biológicas aprovechables, que favorezcan a la protección del medio ambiente y agricultura sostenible, las cuales pueden ser aprovechadas satisfactoriamente para sustituir múltiples necesidades del hombre; tal es así la agricultura de conservación, requiere ser implementado y evaluado en la producción de diversos cultivos, principalmente en la producción de arveja.

1.3. FORMULACIÓN DE PROBLEMA

- General

¿De qué manera la aplicación de las prácticas de agricultura de conservación, contribuye en la producción agrícola sostenible del “arveja” (*Pisum sativum* L.) en grano verde, bajo las condiciones agroecológicas de Ayacucho?

- Específicos

- ¿De qué manera la práctica de labranza de conservación contribuye en mejorar la productividad del cultivo de “arveja” en grano verde?
- ¿De qué manera la práctica de cobertura muerta contribuye en mejorar la productividad del cultivo de “arveja” en grano verde?
- ¿De qué manera las prácticas de labranza de conservación y cobertura muerta contribuyen en mejorar la capacidad productiva del suelo?

1.4. ANTECEDENTES

1.4.1. Antecedentes internacionales

García et al. (2018), docentes investigadores de la Universidad de Colombia; realizaron el trabajo de investigación “impacto de tres sistemas de labranza: Labranza reducida, siembra directa y labranza de conservación, en dos épocas; antes de preparación y a dos meses de siembra de maíz, con la finalidad de evaluar variables físicas, químicas y biológicas del suelo”. Efectuado el análisis estadístico correspondiente; se encontró que la densidad aparente (Da) resultó ser mayor en labranza reducida (1,52 g por cm³) en antes de preparación del suelo. Mientras con labranza de conservación, se logró densidad aparente (Da) baja en los dos períodos (1,27 g por cm³). La porosidad (p) resultó mejor con labranza de conservación. La siembra directa, generó mayor contenido de materia orgánica (MOS) en a dos meses de siembra de maíz. Asimismo la labranza de conservación, reportó mayor UFCs de bacterias y hongos, en relación a los otros dos sistemas de labranza (p.16).

Gómes de Andrade et al. (2011), docentes investigadores de la Universidad Federal de Santa María, Río Grande del Sur, Brasil y Universidad Central de Las Villas de Cuba, desarrollaron el trabajo de investigación “tres niveles de cobertura muerta con cero labranzas y preparación de suelo convencional sin cobertura muerta, para cuantificar pérdidas de agua por evaporación del maíz en dos sistemas de preparación del suelo; siembra convencional y siembra directa con cobertura muerta”. Efectuado los análisis estadístico correspondientes, se encontró que para el maíz con Índice de Área Foliar (IAF) por debajo de 0,17, el valor máximo de extracción en la capa de 0 a 10 cm con 3,0 a 6,0 t.ha⁻¹ de cobertura muerta se logra un día posterior, en comparación con el factor o tratamiento en estudio “suelo sin cobertura muerta”. Con el tratamiento “preparación

convencional del suelo sin cobertura”, se obtiene resultados mayores de evaporación en el día primero del ciclo de secado; sin embargo en los días posteriores, los resultados de evaporación obtenidos para la “siembra directa sin cobertura muerta” resultan ser superiores. Utilizar 6,0 t.ha⁻¹ de rastrojo en la siembra directa, la acumulación del agua evaporada entre 0 a 30 cm de la franja del suelo, es significativamente inferior que utilizar las 3,0 t.ha⁻¹ a los 34 días posteriores a la emergencia de la planta. La aplicación de “cobertura muerta en la siembra directa del maíz”, reduce la pérdida del agua, que varían desde 19 hasta 42% para 3,0 y 6,0 t.ha⁻¹ de rastrojo, respectivamente, comparada con la “siembra directa en suelo sin cobertura” hasta los 34 días posteriores a la emergencia de la planta (p. 64).

Rodríguez et al. (2015) investigadores cubanos, desarrollaron trabajo de investigación con la finalidad de evaluar “el comportamiento de algunas propiedades físicas y químicas del suelo bajo la acción de dos sistemas de labranza (convencional y conservacionista), la primera basada en implementos de discos y la segunda en implementos de corte horizontal-vertical”. Para lo cual se efectuaron muestreos a distintos horizontes del suelo, de 0 a 10 cm, 11 a 20 cm y de 21 a 30 cm. Cuyos resultados demuestran que la labranza de conservación influye de manera favorable en mejorar la densidad aparente del suelo y la compactación del mismo, asimismo un leve incremento en el acopio de materia orgánica. Al margen de no haber diferencias estadísticas para los parámetros evaluados, se encontró un leve incremento de materia orgánica y disminuir la compactación del suelo y la densidad aparente a nivel de los tres horizontes para las prácticas de labranza pre y post cosecha. Realizada el control tecnológico y de utilización de ambas práctica de labranza, se consiguió un incremento de producción de 0,22 ha.h⁻¹, como también se logró economizar combustible de 7,75 l.ha⁻¹ favorable para la labranza

de conservación. Asimismo, evaluado la productividad del maíz, se logró un aumento de 223,83 kg.ha⁻¹ favorables para la labranza de conservación (p.52).

Peña et al. (2015), docentes investigadores de la Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez de Cuba, realizaron trabajo de investigación “utilización de biomasa vegetal como cobertura muerta del suelo en el cultivo del tomate”. Siendo el primer ensayo con tres factores; cobertura con *Panicum maxima* Pers. “guinea”, cobertura con *Scirpusla custris* L. “junco de laguna” y un testigo. En el segundo se emplearon cuatro factores; cobertura con brozas de *Oryza sativa* L. “arroz”, cobertura con *Panicum máxima* Pers “guinea”, cobertura con hojas de “*Musa paradisiaca* L. “plátano” y un testigo. Cuyo objetivo fue evaluar los parámetros productivos, cantidad de frutos por planta, diámetro y pesos del fruto y rendimiento. Según el resultado de las evaluaciones, la práctica de aplicar cobertura del suelo con restos vegetales secos, redujo la temperatura, así como la disminución de calor del suelo, indistintamente del tipo de cobertura. Usar cobertura de suelo mejoró significativamente el comportamiento de las variables: cantidad de frutos por planta, diámetro y peso de fruto. Los mejores resultados se alcanzaron con los tratamientos cubiertos con hierba de (*P. máxima*) en el experimento 1 y con restos de cosecha de (*O. sativa*) en el dos. Los rendimientos productivos del cultivo del tomate se beneficiaron igualmente ya que se incrementaron significativamente utilizando el sistema de siembra aplicando cobertura vegetal muerta. De los tratamientos evaluados el que mostró menos beneficio sobre los rendimientos fue en el que se utilizó hojas de (*M. paradisiaca*) como cobertura (p.36).

Martín et al. (2016), investigadores de Cuba y España, desarrollaron trabajo de investigación “respuestas provocadas por sistemas de laboreo en propiedades hidro-

físicas del suelo y extracción de nutrientes por el trigo. Ensayando laboreo tradicional (LT) y conservación (LC), en parcelas experimentales de larga duración y no laboreo (NL) y laboreo tradicional nuevo (LTN)”. Los objetivos fueron evaluar la cantidad de agua que contiene el suelo, densidad aparente (Da) del suelo, extracción de los nutrientes del suelo acumulados en la biomasa y el grano del trigo, así como el rendimiento del cultivo. Cuyos resultados demostraron que las características hidro-físicas, como el caso de la cantidad de agua que contiene el suelo, la densidad aparente (Da) del suelo, se manifiestan de manera favorable a una mínima actividad de labranza, donde el laboreo de conservación cumple un rol importante porque promueve mayor extracción de nutrientes, hecho que favorece mejores rendimiento del cultivo (p.143).

Galeana et al. (1999), desarrollaron trabajo de investigación por tres campañas, ensayando “dos sistemas de labranza, y ocho tratamientos de fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.), variación en pH, materia orgánica y población de lombrices en un suelo franco arenoso de Chapingo, México”. En el ensayo se evaluó tipos de labranza: “labranza de conservación con cobertura de veza”, “labranza de conservación con cobertura de cebada”, “labranza tradicional con raíz de veza” y “labranza tradicional con raíz de cebada”. En la segunda campaña se evaluó la cantidad de lombrices. Los resultados demostraron, que las prácticas de labranza de conservación influyen en el rendimiento del cultivo de maíz, incrementa la proporción de materia orgánica del suelo y mejora el entorno ambiental para la reproducción de las lombrices de tierra. La desintegración de los residuos orgánicos con el paso del tiempo mejora modestamente el pH del suelo. La acumulación del componente orgánico, así como la actividad de los organismos biológicos aseguran la producción y sostenibilidad de la práctica (p. 325).

Aráuz et al. (2018), en el trabajo de investigación “efecto de la agricultura de conservación en las propiedades físicas del suelo de Estelí, Nicaragua, evaluaron la contribución de la agricultura de conservación sobre la dinámica del agua en el suelo, según las propiedades físicas de densidad, porosidad e infiltración”. Para ello se llevó a cabo en tres sistemas de agricultura, convencional, conservación y un sistema de referencia bosque. En cada sistema se determinó la capacidad de campo a profundidades de 30 cm y 50 cm, punto de marchitez permanente, densidad aparente, tasa de infiltración que se evaluó con el infiltrometro de doble cilindro, porosidad total, humedad gravimétrica, profundidad radicular por abatimiento de humedad y agua disponible. A través de las pruebas realizadas se obtuvo que las propiedades físicas del suelo, densidad y humedad gravimétrica tienen un efecto significativo sobre la agricultura de conservación y convencional a los 30 cm de profundidad. Asimismo, la velocidad de infiltración del agua en el suelo es mayor con agricultura de conservación, comparado con convencional. Los rendimientos del cultivo *Zea mays* fueron más altos en el sistema de conservación ya que la dinámica del agua en el suelo tiene influencia directa en las etapas fenológicas y la producción del cultivo (p.6).

1.4.2. Antecedentes nacionales

Gálvez (2016) en la investigación labranza de conservación y mulch en la productividad de arveja en verde, Canaán 2750 msnm, Ayacucho, logrando los siguientes resultados: a) la mayor densidad de plantas.ha⁻¹, se consiguió con labranza en franjas x mulch 100% de cobertura, con 163 750,00 plantas.ha⁻¹; b) para el rendimiento de arveja en verde, el mejor resultado se halló con labranza en franjas x mulch 100% de cobertura y labranza en franjas x mulch 50% de cobertura con 3 620,31 y 3 574,53 kg.ha⁻¹, respectivamente; c) el mayor rendimiento del grano de arveja, se reportó con labranza

mínima x mulch 50% de cobertura y labranza en franjas x mulch 50% de cobertura con 1 934,39 y 1 802,66 kg.ha⁻¹, respectivamente; d) en cuanto al número de vainas por planta, el mejor resultado se alcanzó con labranza mínima x mulch 50% de cobertura con 4,80 vainas.pantas⁻¹; e) el mayor contenido de materia seca de arveja en verde, se halló con labranza en franjas x mulch 0% de cobertura con 49,21% de materia seca; y f) para la materia seca del grano en verde, se encontró con labranza en franjas x mulch 0% de cobertura con 80,02% de materia seca (p. 67).

Gálvez (2015) en el trabajo de investigación mulch y asociación con frijol en la productividad del maíz morado y frijol, Canaán, 2015, se encontró los siguientes resultados: a) el mejor rendimiento de maíz reportó la asociación en el mismo golpe con 4 048,2 kg.ha⁻¹, y en frijol con cobertura mulch x asociación entre cada golpe, con 656,25 kg.ha⁻¹; b) en materia seca (%) para el maíz fue el testigo (maíz solo), con 77,17%, y en frijol con cobertura mulch, con 86,11%; c) el mejor índice de cosecha (%) en maíz, fue con cobertura mulch x asociación entre cada un golpe, con 56,13% y en frijol con cobertura cero x asociación en el mismo golpe, con 96,5%; d) el menor índice de competencia se encontró con asociación en el mismo golpe con un valor de 90,78%. e) el mejor índice de uso eficiencia de la tierra se ha encontrado con cobertura mulch x asociación en el mismo golpe, con 1,15. Estos demuestran que el mulch y asociación maíz-frijol, influyen en el rendimiento agronómico de los cultivos, materia seca, índice de cosecha, índice de competencia, y uso eficiente de tierra (p.46).

Gálvez (2014) en el trabajo de investigación labranza conservacionista y asociación con frijol en el rendimiento del maíz morado, Canaán, Ayacucho, reportó los siguientes resultados: a) el mejor rendimiento de maíz se encontró con la asociación entre

cada surco, con 7 472,1 kg.ha⁻¹; solo maíz, con 7 317,9 kg.ha⁻¹, y asociación entre cada un golpe con 5 677,5 kg.ha⁻¹; b) la mejor acumulación de materia seca (%), se encontró con labranza conservacionista x asociación entre cada dos golpes, con 77,0%; c) el mejor índice de cosecha, se encontró con labranza conservacionista x asociación entre cada un golpe, con 32,0%; d) existe menor índice de competencia con asociación entre cada surco, con 88,70%; e) el mejor índice de uso eficiencia de la tierra, se encontró con la asociación entre cada surco, con 1,48%. Cuyos resultados demuestran que las prácticas de labranza conservacionista y asociación maíz-frijol, influyen en el rendimiento, materia seca, índice de cosecha, índice de competencia, y en el uso eficiente de tierra (p. 44).

Gálvez (2013) en el ensayo labranza conservacionista y cobertura muerta (mulch) en la producción del maíz morado (*Zea mays* L.) en Ayacucho, encontró los siguientes resultados: a) el mejor rendimiento con labranza mínima continua x cobertura con rastrojo de leguminosa, con 7 083,3 kg.ha⁻¹, y con labranza mínima individual x sin cobertura con rastrojo, con 6 800,00 kg.ha⁻¹; b) el índice de cosecha (%) con labranza cero x cobertura con rastrojo de leguminosa, con 42,9; con labranza cero x sin cobertura con rastrojo, con 40,4; con labranza mínima individual x cobertura con rastrojo de leguminosa, con 39,0; y con labranza mínima individual x cobertura con rastrojo de cereal, con 39,0%; y c) la mejor acumulación de materia seca (%), se encontró con labranza cero x cobertura con rastrojo de cereal, con 80,4%. cuyos resultados demuestran que las prácticas de labranza conservacionista y cobertura muerta (mulch), influyen en el rendimiento agronómico del cultivo, materia seca e índice de cosecha (p. 46).

Saldaña (2014) en el trabajo de investigación influencia de tres tipos de cobertura vegetal en suelo erosionado de Iquitos; utilizando tres especies de leguminosas y un

testigo (sin cobertura), cuyos resultados indican que: a) la característica física del suelo, mostró importante mejora con la siembra de cobertura con Desmodium y Centrosema, quienes aportaron mayor cantidad de materia verde; b) con la incorporación de siembra de cobertura con Desmodium y Centrosema, mejora la composición química del suelo; c) en cuanto al pH, el mejor resultado se tuvo con la siembra de cobertura con Centrosema, bajando el acidez de 4,01 a 4,6; d) en cuanto a la conductividad eléctrica (C.E), no presenta salinidad; e) el contenido de materia orgánica (M.O), se obtuvo mejor resultado con siembra de cobertura con Kudzu, incrementando de 1,02 a 1,32%; f) el contenido de fosforo (P) mejoró con la siembra de cobertura con Centrosema, aumentando de 1,2 a 3,5 ppm; y g) la presencia del potasio (K) tuvo el mejor resultado con la siembra de cobertura con kudzu, aumentando de 65 a 82 ppm (p.51).

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En los últimos cuarenta años, la población humana casi se ha duplicado de 17,3 millones a principios de 1980 a 32,162 millones para el año 2018, y probablemente así se incrementaría en los siguientes cuarenta años. Dicho acrecentamiento acelerado, sucedería primordialmente en las poblaciones más necesitadas con escasos recursos y situaciones muy inseguras para producir alimentos. Tal es así, si la población humana continua aumentando, el acceso a los recursos naturales no renovables será cada vez más escasa. Otro aspecto muy importante es prevenir la contaminación del medio ambiente, minimizando la generación residuos por procesos productivos y comercio, así como ejerciendo la reutilización o el reciclaje de los restos de cosecha.

Según Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2002) en agricultura convencional, la labranza de los suelos, es calificada como una

de las actividades muy trascendentales para establecer una estructura ventajosa del suelo, a fin de conformar la cama para las semillas a depositar, asimismo para controlar la presencia de las malezas, plagas y enfermedades y entre otras; actividad que consiste en destruir la disposición estructural del suelo reduciendo la dimensión de las partículas; tal es así, los procesos de labranza convencional, ocasionan mayores pérdidas del suelo agrícola por erosión y en consecuencia la desertificación. Dichas erosiones provocado mediante labranza convencional, pueden ocasionar pérdidas en más de 150 t.ha^{-1} de suelo por año; tal es así las erosiones hídrica y eólica, son los responsables del 40% de pérdida de tierra agrícola a nivel mundial (p. 2).

Según Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS, 2004) no hay maquinarias o herramientas mecánicas que tengan la capacidad de formar estructuras inalterables del suelo, porque las labranzas mecanizadas destruyen las estructuras del suelo; consecuentemente, se requiere de un concepto nuevo de labranza y uso de equipos o herramientas agrícolas.

En los últimos tiempos, en comparación con los métodos tradicionales de preparación de los suelos, las técnicas actuales se han modernizado ligeramente, basados en la velocidad de trabajo y en alcanzar mayores superficies labradas en menor tiempo. Estas técnicas modernas además de ser más veloces, son más violentas en la disgregación de los agregados del suelo, desintegrándola inadecuadamente la estructura. A largo plazo, resultan suelos degradados y con una compactación fuerte bajo la superficie (p. 584).

Así mismo en nuestro país se encuentran una diversidad de sistemas de producción agrícola, tales como agricultura tradicional, moderna, convencional, migratoria, orgánica, biológica, ecológica, familiar, sistema agroforestal y muchos otros más. Pero lo cierto es

que en la producción agrícola convencional, al suelo se le considera únicamente como una plataforma de soporte físico de las plantas, y que le suministra agua y nutrientes, donde el agricultor debe aprovisionar todo los requerimientos de la planta, a base de elementos o insumos derivados de energía fósil, es decir a base de recursos externo del sistema agrícola.

Considerando que la agricultura convencional favorece el deterioro y pérdida del suelo, y siendo el propósito de agricultura de conservación, utilizar eficientemente de los recursos, principalmente el suelo, promoviendo el uso integral del triángulo suelo-agua-planta y otros recursos disponibles, sin duda ayuda en la conservación del medio ambiente y la producción agrícola sostenible.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Aunque la agricultura de conservación es catalogada como una de las mejores opciones para mitigar los impactos negativos generados por la agricultura convencional, existe un conjunto de limitaciones y condiciones a lo largo de su aplicación, que además de frenar su dinamismo, pueden generar cambios fundamentales en su organización.

Primero.- Desconocimiento en la aplicación de los tipos de práctica de agricultura de conservación, razón porque los profesionales, técnicos, productores e investigadores agrarios, no tienen claro sobre los conceptos principios de agricultura de conservación.

Segundo.- Diferencias climáticas, puesto que la aplicación de agricultura de conservación ha tenido resultados exitosos en zonas tropicales y subtropicales, por lo contrario, tiene ciertas dificultades en las zonas semiáridas.

Tercero.- Restricciones técnicas, por cuanto la agricultura de conservación enfrenta una serie de restricciones tecnológicas de carácter económico y que recaen en la ausencia de factores institucionales que limitan su evolución. Porque la oferta y la demanda de cierto tipo de productos agrícolas, obliga al productor utilizar tecnología e insumos externos.

Cuarto.- Limitado acceso a investigaciones, considerando que realizar los trabajos de investigación, obedece tener acceso a recursos, principalmente económicos; ciertas personas u organizaciones, tienen limitaciones para desarrollar trabajos de investigación en la materia.

Quinto.- Efecto longitudinal, para medir el impacto de los resultados y la permanencia en el tiempo es limitado, por cuanto estos tipos de trabajo de investigación no tienen respuestas inmediatas, de lo contrario se trata de resultados a largo plazo.

Sexto.- Limitaciones culturales, cuando los resultados de un trabajo de investigación o experiencia cotidiana son expuestos o vistos de modo genérico, la interpretación y el comentario habitualmente son negativos, aunque uno pueda tener percepción positiva.

1.7. OBJETIVOS

- Objetivo general

Conocer la contribución de las prácticas de agricultura de conservación, en la producción agrícola sostenible del “arveja” (*Pisum sativum* L.) en grano verde, bajo las condiciones agroecológicas de Ayacucho, mediante la aplicación de labranza de conservación y cobertura muerta.

- Objetivos específicos

- Evaluar la contribución de la práctica de labranza de conservación en mejorar la productividad del cultivo de “arveja” en grano verde, mediante aplicación de tres tipos de labranza.
- Evaluar la contribución de la práctica de cobertura muerta en mejorar la productividad del cultivo de “arveja” en grano verde, mediante aplicación de tres tipos de cobertura.

- Evaluar la contribución de las prácticas de labranza de conservación y cobertura muerta en mejorar la capacidad productiva del suelo, mediante un manejo integrado del suelo.

1.8. HIPÓTESIS

“La hipótesis son explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se enuncian como proposiciones o afirmaciones” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 104), por lo que se ha planteado la siguiente hipótesis.

- Hipótesis general

Las prácticas de agricultura de conservación, contribuiría en la producción agrícola sostenible del “arveja” (*Pisum sativum* L.) en grano verde, bajo las condiciones agroecológicas de Ayacucho, mediante la aplicación de labranza de conservación y cobertura muerta.

- Hipótesis específico

- La práctica de labranza de conservación, contribuiría en mejorar la productividad del cultivo de “arveja” en grano verde, mediante aplicación de tres tipos de labranza.
- La práctica de cobertura muerta contribuiría, en mejorar la productividad del cultivo de “arveja” en grano verde, mediante aplicación de tres tipos de cobertura.
- Las prácticas de labranza de conservación y cobertura muerta, contribuirían en mejorar la capacidad productiva del suelo, mediante un manejo integrado de los recursos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN (AC)

2.1.1. Definiciones y principios de AC

a. Definición

“La agricultura de conservación (AC) es un concepto avanzado para una producción agrícola que conserva los recursos naturales mientras que, al mismo tiempo, garantiza una elevada productividad y buena rentabilidad económica” (Benites y Bot, 2014, p. 13). Mientras para Pérez de Ciriza et al. (2011) “es un sistema de producción agrícola sostenible, cuyas técnicas de cultivo y manejo del suelo protegen de su erosión y degradación, favorecen a la conservación de agua y aire, sin deterioro de los niveles de producción de los bienes agrícolas” (p.3). Y según Hernández, et al. (2008) "se fundamenta en el manejo integrado del suelo, agua, y otros que intervienen en la producción agrícola. Su principal característica es la regeneración del suelo más rápida que su degradación, y la producción agrícola es económica, ecológica y socialmente sostenible” (p.3).

Según el proyecto “agricultura sostenible y conservación de los suelos” (SoCo, 2009) la AC incluye distintas labores agrarias: a) mínima alteración del suelo (a través

de labranza reducida o labranza cero) principalmente con la finalidad de conservar la estructura del suelo, el contenido de materia orgánica y favorecer la presencia de los microorganismos en el suelo; b) cobertura vegetal constante (como los residuos de la cosecha, cobertura muerta o mulch y cultivos o plantas de cubierta) a fin de proteger el suelo y así como favorecer en la destrucción de las malezas; y c) rotación variada de cultivares y establecimiento de cultivos asociados, los mismos son favorables para la vida de algunos microorganismos benéficos y también previenen la presencia plagas, malezas, y enfermedades (p. 1).

Del mismo modo, según Hernández, et al. (2008) la AC es la mixtura del uso de prácticas agrícolas, mecánicas y biológicas a fin de mejorar la aptitud del suelo mediante la aplicación de tres principios definitivos: a) mecánicamente evitar la alteración del suelo (aplicar siembra y/o plantación directa); b) permanentemente mantener la cobertura del suelo; principalmente usando residuos de cosecha y cultivares de cubierta; c) elección apropiada en la rotación de los cultivares y cultivos variados, agroforestería. Estas técnicas manifiestan, que cuando mejora la aptitud del suelo, incrementa la producción de los cultivos y reduce la degradación del suelo (p.3).

Según FAO (2002) “la agricultura de conservación basada en la labranza cero ha demostrado ser especialmente útil para mantener y aumentar la materia orgánica del suelo y para mantener su fertilidad, reduciendo básicamente su disturbio y conservando su estructura y estimulando la biota” (p. 5).

b. Principios

“Es una forma importante de manejo sostenible de tierras, bajo la condición de los tres principios básicos: perturbación mínima del suelo (sin labranza), cobertura

permanente del suelo y, una rotación de cultivos diversos o intercalados” (Benites y Bot, 2014, p.8). Del mismo modo Hernández et al. (2008) señala. “La agricultura de conservación se basa en tres principios básicos (no labranza del suelo, suelo permanentemente cubierto y rotación de cultivos) que estrechamente están correlacionados entre sí y que no deben transgredirse al momento de su aplicación” (p.5).

Según Benites y Bot (2014) “se basa en el fortalecimiento de procesos biológicos naturales, por encima y por debajo de la superficie del suelo, mediante la aplicación de tres principios: mínima perturbación del suelo o labranza cero, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos” (p. 13). “Existen tres criterios interrelacionados que distinguen la agricultura de conservación de la agricultura convencional: labranza reducida o cero, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos” (FAO, 2002, p.3).

Según Verhulst et al. (2015) en AC, “el énfasis no solo cae sobre el componente de labranza, sino sobre la combinación de tres principios: reducción en labranza, retención de niveles apropiados de residuos de cultivo y cobertura de la superficie del suelo, y rotación de cultivos” (p.1).

Según Benites y Bot (2014) para recuperar el suelo pos-cosecha, existen dos técnicas, la recuperación mecánica y física, así como biológica. La restitución mecánica y física tiene resultados a breve plazo, sin embargo es costoso, porque requiere de mayor energía respecto a la fuerza de trabajo y uso de combustible. Mientras la rehabilitación biológica demanda baja energía fósil, menos trabajo y menor tiempo y fundamenta en: mantener continuamente el suelo cubierto con restos de cosecha; prescindir del

movimiento mecánica del suelo ocasionado por la labranza; y emplear rotación de cultivos alimenticios y cultivos de protección (p.34).

2.1.2. Origen de AC

FAO (2002) señala que la agricultura de conservación, se ha originado de la labranza cero. Donde la labranza cero, se fundamenta en la utilización de restos de cosecha a fin de cubrir la superficie del suelo y mejorar los ciclos naturales en el suelo. Transcurrido el tiempo, los organismos biológicos del suelo cumplen la función de labranza tradicional, dejando un suelo suelto y combinando sus elementos. Asimismo el incremento del trabajo biológico de los microorganismos establece estructura invariable del suelo a través del acopio de la materia orgánica (p.5).

En nuestro país, a partir de la etapa preincaica se han realizado agricultura de conservación, donde emplearon implementos tradicionales como la chaquitacla y otros, para efectuar la siembra directa de las semillas sin remover el suelo y con la aplicación de cobertura vegetal permanente del suelo. Dichos agricultores evidentemente respetaban y querían la naturaleza impidiendo la erosión del suelo porque ya practicaban el método de regadío por gravedad, llevando el agua a través de canales típicos. “Desde 1530, la colonización, implantó una agricultura con conceptos y principios no aptos para clima tropical de nuestro país, principalmente basada en araduras intensivas utilizando arados de reja y vertedera, instrumentos complementarios, y la tracción animal como fuerza motriz” (Benites y Bot, 2014, p. 36).

“Desde 1960 los agricultores tuvieron que adoptar formas de labranza conservacionista para proteger el suelo, reducir el uso de combustibles, evitar la

contaminación del agua y erosión del suelo, impedir la degradación de calidad del aire y otras causas genuinas” (Charles Little, in Green Fields Forever, 1987), como se citó en (Baker et al. 2008, p. 1).

Según FAO (2002) “a inicios de 1960 y 1970, en Estados Unidos y Brasil, respectivamente, los agricultores pioneros emplearon labranza cero como labranza conservacionista. Inicialmente la adopción fue lenta, pero a partir de 1980 su expansión fue vertiginosa, principalmente en América y Australia” (p.5).

Benites y Bot (2014) señala que en la década de 1930 en los Estados Unidos de América, posterior a los torbellinos de polvareda por la gigantesca labranza convencional y sequías alargadas, se emprendió a buscar alternativas en la producción agrícola convencional, implantando labranza de conservación, con cubierta de la superficie del suelo, utilizando las brozas de los cultivos cosechados. En 1943, Edward Faulkner publica su libro “La insensatez del labrador: una buena razón para adoptar la cero labranza y sus efectos benéficos sobre el suelo y el ambiente”. Simultáneamente, la idea de sembrar sin labrar, se inicia en Japón desarrollado por Masanobu Fukuoka, “La Revolución de Rastrojos”.

En 1970, por la oferta de herbicidas y equipos pesados de labranza cero, la práctica de siembra directa se convierte en una alternativa lucrativa en la producción de cultivos. Corrientes promovidos por la compañía británica ICI, cuenta con un lugar en Brasil y Estados Unidos. Aquel tiempo FAO y GTZ apoyaron las labores de investigación acerca del concepto y principio de agricultura de conservación en Sudamérica. Como consecuencia se desarrolla la labranza cero y se mejora en Brasil, denominándose

“Plantio Direto na Palha”, que comprende tres principios de agricultura de conservación: labranza cero, cobertura vegetal y rotación o cambio de cultivos. Asimismo por esa época, en Brasil, Chile y Zimbabwe (África), surgen los primitivos agricultores precursores de la agricultura de conservación (p. 36).

Para Pérez de Ciriza et al. (2011) la agricultura de conservación se practica en algunos países desde hace más de 80 años, en los estados norteamericanos se inicia en los años de 1930, posterior al tercer año de sequía y erosiones eólicas fuertes. En aquel período se creó el “Servicio de Conservación del Suelo de Estados Unidos”, quien promovió la formación de equipo de estudiosos dedicados a la investigación de labranza conservacionista.

Entre los años 1976 en España (Andalucía), en la propiedad granja “Haza del Monte” se inicia la técnica de agricultura de conservación, con el propósito de cultivar soya después de cosechar cereales. Posterior a los cuatro (4) años, en el centro experimental “El Encín” (Madrid) se dio al inicio de las investigaciones en cereales. En 1982 en Andalucía, Castilla y León, y Navarra, prosiguieron las investigaciones en cereales, promovido por “ITG Agrícola”. Y en 1995 se formó la “Asociación Española de Laboreo de Conservación/Suelos Vivos (AELC/SV)”, quien difundió el conocimiento de la tecnología de agricultura de conservación.

Actualmente la implementación de agricultura de conservación se ha mejorado y ha llegado a cubrir millones de hectáreas en el mundo. Tal es así, que a nivel mundial la siembra directa se practica alrededor de 110 millones de hectáreas, mientras tanto la

labranza mínima o labranza superficial, se estima que sobrepasaría los 200 millones de hectáreas (p. 36).

2.1.3. Objetivos y características de AC

a. Objetivos

Según SoCo (2009) “El objetivo principal de AC es aumentar la producción agrícola aprovechando al máximo los recursos naturales que intervienen y minimizando la degradación del suelo mediante un manejo integrado del suelo, el agua, los recursos biológicos y los insumos externos” (p. 1). “Es mantener y mejorar los rendimientos de los cultivos y la capacidad de respuesta del suelo contra la sequía y otros factores adversos y al mismo tiempo proteger y estimular su funcionamiento biológico del cultivo” (FAO, 2002, p.3). Asimismo para SoCo (2009) “la labranza mecánica es reemplazada por labranza biológica, donde la fauna del suelo y las raíces ejercen la función de labranza. La fertilidad del suelo se logra a través del manejo de cobertura, rotación de cultivos y control de malezas” (p. 1).

b. Características

Para FAO (2002) “existen dos características esenciales, la no labranza y mantener cobertura vegetal viva o muerta sobre la superficie del suelo. Los cultivos se siembran utilizando equipos especiales. La cobertura impide la presencia de las malezas, disminuyendo la competencia con el cultivo” (p. 4).

Según FAO (2011) las características de AC, “es mantener cubierto el suelo en forma permanente con materiales orgánicos vivos o muertos. La función es proteger el

suelo y alimentar la biota del suelo. La fauna del suelo sustituye la función de labranza estabilizando los nutrientes del suelo” (p. 1).

Según la FAO (2002, p. 4) las principales características de la agricultura de conservación se presentan a continuación:

- ✓ No efectúa la labranza del suelo, es decir no se debe arar, rastrar, escardar, etc.;
- ✓ Los restos de la cosecha y los cultivos de cubierta deben permanecer a nivel de la superficie del suelo;
- ✓ No se deben incinerar los restos de la cosecha;
- ✓ Los restos de las plantaciones perennes y la mala hierba cubren permanentemente el suelo;
- ✓ Se aplican productos a base de caliza, y abonos orgánicos, a nivel de la superficie del suelo;
- ✓ Se utilizan equipos especializados para la labranza del suelo;
- ✓ La rotación de los cultivos y plantaciones de cobertura se usan para realizar el control biológico

Para FAO (2002) la AC, “involucra planificación de sucesiones de cultivos para muchas temporadas, a fin de minimizar la presencia de plagas y enfermedades, optimizar el uso de nutrientes a través de la sinergia entre los cultivos, alternando especies de raíces profundas con raíces superficiales” (p. 4). “Mientras la labranza mecánica trastorna este proceso, por consiguiente la labranza cero, labranza mínima y la siembra directa son elementos importantes de agricultura de conservación. La rotación de cultivos también es importante para evitar la presencia de plagas y enfermedades” (FAO, 2011, p. 1).

2.1.4. Funciones y beneficios de AC

a. Funciones

Según Benites y Bot (2014) “en procedimientos de AC intervienen el suelo y cultivo con el propósito de disminuir la excesiva combinación del suelo y conservar los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo, con el objetivo de minimizar el daño al medio ambiente” (p. 38). Tal es así la agricultura de conservación, posee las siguientes funciones:

- ✓ Proveer y conservar un ambiente óptimo del suelo para la absorción de gran cantidad de agua y nutrientes requeridas por los cultivos.
- ✓ Garantizar el acceso del agua en el suelo a fin de evitar el estrés hídrico de los cultivos; así como la infiltración adecuada, evitando la escorrentía superficial.
- ✓ Contribuir a la actividad biológica de los microorganismos del suelo, con el objetivo de conservar la estructura del suelo, crear antagonismo contra los patógenos potenciales, proveer de manera constante de materia orgánica al suelo, y favorecer en la captación, conservación, quelación y liberación lenta de los nutrientes.
- ✓ Impedir el perjuicio mecánico, químico y entre otros en el sistema radicular de las plantas que pudieran entorpecer el buen funcionamiento.

b. Beneficios

Las prácticas de agricultura de conservación, posee múltiples beneficios, que a continuación se puntualizan.

Según Hernández et al. (2008, p. 4), la agricultura de conservación tiene los beneficios:

- ✓ Permite ahorrar el uso de los hidrocarburos;

- ✓ Se obtiene mejores productos agrícolas y en consecuencia mayores ingresos económicos;
- ✓ Evita la labranza pesada;
- ✓ Mejora en el sistema de seguridad alimentaria;
- ✓ Los cultivos adquieren mayor resistencia al escasez del agua;
- ✓ El suelo tiene mejor capacidad de almacenamiento de la humedad;
- ✓ Restaura la calidad productiva del suelo agrícola y mejora la fertilidad;
- ✓ Impide la erosión hídrica del suelo y la evaporación, por ende restringe la salinidad;
- ✓ Aumenta la diversidad biológica del suelo, mediante la rotación de los cultivares.

Para FAO (2002, p. 8) la agricultura de conservación tiene los siguientes beneficios:

- ✓ Hay menor pérdida del suelo, en comparación con la capacidad de reestructuración;
- ✓ Se conservan la fertilidad y la arquitectura del suelo;
- ✓ Se conservan la biodiversidad del suelo;
- ✓ La escorrentía superficial y la lixiviación en las profundidades del suelo, no afectan las características de aguas abajo;
- ✓ Se maneja la lluvia a fin de impedir la excesiva escorrentía;
- ✓ Se reducen la emisión de gases de efecto invernadero;
- ✓ Se mantienen o se mejoran la capacidad productiva de los cultivos;

2.1.5. Descripción de las prácticas de AC

a. Labranza conservacionista

“Se siembran en suelos cubiertos con residuos de cosecha, esta práctica mantiene la humedad del suelo, evita la pérdida de suelo ocasionada por lluvia y viento. Aumentan

la capacidad productiva del suelo, incrementan los rendimientos reduciendo los costos de producción” (Navarro, s. f, p. 2).

Según FAO (2011) “las prácticas de labranza de conservación dejan residuos de cultivos sobre la superficie del suelo, lo cual incrementa la infiltración del agua y reduce la erosión del suelo” (p. 2). “Labranza conservacionista consiste en minimizar o eliminar la labranza a fin de conservar el agua y el suelo” (Proyecto LUPE, 1984, p. 9). “Son los términos genéricos usualmente denominados a la no labranza, a la labranza mínima y/o a la labranza en caballones para manifestar que dichas prácticas tienen incluido un elemento con el objetivo de la conservación” (Baker et al., 2008, p. 4).

Mientras para PRONAMACHCS (2004) “comprende un conjunto de prácticas en el manejo de los suelos agrícolas, evitando alterar en su composición, estructura, fauna y flora natural, protegiéndola de la erosión. Es decir, dicha labranza reduce la pérdida del suelo, agua y la biodiversidad” (p. 584).

Según Verhulst et al. (2015) “el objetivo de reducir la labranza es lograr un sistema de cero labranza (sin labranza), el sistema puede incluir siembra con labranza controlada, que por lo general no perturben más del 20 a 25 % de la superficie del suelo” (p.1).

a.1. Implementación de tipos de labranza conservacionista

Según Proyecto LUPE (1994) “se puede distinguir tres tipos de labranza conservacionista: labranza cero (siembra directa de las semillas), labranza mínima continua (rotura del suelo en fajas estrechas) y labranza mínima individual (rotura del suelo sólo alrededor de la postura de la siembra)” (p. 9). Según PRONAMACHCS

(2004) existen “dos tipos de labranza conservacionista: labranza mínima y labranza cero” (p. 585). Mientras Baker et al. (2008) refieren “a tres tipos de labranza: labranza cero, labranza en fajas, labranza mínima o labranza reducida” (p. 4).

a.1.1. Labranza cero

Para PRONAMACHCS (2004) labranza cero “significa el sistema donde la labranza queda reducida lo necesario para la siembra, ejecutado sobre el rastreo del cultivo anterior” (p.585). Según Baker et al. (2008) la labranza cero se refiere “a la siembra de semillas en suelo que no ha sido previamente labrado para formar una cama de semillas” (p. 3). En labranza cero “no se disturban o laborean el suelo hasta la siembra. La siembra se realiza con instrumentos que cortan los residuos de la cosecha anterior y depositan las semillas en una porción del terreno no mayor de 7 cm de ancho” (Navarro, s. f., p.2).

Según PRONAMACHCS (2004) “en terrenos no labrados durante años, los residuos de cosecha permanecen y forman una capa de cobertura vegetal, protegiendo el suelo del impacto de la lluvia y el viento, asimismo estabiliza la humedad, la temperatura del estrato superficial del suelo” p. 585). “Siendo la labranza cero uno de los elementos de la agricultura de conservación, es usualmente promovida y practicada para el control de la erosión del suelo. También es elemental para prevenir la compactación del suelo” (Benites y Bot, 2014, p. 83).

Según PRONAMACHCS (2004) la franja superficial de suelo “es lugar de hábitat para múltiples organismos, quienes procesan la materia orgánica, mezclándola e incorporándola y la descomponen hasta su forma coloidal en humus. La materia

orgánica coloidal contribuye a la formación y estabilización física-química de la estructura del suelo” (p. 585).

Para Proyecto LUPE (1994) la labranza cero “es la forma más tradicional de cultivar en las laderas. Consiste en abrir un pequeño agujero en el suelo con el chuzo o puja guante para enterrar la semilla sin ninguna otra remoción” (p. 9). “En el caso de la labranza cero se realizan la preparación del terreno y la siembra sin utilizar equipo o maquinaria, excepto cuando se hace el hoyo para la colocación de las semillas” (PRONAMACHCS, 2004, p. 590).

a.1.2. Labranza en franjas

Baker et al. (2008) “la labranza en franjas se refiere a la práctica de labrar una faja estrecha con abresurcos, de modo que la semilla se coloca en una faja de tierra labrada y la faja de tierra no labrada” (p. 4).

Según Navarro (s. f.) “en la labranza en franjas se deja el suelo sin labrear hasta la siembra. Al momento de la siembra se laborean franjas aisladas del suelo, con arado rotatorio, cincel en el surco de siembra o un escardillo” (p. 2).

Para Proyecto LUPE (1994) “la labranza en franjas consiste en roturar el suelo sólo en fajas estrechas (20 a 30 cm de ancho) donde se realiza la siembra, dejando la tierra entre surcos” (p. 9).

Según PRONAMACHCS (2004) “en la labranza en franjas, se aplican los siguientes procedimientos, apertura de surcos de 20 a 30 cm, siguiendo las curvas a nivel, trazada con el nivel en "A" o “nivel cholo”, caballete, clinómetro, etc.” (p. 591).

a.1.3. Labranza mínima

Para PRONAMACHCS (2004) “son prácticas que buscan reducir al mínimo la pérdida del estado estructural del suelo y por lo tanto, la erosión hídrica. Conocida también como labranza de conservación o labranza reducida, la siembra es directa en el espacio donde se roturó” (p. 585).

Baker et al. (2008) la labranza mínima o reducida se refiere a la “práctica de limitar la labranza habitual del suelo al mínimo posible para el establecimiento del cultivo. Esta práctica se localiza entre labranza cero y labranza convencional. La práctica destaca la cantidad de retención de residuos como objetivo de labranza mínima” (p. 4). “En terrenos en ladera, consiste en trazar curvas a nivel, según las distancias que requieren las hileras del cultivo a instalarse. Luego se remueve el suelo para sembrar, sólo sobre las líneas trazadas” (PRONAMACHCS, 2004, p. 585).

Para Proyecto LUPE, (1994) la labranza mínima, “consiste en roturar el suelo sólo en fajas donde se va sembrar. El espacio restante no se remueve, y se recomienda hacer la labranza mínima a una profundidad de 15 a 30 cm según el tipo del suelo y cultivo” (p.11).

Según PRONAMACHCS (2004) en el caso de la labranza mínima o reducida, se aplica los siguientes procedimientos: a) “abrir hoyos de 20 a 50 cm de diámetro según el cultivo y de 15 a 20 cm de profundidad”; b) “en los hoyos se depositan los residuos orgánicos y posteriormente se cubre con una capa mínima de suelo, después se colocan las semillas y finalmente se recubre”; y c) “cuando la planta alcance una

altura de 15 a 20 cm se realiza la limpieza, que consiste en picar los rastrojos e incorporarlos como cobertura” (p. 591).

a.2. Funciones y beneficios de labranza conservacionista

a.2.1. Funciones

Según PRONAMACHCS (2004, p. 587) la labranza conservacionista desempeña las siguientes funciones:

- ✓ Minimiza la fractura de los fragmentos de suelo, al evitar el uso de las maquinarias y equipos pesados de preparación de suelo;
- ✓ Impide compactar el suelo, así como la conformación de capas pesadas;
- ✓ Aumenta la permeabilidad de la humedad en el suelo;
- ✓ Disminuye la pérdida de suelo por la erosión hídrica;
- ✓ Impide el desgaste de la humedad, por conservar la cobertura vegetal sobre la superficie del suelo;
- ✓ Admite que la materia orgánica se recicle;
- ✓ Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo;
- ✓ Minimiza la variación y el descubrimiento del suelo.

a.2.2. Beneficios

Según Baker et al. (2008, p. 24) la labranza conservacionista proporciona algunos beneficios más importantes, que a continuación se detalla:

- ✓ Mejores ingresos económicos por la venta de los productos agrícolas;
- ✓ Aumento del contenido de materia orgánica del suelo;
- ✓ Mejora de la calidad productiva del suelo;
- ✓ Reduce las necesidades de mano de obra;
- ✓ Menor costo en el uso de maquinarias agrícolas;

- ✓ Mínimo gasto por el uso de los hidrocarburos;
- ✓ Mínima escorrentía y mayor disponibilidad del agua para el cultivo;
- ✓ Reduce el desgaste del suelo por los factores hídricos y eólicos;
- ✓ Aumenta la reserva de elemento nutricionales para los cultivos;
- ✓ Mejora el ambiente del ecosistema.

a.3. Ventajas y desventajas de labranza conservacionista

a.3.1. Ventajas

Según PRONAMACHCS (2004, p. 587) la labranza conservacionista tiene las siguientes ventajas:

- ✓ Impide la remover el suelo y reduce el gasto por la preparación de suelo;
- ✓ Incrementa la permeabilidad de la humedad en el subsuelo y minimiza la pérdida por evaporación, porque reduce la capilaridad;
- ✓ Reduce el requerimiento de mano de obra, ocasionado gastos mínimos y en consecuencia mejores ingresos económicos;
- ✓ Minimiza la erosión hídrica al mejorar la estructura de los aglomerados del suelo;
- ✓ Genera impacto positivo en el ambiente, ayudando en la mejora de la diversidad biológica del suelo y en la disminución de la emisión del CO₂ hacia el ambiente;
- ✓ Conserva la cubierta natural del suelo, hecho que beneficia en mantener suelos laxos y esponjosos y formar mayor cantidad de materia orgánica.

a.3.2. Desventajas

Según PRONAMACHCS (2004, p. 588) la labranza conservacionista tiene las siguientes desventajas:

- ✓ Los restos orgánicos acumulados sobre la superficie del suelo pueden favorecer en la aparición de plagas y enfermedades de los cultivos, promoviendo un hábitat

apropiado de persistencia, aumento y proliferación de los patógenos, principalmente de las bacterias y fungos;

- ✓ El éxito de la labranza conservacionista está en función de las particularidades de los suelos a laborear y del sistema de control de enfermedades, plagas y malezas.

a.4. Recomendaciones en la ejecución de labranza conservacionista

Al efectuar la práctica de labranza conservacionista “procurar la construcción de surcos a nivel, que corten la pendiente del terreno, como acción básica para la conservación del suelo. En la labranza cero, determinar las deficiencias nutricionales, principalmente en fósforo, a fin corregir antes de iniciar las actividades” (PRONAMACHCS, 2004, p. 593).

b. Cobertura muerta o mulch

En agricultura de conservación la cobertura muerta, consisten en colocar sobre la superficie del suelo, vegetaciones muertas que pueden ser sembrados con tal propósito o pueden ser restos de cosechas, así como residuos de malezas. “Es la biomasa producida por el sistema agrícola y se mantiene sobre la superficie del suelo que sirve como protección física del mismo y como substrato de la biota del suelo” (FAO, 2002, p.3). “Son todos los residuos o rastrojos vegetales que se dejan sobre el suelo. Dichos residuos vegetales o rastrojos en descomposición que cubren el suelo se denomina cobertura vegetal muerta o mulch” (PRONAMACHCS, 2004, p.580).

Según Hernández et al. (2008) consiste “en proteger el suelo con residuos de rastrojo contra la radiación solar, la lluvia, el viento y de las temperaturas extremas. Además de alimentar a la vida del suelo” (p. 6). “mejora las características físicas,

químicas y biológicas del suelo así como el microclima de la capa superior del suelo, influenciando sobre la productividad” (Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRORURAL, s. f., p. 4).

Según PRONAMACHCS (2004) “la cobertura del suelo con rastrojos es eficaz para luchar contra la erosión porque protege a nivel del suelo, formando una cobertura contra la erosión por el impacto de las gotas de lluvia y la constitución de una sobre capa” (p. 580).

Según Verhulst et al. (2015) el propósito de conservar suficiente cantidad de restos vegetales sobre el suelo es para: “proteger el suelo de la erosión hídrica y eólica; reducir los escurrimientos de agua y la evaporación; mejorar la productividad del agua; mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo asociadas con una productividad sustentable a largo plazo” (p. 1).

b.1. Implementación de cobertura muerta

Según PRONAMACHCS (2004) las materias primas empleadas para las cubiertas del suelo son los restos de vegetales, como pajas o rastrojos, ramas, hojarascas; es decir, todo los restos vegetales que se encuentra a la disposición del agricultor. Es preferente, para disminuir los gastos de implementación, utilicen materiales locales y ubicados cerca al predio. La implementación de las coberturas muertas se puede aplicar en la totalidad de la parcela, entre las hileras de las plantas cultivadas, siguiendo el trayecto de las curvas a nivel, individualmente alrededor de cada planta dependiendo del tipo de plantación arbórea, ejemplo en frutales.

Normalmente, cuanto más refinado son los materiales vegetales a utilizar, se requiere menor cantidad para obtener mejor cobertura del suelo. El grosor de la cobertura está en función al propósito de su ejecución. Ejemplo para evitar la irradiación del sol y conservar el contenido de agua del suelo, necesita suficiente cobertura, por lo contrario para prevenir el desgaste superficial, se requiere de pequeña cantidad de materiales vegetales.

Según los materiales vegetales a emplear, el tipo del suelo, la inclinación del suelo, y las condiciones climáticas, etc., se puede emplear cubierta muerta desde 3 cm a 15 cm de grosor. Asimismo como para la preparación de los abonos orgánicos, la proporción de C/N interviene en la celeridad de la desintegración.

El uso de materia vegetal verde y con mayor cantidad de nitrógeno, se descompone en su totalidad entre los 2 a 3 meses; mientras que el material seco dura alrededor de los 6 meses cubriendo la superficie del suelo. Consecuentemente, en regiones tropicales húmedas, se encomienda utilizar materiales con menor cantidad de nitrógeno a fin de que la cobertura sea por mayor tiempo posible.

La cobertura muerta se debe colocar en el terreno anterior a la temporada de lluvia. Hecho que incrementa la capacidad de infiltración, disminuyendo la erosión hídrica y la evaporación en épocas de estiaje.

En la producción hortícola, se debe colocar la cobertura muerta posterior a la emergencia y establecimiento de las plántulas, puesto que ciertos materiales median

de manera negativa en dicho suceso. Se debe implementar una cubierta perenne del suelo a fin de que la cobertura pudiera desplegar todo sus secuelas positivas (p. 582).

b.2. Funciones y beneficios de cobertura muerta

b.2.1. Funciones

Según PRONAMACHCS (2004) las funciones de cobertura muerta son:

- ✓ Mantiene el suelo protegiendo contra el golpe directo de las gotas de la precipitación pluvial y reduce la rapidez de la escorrentía superficial del agua, hecho que disminuye su capacidad erosiva del suelo hasta un 50% de erosión;
- ✓ Minimiza las fluctuaciones de la temperatura del suelo; evitando que el suelo se caliente durante el día, así como el enfrié durante las noches;
- ✓ Actúa como agente termorregulador que beneficia en el aumento de los microorganismos del suelo, tanto flora y fauna;
- ✓ Resguarda al suelo del efecto directo de las radiaciones del sol, minimizando la evaporación y conservando el contenido de agua del suelo;
- ✓ Minimiza el peligro de desecamiento porque mejora la filtración del agua y en consecuencia incrementa la humedad (p. 580).

b.2.2. Beneficios

Según Hernández et al. (2008, p.7) la cobertura muerta proporciona los siguientes beneficios:

- ✓ Contribuye de manera constante con el aporte de material orgánico fresco y sustratos con contenido en carbono, convirtiéndose en importantes fuentes de energía para todo los seres vivos del suelo, principalmente para los organismos microscópicos, incitando a la actividad biológica y su dinámica poblacional;

- ✓ Mejora en la prevención de la maleza en los cultivos, debido a sus efectos supresores alelopáticos o físicos de la cubierta muerta y ciertas plantaciones de cobertera y abonos verdes;
- ✓ Estanca mayor cantidad de agua en el suelo;
- ✓ Disminuye las diferenciaciones exageradas de la temperatura en el suelo;
- ✓ Incrementa la capacidad de resistencia del suelo frente a la sequedad, así como a las erosiones hídricas y eólicas;
- ✓ Reduce el desgaste del agua por incrementar la capacidad de infiltración, en consecuencia disminuye las escorrentías y evaporaciones.

b.3. Ventajas y desventajas de cobertura muerta

b.3.1. Ventajas

Según PRONAMACHCS (2004, p. 580) las ventajas de cobertura muerta son:

- ✓ Suministra en forma lenta y permanente de material orgánico al suelo, a fin de reemplazar la materia perdida por proceso de desintegración por la actividad de los microorganismos del suelo;
- ✓ Regenera la estructura del suelo, así como la acción de los microorganismos que favorece en aumentar el contenido nutricional del suelo;
- ✓ Conserva en la sombra el área superficial del suelo, mejorando el trabajo de los microorganismos de la tierra, entre ellas las lombrices y la fauna microbiana, conservando un suelo esponjoso y dinámico;
- ✓ Estabiliza el contenido de humedad y la variación de la temperatura del suelo, disminuyendo la evaporación y transpiración. Conserva la humedad estable a nivel del sistema radicular, evitando las grandes oscilaciones entre los días lluviosos y soleados, así como entre la noche y el día;

- ✓ Impide la emergencia y crecimiento de la mala hierba. De la misma forma, ocasiona menor cantidad de mano de obra en la realización de los trabajos.

b.3.2. Desventajas

Según PRONAMACHCS (2004, p. 581) las desventajas de cobertura muerta son:

- ✓ Se requiere de gran cantidad de restos vegetales entre 2 a 5 t.ha⁻¹, a fin de conservar debidamente cubierto el suelo, razón por la cual se sugiere la aplicación en pequeñas parcelas de cultivo;
- ✓ Poca disponibilidad de material vegetal, porque se usan como alimento para los animales, así como combustible;
- ✓ Reduce la posibilidad de alimento para los animales;
- ✓ Es susceptible al incendio y generar dificultad en las labores agrícolas;
- ✓ Usar materiales contaminados puede ocasionar la aparición de enfermedades y plagas;
- ✓ La temperatura y humedad debajo de la cobertura, puede originar la germinación rápida de la semilla de malezas, en relación con el de cultivo, logrando perjudicar en el establecimiento de plantas de cultivo y disminuir su capacidad productiva;
- ✓ Cubrir el suelo con brozas genera dos inconvenientes; primero, porque el gasto pudiera ser muy caro, y segundo una eventual ineficacia en terrenos de fuerte pendiente, sin el acompañamiento de otras prácticas conservacionistas.

b.4. Recomendaciones en la ejecución de cobertura muerta

Según PRONAMACHCS (2004, p. 583) en la aplicación de la cobertura muerta, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Tabla 2.1. Relación carbono-nitrógeno y contenido de N-P-K de ciertos residuos empleados en la cobertura muerta

Material	Relación C/N	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Avena negra		1,65	0,21	1,92
Raygrás Italiano*	44,20	1,34	0,15	3,13
Arveja peluda*	18,65	1,88	0,22	2,76
Arveja común*	18,62	2,02	0,29	2,52
Serradela*	22,43	1,79	0,32	4,27
Chícharo*	18,79	2,23	0,22	3,49
Pasto colonial	27,00	1,87	0,53	-
Pasto elefante	69,35	0,62	0,11	-
Pasto Bermuda	31,00	1,62	0,67	-
Pasto horqueta	36,00	1,39	0,36	-
Paja de café	31,00	1,65	0,18	1,89
Paja de maíz	112,00	0,48	0,35	1,64
Coronta (tusa, marlo) de maíz	72,72	0,66	0,25	-
Paja de arroz	53,24	0,77	0,34	-
Cáscara de arroz	39,00	0,78	0,58	0,49
Aserrín	400,00	0,10	0,01	0,01
Rama de yuca	67,14	0,70	0,25	-
Crisálida de gusano de seda	5,00	9,49	1,41	0,76
Deyecciones de gusano de seda	17,00	2,76	0,69	3,65
Bagazo de caña	22,00	1,49	0,28	0,99

* Material en plena floración. Fuente: Calegari, (1989), citado por PRONAMACHCS, (2004).

- ✓ Evitar el uso de materia prima que tengan grandes cantidades de semilla, especialmente de maleza. Caso contrario de no contar con otros materiales disponibles, limpiar adecuadamente previa a su utilización;
- ✓ Cuando se utilice materiales que contenga componentes fitotóxicos, como es el caso de ramas, raíces, cortezas, etc., tener cuidado en su utilización;
- ✓ Si hubiera suficiente cantidad de materia orgánica, fomentar la lombricultura;
- ✓ Generalmente, el nivel de inclinación no influencia en minimizar la pérdida del suelo por medio de la cobertura. No obstante a través de la cobertura muerta, en inclinaciones superiores al 50% de pendiente, se reduce la pérdida del suelo de 80% a 90%, indefectiblemente no disminuirá hasta un nivel aceptable, o al menos

se desarrollen otras prácticas adicionales, agroforestales y obras de conservación de suelos mecánicas y estructurales, etc.

- ✓ Para seleccionar la materia prima a emplear, considerar la relación de carbono nitrógeno y el contenido nutricional.

2.2. CULTIVO DE “ARVEJA” (*Pisum sativum* L.)

2.2.1. Origen e historia del cultivo

Casseres (1980), citado por Rondinel (2014) menciona “que no se ha definitivo el verdadero centro de origen de “arveja”, posiblemente fue en Europa y en Asia Occidental, sin embargo es una hortaliza muy antigua que data de la edad de piedra” (p. 9). Mientras Cubero (1988), citado por Rondinel (2014) nomina que el centro de origen de arveja es el próximo oriente (Mediterráneo), porque sólo en esa zona existen especie silvestre, que a partir de la cual se obtuvo la cultivada, asimismo revela de las evidencias arqueológicas de domesticación de hace diez mil años, por aquellas poblaciones que ocuparon la región. El país representa un importante centro de dispersión del cultivo (p. 9). También Gordon (1984), citado por Rondinel (2014) señala “que probablemente se originaron en Europa. En el continente americano las arvejas fueron traídas por los europeos, principalmente por los españoles durante las primeras etapas del proceso de colonización” (p. 10).

Para el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA, 2001) la arveja es introducida en el Perú, por los españoles desde la colonia; presentan amplia adaptación en la costa y sierra, cultivándose en un área aproximada de 17,000 ha. Mayormente se produce en los departamentos de Junín, Cajamarca, Ancash, Huancavelica, Ayacucho, Amazonas, con rendimientos de 2,500 kg.ha⁻¹ de grano verde, mientras que en costa se obtiene 4,000 kg.ha⁻¹ (p. 1).

Según Gordon (1984), citado por Rondinel (2014) las áreas más importantes en el Perú respecto al cultivo de arveja, están circunscritas en la sierra, entre los 1, 600 a 3, 000 msnm. En el norte se cultiva principalmente en las provincias de Cajamarca, La Libertad y Ancash. En el centro en las provincias de Tarma, Jauja, Huancayo, Huánuco, Huancavelica y Ayacucho. En el sur en Paucartambo, Paruro y en las provincias del departamento de Arequipa (p. 10).

2.2.2. Clasificación taxonómica del cultivo

Según Maroto (1986), como se citó en Gálvez (2016, p.14) y Mateo Box (1961), como se citó en Rondinel (2014, p.10), el cultivo de arveja tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Subdivisión	: Angiospermas
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Rosales
Familia	: Leguminoceae
Subfamilia	: Papilionoideae
Tribu	: Vicieae
Género	: Pisum
Especie	: Sativum
Nombre científico	: <i>Pisum sativum</i> L.
Nombre común	: “Arveja”, alverja”, etc.
2n	: 14

2.2.3. Importancia del cultivo

Según Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA, 2004) es un cultivar de muy buena aclimatación y distribución en las regiones de la sierra del Perú, y requerida debido al gran valor nutricional que posee, porque principalmente contiene lisina y triptófano, asimismo fósforo, hierro, calcio y vitaminas. Con mucha frecuencia se consume en grano seco y en verde.

La mayor superficie cultivada se encuentran en los departamentos de Cajamarca (10 245,00 ha) Junín (4 028,00 ha) y Huancavelica (3 452,00 ha) utilizando variedades generalmente criollas de largo período vegetativo (5 a 7 meses) y de baja capacidad productiva (3 285,00 kg.ha⁻¹) en verde. Los trabajos del Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA, estuvieron encauzados en arveja, principalmente en investigar variedades de mejor aclimatación, mayores rendimientos con gran dimensión de grano y vaina, característica preferida por los agricultores y compradores. Cuyos ensayos se vienen desarrollándose desde el año 1988, han conllevado a la selección del nuevos cultivares, caracterizado porque se adapta mejor a la diversidad de situaciones climáticas de las regiones del Perú, especialmente en la región central, con rendimientos excelentes frente a los cultivares locales y criollas; con ciclo vegetativo corto; dimensión de grano y vaina uniforme; características que influyen en mejores precios para el productor (p. 1).

2.2.4. Instalación y conducción del cultivo

Según INIA (2004, p.2) en la conducción y manejo agronómico del cultivo considerar lo siguiente:

- a. **Temporada de siembra.** La temporada de siembra apropiada son los meses de setiembre a diciembre.
- b. **Clima.** El cultivo arveja necesita clima templado con temperatura promedio de 15 a 18 °C, con máximas de 21 a 24 °C, y mínimas de 7 °C.
- c. **Suelo.** Requiere de suelo livianos (franco-arenoso) con suficiente cantidad de material orgánico y drenaje apropiado. El cultivo soporta un suelo tenuemente ácido con pH entre 5,5 a 6,5, sin embargo es demasiado sensible a las sales.
- d. **Forma de siembra.** Siembra en monocultivo de preferencia utilizando tutor, porque el tutorado influye en mejorar la productividad y el atributo de vaina y grano.
- e. **Densidad de siembra.** Para la siembra se requiere 70 kg.ha⁻¹, semilla certificada a fin de conseguir una adecuada población de plantas. Las semillas se colocan a 5,0 cm de profundidad del suelo, depositándolas a chorro continuo en el fondo del hoyo o surco, utilizando un distanciamiento entre surcos de 0,80 m.
- f. **Abonamiento.** Aportar 10 t.ha⁻¹ de abono orgánico, al momento de preparación del terreno, con la finalidad de mejorar el suelo.

La cantidad de fertilizantes a utilizar se determina mediante el análisis químico del suelo antes a la siembra. Se recomienda niveles de fertilización de 40-80-60 de N, P₂O₅, K₂O.ha⁻¹. La aplicación se realiza simultáneamente con la siembra, utilizando el 50% del N y todo el P-K; al momento del aporque se aplica el 50% del N restante.

- g. **Control de malezas.** Es necesario realizar esta actividad cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura. Se realiza en forma manual utilizando herramientas manuales como picotas o aplicando herbicida pre emergente como Metribuzin 70% a una dosis de 0,30 kg.ha⁻¹.

- h. Aporque.** Recomiendan efectuar pasado 30 días realizado la siembra, con la finalidad de obtener mayor firmeza de las plantas, asimismo con esta operación se elimina la mala hierba y se oxigena el área circundante del sistema radicular.
- i. Riego.** Es importante conducir el campo de cultivo con contenido de humedad a capacidad de campo, para una buena germinación establecimiento y desarrollo de la planta. El exceso de humedad puede ocasionar pudriciones radiculares. Mientras la sequía provoca la marchitez de la planta.
- j. Cosecha.** El recojo de vaina en verde se efectúa con la mano; iniciándose aproximadamente a partir de los 60 a 80 días después de la siembra, dependiendo del clima y variedad. Mientras para consumo en grano seco, se hace cortando la planta a ras del suelo, cuando las plantas se encuentren seco.

2.2.5. Rendimiento del cultivo

Rodríguez y Maribona (1993), como se citó en Rondinel (2014) asevera que en la arveja, el componente de rendimiento más afectado por la sequía, es el número de vainas por unidad de área. Ocasionado por la pérdida de número de yemas florales, y por los abortos en el desarrollo del fruto y la semilla. (p. 36)

Cubero (1988), como se citó en Rondinel (2014) señala “los rendimientos en verde, pueden alcanzar hasta 8 000 a 10 000 kg.ha⁻¹ de arveja con vainas en variedades de enrame y 3 500 a 5 000 kg.ha⁻¹ en variedades enanas. En los cultivares de semi-enrame puede sobrepasar los 12 000 a 15 000 kg.ha⁻¹” (p. 37).

2.2.6. Características del cultivar Usui

Para INIA (2001, p.2) las principales características de arveja variedad Usui:

Vaina verde:

- ✓ Color : Vaina verde
- ✓ Forma : Achatada
- ✓ Tamaño : 8,5 cm
- ✓ Número de granos : 6 - 8
- ✓ Peso : 7,7 g

Grano seco:

- ✓ Color : Amarillo cremoso con hilum negro
- ✓ Peso de 100 semillas : 38 – 40 g

Ciclo vegetativo:

- ✓ Para grano verde : 90 días
- ✓ Para grano seco : 140 días

Productividad:

- ✓ Vaina verde : 13,0 t.ha⁻¹ (con tutor)
: 6,0 t.ha⁻¹ (sin tutor)
- ✓ Semilla seca : 2,0 a 3,0 t.ha⁻¹ (con tutor)

2.3. FUNDAMENTO FILOSÓFICO

La agricultura de conservación ostenta un fundamento filosófico distinto a la agricultura convencional, porque la agricultura de conservación se basa en la percepción holística de la realidad. El holismo, es una tendencia o punto de vista, donde el desarrollo de los acontecimientos de los sistemas agroecológicos, se lleva a cabo a través de múltiples interacciones; tal es así, que todos sus componentes de un sistema, no pueden ser explicados simplemente como la suma de sus elementos. Asimismo, a pesar de existir diversos estudios sobre agricultura de conservación que abordan cuestiones epistemológicas, ontológicas y

éticas, aún no se puede hablar de una filosofía de agricultura de conservación expresamente establecida, porque los estudios científicos, tecnológicos, sociológicos y entre otros aspectos, no son los suficientes explícitos para alcanzar una profunda comprensión del fenómeno agroecológico del sistema. Sin embargo existen diversos fundamentos y enfoques de agricultura de conservación y agricultura sostenible, que conlleva a la búsqueda de la sostenibilidad productiva de alimentos en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible, a fin de erradicar la pobreza y el hambre en el mundo.

2.3.1. Fundamento de agricultura sostenible

Según FAO (2015) en el marco de la agenda de los objetivos de desarrollo sostenible, actualmente el incremento de la producción agrícola se hace cada vez más insostenible, por generar impactos negativos en el medio ambiente y los recursos naturales (p.2).

La agricultura sostenible tiene que ser ecológicamente adecuada, económicamente viable, socialmente justa, culturalmente apropiada y basada en un enfoque científico en su totalidad. Este tipo de agricultura producirá una amplia gama de alimentos de alta calidad (Vella Terra, 2016, p. 1).

Según FAO (2015) “los desafíos globales a los que nos enfrentamos son la creciente escasez y la degradación rápida de los recursos naturales, en un momento en que la demanda de los alimentos, bienes y servicios procedentes de la agricultura están aumentando rápidamente” (p.2).

Tal es así, esta realidad, cada vez más complica nuestro entorno ambiental:

- a. “La competencia por los recursos naturales se intensificará cada vez más, causado por la expansión urbana, antagonismo entre los sectores de la agricultura, la agricultura a coste de los bosques, uso industrial del agua, uso recreativo de la tierra” (FAO, 2015, p.2).
- b. “Mientras que la agricultura contribuye considerablemente al cambio climático, también es una víctima de sus efectos. El cambio climático reduce la resiliencia de los sistemas de producción y contribuye a la degradación de los recursos naturales” (FAO, 2015, p.2).
- c. “La creciente circulación de personas, mercancías, los cambios ambientales, y los cambios en las prácticas de producción generan nuevas enfermedades o especies invasivas, que afectan la seguridad alimentaria, la salud humana y la sostenibilidad de los sistemas de producción” (FAO, 2015, p.2).
- d. “Los programas de políticas y los mecanismos para la producción y la conservación de los recursos generalmente están desvinculados. Falta una clara gestión integrada de los ecosistemas y/o paisajes” (FAO, 2015, p.2).

Según FAO (2015) “los desafíos mencionados dan lugar a cinco principios clave para guiar el desarrollo estratégico de nuevos enfoques y la transición hacia la sostenibilidad” (p.2).

Principio 1: “Mejorar la eficiencia en el uso de los recursos es fundamental para la agricultura sostenible” (FAO, 2015, p.2).

Principio 2: “La sostenibilidad requiere acciones directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales” (FAO, 2015, p.2).

Principio 3: “La agricultura que no logra proteger y mejorar los medios de vida rurales y el bienestar social es insostenible” (FAO, 2015, p.2).

Principio 4: “La agricultura sostenible debe aumentar la resiliencia de las personas, de las comunidades y de los ecosistemas, sobre todo al cambio climático y a la volatilidad del mercado” (FAO, 2015, p.2).

Principio 5: “La buena gobernanza es esencial para la sostenibilidad tanto de los sistemas naturales como de los sistemas humanos” (FAO, 2015, p.2).

2.3.2. Fundamento de desarrollo sostenible

“El desarrollo del hombre se ha centrado, en diversos descubrimientos y avances tecnológicos que le han facilitado la vida, aunque no necesariamente estos descubrimientos sean indispensables para vivir, sin embargo siempre se ha buscado una mejor calidad de vida” (p.50). Cuyo fundamento está basado en los siguientes enfoques:

- a. Enfoque económico:** “Tomar en cuenta, los daños provocados al ambiente y al desequilibrio generado entre la producción y demanda de recursos naturales y la capacidad del planeta para procesar los desechos y de recargarse para ofrecer los bienes y servicios de calidad” (Quintana et al., 2011, p. 50).

- b. Enfoque social:** “Desde la concientización al hombre respecto a la importancia de desarrollo sustentable, diversos grupos de la sociedad empezaron a tomar conciencia sobre la necesidad de implementar acciones de cambio para detener, prevenir y remediar el deterioro provocado a la naturaleza” (Quintana et al., 2011, p. 52).

- c. Enfoque político:** “La dinámica actual entre los países abarca una gran diversidad de relaciones, comerciales, tecnológicas, investigaciones, etc. Es un punto a tomar en cuenta cuando se intenta establecer acuerdos, pues implica un manejo político para lograr que dichas relaciones sean exitosas” (Quintana et al., 2011, p. 53).

d. Enfoque ambiental: “Garantizar la sostenibilidad del ambiente cuya primera meta es: incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de los recursos del ambiente, para proporcionar las condiciones necesarias para una vida digna” (Quintana et al., 2011, p. 54).

2.3.2. Fundamento de la situación ecológica actual

Según Novik (1982) “las contradicciones entre el hombre y la naturaleza que experimentan creciente gravitación técnica adquieren en nuestros días una forma paradójica, por lo cual las características de la situación ecológica actual pueden representarse como paradojas de la evolución de la biosfera” (p. 55).

a. Paradoja de la saturación “Durante milenios el influjo perturbador que el hombre ejercía sobre la naturaleza era relativamente insignificante, la biosfera cumplía dos funciones que se excluían: ser fuentes de medios de subsistencia para el hombre y depósitos de los desechos de su actividad” (Novik, 1982, p. 56). Respecto a esta paradoja; evidentemente el ecosistema, además de servir como fuente de recursos para la manutención del hombre, a su vez sirve como depósito de sus desechos. Es decir bajo este enfoque, desde cuando el hombre aprendió a dominar a la naturaleza, comenzó a alterar su entorno.

b. Paradoja del desplazamiento. “Consiste en que el hombre, originado por determinadas condiciones objetivas, en el curso de su desarrollo tecnológico las desplaza gradualmente más allá de los límites permisibles, lo cual conduce a la desorganización, la caotización del medio natural” (Novik, 1982, p. 59). En relación a esta segunda paradoja; el incremento constante de la población, su

concentración progresiva en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial, ocasionan día a día, el desplazamiento de los recursos naturales, y migración de comunidades nativas, en este sentido van causando problemas o caos al ecosistema, alterando la estructura y su funcionamiento.

c. Paradoja de la sustitución. “Cuando los organismos superiores, surgidos como resultado de la evolución de millones de años, es decir, las plantas y animales superiores, serán sustituidos, mejor dicho, tal vez, desplazados por las formas inferiores situados en escalones más bajos del progreso biológico” (Novik, 1982, p. 60). En la actualidad la diversidad de especies de plantas y animales, así como los microorganismos son muy altas. Esta diversidad ha sufrido variaciones importantes a través de la historia geológica de la tierra. Por lo tanto esta paradoja no es lo más acertado; se podría decir que es una posibilidad de ocurrir en millones de años, al igual que ha pasado desde la aparición de la naturaleza a la actualidad.

III. MÉTODO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es experimental de acepción particular, porque se trata de un estudio en el que se manipulan premeditadamente las variables independientes (factor), para examinar los resultados que la manipulación tiene sobre las variables dependientes (respuesta), dentro de un escenario de control para el investigador (Hernández et al. 2014, p. 129). Y de nivel aplicada, porque responde a un problema específico que el investigador ha logrado identificar, con el propósito de hallar la respuesta y pueda ser aplicado en escenarios definidos. Según Ñaupas et al. (2014) “se llama aplicada porque con base a la investigación básica, se formulan problemas e hipótesis de investigación para resolver los problemas de la vida productiva de la sociedad” (p. 93).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Población, “es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (Hernández et al. 2014, p. 174). Es el conjunto de individuos, hechos, eventos, objetos o unidades experimentales, que son motivos de investigación. (Ñaupas et al. 2014, p. 246) de los que se desea conocer algo, presentan determinadas variables

comunes detalladas en el proyecto, susceptibles de ser medidos de acuerdo a los criterios de evaluación. En el presente trabajo de investigación, la población estuvo conformada alrededor de 4,860 plantas de arveja variedad Usui, situada en el campo experimental.

3.2.2. Muestra

Muestra “es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta. Es representativo porque reúnen las características de los individuos de la población” (Hernández et al. 2014, p. 173) y (Ñaupas et al. 2014, p. 246). En el presente trabajo de investigación se empleó el muestreo probabilística, que “consiste en escoger al azar cada uno de los individuos de la muestra, es decir, todos los elementos de la población tuvieron la misma oportunidad de ser elegidos como una unidad de análisis” (Morán y Alvarado, 2010, p. 46) y (Hernández et al., 2014, p. 175). Tal es así, la muestra estuvo constituida aproximadamente por 55 plantas de arveja variedad Usui situadas en el surco central de cada unidad experimental.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Las variables, “son atributos, cualidades, características observables que poseen las personas, objetos, instituciones que expresan magnitudes que varían en forma discreta o continua” (Ñaupas et al., 2014, p. 186). Según Hernández et al. (2014) “es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse” (p. 105).

La variable independiente (VI) “es el factor que el investigador usa en un estudio para describir, predecir y explicar otro al que se le conoce como variable dependiente. Mientras la variable dependiente (VD), es aquello que el investigador está interesado en conocer” (Morán y Alvarado, 2010, p. 41). “La operacionalización de variables, es un procedimiento

lógico que consiste en transformar las variables teóricas en variables intermedias, y luego en variables empíricas o indicadores” (Ñaupas et al. 2014, p. 191). Las variables consideradas en el estudio se detallan tabla 3.1.

Tabla 3.1. Operacionalización de variables en estudio

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores
Prácticas de agricultura de conservación	1. Tipo de labranza de conservación	Labranza cero Labranza en franjas Labranza reducida
	2. Tipo de cobertura muerta	Cobertura cero Cobertura con brozas de leguminosa Cobertura con brozas de gramínea
Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores
Producción de arveja	1. Factores de rendimiento	Cantidad de plantas cosechadas (N° plantas.ha ⁻¹) Tamaño de la planta (cm) Cantidad de vainas por planta (N° vainas.planta ⁻¹) Rendimiento de vaina en verde (kg.ha ⁻¹) Longitud de vaina en verde (cm) Cantidad de semillas por vaina (N° granos.vaina ⁻¹) Materia seca de vaina en verde (%) Índice de cosecha de vaina en verde (%)
		Capacidad productiva del suelo

3.4. INSTRUMENTOS

3.4.1. Ubicación del trabajo de investigación

El ensayo se desarrolló en el campo experimental “Pampa del Arco” de la Escuela Profesional de Agronomía, ubicado en la ciudad universitaria de la Universidad de Huamanga, Ayacucho. El mismo se localiza al norte de la ciudad de Huamanga, a una altura de 2 792 m.s.n.m., entre las coordenadas geográficas 13° 08' 38" Latitud Sur y 74° 13' 17" Longitud Oeste.



Figura 3.1. Ubicación del ensayo, campo experimental “Pampa del Arco”, Ayacucho

3.4.2. Características ecológicas del lugar de trabajo de investigación

El campo experimental de “Pampa del Arco” ubicado dentro de los campus universitarios de la Universidad de Huamanga, según la clasificación de las zonas de vida propuesta por Holdridge (1967), como se citó en Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, 1976) corresponde a la “zona de vida Estepa espinosa – Montano Bajo Subtropical (ee-MBS), caracterizado por la presencia de un clima semiárido con una vegetación de matorrales espinosos (huarango, tuna, cabuya, etc.) y árboles de zonas semiáridas como el molle” (p. 69).

3.4.3. Características climáticas del lugar de trabajo de investigación

Tabla 3.2. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico de los años 2009 al 2017. Estación Meteorológica “Pampa del Arco” (UNSCH), Ayacucho

DESCRIPCIÓN													TOTAL	PROM
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
T° Máxima (°C)	26.90	25.30	27.10	27.60	26.80	26.70	24.50	27.30	27.90	28.30	28.90	28.20		27.1
T° Mínima (°C)	6.40	6.80	6.70	6.10	4.70	4.50	5.10	4.30	6.10	6.20	7.40	7.30		6
T° Media (°C)	16.60	16.00	16.90	16.90	15.80	15.60	14.80	15.80	17.00	17.30	18.20	17.70		16.5
Factor	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96		
ETo(mm)	82.37	71.79	83.64	80.94	78.12	74.82	73.22	78.40	81.51	85.56	87.12	87.85	965.34	80.4
Precipitación (mm)	111.90	121.00	87.10	45.90	10.10	5.10	4.90	4.00	28.80	31.60	51.80	99.90	601.93	
ETo Ajust. (mm)	51.36	44.77	52.15	50.47	48.71	46.65	45.66	48.89	50.83	53.35	54.32	54.78		
H del suelo (mm)	60.52	76.20	34.91	-4.57	-38.62	-41.60	-40.79	-44.86	-22.01	-21.74	-2.52	45.09		
Déficit (mm)	---	---	---	-4.57	-38.62	-41.60	-40.79	-44.86	-22.01	-21.74	-2.52	---		
Exceso (mm)	60.52	76.20	34.91	---	---	---	---	---	---	---	---	45.10		

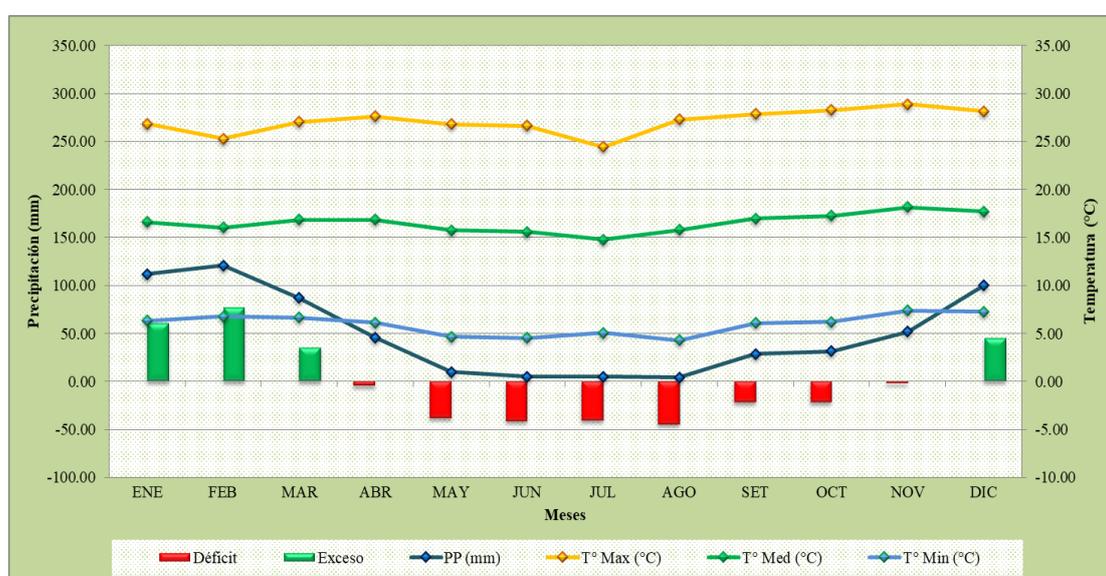


Figura 3.2. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico de los años 2009 al 2017. Estación Meteorológica “Pampa del Arco” (UNSCH), Ayacucho.

El clima es de templado a frío por la variabilidad de temperaturas, con temperatura máxima de 27,1 °C; mínima de 6,0 °C y una media de 16.5 °C. De acuerdo a la pluviometría es un lugar semiárido, con precipitación total anual de 601.93 mm. Presenta dos épocas, una lluviosa que inicia en setiembre y se prolonga hasta abril, con exceso de agua entre diciembre a marzo, y déficit entre los meses de abril a noviembre, tal como se

observa en el balance hídrico, tabla y figura 3.2, Estación Meteorológica del Pampa del Arco, correspondiente a serie histórica de los años 2009 al 2017.

3.4.4. Características del suelo del lugar de trabajo de investigación

El suelo de Pampa del Arco es de “formación geológica tipo IV: Limo inorgánico de origen lacustrino muy consolidado de regulares a buenas condiciones geotécnicas” (INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL INDECI, 2003, p. 11).

Tabla 3.3. Análisis de caracterización del suelo de “Pampa del Arco”, Ayacucho

CARACTERISTICAS		Pre implementación de prácticas de agricultura de conservación	Post implementación de prácticas de agricultura de conservación
ANÁLISIS MECÁNICO (%)	Arena	39.6	67.1
	Limo	22.6	26.3
	Arcilla	37.8	6.6
CLASE TEXTURAL		Fr-Ar	Fr-Ao
pH (H ₂ O)		8.41	7.71
C.E. (Ds/m.)		0.425	4.143
CaCO ₃ (%)		2.0	1.0
M.O. (%)		0.73	2.62
Nt (%)		0.03	0.13
ELEMENTOS DISPONIBLES (ppm)	P	6.2	7.1
	K	289.7	212.3
CATIONES CAMBIABLES (Cmol(+)/kg)	Ca ⁺⁺	14.4	10.1
	Mg ⁺⁺	2.28	5.44
	K ⁺	1.48	1.08
	Na ⁺	0.0	1.68
	Al ⁺	0.0	0.0
	H ⁺	0.0	0.0
CIC (Cmol(+)/kg)		19.2	29.6

Fuente: Programa de Investigación en Pastos y Ganadería “Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar”
AoFr: Arena Franca; FrAo: Franco Arenoso.

De acuerdo a la tabla 3.3 el suelo de pampa del arco, antes de la implementación de las prácticas de agricultura de conservación, tiene reacción fuertemente alcalina, muy ligeramente salino, con nivel medio de carbonato de calcio, contenido bajo de materia

orgánica, nitrógeno y fósforo disponible bajo, potasio disponible alto y capacidad de intercambio catiónico medio; mientras después de la implementación de las prácticas de agricultura de conservación, el suelo tiene reacción ligeramente alcalina, ligeramente salino, con nivel bajo de carbonato de calcio, contenido medio de materia orgánica, nitrógeno, fósforo disponible y potasio disponible medio y capacidad de intercambio catiónico alto (Palomino et al., 2019 p. 106).

3.4.5. Metodología

3.4.5.1. Factores en estudio

Los factores considerados en el presente trabajo de investigación son:

a. Prácticas de agricultura de conservación:

a.1. Tipo de labranza de conservación

Indicadores:

l_0 = Labranza cero

l_1 = Labranza en franjas

l_2 = Labranza reducida

a.2. Tipo de cobertura muerta

Indicadores:

c_0 = Cobertura cero

c_1 = Cobertura con broza de leguminosa

c_2 = Cobertura con broza de gramínea

b. Material de cultivo

El material de cultivo estuvo conformado por arveja, variedad Usui, procedente del Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.4.5.2. Tratamientos

De la combinación de los factores en estudio resultan los siguientes tratamientos:

Tabla 3.4. Tratamientos de los factores en estudio

Nº	Tratamientos	Descripción
1	$t_1 = l_0 \times c_0$	Labranza cero x cobertura cero
2	$t_2 = l_0 \times c_1$	Labranza cero x cobertura con brozas de leguminosa
3	$t_3 = l_0 \times c_2$	Labranza cero x cobertura con brozas de gramínea
4	$t_4 = l_1 \times c_0$	Labranza en franjas x cobertura cero
5	$t_5 = l_1 \times c_1$	Labranza en franjas x cobertura con brozas de leguminosa
6	$t_6 = l_1 \times c_2$	Labranza en franjas x cobertura con brozas de gramínea
7	$t_7 = l_2 \times c_0$	Labranza reducida x cobertura cero
8	$t_8 = l_2 \times c_1$	Labranza reducida x cobertura con brozas de leguminosa
9	$t_9 = l_2 \times c_2$	Labranza reducida x cobertura con brozas de gramínea

3.4.6. Diseño y distribución del campo experimental

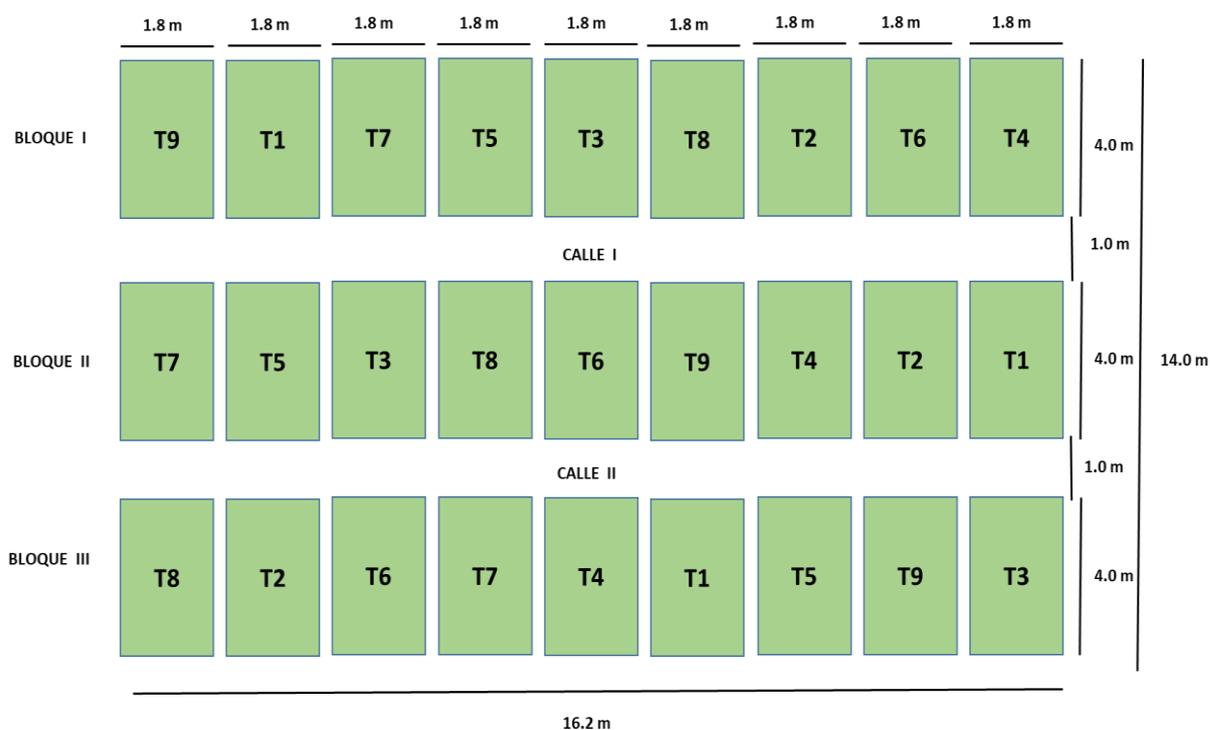


Figura 3.3. Croquis de distribución del campo experimental



Figura 3.4. Croquis de unidad experimental

El campo experimental estuvo conformado en tres bloques, en cada bloque se ha distribuido nueve (9) tratamientos al azar, constituyendo un total de 27 unidades experimentales. En la figura 3.3 y 3.4, se observa el croquis de distribución del campo experimental y unidad experimental.

3.5. PROCEDIMIENTOS

3.5.1. Instalación del experimento

3.5.1.1. Actividades preliminares

Las actividades preliminares consisten en limpiar el área destinada para el trabajo de investigación, retirando los objetos que puedan obstaculizar en la demarcación y preparación del campo experimental.

3.5.1.2. Demarcación de campo experimental

La demarcación del campo experimental se realizó utilizando wincha, cordel y estacas, de acuerdo al diseño experimento, delimitando bloques, parcelas y calles.

3.5.1.3. Preparación del terreno.

Se realizó previo a la siembra el 20 de enero 2017, con la ayuda de un pico se habilitaron los hoyos y/o surcos según los tipos de labranza en estudio. En cada unidad experimental se dispuso de tres surcos de 4.0 m de largo con un distanciamiento de 0.6 m entre ellos. La habilitación de los hoyos o surcos se efectuó tomando en cuenta el tipo de labranza en estudio.

- a. Labranza cero.** La labranza cero consistió en abrir un pequeño hoyo en el suelo, exclusivamente sólo con la finalidad de colocar las semillas en el fondo del hoyo, sin ninguna otra remoción del suelo.
- b. Labranza en franjas.** La labranza en franjas consistió en abrir una faja estrecha del suelo, de modo que la semilla se coloca en el fondo de la faja del suelo labrado, de tal modo que el suelo entre las fajas permanece indisturbada.
- c. Labranza reducida.** La labranza reducida consistió en limitarse a labrar el suelo sólo con la finalidad de colocar la semilla en el fondo del hoyo del suelo, de modo que la semilla se coloca en el suelo mínimamente labrada.

3.5.1.4. Tratamiento de semilla

El tratamiento de semilla consistió en desinfectar la semilla de arveja, utilizando Vitavax fungicida WP a una dosis de 3 gr por kg de semilla de arveja, cuyo propósito de prevenir el ataque de enfermedades que puedan causar pudrición radicular.

3.5.2.5. Siembra

La siembra consiste en depositar las semillas en suelo previamente preparado, actividad que se llevó acabo el 20 de enero 2017, a una distancia de 0.20 m entre golpes, colocando tres semillas por golpe en el fondo del hoyo y/o surco, según los

tipos de labranza en estudio, utilizando aproximadamente 60 semillas por surco y 180 por unidad experimental.

3.5.2.6. Fertilización

La fertilización consiste en dotación de nutrientes esenciales al suelo con la finalidad de maximizar la producción, actividad que se efectuó al momento de la siembra, considerando el nivel de abonamiento recomendado de 60-80-60 kg de N-P₂O₅-K₂O, utilizando urea agrícola, superfosfato triple y cloruro de potasio.

3.5.2.6. Incorporación de la cobertura muerta

La aplicación de la cobertura se realizó después de la siembra, considerando los tipos de práctica de cobertura muerta en estudio que a continuación se detalla:

- a. Cobertura cero.** Consistió de no colocar cobertura muerta alguna en la superficie del suelo a lo largo de los surcos con plantas de arveja.
- b. Cobertura con brozas de leguminosa.** Consistió en cubrir la superficie del suelo a lo largo de los surcos con plantas de arveja, utilizando brozas de leguminosa a base de *Melilotus alba*.
- c. Cobertura con brozas de gramínea.** Consistió en cubrir la superficie del suelo a lo largo de los surcos con plantas de arveja, utilizando brozas de gramínea a base de *Zea mays* L.

3.5.2. Conducción del experimento

La conducción del experimento consiste en realizar las diferentes labores complementarias durante el ciclo vegetativo del cultivo.

3.5.2.1. Riego

Considerando que la investigación se llevó a cabo en condiciones de secano y época lluviosa, entre los meses de enero a abril, no fue necesario efectuar el riego.

3.5.2.2. Deshierbe

El deshierbe es una labor que consiste en eliminar las plantas extrañas al cultivo, cuya actividad se llevó a cabo en forma manual el 1° de marzo de 2017, antes del inicio de la floración (40 días después de la siembra) de acuerdo a la presencia de las malezas en función al tipo de cobertura muerta en estudio.

3.5.2.3. Control fitosanitario

El control fitosanitario consiste en actividades de prevenir, controlar y erradicar el ataque de plagas y enfermedades. Considerando que no hubo presencia significativa de dichos patógenos, no fue necesario realizar actividades de control fitosanitario.

3.5.3. Cosecha y recolección de datos

La cosecha se efectuó a la madurez comercial de las vainas, llevándose a cabo en dos oportunidades, la primera el 10 de abril de 2017 (80 días después de la siembra) y la segunda el 20 de abril del mismo año (90 días después de la siembra). A partir de la cosecha se obtuvo los datos necesarios de acuerdo a los parámetros en estudio.

3.5.4. Parámetros evaluados

La evaluación de cada uno de los parámetros en estudio, se efectuó al momento de la cosecha, es decir a la madurez comercial del cultivo de arveja en verde, cogiendo la información a nivel de los dos surcos medios de las parcelas o unidades experimentales.

3.5.4.1. Cantidad de plantas cosechadas

Para estimar la cantidad de plantas de arveja a la cosecha, se contabilizó las plantas, a nivel de los dos surcos medios de cada parcela, cuyos resultados son expresados en número de plantas por hectárea (N° de plantas.ha⁻¹).

3.5.4.2. Tamaño de la planta

Para obtener la información del tamaño de la planta, utilizando el flexómetro se efectuó la medición de todas las plantas, a nivel de los dos surcos medios de cada parcela, cuyos resultados son expresados en centímetros (cm).

3.5.4.3. Cantidad de vaina por planta

Para obtener dicha información, se contabilizaron la cantidad de vainas que poseen cada planta, a nivel de los dos surcos medios de cada parcela, cuyos resultados son expresados en número de vainas (fruto) por planta (N° de vainas.planta⁻¹).

3.5.4.4. Rendimiento de vaina en verde

Para obtener el rendimiento de vaina en verde, cosechada las vainas, a nivel de los dos surcos medios de cada parcela, utilizando una balanza analítica se controló los pesos, cuyos resultados son expresados en kilos por hectárea (kg.ha⁻¹).

3.5.4.5. Longitud de vaina en verde

Para obtener la información de la longitud de vainas de arveja en verde, una vez cosechada las vainas (fruto), a nivel de los dos surcos medios de cada parcela, utilizando una regla graduada se efectuó las medidas correspondientes, cuyos resultados son expresados en centímetros (cm).

3.5.4.6. Cantidad de semillas por vaina

Para obtener la información de cantidad de semillas por vaina, cosechada las vainas (fruto), a nivel de los dos surcos medios de cada parcela, luego de extraer los granos de semilla por vaina, independientemente se contabilizaron la cantidad de semillas que posee cada vaina, cuyos resultados son expresados en número de semillas por vaina (N° de semillas.vaina⁻¹).

3.5.4.7. Materia seca de vaina en verde

A la madurez de cosecha para consumo en verde, lograda la muestra, a nivel de los dos surcos medios de cada parcela, se obtuvo una sub muestra de 100 gramos de peso fresco de vaina verde (valva + grano), luego de picar la sub muestra, ésta fue colocada a una estufa con temperatura de 60° C, por un espacio de tiempo de 48 horas, hasta lograr un peso constante en gramos. El porcentaje de materia seca se obtuvo, utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$MS = \frac{PS}{PF} \times 100$$

Donde;

MS = Materia seca

PS = Peso seco de la vaina a la madurez comercial en verde en laboratorio.

PF = Peso fresco de la vaina a la madurez comercial en verde en campo.

3.5.4.8. Índice de cosecha de vaina en verde

A la madurez de cosecha para consumo en verde, cosechada las plantas, a nivel de los dos surcos medios de cada parcela. Luego de obtener el rendimiento biológico, es decir el peso fresco de la planta (follaje + vaina) y el rendimiento agronómico (peso

fresco de vaina), utilizando la siguiente fórmula matemática se efectuó el cálculo del índice de cosecha (%):

$$IC = \frac{RA}{RB} \times 100$$

Donde;

IC = Índice de cosecha

RA = Rendimiento agronómico, peso de vaina en verde (peso del producto comercial)

RB = Rendimiento biológico, peso de la planta total en verde (peso del follaje + vaina)

3.5.4.8. Capacidad productiva del suelo

Para obtener la información del análisis de caracterización del suelo del lugar de estudio, las muestras del suelo fueron recolectadas en diferentes puntos del área, aproximadamente a 20 cm de profundidad; la muestra homogenizada alrededor de un kilogramo, fue remitido al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la UNSCH.

3.6. ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1. Diseño experimental y análisis estadístico

En el ensayo, se utilizó el diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR), con arreglo factorial de tres (3) tipos de labranza de conservación por tres (3) tipos de cobertura muerta, con tres (3) repeticiones, (3L x 3C x 3r), constituyendo un total de 27 unidades experimentales.

El modelo aditivo matemático es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + P_j + (\alpha P)_{ij} + \epsilon_{ijk};$$

Donde;

Y_{ijk}	: Observación del i-ésimo nivel del factor labranza de conservación, j-ésimo nivel del factor cobertura muerta y k-ésimo bloque
μ	: Promedio general
β_k	: Efecto del k-ésimo bloque
α_i	: Efecto del i-ésimo nivel del factor labranza de conservación
P_j	: Efecto del j-ésimo nivel del factor cobertura muerta
$(\alpha P)_{ij}$: Efecto de la interacción labranza de conservación por cobertura muerta
ε_{ijk}	: Error experimental en el i-ésimo nivel del factor labranza de conservación, j-ésimo nivel del factor cobertura muerta y k-ésimo bloque

En el análisis estadístico, con los datos de los parámetros en evaluación y variables respuesta, se efectuó el análisis de variancia - ANVA. Con los resultado de significación estadística, se efectuaron la prueba contraste Tukey, con un nivel de significación de 5 % ($\alpha=0.05$).

3.7. CONSIDERACIONES ÉTICAS

La información obtenida en el ensayo son inéditas, resultado de la investigación realizado en el campo experimental “Pampa del Arco”, de la Escuela Profesional de Agronomía, de la UNSCH, a partir del 20 de enero de 2017al 04 de mayo del mismo año, bajo la conducción del suscrito y asesorado por el Dr. Segundo Ramiro Sánchez Sotomayor.

IV. RESULTADOS

Sobre la base de los objetivos planteados y de los procedimientos aplicados en el ensayo, se logró los siguientes resultados, información pertinente para el análisis e interpretación.

4.1. CANTIDAD DE PLANTAS COSECHADAS

Tabla 4.1. ANVA de la cantidad de plantas cosechadas. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Fuente	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	17782922942,4	8891461471,2	4,69	0,0249 *
Labranza	2	15610853695,5	7805426847,7	4,12	0,0361 *
Cobertura	2	5653291979,4	2826645989,7	1,49	0,2547 ns
L x C	4	4261831591,6	1065457897,9	0,56	0,6934 ns
Error	16	30318928094,7	1894933005,9		
Total	26	73627828303,5			
C.V.		: 19,01			
Promedio		: 229 012,34			

Tabla 4.2. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en la cantidad de plantas cosechadas

Tipo de labranza de conservación	Cantidad de plantas cosechadas (N° de plantas.ha⁻¹)	n	Tukey 0.05
Labranza en franjas	261 111,11	9	a
Labranza reducida	222 685,18	9	a b
Labranza cero	203 240,74	9	b

Tabla 4.3. Test de Tukey de los efectos principales de tipos de cobertura muerta en la cantidad de plantas cosechadas

Tipo de cobertura muerta	Cantidad de plantas cosechadas (N° de plantas.ha⁻¹)	n	Tukey 0.05
Con brozas de leguminosa	243 518,52	9	a
Cobertura cero	234 259,26	9	a
Con brozas de gramínea	209 259,26	9	a

Tabla 4.4. Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en la cantidad de plantas cosechadas

Tipo de labranza de conservación	Tipo de cobertura muerta	Cantidad de plantas cosechadas (N° de plantas.ha⁻¹)	n	Tukey 0.05
Labranza en franjas	Con brozas de leguminosa	266 666,66	3	a
Labranza en franjas	Cobertura cero	261 111,11	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de gramínea	255 555,55	3	a
Labranza cero	Con brozas de leguminosa	238 888,89	3	a
Labranza reducida	Cobertura cero	233 333,33	3	a
Labranza reducida	Con brozas de leguminosa	225 000,00	3	a
Labranza reducida	Con brozas de gramínea	209 722,22	3	a
Labranza cero	Cobertura cero	208 333,33	3	a
Labranza cero	Con brozas de gramínea	162 500,00	3	a

4.2. TAMAÑO DE LA PLANTA

Tabla 4.5. ANVA del tamaño de la planta. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Fuente	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	228,9	114,5	1,94	0,1763 ns
Labranza	2	846,6	423,3	7,17	0,0060 **
Cobertura	2	186,8	93,4	1,58	0,2363 ns
L x C	4	159,8	39,9	0,68	0,6182 ns
Error	16	945,3	59,1		
Total	26	2367,4	91,1		

C.V. : 5,17
 Promedio : 148,63 cm

Tabla 4.6. Test de Tukey de efectos principales de tipo de labranza de conservación en el tamaño de la planta

Tipo de labranza de conservación	Tamaño de la planta (cm)	n	Tukey 0.05
Labranza en franjas	156,48	9	a
Labranza reducida	145,62	9	b
Labranza cero	143,79	9	b

Tabla 4.7. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en el tamaño de la planta

Tipo de cobertura muerta	Tamaño de la planta (cm)	n	Tukey 0.05
Cobertura cero	152,18	9	a
Con brozas de leguminosa	147,82	9	a
Con brozas de gramínea	145,89	9	a

Tabla 4.8. Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en el tamaño de la planta

Tipo de labranza de conservación	Tipo de cobertura muerta	Tamaño de la planta (cm)	n	Tukey 0.05
Labranza en franjas	Cobertura cero	160,70	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de gramínea	154,40	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de leguminosa	154,33	3	a
Labranza reducida	Cobertura cero	152,63	3	a
Labranza cero	Con brozas de leguminosa	146,77	3	a
Labranza cero	Cobertura cero	143,20	3	a
Labranza reducida	Con brozas de leguminosa	142,37	3	a
Labranza reducida	Con brozas de gramínea	141,87	3	a
Labranza cero	Con brozas de gramínea	141,40	3	a

4.3. CANTIDAD DE VAINAS POR PLANTA

Tabla 4.9. ANVA de cantidad de vainas por planta. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Fuente	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	4,09	2,05	2,54	0,1105 ns
Labranza	2	9,49	4,75	5,89	0,0121 *
Cobertura	2	2,02	1,01	1,25	0,3123 ns
L x C	4	1,08	0,27	0,33	0,8504 ns
Error	16	12,90	0,81		
Total	26	29,58			

C.V. : 13,63
 Promedio : 6,59

Tabla 4.10. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en cantidad de vainas por planta

Tipo de labranza de conservación	Cantidad de vainas.planta⁻¹	n	Tukey 0.05
Labranza en franjas	7,42	9	a
Labranza reducida	6,27	9	b
Labranza cero	6,08	9	b

Tabla 4.11. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en cantidad de vainas por planta

Tipo de cobertura muerta	Cantidad de vainas.planta⁻¹	n	Tukey 0.05
Cobertura cero	6,97	9	a
Con brozas de leguminosa	6,44	9	a
Con brozas de gramínea	6,35	9	a

Tabla 4.12. Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en cantidad de vainas por planta

Tipo de labranza de conservación	Tipo de cobertura muerta	Cantidad de vainas.planta⁻¹	n	Tukey 0.05
Labranza en franjas	Cobertura cero	7,68	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de leguminosa	7,44	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de gramínea	7,14	3	a
Labranza reducida	Cobertura cero	7,02	3	a
Labranza cero	Cobertura cero	6,21	3	a
Labranza cero	Con brozas de leguminosa	6,02	3	a
Labranza cero	Con brozas de gramínea	6,01	3	a
Labranza reducida	Con brozas de gramínea	5,90	3	a
Labranza reducida	Con brozas de leguminosa	5,87	3	a

4.4. RENDIMIENTO DE VAINA EN VERDE

Tabla 4.13. ANVA del rendimiento de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Fuente	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	1147835,22	573917,61	2,05	0,1612 ns
Labranza	2	5676303,98	2838151,99	10,14	0,0014 **
Cobertura	2	412593,43	206296,72	0,74	0,4941 ns
L x C	4	1721038,89	430259,72	1,54	0,2389 ns
Error	16	4478570,68	279910,67		
Total	26	13436342,20			

C.V. : 16,24
 Promedio : 3 257,23

Tabla 4.14. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en el rendimiento de vaina en verde

Tipo de labranza de conservación	Rendimiento de vaina en verde (kg.ha ⁻¹)	n	Tukey 0.05
Labranza en franjas	3 894,90	9	a
Labranza reducida	3 040,28	9	b
Labranza cero	2 836,51	9	b

Tabla 4.15. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en el rendimiento de vaina

Tipo de cobertura muerta	Rendimiento de vaina en verde (kg.ha ⁻¹)	n	Tukey 0.05
Con brozas de leguminosa	3 366,25	9	a
Cobertura cero	3 321,08	9	a
Con brozas de gramínea	3 084,37	9	a

Tabla 4.16. Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en el rendimiento de vaina en verde

Tipo de labranza de conservación	Tipo de cobertura muerta	Rendimiento de vaina en verde (kg.ha ⁻¹)	n	Tukey 0.05
Labranza en franjas	Con brozas de gramínea	4 081,94	3	a
Labranza en franjas	Cobertura cero	3 843,05	3	a b
Labranza en franjas	Con brozas de leguminosa	3 759,72	3	a b
Labranza reducida	Cobertura cero	3 370,83	3	a b
Labranza cero	Con brozas de leguminosa	3 358,47	3	a b
Labranza reducida	Con brozas de leguminosa	2 980,55	3	a b
Labranza reducida	Con brozas de gramínea	2 769,44	3	a b
Labranza cero	Cobertura cero	2 749,36	3	a b
Labranza cero	Con brozas de gramínea	2 401,71	3	b

4.5. LONGITUD DE VAINA EN VERDE

Tabla 4.17. ANVA de la longitud de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Fuente	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	1,72	0,86	3,36	0,0607 ns
Labranza	2	0,11	0,06	0,21	0,8091 ns
Cobertura	2	0,63	0,32	1,23	0,3187 ns
L x C	4	0,31	0,08	0,30	0,8721 ns
Error	16	4,10	0,26		
Total	26	6,88			

C.V. : 7,16
Promedio : 7,07

Tabla 4.18. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en longitud de vaina en verde

Tipo de labranza de conservación	Longitud de vaina en verde (cm)	n	Tukey 0.05
Labranza cero	7,13	9	a
Labranza reducida	7,10	9	a
Labranza en franjas	6,98	9	a

Tabla 4.19. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en la longitud de vaina en verde

Tipo de cobertura muerta	Longitud de vaina en verde (cm)	n	Tukey 0.05
Con brozas de leguminosa	7,27	9	a
Cobertura cero	7,04	9	a
Con brozas de gramínea	6,90	9	a

Tabla 4.20. Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en la longitud de vaina en verde

Tipo de labranza de conservación	Tipo de cobertura muerta	Longitud de vaina en verde (cm)	n	Tukey 0.05
Labranza reducida	Con brozas de leguminosa	7,48	3	a
Labranza cero	Con brozas de leguminosa	7,26	3	a
Labranza en franjas	Cobertura cero	7,10	3	a
Labranza cero	Con brozas de gramínea	7,08	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de leguminosa	7,07	3	a
Labranza cero	Cobertura cero	7,06	3	a
Labranza reducida	Cobertura cero	6,97	3	a
Labranza reducida	Con brozas de gramínea	6,85	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de gramínea	6,77	3	a

4.6. CANTIDAD DE SEMILLAS POR VAINA

Tabla 4.21. ANVA de cantidad de semilla por vaina. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Fuente	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	3,00	1,50	2,90	0,0845 ns
Labranza	2	0,07	0,04	0,07	0,9349 ns
Cobertura	2	3,72	1,86	3,59	0,0515 ns
L x C	4	3,60	0,90	1,74	0,1911 ns
Error	16	8,29	0,52		
Total	26	18,69			

C.V. : 13,78
 Promedio : 5,22

Tabla 4.22. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en la cantidad de semillas por vaina

Tipo de labranza de conservación	Cantidad de semilla.vaina ⁻¹	n	Tukey 0.05
Labranza cero	5,29	9	a
Labranza reducida	5,22	9	a
Labranza en franjas	5,16	9	a

Tabla 4.23. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en la cantidad de semillas por vaina

Tipo de cobertura muerta	Cantidad de semilla.vaina ⁻¹	n	Tukey 0.05
Con brozas de leguminosa	5,75	9	a
Con brozas de gramínea	4,97	9	a
Cobertura cero	4,96	9	a

Tabla 4.24. Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en cantidad de semillas por vaina

Tipo de labranza de conservación	Tipo de cobertura muerta	Cantidad de semilla.vaina ⁻¹	n	Tukey 0.05
Labranza reducida	Con brozas de leguminosa	6,07	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de leguminosa	5,98	3	a
Labranza cero	Con brozas de gramínea	5,60	3	a
Labranza cero	Con brozas de leguminosa	5,20	3	a
Labranza en franjas	Cobertura cero	5,07	3	a
Labranza cero	Cobertura cero	5,07	3	a
Labranza reducida	Con brozas de gramínea	4,87	3	a
Labranza reducida	Cobertura cero	4,73	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de gramínea	4,43	3	a

4.7. MATERIA SECA DE VAINA EN VERDE

Tabla 4.25. ANVA de materia seca de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Fuente	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	8,29	4,15	0,29	0,7495 ns
Labranza	2	117,95	58,98	4,18	0,0347 *
Cobertura	2	15,23	7,62	0,54	0,5933 ns
L x C	4	16,01	4,00	0,28	0,8843 ns
Error	16	225,83	14,11		
Total	26	383,32			
C.V.		: 12,44			
Promedio		: 30,21			

Tabla 4.26. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en materia seca de vaina en verde

Tipo de labranza de conservación	Materia seca de vaina en verde (%)	n	Tukey 0.05
Labranza cero	32,92	9	a
Labranza reducida	29,88	9	a b
Labranza en franjas	27,83	9	b

Tabla 4.27. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en materia seca de vaina en verde

Tipo de cobertura muerta	Materia seca de vaina en verde (%)	n	Tukey 0.05
Cobertura cero	30,74	9	a
Con brozas de leguminosa	30,73	9	a
Con brozas de gramínea	29,14	9	a

Tabla 4.28. Test de Tukey de la interacción de tipo de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta materia seca de vaina en verde

Tipo de labranza de conservación	Tipo de cobertura muerta	Materia seca de vaina en verde (%)	n	Tukey 0.05
Labranza cero	Cobertura cero	33,23	3	a
Labranza cero	Con brozas de leguminosa	32,92	3	a
Labranza cero	Con brozas de gramínea	32,60	3	a
Labranza reducida	Con brozas de leguminosa	30,53	3	a
Labranza reducida	Cobertura cero	29,59	3	a
Labranza reducida	Con brozas de gramínea	29,51	3	a
Labranza en franjas	Cobertura cero	29,40	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de leguminosa	28,75	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de gramínea	25,33	3	a

4.8. ÍNDICE DE COSECHA DE VAINA EN VERDE

Tabla 4.29. ANVA de índice de cosecha de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Fuente	GL	SC	CM	Fc	P-valor
Bloque	2	144,71	72,36	1,36	0,2852 ns
Labranza	2	478,13	239,07	4,49	0,0284 *
Cobertura	2	135,30	67,65	1,27	0,3076 ns
L x C	4	198,31	49,58	0,93	0,4708 ns
Error	16	852,21	53,26		
Total	26	1808,66			

C.V. : 16,19
 Promedio : 45,07

Tabla 4.30. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de labranza de conservación en el índice de cosecha de vaina en verde

Tipo de labranza de conservación	Índice de cosecha de vaina en verde (%)	n	Tukey 0.05
Labranza reducida	51,02	9	a
Labranza en franjas	42,23	9	a b
Labranza cero	41,96	9	b

Tabla 4.31. Test de Tukey de los efectos principales de tipo de cobertura muerta en el índice de cosecha de vaina en verde

Tipo de cobertura muerta	Índice de cosecha de vaina en verde (%)	n	Tukey 0.05
Con brozas de leguminosa	48,11	9	a
Con brozas de gramínea	44,31	9	a
Cobertura cero	42,79	9	a

Tabla 4.32. Test de Tukey de la interacción de tipos de labranza de conservación y tipo de cobertura muerta en el índice de cosecha de vaina en verde

Tipo de labranza de conservación	Tipo de cobertura muerta	Índice de cosecha		
		de vaina en verde (%)	n	Tukey 0.05
Labranza reducida	Con brozas de leguminosa	58,47	3	a
Labranza reducida	Cobertura cero	48,26	3	a
Labranza reducida	Con brozas de gramínea	46,33	3	a
Labranza cero	Con brozas de gramínea	45,04	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de leguminosa	43,13	3	a
Labranza cero	Con brozas de leguminosa	42,74	3	a
Labranza en franjas	Cobertura cero	41,99	3	a
Labranza en franjas	Con brozas de gramínea	41,57	3	a
Labranza cero	Cobertura cero	38,11	3	a

4.9. CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO

Tabla 4.33. Análisis de caracterización del suelo de “Pampa del Arco”, Ayacucho

Características del suelo	Pre implementación de prácticas de agricultura de conservación	Post implementación de prácticas de agricultura de conservación
Propiedades físicas		
Clase textural	Franco arcilloso	Franco arenoso
M.O	Bajo	Medio
Propiedades químicas		
pH	Fuertemente alcalino	Ligeramente alcalino
C.E.	Muy ligeramente salino	Moderadamente salino
CaCO ₃	Nivel medio de CaCO ₃	Nivel bajo CaCO ₃
N -NO ₃ (kg.ha ⁻¹ /año)	10.125	87.75
P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	31.95	43.89
K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	782.19	687.85
C.I.C. Total	19.2	29.6
C.I.C. Efectiva		18.3
Relaciones catiónicas		
Relación Ca/Mg	Deficiencia de Ca	Deficiencia de Ca
Relación Ca/K	Deficiencia de Ca	Deficiencia de Ca
Relación Mg/K	Deficiencia de Mg	Deficiencia de Mg
Distribución de Na (%) en el suelo		9.0 Suelo normal (No afectado por Na)

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CANTIDAD DE PLANTAS COSECHADAS

Según el ANVA tablas 4.1, para la cantidad de plantas cosechadas, muestra significación estadística para la fuente de variación tipo de labranza de conservación ($p \leq 0,05$), es decir, que al menos uno de los tipos de labranza de conservación tiene un promedio superior o inferior a los demás; no habiendo diferencia estadística para los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los tipo de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta; tal es así, que para conocer cuáles son esas diferencias, se realizó la prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variabilidad es de 19,01%, valor que revela alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento, es decir, cuyos resultados derivados de esta investigación no son distantes de la media, siendo para este caso de 229 012,34 plantas cosechadas.ha⁻¹.

Según la tabla 4.2, efectuado el test de Tukey, para el tipo de labranza de conservación, demuestra que la labranza en franjas con 261 111,11 plantas.ha⁻¹, estadísticamente es superior a otros tipos de labranza de conservación, seguido por el tipo de labranza reducida con 222 685,18 plantas.ha⁻¹. En la tabla 4.3, para los tipos de cobertura muerta, manifiesta

que la cobertura con brozas de leguminosa con 243 518,52 plantas.ha⁻¹, numéricamente es superior a los demás tipos de cobertura, seguido por cobertura cero con 234 259,26 plantas.ha⁻¹. Asimismo según tabla 4.4, para la interacción de los tipos de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta, cuantitativamente la combinación de labranza en franjas por cobertura con brozas de leguminosa con 266 666,66 plantas.ha⁻¹ es superior a las demás interacciones, siendo inferior la combinación de labranza cero por cobertura con brozas de gramínea con 162 500,00 plantas.ha⁻¹.

Los resultados de la investigación demuestran diferencia estadística entre los tipos de labranza de conservación, donde la labranza en franjas tiene mejor respuesta en el establecimiento y conservación de la cantidad de plantas cosechadas por hectárea. Mientras los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los dos tipos de prácticas de agricultura de conservación no presentan diferencia estadística; sin embargo cuantitativamente la práctica con tipo de cobertura con brozas de leguminosa y la interacción de tipo de labranza en franjas con tipo de cobertura con brozas de leguminosa han reportado mejores resultados.

Gálvez (2016, p. 47) en el trabajo de investigación similar, labranza conservacionistas y mulch en la productividad de arveja en verde, llevado a cabo en Ayacucho, encontró que el tipo de labranza en franjas con 158 698,00 plantas.ha⁻¹ y labranza mínima con 138 698,00 plantas.ha⁻¹; así la interacción de tipo de labranza en franjas por mulch con 100% de cobertura con 163,750,00 plantas.ha⁻¹, seguido por el tipo de labranza en franjas por mulch con 50% de cobertura con 160 000,00 plantas.ha⁻¹, respectivamente, reportaron los mejores resultados. Tal es así, comparada con la información antes indicada, las respuestas encontradas en el presente ensayo son superiores.

5.2. TAMAÑO DE LA PLANTA

Según el ANVA tabla 4.5, para el tamaño de la planta, existe alta significación estadística para la fuente de variación tipos de labranza de conservación ($p \leq 0,01$), es decir, que al menos uno de los tipos de labranza de conservación tiene un promedio superior o inferior a los demás; no habiendo diferencia estadística para tipos de cobertura muerta y la interacción entre los tipos de labranza de conservación y los tipos de cobertura muerta; tal es así, que para conocer cuáles son esas diferencias, se realizó la prueba de Tukey. El coeficiente de variabilidad de 5,17%, revela el alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento, es decir, cuyos resultados derivados de esta investigación no son distantes de la media, siendo para este caso de 148,63 cm de altura.

Según la tabla 4.6, realizado el test de Tukey, para el tipo de labranza de conservación, demuestra que la labranza en franjas con 156,48 cm, estadísticamente es superior a los demás tipos de labranza de conservación, seguido por el tipo de labranza reducida con 145,62 cm. En la tabla 4.7, para los tipos de cobertura muerta, expresa que la cobertura cero con 152,18 cm, numéricamente es superior a los demás tipos de cobertura, seguido por cobertura con brozas de leguminosa con 147,82 cm. Asimismo según tabla 4.8, para la interacción de tipos de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta, cuantitativamente la combinación de labranza en franjas por cobertura cero con 160,70 cm es superior a las demás interacciones, siendo el inferior la combinación labranza cero por cobertura con brozas de gramínea con 141,40 cm.

Los resultados de la investigación demuestran diferencia estadística entre los tipos de labranza de conservación, donde la labranza en franjas tiene mejor respuesta en el

tamaño de la planta de arveja a la madurez de cosecha en verde. Mientras los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los dos tipos de prácticas de agricultura de conservación no presentan diferencia estadística; sin embargo cuantitativamente la práctica con tipo de cobertura cero y la interacción de tipo de labranza en franjas por cobertura cero han reportado mejores resultados.

5.3. CANTIDAD DE VAINAS POR PLANTA

Según el ANVA tabla 4.9, para la cantidad de vainas por planta, existe significación estadística para la fuente de variación tipos de labranza de conservación ($p \leq 0,05$), es decir, que al menos uno de los tipos de labranza de conservación tiene un promedio superior o inferior a los demás; no habiendo diferencia estadística para tipos de cobertura muerta y la interacción entre los tipos de labranza de conservación y los tipos de cobertura muerta; tal es así, que para conocer cuáles son esas diferencias, se realizó la prueba de Tukey. El coeficiente de variabilidad de 13,63%, revela el alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento, es decir, cuyos resultados derivados de esta investigación no son distantes de la media, siendo para este caso de 6,59 vainas por planta.

Según el test de Tukey, tabla 4.10, para el tipo de labranza de conservación, demuestra que el tipo de labranza en franjas con 7,42 vainas por planta, estadísticamente es superior a los demás tipos de labranza de conservación, ubicándose en el segundo lugar el tipo de labranza reducida con 6,27 vainas por planta. En la tabla 4.11, para los tipos de cobertura muerta, manifiesta que la cobertura cero con 6,97 vainas por planta, numéricamente es superior a los demás tipos de cobertura, seguido por cobertura con brozas de leguminosa con 6,44 vainas por planta. Asimismo según tabla 4.12, para la interacción de tipos de

labranza de conservación y tipos de cobertura muerta, cuantitativamente la combinación de labranza en franjas por cobertura cero con 7,68 vainas por planta es superior a las demás interacciones, siendo el inferior la combinación labranza reducida por cobertura con brozas de gramínea con 5,87 vainas por planta.

Los resultados de la investigación demuestran diferencia estadística entre los tipos de labranza de conservación, donde la labranza en franjas tiene mejor respuesta en cantidad de vainas por planta a la madurez de cosecha en verde. Mientras los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los dos tipos de prácticas de agricultura de conservación no presentan diferencia estadística; sin embargo cuantitativamente la práctica con tipo de cobertura cero y la interacción de tipo de labranza en franjas por cobertura cero han reportado mejores resultados.

5.4. RENDIMIENTO DE VAINA EN VERDE

Según el ANVA tabla 4.13, para el rendimiento de vainas en verde, existe alta significación estadística para la fuente de variación tipos de labranza de conservación ($p \leq 0,01$), es decir, que al menos uno de los tipos de labranza de conservación tiene un promedio superior o inferior a los demás; no habiendo diferencia estadística para tipos de cobertura muerta y la interacción entre los tipos de labranza de conservación y los tipos de cobertura muerta; tal es así, que para conocer cuáles son esas diferencias, se realizó la prueba de Tukey. El coeficiente de variabilidad de 16,24%, revela el alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento, es decir, cuyos resultados derivados de esta investigación no son distantes de la media, siendo para este caso de 3 257,23 kg.ha⁻¹ de vaina en verde.

Según el test de Tukey, tabla 4.14, para el tipo de labranza de conservación, demuestra que el tipo de labranza en franjas con 3 894,90 kg.ha⁻¹ de vaina en verde, estadísticamente es superior a los demás tipos de labranza de conservación, ubicándose en el segundo lugar el tipo de labranza reducida con 3 040,28 kg.ha⁻¹ de vaina en verde. En la tabla 4.15, para los tipos de cobertura muerta, manifiesta que la cobertura con brozas de leguminosa con 3 366,25 kg.ha⁻¹, numéricamente es superior a los demás tipos de cobertura, seguido por cobertura cero con 3 321,08 kg.ha⁻¹. Asimismo según tabla 4.16, para la interacción de tipos de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta, cuantitativamente la combinación de labranza en franjas por cobertura con brozas de gramínea con 4 081,94 kg.ha⁻¹ es superior a las demás interacciones, siendo el inferior la combinación labranza cero por cobertura con brozas de gramínea con 2 401,71kg.ha⁻¹ de vaina en verde.

Los resultados de la investigación demuestran diferencia estadística entre los tipos de labranza de conservación, donde la labranza en franjas tiene mejor respuesta en rendimiento de vaina en verde a la madurez de cosecha. Mientras los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los dos tipos de prácticas de agricultura de conservación no presentan diferencia estadística; sin embargo cuantitativamente la práctica con tipo de cobertura con brozas de leguminosa y la interacción de tipo de labranza en franjas por cobertura con brozas de gramíneas han reportado mejores resultados.

Gálvez (2016, p. 49) en el trabajo de investigación labranza conservacionistas y mulch en la productividad d arveja en verde, llevado a cabo en Ayacucho, encontró que el tipo de labranza en franjas con 3 221,6 kg.ha⁻¹ y labranza mínima con 3 112,2 kg.ha⁻¹; la interacción de tipo de labranza en franjas por mulch con 100% de cobertura con 3 620,31 kg.ha⁻¹, seguido por el tipo de labranza en franjas por mulch con 50% de cobertura con 3 574,53

kg.ha⁻¹, respectivamente, reportaron los mejores resultados. Asimismo, comparada con la información antes indicada, las respuestas encontradas en el presente ensayo son superiores.

Según PRONAMACHCS (2004) la labranza de conservación, cumple diversas funciones, entre ellas: “reduce al mínimo el deterioro de los agregados del suelo, evitando la compactación y formación de estratos densos, mejora la capacidad de infiltración del agua, reduce la erosión hídrica, y evita la pérdida de humedad manteniendo la cobertura vegetal” (p. 587).

La labranza de conservación promueve la siembra sobre superficies de suelo con residuos de cosechas anteriores, hecho que favorece mantener la humedad del suelo, impide el desgaste de suelo y nutrientes ocasionada por erosión hídrica y eólica; cuya práctica aumenta el potencial productivo del suelo, incrementa la cantidad de producto cosechado y disminuye los gastos de producción (Navarro, s. f., p. 2).

Según FAO (2011) “las prácticas de labranza de conservación dejan algunos residuos de cultivos sobre la superficie, lo cual incrementa la infiltración del agua y reduce la erosión” (p. 2). “La labranza conservacionista consiste en minimizar o eliminar la labranza a fin de conservar el agua y el suelo” (Proyecto LUPE, 1984, p. 9). Mientras para PRONAMACHCS (2004) “permiten el manejo del suelo con mínima alteración en su composición, estructura, fauna y flora natural, protegiendo la erosión. Es decir, es un sistema de labranza que reduce la pérdida del suelo y del agua, y por tanto la biodiversidad” (p. 584).

García et al. (2018) manifiestan “que la labranza reducida mejora la densidad aparente del suelo, mientras que la labranza de conservación y siembra con 30% de cobertura, mejora

la porosidad del suelo y tiene mayores unidades formadoras de colonias (UFCs) de hongos y bacterias” (p. 19 y 22).

Según PRONAMACHCS (2004, p. 580) la cobertura muerta en agricultura de conservación, “comprende todos los residuos vegetales incorporados sobre el suelo, siendo una práctica eficaz para luchar contra la erosión, porque forma una cobertura contra la erosión por el impacto de las gotas de lluvia y la constitución de una sobre capa”. Para la FAO (2002) “la biomasa producida por el sistema agrícola se mantiene sobre la superficie del suelo que sirve como protección física del mismo y como sustrato de la biota del suelo” (p.3). Según Hernández et al. (2008) “protege el suelo con residuos de rastrojo contra la radiación solar, la lluvia, el viento y de las temperaturas extremas. Además de alimentar a la vida del suelo” (p. 6). Asimismo “mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo así como el microclima de la capa superior del suelo, influenciando sobre la productividad” (AGRORURAL, s. f., p. 4)

Considerando que las prácticas de labranza en franjas y labranza reducida, consiste en laboreo mínimo del suelo, cuyas prácticas restauran la porosidad del suelo, consiguiendo mejora la distribución del agua en el suelo, tienen mayor capacidad de infiltración y retención del agua; reduce la erosión hídrica y eólica y en consecuencia evita la pérdida del suelo y de nutrientes; contribuye en la germinación de mayor número de semillas, y en la sobrevivencia de mayor número de plantas, favoreciendo en el crecimiento y desarrollo, principalmente en las primeras etapas, así como en las etapas posteriores.

Asimismo la cobertura muerta, consiste en prevenir la erosión del suelo, por cuanto impide el impacto directo de las gotas de lluvia y la formación de un manto, que cumple la

función de proteger físicamente y a su vez sirve como sustrato de los organismos del suelo. También protege el suelo con residuos de rastrojo contra la radiación solar, la lluvia, el viento y de las temperaturas extremas; asimismo influencia sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, y mejora las condiciones micro climáticas del manto superficial del suelo, influenciando sobre la productividad de la técnica; hechos que tienen mejor eficiencia en el establecimiento de mayor número de plantas por unidad de área, en la altura de planta, en el número de vainas por planta y en el rendimiento de vaina por hectárea.

5.5. LONGITUD DE VAINA EN VERDE

Según el ANVA tabla 4.17, para la longitud de vaina en verde, no existe diferencia estadística para todas las fuentes de variación, es decir los factores en estudio no influyen en la longitud de vaina de arveja; tal es así, no se requiere efectuar la prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variabilidad de 7,16%, revela el alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento, es decir, cuyos resultados derivados de esta investigación no son distantes de la media, siendo para este caso de 7,07 cm de longitud.

Sin embargo efectuado el test de Tukey, tabla 4.18, para el tipo de labranza de conservación, demuestra que el tipo de labranza cero con 7,13 cm de longitud de vaina en verde, numéricamente es superior a los demás tipos de labranza de conservación, seguido por el tipo de labranza reducida con 7,10 cm de longitud de vaina en verde. En la tabla 4.19, para los tipos de cobertura muerta, manifiesta que la cobertura con brozas de leguminosa con 7,27 cm de longitud de vaina en verde, numéricamente es superior a los demás tipos de cobertura, seguido por cobertura cero con 7,04 cm de longitud de vaina en verde. Asimismo según tabla 4.20, para la interacción de tipos de labranza de conservación y tipos de

cobertura muerta, cuantitativamente la combinación de labranza reducida por cobertura con brozas de leguminosa con 7,48 cm de longitud de vaina en verde es superior a las demás interacciones, siendo el inferior la combinación labranza en franjas por cobertura con brozas de gramínea con 6,77 cm de longitud de vaina en verde.

Los resultados de la investigación demuestran que no hay diferencia estadística entre los factores de estudio. Sin embargo cuantitativamente, entre los tipos de labranza de conservación, la labranza cero tiene mejor respuesta en la longitud de vaina en verde a la madurez de cosecha. Mientras para los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los dos tipos de prácticas de agricultura de conservación, la práctica con tipo de cobertura con brozas de leguminosa y la interacción de tipo de labranza en reducida por cobertura con brozas de leguminosas han reportado mejores resultados.

5.6. CANTIDAD DE SEMILLAS POR VAINA

Según el ANVA tabla 4.21, para la cantidad de semillas por vaina, no existe diferencia estadística para todas las fuentes de variación, es decir los factores en estudio no influyen en la cantidad de semillas por vaina; tal es así, no se requiere efectuar la prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variabilidad de 13,78%, revela el alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento, es decir, cuyos resultados derivados de esta investigación no son distantes de la media, siendo para este caso de 5,22 números de granos por vaina.

Sin embargo efectuado el test de Tukey, tabla 4.22, para el tipo de labranza de conservación, demuestra que el tipo de labranza cero con 5,29 números de semillas por vaina, numéricamente es superior a los demás tipos de labranza de conservación, seguido

por el tipo de labranza reducida con 5,22 números de semillas por vaina. En la tabla 4.23, para los tipos de cobertura muerta, revela que la cobertura con brozas de leguminosa con 5,75 números de semillas por vaina, numéricamente es superior a los demás tipos de cobertura, seguido por cobertura con gramíneas con 4,97 números de semillas por vaina. Asimismo según tabla 4.24, para la interacción de tipos de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta, cuantitativamente la combinación de labranza reducida por cobertura con brozas de leguminosa con 6,07 número de semillas por vaina es superior a las demás interacciones, siendo el inferior la combinación labranza en franjas por cobertura con brozas de gramínea con 4,43 números de semillas por vaina.

Los resultados de la investigación demuestran que no hay diferencia estadística entre los factores de estudio. Sin embargo cuantitativamente, entre los tipos de labranza de conservación, la labranza cero tiene mejor respuesta en número de granos por vaina a la madurez de cosecha. Mientras para los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los dos tipos de prácticas de agricultura de conservación, la práctica con tipo de cobertura con brozas de leguminosa y la interacción de tipo de labranza en reducida por cobertura con brozas de leguminosas han reportado mejores resultados.

Gálvez (2016) en el trabajo de investigación labranza conservacionistas y much en la productividad de arveja en verde, llevado a cabo en Ayacucho, no encontró diferencias estadísticas para el tamaño de vaina y cantidad de semillas por vaina, obteniendo un promedio de 7,30 cm y 5,86 semillas, respectivamente (p. 57). Comparada con la información antes indicada, las respuestas obtenidas en el presente ensayo son similares. Es decir, los tipos de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta no tienen influencia en el tamaño de vaina y cantidad de semillas por vaina.

De la misma forma, según INIA (2001, p. 2) y CARITAS (2004), citado por Soto (2015, p. 16), la longitud de vaina de arveja en verde de la variedad Usui varía de 6,5 a 8,5 cm, y cuyo número de granos por vaina oscilan entre 6 a 8; información que tiene relación con las respuestas encontradas en el presente ensayo, con un promedio de longitud de vaina de 7,07 cm y con un promedio de 5,22 semillas por vaina, queda demostrado, que los parámetros evaluados, tanto el tamaño de vaina, como la cantidad de semillas por vaina, obedecen a la característica genética del cultivo y no a los factores en estudio como los tipos de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta.

5.7. MATERIA SECA DE VAINA EN VERDE

Según el ANVA tabla 4.25, para la materia seca de vaina en verde, muestra significación estadística para la fuente de variación tipos de labranza de conservación ($p \leq 0,05$), es decir, que al menos uno de los tipos de labranza de conservación tiene un promedio superior o inferior a los demás; no habiendo diferencia estadística para tipos de cobertura muerta y la interacción entre los tipos de labranza de conservación y los tipos de cobertura muerta; tal es así, que para conocer cuáles son esas diferencias, se realizó la prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variabilidad es de 12,44%, valor que revela alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento, es decir, cuyos resultados derivados de esta investigación no son distantes de la media, siendo para este caso de 30,21%.

Efectuado el test de Tukey, la tabla 4.26, para el tipo de labranza de conservación, demuestra que el tipo de labranza cero con 32,92% de materia seca de vaina en verde, estadísticamente es superior a los otros tipos de labranza de conservación, seguido por el

tipo de labranza reducida con 29,88% de materia seca de vaina en verde. En la tabla 4.27, para los tipos de cobertura muerta, manifiesta que la cobertura cero con 30,74% de materia seca de vaina en verde, numéricamente es superior a los demás tipos de cobertura, seguido por cobertura con brozas de leguminosa con 30,73% de materia seca de vaina en verde. Asimismo según tabla 4.28, para la interacción de tipos de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta, cuantitativamente la combinación de labranza cero por cobertura cero con 32,92% de materia seca de vaina en verde es superior a las demás interacciones, siendo inferior la combinación de labranza en franjas por cobertura con brozas de gramínea con 32,92% de materia seca de vaina en verde.

Los resultados de la investigación demuestran diferencia estadística entre los tipos de labranza de conservación, donde la labranza cero tiene mejor respuesta en la acumulación de materia seca de vaina en verde a la madurez de cosecha. Mientras los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los dos tipos de prácticas de agricultura de conservación no presentan diferencia estadística; sin embargo cuantitativamente la práctica con tipo de cobertura cero y la interacción de tipo de labranza cero por cobertura cero han reportado mejores resultados.

Gálvez (2016) en el trabajo de investigación similar, labranza conservacionistas y mucho en la productividad de arveja en verde, llevado a cabo en Ayacucho, encontró que el tipo de labranza en franjas con 39,91% de materia seca y labranza mínima con 33,20% de materia seca; la interacción de tipo de labranza en franjas por mulch con 0% de cobertura con 49,21% de materia seca, seguido por el tipo de labranza en franjas por mulch con 100% de cobertura con 45,29% de materia seca, respectivamente, reportaron los mejores resultados (p. 59 y 60). Asimismo, comparada con la información antes indicada, las respuestas

encontradas en el presente ensayo son ligeramente inferiores, ésta diferencia, probablemente se deba al período de la cosecha en relación a la madurez de cosecha en verde; así como la época de siembra, por cuanto el ensayo se desarrolló en época lluviosa en con comparación al anterior que se llevó a cabo en época secano.

El crecimiento de una planta, es el resultado de la acumulación de materia seca en la planta como consecuencia del balance que se implanta entre la fotosíntesis y la respiración. La fotosíntesis, es procedimiento fotoquímico donde la energía proveniente del sol o la energía luminosa del ambiente son procesadas y transformadas en compuesto orgánico o energía química, gracias al pigmento verde llamado clorofila que se encuentra en el cloroplasto de toda hoja verde de las plantas. “Cuya energía química, en forma de carbohidratos, es utilizada por la planta para cumplir las diversas funciones de toma y distribución de alimentos para llevar a cabo los procesos metabólicos, como la síntesis, respiración de tejidos y entre otros” (Camarena et al., 2009, p. 88). Mientras la respiración es un procedimiento contrario, donde los compuestos orgánicos (carbohidratos) captados durante la fotosíntesis, son descompuestos por las células vivas de la planta en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). La planta, mediante la “respiración adquiere la energía que necesita; para formar tejidos, transporte de alimentos, reparación de tejidos dañados, y otros procesos vitales. Es decir, los carbohidratos derivados de la fotosíntesis son usados como fuente de energía y materia prima para la biosíntesis” (Camarena et al. 2009, p.99).

Considerando las teorías y enfoques de ganancia de materia seca y rendimiento del cultivo, las respuestas encontradas en el ensayo, demuestran que las prácticas de labranza de conservación, principalmente el tipo de labranza cero, seguido por el tipo labranza reducida, tiene importancia en la acumulación de la materia seca de arveja en verde. Porque

dichos tipos de labranza de conservación, indistintamente de los tipos de cobertura muerta, por las diferentes funciones y ventajas que ofrecen, principalmente en mejorar la estructura del suelo, en la capacidad de infiltración y retención de las aguas de la humedad, y mejor distribución de agua en el suelo, tienen mejor respuesta en la acumulación de materia seca en la vaina como resultado del balance que se establece entre la fotosíntesis y la respiración.

5.8. ÍNDICE DE COSECHA DE VAINA EN VERDE

Según el ANVA tabla 4.29, para el índice de cosecha de vaina en verde, muestra significación estadística para la fuente de variación tipos de labranza de conservación ($p \leq 0,05$), es decir, que al menos uno de los tipos de labranza de conservación tiene un promedio superior o inferior a los demás; no habiendo diferencia estadística para tipos de cobertura muerta y la interacción entre los tipos de labranza de conservación y los tipos de cobertura muerta; tal es así, que para conocer cuáles son esas diferencias, se realizó la prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variabilidad es de 16,19%, valor que revela alto grado de homogeneidad entre las unidades de análisis y una buena precisión del experimento, es decir, cuyos resultados derivados de esta investigación no son distantes de la media, siendo para este caso de 45,07%.

Efectuado el test de Tukey, la tabla 4.30, para el tipo de labranza de conservación, demuestra que el tipo de labranza reducida con 51,02% de índice de cosecha de vaina en verde, estadísticamente es superior a los otros tipos de labranza de conservación, seguido por el tipo de labranza en franjas con 42,23% de índice de cosecha de vaina en verde. En la tabla 4.31, para los tipos de cobertura muerta, manifiesta que la cobertura con brozas de leguminosa con 48,11% de índice de cosecha de vaina en verde, numéricamente es superior a los demás tipos de cobertura, seguido por cobertura con brozas de gramínea con 44,31%

de índice de cosecha de vaina en verde. Asimismo según tabla 4.32, para la interacción de tipos de labranza de conservación y tipos de cobertura muerta, cuantitativamente la combinación de labranza reducida por cobertura con brozas de leguminosa con 58,47% de índice de cosecha de vaina en verde es superior a las demás interacciones, siendo inferior la combinación de labranza cero por cobertura cero con 38,11% de índice de cosecha de vaina en verde.

Los resultados de la investigación demuestran diferencia estadística entre los tipos de labranza de conservación, donde la labranza reducida tiene mejor respuesta en índice de cosecha de vaina en verde a la madurez de cosecha. Mientras los tipos de cobertura muerta y la interacción entre los dos tipos de prácticas de agricultura de conservación no presentan diferencia estadística; sin embargo cuantitativamente la práctica con tipo de cobertura con brozas de leguminosa y la interacción de tipo de labranza reducida por cobertura con brozas de leguminosa han reportado mejores resultados.

Gálvez (2016) en el trabajo de investigación labranza conservacionistas y mulch en la productividad de arveja en verde, llevado a cabo en Ayacucho, no encontró diferencias estadísticas para el índice de cosecha, con un promedio de 65,65%, entre las fuentes de variación tipo de labranza y tipos de mulch, así como en la interacción de ambos (p. 58). Tal es así comparada con la información antes indicada, las respuestas encontradas en el presente ensayo con un promedio de 45,07% es ligeramente inferior, ésta diferencia, probablemente se deba a la oportunidad de la cosecha en relación a la madurez de cosecha en verde; así como la época de siembra, por cuanto el presente ensayo se desarrolló en época lluviosa en con comparación al anterior que se llevó a cabo en época secano.

Según Camarena et al. (2009) el índice de cosecha, es una medida de la distribución de la materia seca, que se considera como la relación entre el rendimiento económico y el peso seco total de una planta fisiológicamente madura, llamada biomasa. Los valores encontrados para el frijol, habitualmente se encuentra dentro de un rango de 0,5 a 0,6; índices más bajos, muestran una pobre formación de vainas o semillas en correlación con el desarrollo vegetativo del cultivo. En cultivos con buena adaptación y desarrollo, la relación entre el índice de cosecha y el rendimiento puede ser relevante, pero habitualmente es menor que la relación entre el rendimiento económico y peso seco total de la planta. (p. 96).

Los valores señalados para el frijol, tiene relación con el valor obtenido en el presente trabajo de investigación, particularmente para el tipo de labranza reducida, que alcanzó el 51,02% de índice de cosecha. Sin embargo cabe manifestar, los resultados encontrados ligeramente inferiores para los demás factores en estudio, probablemente se deba al período de la cosecha en relación a la madurez de cosecha en verde; así como la época de siembra, por cuanto el presente ensayo se desarrolló en época lluviosa en con comparación al anterior que se llevó a cabo en época secano.

5.9. CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL SUELO

Según la tabla 4.33, respecto a las propiedades físicas, se observa que la textura del suelo varía de franco arcilloso a franco arenoso, del mismo modo el contenido de la materia orgánica aumenta de nivel bajo a medio. En relación a las propiedades químicas, la reacción del suelo cambia de fuertemente alcalino a ligeramente alcalino, del mismo modo la conductividad eléctrica varía de muy ligeramente salino a moderadamente salino, igualmente el contenido de carbonato de calcio disminuye de nivel medio a nivel bajo. Referente al contenido nutricional del suelo, el nitrógeno en forma nitrato (NO_3), se

ha incrementado de 10.125 a 87.75 kg.ha⁻¹ por año; del mismo modo el fósforo en forma de fósforo disponible (P₂O₅), ha aumentado de 31.95 a 43.89 kg.ha⁻¹; por lo contrario el potasio en forma de K₂O, ha disminuyendo de 782.19 a 687.85 kg.ha⁻¹, porque la arveja es una leguminosa fijadora de nitrógeno atmosférico, además la materia orgánica utilizada como cobertura muerta, es fuente de nitrógeno y fosforo, pero no de potasio. Asimismo la capacidad de intercambio catiónico (CIC) total, también se ha incrementado de 19.2 a 29.6 (meq.100⁻¹) gramos de suelo; con CIC efectiva de 18.3 (meq.100⁻¹) gramos de suelo, en este último caso solo para el suelo después de la práctica de agricultura de conservación. Finalmente, las relaciones catiónicas demuestran que el suelo es deficiente en calcio (Ca) y magnesio (Mg).

La textura del suelo, “es la distribución porcentual de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla). Esta característica influye sobre la velocidad de infiltración del agua, la facilidad de laboreo del suelo, el drenaje, la cantidad de agua y aire que retiene, etc.” (Ramírez, 1997, p.10). “Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición” (Gálvez y Álvarez, 2019, p.36). “La textura influye en la protección física de MO ya que las arcillas limitan el acceso de los microorganismos al material orgánico que se encuentra encapsulado en poros de tamaño muy pequeño” (Ghisolfi, 2011, p. 18).

La materia orgánica (MO), “se relaciona con la mayoría de los procesos que ocurren en el suelo. El contenido de sus fracciones más lábiles, ha sido citado como uno de los parámetros edáficos más importante para ser utilizado como indicador de calidad de suelo” (Ghisolfi, 2011, p. 17). “La materia orgánica y el humus almacenan muchos

nutrientes del suelo. También mejoran su estructura, sueltan suelos de arcilla, ayudan a prevenir la erosión y mejoran la capacidad de retención de nutrientes y agua de suelos arenosos o toscos” (Pascual-S. y Venegas, s.f., p.3).

El contenido de MO del suelo, “favorece la estabilidad de los agregados, la capacidad de almacenamiento de agua útil, la capacidad de intercambio catiónico, y sobre todo, la disponibilidad de nutrientes, especialmente nitrógeno” (Ghisolfi, 2011, p. 18). “A medida que descomponen los residuos y la materia orgánica, los nutrientes en exceso tales como nitrógeno, fósforo y azufre son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas” (Materia orgánica y actividad biológica, s. f., p. 2). Asimismo, “la materia orgánica amortigua el pH del suelo, es decir, establece una uniformidad acido-base en el medio, a través de su efecto tampón” (Gálvez y Álvarez, 2019, p.33).

El pH, “es una de las propiedades más importante en los suelos, porque de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica” (Ramírez, 1997, p.13). “También determina la concentración de iones tóxicos, la CIC y diversas propiedades importantes que determina la fertilidad del suelo” (Ramírez, 1997, p.13).

La disponibilidad del nitrógeno (N) en el suelo, “depende de la mineralización de la materia orgánica por parte de los microorganismos. Cuya mineralización se desarrolla mejor en valores cercanos a pH 7, porque existen mejor desarrollo de las bacterias encargadas de la nitrificación y la fijación de nitrógeno” (Ramírez, 1997, p.13).

La disponibilidad del fósforo (P) en el suelo, “el fósforo presenta su mayor disponibilidad con pH entre 6.5 y 7.5, siendo en ese rango donde se presenta la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral” (Ramírez, 1997, p.13). Porque en suelos con pH ácido, “la solubilidad del aluminio y del hierro es alta, estos compuestos precipitan con el fósforo como compuestos insolubles. Y si es alcalino, el calcio aumenta su solubilidad y reacciona con los fosfatos precipitándolos y formando compuestos insolubles como la apatita” (Ramírez, 1997, p.13).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), “se refiere a la capacidad de la tierra o de un sustrato de retener e intercambiar nutrientes minerales. La capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/100g de suelo” (Gálvez y Álvarez, 2019, p.41). “El intercambio iónico junto con la fotosíntesis, son los dos procesos de mayor importancia para las plantas. El cambio iónico es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica” (Ramírez, 1997, p.12).

Los resultados de la investigación demuestran, que la agricultura de conservación, compuesta por labranza de conservación y cobertura muerta, sí favorecen en mejorar las capacidades productivas del suelo, por cuanto mejora la textura del suelo, contenido de materia orgánica, reacción del suelo (pH), contenido nutricional como es el caso de nitrógeno y el fósforo, y la capacidad de intercambio catiónico CIC; que en suma contribuyen a la producción sostenible de los cultivos, particularmente de arveja, promoviendo el manejo sostenible de los recursos naturales y del suelo.

VI. CONCLUSIONES

- a. La práctica labranza en franjas tiene mejor respuesta, influenciando en el establecimiento de la cantidad de plantas cosechadas, tamaño de la planta, cantidad de vainas por planta y rendimiento de vaina.
- b. La práctica labranza cero logra respuesta sobresaliente en la ganancia de materia seca de vaina en verde, y mientras la labranza reducida en el índice de cosecha.
- c. La práctica cobertura con brozas de leguminosa posee mayores resultados, interviniendo en el establecimiento de número de plantas cosechadas, rendimiento de vaina, e índice de cosecha.
- d. La práctica cobertura cero reporta mejor resultado en el tamaño de la planta, cantidad de vainas por planta, y en la acumulación de materia seca de vaina en verde.
- e. Las prácticas de labranza de conservación y cobertura muerta, contribuyen en mejorar la capacidad productiva del suelo.

VII. RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados en el presente ensayo son relevantes para las condiciones agroecológicas del medio, hecho que permite proponer las siguientes recomendaciones.

- a. Emplear la práctica de labranza en franjas, con aplicación de cobertura muerta con brozas de leguminosa en la producción de arveja.
- b. Promover el uso de prácticas de agricultura de conservación, empleando labranza conservacionista y cobertura muerta para mejorar la capacidad productiva del suelo.
- c. Realizar más trabajos de investigación, referente a la aplicación de las prácticas de agricultura de conservación, tomado en cuenta diversos pisos ecológicos y cultivares.
- d. Considerar parte de las políticas públicas sectoriales, a fin de que las prácticas de agricultura de conservación, forme parte de las actividades principales de la agricultura familiar, seguridad alimentaria y protección del ambiente.

VIII. REFERENCIAS

- Agricultura sostenible y conservación de los suelos- SoCo. (2009). *Agricultura de Conservación: sistemas y prácticas agronómicas no perjudiciales para el suelo*. Ficha informativa N° 5: Comunidades europeas 2009.
- Araúz, A.Z., Mendoza, B, J. y Zúñiga C. A. (2018). *Efecto de la agricultura de conservación en las propiedades físicas del suelo*. (Trabajo de investigación). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí, Estelí, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/9390>
- Baker, C. J., Saxton, K. E., Ritchie, W. R., Chamen W. C., Reicosky, D.C., Ribeiro, M. F., ... y Hobbs, P. R. (2008). *Siembra con labranza cero en la agricultura de conservación*. Zaragoza, España: ACRIBIA, S.A. Recuperado de <http://www.fao.org/3/al298s/al298s.pdf>
- Benites J. J., y Bot, A. (2014). *Agricultura de conservación: una práctica innovadora con beneficios económicos y medioambientales*. Lima, Perú: Agrosaber. Recuperado de https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/LIBRO_AGROBANCO.pdf
- Camarena F., Huaranga, A. y Mostacero, E. (2009). *Innovación tecnológica para el incremento de la producción del frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú: Ediciones AGRUM.
- Galeana, D. M., Trinidad, S. A., García, C. N. y Flores, R. D. (1999). *Labranza de conservación y fertilización en el rendimiento de maíz y su efecto en el suelo*. Terra, 17(4), 325-335. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317407.pdf>
- Gálvez, G. Y. (2013). *Labranza conservacionista y cobertura muerta (mulch) en la producción del maíz (Zea mays L.)* Canaán 2750 m.s.n.m. (Trabajo de investigación). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.

- Gálvez, G. Y. (2014). *Labranza conservacionista y asociación con frijol en el rendimiento del maíz morado, Canaán, Ayacucho*. (Trabajo de investigación). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Gálvez, G. Y. (2015). *Mulch y asociación con frijol en la productividad del maíz morado y frijol, Canaán, 2015*. (Trabajo de investigación). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Gálvez, G. Y. (2016). *Labranza de conservación y mulch en la productividad de arveja (Pisum sativum L.) en verde, Canaán 2750 msnm, Ayacucho, 2013*. (Trabajo de investigación). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.
- Gálvez, G. Y. y Álvarez, A. F. (2019). *Agrotécnica básica*. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- García, R. D., Cárdenas, H. J. y Silva, P. A. (Enero-Junio de 2018). *Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol*. Revista de Ciencias Agrícolas. Artículo de investigación: Ciencia del suelo, 35(1), 16-25. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n1/0120-0135-rcia-35-01-00016.pdf>
- Ghisolfi, E. (2011). *Contenidos de materia orgánica: relación con la fertilidad del suelo en siembra directa*. Villa María, Argentina: Eduvin. Recuperado de <https://www.digitaliapublishing.com/a/14525/contenidos-de-materia-organica>
- Gómez de Andrade, L., Pacheco, S. J., Carlesso, R., Trois, C. y Knies A. (2011). *Pérdidas de agua por evaporación en maíz con siembra convencional y directa para diferentes niveles de cobertura muerta*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 20(2), 60-64. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000200012

- Gorgas, G., Cardiel, L. y Zamorano, C. (2011). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*. Madrid: Universidad de Complutense de Madrid. Recuperado de https://www.academia.edu/32095695/Estadistica_Basica_para_Estudiantes_de_Ciencias_J_Gorgas_N_Cardiel_J_Zamorano_23_II_2009_258p_pdf
- Hernández S. R., Fernández C. C. y Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta. ed.). México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, L. O., Cintra, A. M., Alfonso, C., Sánchez, A. I., Rodríguez, A. Y., Oliva, C. R.,... y Velásquez, L. C. (2008). *Manual de agricultura de conservación: guía de trabajo*. Cuba: Instituto de suelo del MINAG de Cuba y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO.
- Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI. (2003). *Estudio: Mapa de peligros de la ciudad de Ayacucho*. Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 CIUDADES SOSTENIBLES. Ayacucho: Sistema Nacional de Defensa Civil Perú.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA. (2001). *Nuevo cultivar de arveja verde para la costa y sierra central del Perú*. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria INIA. (2004). *Nueva variedad de arveja*. Lima, Perú. Recuperado de https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/arveja/INIA_103.pdf
- Martín, M. R., Jerez, M. E. y Moreno L.F. (2016). *Influencia del laboreo en algunas propiedades hidrofísicas del suelo y en la extracción de nutrientes por el trigo (Triticum durum L.)*. Cultivos Tropicales, 37(4), 136-144. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.10597.19680>
- Materia orgánica y actividad biológica. (s. f.). *Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible*. Recuperado de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf>

- Morán, D. G. y Alvarado, C. D. (2010). *Métodos de investigación*. México: Pearson.
- Navarro, B. A. (s. f.). *Labranza de conservación*. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación-SAGARPA. México.
- Novik, I. B. (1982). *Sociedad y naturaleza*. Moscú: Progreso.
- Ñaupas, P. H., Mejía, M. E., Novoa, R. E. y Villagómez, P.A. (2014). *Metodología de investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de tesis* (4ta. ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales ONERN. (1976). *Mapa ecológico del Perú: guía explicativa*. Lima. Perú.
- Organización de las Naciones Unidas para alimentación y la Agricultura FAO. (2015). POST-2015 y los objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de <http://www.fao.org/post-2015-mdg/es>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2002). *Agricultura de conservación: estudio de casos en América Lina y África*. Roma, Italia. Recuperado de <https://www.betuco.be/CA/Agricultura%20de%20Conservacion%20-%20sb78s%20FAO.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2011). *Agricultura de conservación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Viale delle Terme di Caracalla – 00100. TC/I/Y3783S/1/6.03/500. Recuperado de <https://docplayer.es/21470284-Agricultura-de-conservacion.html>
- Palomino, M. R., Cerda G. M., y Girón, M. J. (2019). *Edafología: guía de práctica*. Ayacucho, Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Pascual-S., I. R. y Venegas, Y.S. (s.f.). *La materia orgánica del suelo: papel de los microorganismos*. Recuperado de <https://www.ugr.es/~cjl/MO%20en%20suelos.pdf>

- Peña, C. K., Rodríguez, F.J. y Félix M. J. (2015). *Beneficios de la cobertura muerta para el cultivo del tomate (Solanum lycopersicum L.) en Sancti Spíritus, Cuba*. Revista Infociencia, 19(2), 36-47. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/332686737_Beneficios_de_la_cobertura_muerta_para_el_cultivo_del_tomate_Solanum_lycopersicum_L_en_Sancti_Spiritus_Cuba
- Pérez de Ciriza, G. J., Delgado, P.J., Bozal, Y. J., y Benito, C. A. (2011). *Agricultura de conservación: situación de Navarra*. Navarra, España. ITG Agrícola.
- Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRORURAL. (s.f.). *El suelo y la cobertura vegetal*. Lima, Perú.
- Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos PRONAMACHCS. (2004). *Manejo y conservación de suelos. Fundamentos y prácticas*. Lima, Perú.
- Proyecto LUPE. (1994). *Manual práctico de manejo de suelos en ladera*. Tegucigalpa, Honduras.
- Quintana. J. G., Díaz E. O., Salinas, C. G., Casas, H. M., Huitrón, O. J., Beltrán, D. R. (2011). *Desarrollo sustentable en el contexto actual*. Recuperado de https://www.academia.edu/16274038/DESARROLLO_SUSTENTABLE_EN_EL_CONTEXTO_ACTUAL
- Ramírez, C. R. (1997). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos*. Santafé de Bogotá: Produmedios.
- Rodríguez, G. A., Martínez, C. J., Arcia, P.J., García, L. J., Hernández, J. A. y Cid, L. G. (2015). *Propiedades del suelo bajo la acción de dos sistemas de labranza en el maíz*. Revista Ingeniería Agrícola, 5(4), 52-57. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586261427010.pdf>

- Rondinel, R. R. (2014). *Rendimiento en vaina verde de tres variedades de arveja (Pisum sativum L.) en tres modalidades de siembra bajo el sistema de agricultura de conservación, Canaán a 2750 msnm- Ayacucho*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Ayacucho. Recuperado de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1009>
- Saldaña, R. M. (2014). *Tres tipos de cobertura vegetal y su efecto sobre las características de un suelo degradado*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3367?show=full>
- Soto, E. J. (2015). *Efecto de la aplicación de fertilizantes biológicos en el rendimiento del cultivo de arveja (Pisum sativum L.) variedad Usui en condiciones de Chuclaccasa, Yauli Huancavelica*. (Tesis de pregrado). Huancavelica, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/206>
- Terra Vella. (19 de julio de 2016). *Agricultura sostenible: Ética y calidad*. Recuperado de <https://vellaterra.com/agricultura-sostenible-etica-y-calidad/>
- Verhulst, N., François, I. y Govaerts, B. (2015). *Agricultura de conservación: ¿mejora la calidad del suelo a fin de obtener sistemas de producción sustentables?* México. CIMMYT. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/4408>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de datos ordenados generales

1.1. Cuadro de datos ordenados general. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Bloque	Labranza	Cobertura	Tratamiento	Y1= N° de planta.ha.-1	Y2= Altura de planta (cm)	Y3= N° de vainas.planta-1	Y4= Rdto. de vaina en verde(kg.ha-1)	Y5= Longitud de vaina (cm)	Y6= N° de granos.vaina-1	Y7= Materia seca (%)	Y8= Índice de cosecha (%)
B	L	C	T	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8
B1	L0	C0	T1	229166.66	136.20	5.35	2718.39	7.53	5.30	35.08	43.17
B1	L0	C1	T2	208333.33	138.40	4.48	2374.21	7.21	5.70	33.44	49.72
B1	L0	C2	T3	154166.66	127.70	5.80	2620.83	8.11	6.60	33.21	53.71
B1	L1	C0	T4	266666.66	168.50	7.63	3437.50	7.31	4.90	27.27	41.43
B1	L1	C1	T5	220833.33	155.50	6.81	3387.50	7.24	7.24	27.49	39.73
B1	L1	C2	T6	245833.33	154.20	5.59	3420.83	6.87	4.70	25.49	41.05
B1	L2	C0	T7	170833.33	155.00	8.87	3595.83	7.48	4.60	24.94	41.13
B1	L2	C1	T8	137500.00	135.00	5.52	2600.00	7.80	7.20	39.22	76.09
B1	L2	C2	T9	175000.00	132.10	5.54	2537.50	7.30	4.50	26.10	42.35
B2	L0	C0	T1	170833.33	137.60	6.90	2399.43	6.72	4.70	32.04	36.30
B2	L0	C1	T2	225000.00	147.20	6.80	3840.78	7.37	5.30	32.67	41.65
B2	L0	C2	T3	200000.00	148.40	6.77	3176.47	7.16	4.90	32.02	41.65
B2	L1	C0	T4	220833.33	157.20	7.90	3970.83	6.53	4.90	30.00	42.18
B2	L1	C1	T5	241666.66	154.90	8.20	3454.16	7.53	6.10	30.80	46.57
B2	L1	C2	T6	258333.33	152.20	8.16	4204.16	6.23	4.10	24.52	41.35
B2	L2	C0	T7	266666.66	158.10	6.71	3550.00	6.53	4.70	35.69	52.43
B2	L2	C1	T8	195833.33	148.70	6.20	3187.50	7.77	6.50	29.40	51.00
B2	L2	C2	T9	229166.66	140.50	6.36	2758.33	6.31	5.70	30.63	57.36
B3	L0	C0	T1	225000.00	155.80	6.38	3130.26	6.92	5.20	32.56	34.87
B3	L0	C1	T2	283333.33	154.70	6.79	3860.41	7.20	4.60	32.66	36.85
B3	L0	C2	T3	133333.33	148.10	5.46	1407.84	5.97	5.30	32.56	39.75
B3	L1	C0	T4	295833.33	156.40	7.52	4120.83	7.47	5.40	30.94	42.35
B3	L1	C1	T5	337500.00	152.60	7.30	4437.50	6.45	4.60	27.96	43.08
B3	L1	C2	T6	262500.00	156.80	7.68	4620.83	7.20	4.50	25.98	42.32
B3	L2	C0	T7	262500.00	144.80	5.49	2966.66	6.90	4.90	28.15	51.22
B3	L2	C1	T8	341666.66	143.40	5.90	3154.16	6.86	4.50	22.97	48.31
B3	L2	C2	T9	225000.00	153.00	5.80	3012.50	6.95	4.40	31.79	39.29

Anexo 2. Cuadro de datos ordenados por factor respuesta

Anexo 2.1. Cuadro de datos ordenados de cantidad de plantas cosechadas. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Trata. Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
B I	229166.66	208333.33	154166.66	266666.66	220833.33	245833.33	170833.33	137500.00	175000.00	1808333.30
B II	170833.33	225000.00	200000.00	220833.33	241666.66	258333.33	266666.66	195833.33	229166.66	2008333.30
B II	225000.00	283333.33	133333.33	295833.33	337500.00	262500.00	262500.00	341666.66	225000.00	2366666.65
Total	624999.99	716666.66	487499.99	783333.32	799999.99	766666.66	699999.99	674999.99	629166.66	6183333.25
Prom	208333.33	238888.89	162500.00	261111.11	266666.66	255555.55	233333.33	225000.00	209722.22	229012.34

Anexo 2.2. Cuadro de datos ordenados de altura de planta. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Trata. Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
B I	136.20	138.40	127.70	168.50	155.50	154.20	155.00	135.00	132.10	1302.60
B II	137.60	147.20	148.40	157.20	154.90	152.20	158.10	148.70	140.50	1344.80
B II	155.80	154.70	148.10	156.40	152.60	156.80	144.80	143.40	153.00	1365.60
Total	429.60	440.30	424.20	482.10	463.00	463.20	457.90	427.10	425.60	4013.00
Prom	143.20	146.77	141.40	160.70	154.33	154.40	152.63	142.37	141.87	148.63

Anexo 2.3. Cuadro de datos ordenados de cantidad de vainas por planta. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Trata. Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
B I	5.35	4.48	5.80	7.63	6.81	5.59	8.87	5.52	5.54	55.59
B II	6.90	6.80	6.77	7.90	8.20	8.16	6.71	6.20	6.36	64.00
B II	6.38	6.79	5.46	7.52	7.30	7.68	5.49	5.90	5.80	58.32
Total	18.63	18.07	18.03	23.05	22.31	21.43	21.07	17.62	17.70	177.91
Prom	6.21	6.02	6.01	7.68	7.44	7.14	7.02	5.87	5.90	6.59

Anexo 2.4. Cuadro de datos ordenados de rendimiento de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Trata. Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
B I	2718.39	2374.21	2620.83	3437.50	3387.50	3420.83	3595.83	2600.00	2537.50	26692.59
B II	2399.43	3840.78	3176.47	3970.83	3454.16	4204.16	3550.00	3187.50	2758.33	30541.66
B II	3130.26	3860.41	1407.84	4120.83	4437.50	4620.83	2966.66	3154.16	3012.50	30710.99
Total	8248.08	10075.40	7205.14	11529.16	11279.16	12245.82	10112.49	8941.66	8308.33	87945.24
Prom	2749.36	3358.47	2401.71	3843.05	3759.72	4081.94	3370.83	2980.55	2769.44	3257.23

Anexo 2.5. Cuadro de datos ordenados de la longitud de vaina. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Trata. Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
B I	7.53	7.21	8.11	7.31	7.24	6.87	7.48	7.80	7.30	66.85
B II	6.72	7.37	7.16	6.53	7.53	6.23	6.53	7.77	6.31	62.15
B II	6.92	7.20	5.97	7.47	6.45	7.20	6.90	6.86	6.95	61.92
Total	21.17	21.78	21.24	21.31	21.22	20.30	20.91	22.43	20.56	190.92
Prom	7.06	7.26	7.08	7.10	7.07	6.77	6.97	7.48	6.85	7.07

Anexo 2.6. Cuadro de datos ordenados de cantidad de semillas por vaina. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Trata. Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
B I	5.30	5.70	6.60	4.90	7.24	4.70	4.60	7.20	4.50	50.74
B II	4.70	5.30	4.90	4.90	6.10	4.10	4.70	6.50	5.70	46.90
B II	5.20	4.60	5.30	5.40	4.60	4.50	4.90	4.50	4.40	43.40
Total	15.20	15.60	16.80	15.20	17.94	13.30	14.20	18.20	14.60	141.04
Prom	5.07	5.20	5.60	5.07	5.98	4.43	4.73	6.07	4.87	5.22

Anexo 2.7. Cuadro de datos ordenados de materia seca de vaina en verde. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Trata. Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
B I	35.08	33.44	33.21	27.27	27.49	25.49	24.94	39.22	26.10	272.24
B II	32.04	32.67	32.02	30.00	30.80	24.52	35.69	29.40	30.63	277.77
B II	32.56	32.66	32.56	30.94	27.96	25.98	28.15	22.97	31.79	265.57
Total	99.68	98.77	97.79	88.21	86.25	75.99	88.78	91.59	88.52	815.58
Prom	33.23	32.92	32.60	29.40	28.75	25.33	29.59	30.53	29.51	30.21

Anexo 2.8. Cuadro de datos ordenados de índice de cosecha. Agricultura de conservación en la producción de “arveja” en grano verde

Trata. Bloque	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
B I	43.17	49.72	53.71	41.43	39.73	41.05	41.13	76.09	42.35	428.38
B II	36.30	41.65	41.65	42.18	46.57	41.35	52.43	51.00	57.36	410.49
B II	34.87	36.85	39.75	42.35	43.08	42.32	51.22	48.31	39.29	378.04
Total	114.34	128.22	135.11	125.96	129.38	124.72	144.78	175.40	139.00	1216.91
Prom	38.11	42.74	45.04	41.99	43.13	41.57	48.26	58.47	46.33	45.07

Anexo 3. Análisis de caracterización de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN PASTOS Y GANADERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANÁLISIS FOLIAR
 Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
 Ayacucho – Perú

“Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad”

Región : Ayacucho
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Ayacucho
 Localidad : Pampa del Arco
 Proyecto : “Tesis”
 Solicitante : Ing. Yuri Gálvez Gastelú

HR. 0314-A

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Muestra	Análisis mecánico (%)		Clase Textural	pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (ds/m) 1:1	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)					Cationes cambiables (Cmol(+)/Kg)				C. I. C. (Cmol(+)/Kg)
	Arena	Limo							P	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺		
01	67.1	26.3	Fr-Ao	7.71	4.143	1.0	2.62	0.13	7.1	212.3	10.1	5.44	1.08	1.68	0.0	0.0	29.6	
	39.6	22.6	Fr-Ao	7.41	4.025	2.0	0.73	0.03	6.2	281.3	14.4	2.23	1.41				19.2	

Ayacucho, 02 de Octubre del 2019

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
 RESPONSABLE

Juan E. Girón Molina
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenoso; Fr: Franco; FL: Franco limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrArL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR
 Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 966942996
 Ayacucho – Perú

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

Región : Ayacucho
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Ayacucho
 Comunidad : Pampa del Arco
 Proyecto : "Tesis"
 Solicitante :

ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra Calicata	Análisis mecánico (%)		pH (H ₂ O) 1:2.5	C. E. (dS/m. 1:1)	CaCO ₃ (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Elementos Disp. (ppm)					C. I. C. (Cmol(+)kg)				
	Arena	Limo						Arcilla	Clase Textural	P	K	Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺
01	39.6	22.6	37.8	8.41	0.425	2.0	0.73	0.03	6.2	289.7	14.4	2.28	1.48	--	0.0	0.0	19.2

Ayacucho, 12 de Enero del 2016.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
 PLANTA AGUAS Y FERTILIZANTES
 RESPONSABLE

Juan B. Gonzales Valdivia
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco limoso; L: Limoso; FrAoA: Franco arcillo arenoso; FrAr: Franco arcilloso;
 FrAr: Franco arcilloso; FrAL: Franco arcillo limoso; ArAo: Arcillo arenoso; AL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 ó en el extracto de la pasta de saturación (es).
3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo; agua relación 1:2.5 ó en suspensión suelo: KCl 1N, relación 1:2.5
4. Calcareo total (CaCO₃): método volumétrico o gaso-volumétrico utilizando un calcimetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio, %M.O = %C x 1.724.
6. Nitrógeno total: método del semi micro- kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método Bray Kurtz 1 y método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃ = 0.5M, pH: 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃-COONa)N, pH 4.8
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N; pH: 7
10. Ca²⁺, Mg²⁺, cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N; pH:7.0, cuantificación por complexometría EDTA.
11. AL³⁺-H⁺; método de Yuan. Extracción con KCl N
12. Iones solubles:
 - a) Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - b) Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻ solubles: volumetría y colorimetría, SO₄²⁻ turbidimetría con Cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

1ppm = 1mg/kilogramo
 1 milimho/cm (mmho/cm) = 1 deciSemens/metro
 1 miliequivalente/ 100g = 1 cmol(+)/kg
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
 CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE (es) mmho/cm

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
 PUERTO RICO
 RESPONSAABLE

Juan E. Giron Molina
 C.I.P. 77120

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad	
Clasificación del Suelo	CE (es)
* muy ligeramente salino	<2
* ligeramente salino	2 - 4
* moderadamente salino	4 - 8
* fuertemente salino	> 8

Reacción o pH	
Clasificación del Suelo	pH
* Fuertemente ácido	< 5.5
* Moderadamente ácido	5.6 - 6.0
* Ligeramente ácido	6.1 - 6.5
* Neutro	7.0
* Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8
* Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4
* Fuertemente alcalino	> 8.4

Clasificación	Materia Orgánica %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K
* bajo	< 2.0	< 12.0	< 100
* medio	2 - 4	12.0 - 18.0	100 - 240
* alto	> 4.0	> 18.0	> 240

Relaciones Catiónicas		
Clasificación	Cu/Mg	Cu/K
* Normal	5 - 8	14 - 16
* defc. Ca	< 5	< 14
* defc. K	> 16	> 2.5
* defc. Mg	> 8	< 1.8

Distribución de Cationes %		
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
60 - 75	15 - 20	3 - 7
< 1 %	1 a 5 %	5 - 15 %
Nivel bajo	Nivel Medio	Nivel alto
Na ⁺ < 15 % > 15 % Nivel muy alto		

Anexo 4. Panel fotográfico



Fotografía 1 y 2. Limpieza y demarcación del campo experimental, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 3 y 4. Preparación del terreno: labranza en franjas, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 5 y 6. Preparación del terreno: labranza reducida, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 7 y 8. Preparación del terreno: labranza cero, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 9 y 10. Colocación de semilla, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 11 y 12. Fertilización, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 13 y 14. Tapado de semilla, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



**Fotografía 15 y 16. Vista panorámica de tipos de labranza de conservación,
Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho**



Fotografía 17. Parcela con cobertura muerta con brozas de leguminosa, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 18. Parcela con cobertura muerta con brozas de gramínea, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 19. Parcela sin cobertura, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



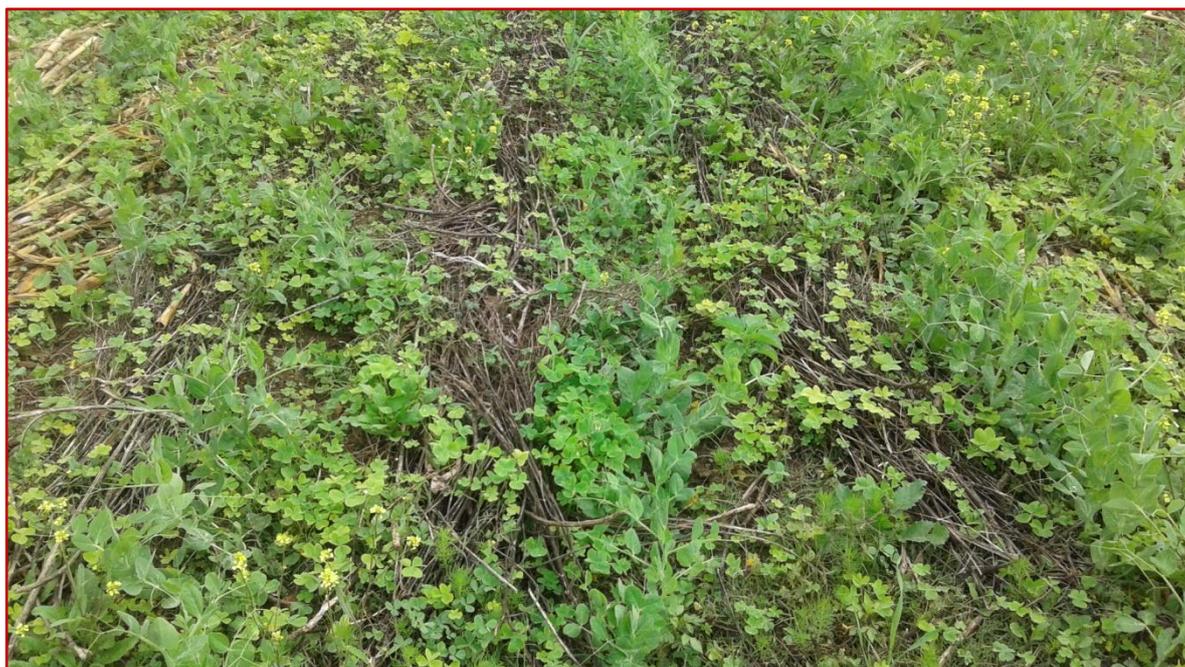
Fotografía 20. Parcela con tipos de cobertura muerta, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 21 y 22. Vista panorámica de tipos de cobertura muerta, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 23 y 24. Crecimiento y desarrollo del cultivo con cobertura de brozas de gramínea, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 25 y 26. Crecimiento y desarrollo del cultivo con cobertura de brozas de leguminosa, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 27 y 28. Crecimiento y desarrollo del cultivo sin cobertura, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



**Fotografía 29 y 30. Vista panorámica del crecimiento y desarrollo del cultivo,
Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho**



Fotografía 31 y 32. Recolección y cosecha del cultivo, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



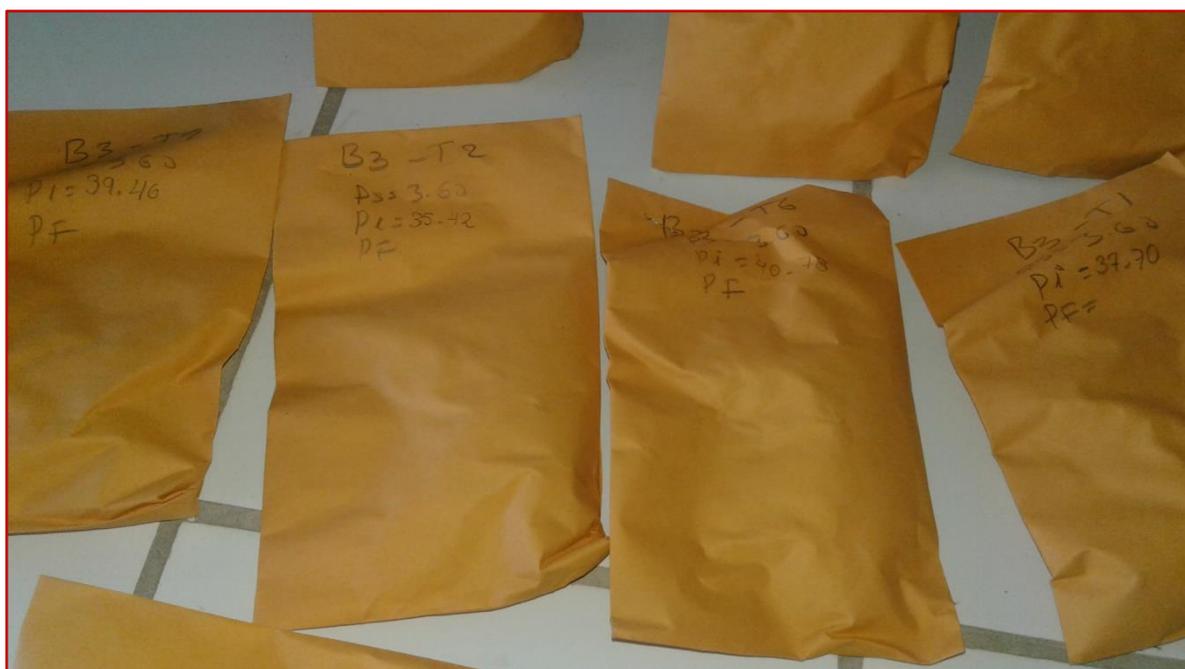
Fotografía 33 y 34. Recolección y cosecha del cultivo, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



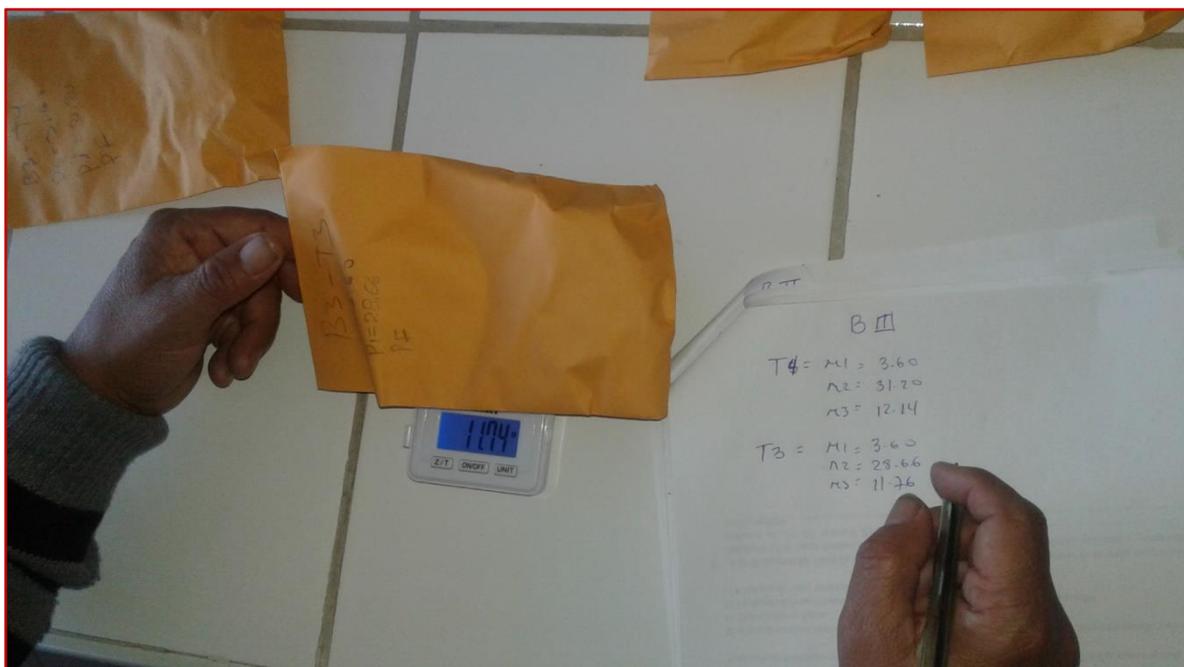
Fotografía 35 y 36. Recolección y cosecha del cultivo, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 37 y 38. Toma de datos de los factores en estudio, Laboratorio de Agroforestería y Ambiente, Ayacucho



Fotografía 39 y 40. Toma de datos de los factores en estudio, Laboratorio de Agroforestería y Ambiente, Ayacucho



Fotografía 41 y 42. Toma de datos de los factores en estudio, Laboratorio de Agroforestería y Ambiente, Ayacucho



Fotografía 43 y 44. Toma de datos de los factores en estudio, Laboratorio de Agroforestería y Ambiente, Ayacucho



Fotografía 45 y 46. Vista panorámica pos cosecha del campo de ensayo, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 47 y 48. Vista panorámica pos cosecha del campo de ensayo, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho



Fotografía 49 y 50. Vista panorámica pos cosecha del campo de ensayo, Centro Experimental Pampa del Arco, Ayacucho