

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

TESIS

**EFFECTO DE LOS RIEGOS POR GRAVEDAD Y POR ASPERSIÓN SOBRE
ALGUNAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO Y DE LA ALFALFA
(*MEDICAGO SATIVA*) EN EL CASERÍO LA CONDORILLA (OXAMARCA),
CELENDÍN, CAJAMARCA, 2022**

Tesistas:

Bach. Sheyla Katherine Lozano Pinedo

Bach. Lucy Isamar Herrera Mendoza

Asesor:

M.Sc. Alcibiades Aurelio Martos Díaz

Cajamarca – Perú

Mayo – 2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos

TESIS

**EFFECTO DE LOS RIEGOS POR GRAVEDAD Y POR ASPERSIÓN SOBRE
ALGUNAS PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO Y DE LA ALFALFA
(*MEDICAGO SATIVA*) EN EL CASERÍO LA CONDORILLA (OXAMARCA),
CELENDÍN, CAJAMARCA, 2022**

Tesis presentada en cumplimiento de los requerimientos para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental y Prevención de Riesgos

Tesistas:

Bach. Sheyla Katherine Lozano Pinedo

Bach. Lucy Isamar Herrera Mendoza

Asesor:

M.Sc. Alcibiades Aurelio Martos Díaz

Cajamarca – Perú

Mayo - 2022

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERIA

***CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y
PREVENCIÓN DE RIESGOS***

**APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS.**

**EFFECTO DE LOS RIEGOS POR GRAVEDAD Y POR ASPERSIÓN SOBRE ALGUNAS
PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO Y DE LA ALFALFA (MEDICAGO SATIVA)
EN EL CASERÍO LA CONDORILLA (OXAMARCA), CELENDÍN, CAJAMARCA,**

2022

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Asesor: _____

COPYRIGHT © 2022 by

LOZANO PINEDO SHEYLA KATHERINE

LUCY ISAMAR HERRERA MENDOZA

Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico primeramente a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme las fuerzas para salir adelante y no rendirme ante las adversidades, enseñarme a encarar los problemas sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres y mis hermanos, por su apoyo incondicional, su tiempo brindado y sobre todo por creer en mí.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, por darme salud y guiar mis pasos por buen camino, ya que sin él nada sería posible de cumplir mi sueño profesional de ser egresadas de la UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos.

A mis padres por la comprensión, apoyo y fe incondicional por su esfuerzo y colaboración en toda la etapa de mi vida y formar parte a lo largo del desarrollo de mi carrera profesional. A mi asesor, M. Sc. Alcibiades Aurelio Martos Diaz, por su voluntad y colaboración en el asesoramiento durante la elaboración de esta tesis.

A los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos por brindarme las enseñanzas para poder enfrentar el mundo profesional, por compartir sus enseñanzas durante mi vida universitaria.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	VI
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General:.....	2
1.3.2 Objetivo Específicos:	3
1.4 Justificación del problema	3
1.5 Limitaciones	4
1.6 Hipótesis de la investigación.....	4
1.6.1 Operacionalización de las variables	5
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	6
2.1 Antecedentes de investigación	6
2.1.1 Internacionales	6
2.1.2 Nacionales	10
2.2 Bases teóricas.....	13
2.2.1 Riego por inundación / gravedad.....	13
2.2.2 Riego por aspersión	15
2.2.3 Propiedades químicas del suelo	16
2.2.4 Alfalfa	18

2.2.5	Definición de términos básicos.....	22
CAPÍTULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN		23
3.1	Tipo de investigación	23
3.2	Diseño de investigación	23
3.3	Área de investigación.....	23
3.3.1	Ubicación.....	23
3.4	Material experimental	26
3.5	Metodología.....	27
3.6	Indicadores por medir:	29
3.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32
4.1	Resultados.....	32
4.2	Discusión	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		40
5.1	Conclusiones	40
5.2	Recomendaciones	41
BIBLIOGRAFÍA		42
ANEXOS.....		49
ANEXO A		49
“FOTOGRAFÍAS”		49
ANEXO B		65
“ANAVA realizado para los indicadores analizados del suelo”		65
ANEXO C		69
“ANAVA realizado para los indicadores analizados de la pastura”		69
ANEXO D		73

“Resultado de los análisis de laboratorio” 73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables	5
Tabla 2.	Indicadores utilizados para evaluar cambios en la calidad de los suelos.	17
Tabla 3.	Composición química de la alfalfa.....	21
Tabla 4.	Análisis químico de la alfalfa en sus diferentes etapas de desarrollo.	21
Tabla 5.	Resultados obtenidos para los indicadores estudiados de suelo.	33
Tabla 6.	Resultados obtenidos para los indicadores estudiados de pastura.	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del lugar de investigación.	25
Figura 2. Comparación de los indicadores del suelo.	33
Figura 3. Comparación de los indicadores de la pastura (1).	35
Figura 4. Comparación de los indicadores de la pastura (2).	36

RESUMEN

En este trabajo titulado “Efecto de los riegos por gravedad y por aspersión sobre algunas propiedades químicas del suelo y de la alfalfa (*Medicago sativa*) en el Caserío La Condorilla (Oxamarca), Celendín, Cajamarca, 2022”, se planteó el objetivo determinar el efecto de los riegos por gravedad y por aspersión sobre algunas propiedades químicas del suelo, (PH, Materia Orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, Nitrogeno Total) y de la alfalfa, (% Materia Seca, % Ceniza, % Fibra cruda , % Proteína Total , Rendimiento(kg FV ha⁻¹) y Rendimiento(kg MS ha⁻¹) ,en el caserío La Condorilla (Celendín), Cajamarca, 2022. El problema planteado fue ¿Cuál es el efecto de los riegos por gravedad y aspersión sobre algunas propiedades químicas del suelo (Ph, Materia Orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico) y de alfalfa (% Materia Seca, % Ceniza, % Fibra cruda, % Proteína Total, Rendimiento (kg FV ha⁻¹) y Rendimiento (kg MS ha⁻¹)). La investigación se realizó en el Caserío La Condorilla, ubicado en el distrito de Oxamarca, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca. El período de ejecución estuvo comprendido desde el mes de febrero a julio del 2022 (seis meses). La metodología utilizada consiste en comparar el método de gravedad y el método de aspersión, distribuidos en dos tratamientos con tres repeticiones, en un Diseño Completamente Aleatorio (DCA). Como resultado se obtuvo que todos los indicadores analizados de suelo y pastura (a excepción de la fibra cruda), fueron significativamente mayores en el tipo de riego por aspersión, en comparación al riego por gravedad: PH suelo (5.50 vs 5.12), materia orgánica suelo (3.93 % vs 3.37 %), conductividad eléctrica suelo (0.12 dS/m vs 0.09 dS/m), capacidad de intercambio catiónico (13.68 mEq/100g vs 11.00 mEq/100g), nitrógeno total suelo (0.35 % vs 0.29 %), materia seca alfalfa (22.09 % vs 20.69 %), ceniza alfalfa (9.36 % vs 7.81 %),

proteína total alfalfa (18.67 % vs 16.61 %), rendimiento de forraje verde (17909.44 kg vs 16759.44 kg) y rendimiento de materia seca (3957.06 kg vs 3468.34 kg). Se concluye que un uso eficiente del recurso agua permite una serie de efectos sinérgicos que dan lugar a suelos con menor degradación y mayor producción de forraje.

Palabras clave: Sistema de riego, riego por aspersión, riego por inundación, calidad de alfalfa, algunas propiedades químicas del suelo.

ABSTRACT

This work entitled "Effect of gravity and sprinkler irrigation on the chemical properties of the soil and the quality of alfalfa (*Medicago sativa*) in hamlet the Condorilla (Oxamarca), Celendín, Cajamarca, 2022", the objective of compare the loss of soil quality (pH, electrical conductivity, cation exchange capacity, total Nitrogen) and pasture (% protein, % fiber, % DM, green forage (kg DM/m²)), caused by irrigation by flooding and by sprinkler irrigation, in the hamlet the Condorilla (Celendín), Cajamarca, 2022. The problem that was raised was: What is the effect of gravity and sprinkler irrigation on the chemical properties of the soil and the quality of alfalfa? The research was carried out in the La Condorilla Population Center hamlet , located in the district of Oxamarca, province of Celendín, department of Cajamarca. The execution period was from February to July 2022 (six months). The methodology used consisted of comparing plots with the two types of irrigation (1 plot with its repetition) through a DCA with two treatments. The response variables were the chemical properties of the soil and the pasture quality indicators. It was obtained that all the soil and pasture indicators analyzed (with the exception of crude fiber), presented higher values in the type of risk by spraying, compared to gravity irrigation: soil pH (5.50 vs 5.12), soil organic matter (3.93% vs 3.37%), soil electrical conductivity (0.12 dS/m vs 0.09 dS/m), cation exchange capacity (13.68 mEq/100g vs 11.00 mEq/100g), total soil nitrogen (0.35% vs 0.29%), solid matter dry pasture (22.09% vs 20.69%), pasture ash (9.36% vs 7.81%), crude protein (18.67% vs 16.61%), green forage production (17909.44 kg vs 16759.44 kg) and dry matter production (3957.06 kg vs 3468.34 kg It is concluded that an efficient use of the water resource allows a series of synergistic effects that give rise to soils with less degradation and greater forage production.

Key words: Irrigation system, sprinkler irrigation, flood irrigation, alfalfa quality, soil chemical properties.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

En el Perú, existen 1808302 has de superficie cultivada bajo riego, de las cual, el 83.3 % (1590545.73 ha) se riegan por inundación. En Cajamarca, existen 122446.8 ha terreno bajo riego, y el 89.8 % de éstas, presentan riego por inundación (INEI, 2012).

Definitivamente estos son datos preocupantes, dado que algunos autores han propuesto que este exceso podría dar lugar a un proceso denominado como lixiviación, y éste tiene mucha importancia en suelos, porque, entre otras razones, los riegos con un exceso de agua producen una lixiviación de los nitratos a través del suelo, especialmente cuando se han aplicado dosis elevadas de nitrógeno (Urbina, 1967).

Además, también se debe acotar que el recurso agua es indispensable en la actividad agropecuaria, sobre todo en una región donde esta actividad es una de las más importantes realizadas por la población. Y, es justamente, esta actividad, una de las más afectadas durante las temporadas de estiaje. Por ello es necesario utilizar el agua técnicamente y en lo posible, lograr su almacenamiento.

Finalmente, se debe mencionar también el efecto que ejerce el agua sobre la alfalfa, leguminosas más utilizadas en nuestra zona. Definitivamente, el exceso de agua podría degradar el suelo, y ello repercutiría en la pastura sembrada, dado que el suelo es la fuente de nutrientes de la pastura.

Por lo expuesto, se hace necesario proponer trabajos de investigación que permitan estudiar y plantear alternativas de riego que tengan efectos negativos mínimos sobre el suelo y sobre el cultivo.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de los riegos por gravedad y por aspersión sobre algunas propiedades químicas del suelo (PH, Materia Orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, Nitrogeno Total), y de la alfalfa (% Materia Seca, %Ceniza, % Fibra cruda, % Proteína total, Rendimiento (kg FV ha⁻¹) y Rendimiento (kg MS ha⁻¹)?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

- Determinar el efecto de los riegos por gravedad y por aspersión sobre algunas propiedades químicas del suelo (PH, Materia Orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, Nitrogeno Total) y de la alfalfa ((% Materia Seca, %Ceniza, %Fibra cruda, %Proteína Total, Rendimiento (kg FV ha⁻¹) y Rendimiento (kg MS ha⁻¹) en el Caserío La Condorilla (Celendín), Cajamarca, 2022.

1.3.2 **Objetivo Específicos:**

- Comparar los valores obtenidos de los indicadores químicos del suelo, bajo riego por aspersión y bajo riego por inundación.
- Comparar los valores obtenidos de los indicadores químicos de la alfalfa, bajo riego por aspersión y bajo riego por inundación.

1.4 **Justificación del problema**

La importancia de esta investigación se justifica en que se busca indagar sobre los efectos del riego por aspersión, sobre el suelo y sobre la cantidad de agua utilizada. Al realizar un estudio comparativo de este tipo de riego, con el más utilizado en nuestra región (inundación), se espera que los resultados estén alineados a lo que menciona la bibliografía, resaltando los beneficios del riego por aspersión, en cuanto causan un impacto menos negativo en las variables ya mencionadas.

Socialmente, al proponer a la población, una alternativa de riego, con mejores ventajas tanto para el cultivo como para el suelo, se espera que puedan mejorar el conocimiento técnico y mejorar los niveles de producción, de acuerdo a la actividad a que se dediquen.

La actividad agrícola es la mayor consumidora de agua en el país y el mundo, por lo tanto, toda tecnología que permita reducir el consumo de agua estaría contribuyendo al uso eficiente del líquido elemento que cada vez es más escaso mundialmente y contribuyendo a menguar la desertización y cambio climático.

Económicamente, se busca que el productor aumente sus ingresos y permita mejorar sus condiciones de vida. Esto se replicaría en todas las familias de las comunidades y de la región, por lo que definitivamente, permitiría un efecto cadena que repercutiría en toda la región.

1.5 Limitaciones

Uno de los más importantes factores limitantes es la inexistencia de información bibliográfica local, y la poca información bibliográfica regional con referencia a estudios relacionados a las propiedades químicas del suelo y la calidad de la alfalfa.

Otro de los factores limitantes es la falta de reservorios para almacenamiento de agua para riegos en tiempo de lluvias o abundancia y usar el agua en tiempo de ausencia de lluvias y regar con eficiencia a través de riegos por aspersión.

1.6 Hipótesis de la investigación.

Ho: La calidad del suelo, en cuanto a sus propiedades químicas, y la calidad de la alfalfa, es afectado de la misma manera, independientemente del tipo de riego (inundación y aspersión), en el Caserío la Condorilla (Oxamarca) – Celendín - Cajamarca, 2022.

Ha: El riego bajo el método de inundación causará un mayor daño en el suelo, traducido en la disminución de sus propiedades químicas, y una más baja calidad

de pastura, en comparación al riego bajo el método de aspersión, en el caserío la Condorilla, (Oxamarca) – Celendín - Cajamarca, 2022.

1.6.1 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición	Indicador (es)	Instrumento (s)
<i>Independiente:</i> Tipo de riego	Modo de suministro de agua a la alfalfa	Riego por inundación. Riego por aspersión.	Observación
<i>Dependiente 1:</i> Propiedades químicas del suelo	Caracterización del suelo, desde el punto de vista químico, del suelo	% PH % Materia Orgánica Conductividad eléctrica (dS/m) Capacidad de intercambio catiónico(mEq/100g) Nitrógeno total%	Análisis del suelo
<i>Dependiente 2:</i> Calidad de alfalfa	Conjunto de propiedades que permite caracterizar y valorar a la alfalfa	% Materia seca % Ceniza % Fibra cruda % Proteína total Rendimiento (kg FV ha ⁻¹) Rendimiento (kg MS ha ⁻¹)	Análisis de pastura

CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de investigación

La bibliografía ha sido muy limitada, dado que no se han reportado trabajos que comparen estos dos tipos de riego, en nuestra región, y muy pocos localizados a nivel de la sierra peruana, por lo que los trabajos que se reportan en esta investigación están dados en otras condiciones, que serán tomados en cuenta para el desarrollo de la discusión.

2.1.1 Internacionales

Quiroga y Contreras (2018), en su investigación “Incremento de la eficiencia en el uso del agua por la alfalfa mediante la suspensión de riegos en el verano”, llevada a cabo en Coahuila, México; se propusieron evaluar los efectos en la productividad de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) al suspender el riego durante el verano, se estableció este estudio en terrenos del campo experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se aplicaron 11 tratamientos que consistieron en suspender el riego durante el verano (período de julio a septiembre) por uno, dos y tres crecimientos a partir del primer y segundo año. En general, la alfalfa no se vio afectada por este manejo drástico. Los mejores tratamientos con suspensión de riegos fueron el de suspender el riego durante agosto y septiembre en el segundo año y una suspensión durante julio en el año del establecimiento. Los tratamientos con suspensión de riegos mostraron una mayor densidad de tallos que el testigo en el

momento de reanudar el riego. Los tratamientos anteriores, en comparación con el testigo redujeron la producción en 1 y 2 % en 28 y 29 cortes, respectivamente (testigo 68.8 kg.ha⁻¹ de forraje seco, con 32 cortes); pero se les aplicó 13 y 9 % menos agua que al testigo, 583.16 cm³ en tres años, incrementándose la eficiencia de transformación en la misma proporción, de 1.18 a 1.34 kg forraje seco.m⁻³ de agua aplicada. La suspensión de riegos en el verano no afecta ni a la producción de la alfalfa, ni a la longevidad de ésta.

Espinoza et al. (2018), en su investigación titulada “Optimización de agua de riego en alfalfa (*Medicago sativa*) utilizando sensores de humedad en el suelo”, se proponen evaluar tres niveles de humedad del suelo medidos con sensores en cultivos de alfalfa (T1 = 5-15 cbar, T2 = 50-75 cbar y T3 = 90-110 cbar), previamente calibrado para el área de estudio. Se evaluaron variables como rendimiento de materia seca (MS) y productividad del agua de riego (PA). Los valores obtenidos fueron 6.65 6.35 a 5.27 t.ha⁻¹ para MS y 2.67 4.02 a 3.87 kg.m⁻³ para AP en función de la Evapotranspiración del cultivo (ETc), con valores de 248,64, 157,96 y 136,30 mm para T1, T2 y T3 respectivamente. Estos resultados nos permiten concluir que manteniendo la tensión de humedad del suelo a 50-75 cbar, es decir, 21 % ± 2,3% de la humedad del suelo, se puede alcanzar la mayor productividad de agua en el cultivo.

Cachipueno et al. (2017) realizaron una investigación titulada “Uso comunitario del agua y del suelo para la producción sustentable de pasturas”, en Ecuador,

cuyo objetivo fue estudiar el uso de la tierra, eficiencia de los sistemas de riego, y la calidad y salud de suelo como indicadores de sustentabilidad en la producción de pasturas. Se realizaron encuestas a usuarios del riego de la cuenca del río Pisque, se evaluó la eficiencia del riego a nivel de conducción principal, distribución y en parcela y, se tomaron muestras de suelo representativas en todo el territorio. Se observó que hay una estratificación de la tierra según el tamaño de unidades productivas (UPA's) en donde se cultiva pasturas, la eficiencia del uso del agua a nivel de finca es baja con respecto a los otros niveles, y la calidad de los suelos varía según fajas altitudinales. En sí, la producción de pasturas para la alimentación del ganado bovino es realizada en fincas entre 1 a 5 ha y se encuentran en zonas altitudinales de 2850 a 3600 msnm, la implementación de sistemas de riego por aspersión y manejo de los índices de calidad de los suelos aportan a la producción sustentable de pasturas.

Oyarzun (2015), en su tesis de maestría “Respuesta productiva de un cultivo de maíz (*Zea mays* L. Var. dracma) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efectos sobre la lixiviación de nitratos”, llevada a cabo en México, se propone determinar dos variables: la dosis óptima de fertilizante nitrogenado en maíz (“*Zea Mays*” L. var. Dracma) y la influencia del tipo de riego (aspersión e inundación) en la lixiviación de nitratos; y establecer un balance de N en el sistema suelo–planta. Para el estudio de lixiviación de nitratos y balance de nitrógeno se empleó un diseño experimental en split-plot o parcela dividida. El factor principal o parcela principal fue el riego (inundación

y aspersión) y la subparcela fue el nitrógeno (0.240 y 320 kgN.ha^{-1}). Para el estudio del rendimiento del cultivo en riego por aspersión se empleó un diseño de bloques completos al azar. La parcela principal se dividió en cuatro bloques. En cada bloque se asignaron de manera aleatoria los diferentes tratamientos (0.80 , 160 , 240 y 320 kg N ha^{-1}). Se observaron diferencias significativas en el rendimiento para el factor fertilización y para el factor riego; no existió interacción fertilización –tipo de riego. Los rendimientos fueron superiores en riego por aspersión $11.395 \text{ kg ha}^{-1}$ frente al riego por inundación 7.926 kg ha^{-1} . La aplicación de nitrógeno sobre el cultivo de maíz provocó un aumento de biomasa y un mayor rendimiento; la dosis óptima se situó entre 240 y 320 kg N ha^{-1} . La cantidad de nitratos lixiviada se vio afectada tanto por la dosis fertilización como por el tipo de riego utilizado. El sistema de riego por inundación generó una pérdida de nitratos superior al sistema de riego por aspersión. Dentro del factor fertilización encontramos diferencias significativas, las cuales se producen entre los tratamientos con dosis de 240 kg N ha^{-1} y dosis de 320 kg N ha^{-1} . El balance general de entradas y salidas del nitrógeno en el sistema suelo-planta para las variables estudiadas fue positivo tanto en aspersión como en inundación, así como para los tratamientos de 240 y 320 Kg N.ha^{-1} , lo cual supone que las entradas al sistema fueron superiores a las salidas del mismo. El nitrógeno absorbido por el cultivo para producir una tonelada de grano fue de $19-25 \text{ Kg N/T grano}$, en parcelas regadas por aspersión y la cantidad de nitrógeno absorbido en parcelas regadas mediante inundación, se situó entre $18-24 \text{ Kg N/T grano}$. El mejor aprovechamiento del nitrógeno aplicado se detectó para

aportaciones de 240 kg N ha⁻¹ en aspersión, que correspondió a la dosis recomendada.

2.1.2 Nacionales

La Rosa et al. (2020), en su trabajo “Respuestas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a dos condiciones de riego en costa”, evaluaron las respuestas de *Chenopodium quinoa* Willd. “quinua” bajo dos condiciones de riego en costa y su efecto en la producción y calidad proteica. Para esto se trabajó con semillas de la variedad Huancayo, obtenida de la Estación Experimental Santa Ana del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en Huancayo. El riego se realizó por goteo, teniéndose dos tratamientos, uno con riego semanal de 3m³ y otro sin riego, durante el tiempo que se llevaron a cabo las evaluaciones. Se evaluaron el porcentaje de humedad del suelo, la transpiración, el contenido relativo de agua, la anatomía interna de las hojas, la cantidad de proteínas, de almidón, la actividad de la fosfatasa ácida, y la actividad amilolítica. La humedad del suelo, se puede ver diferenciada después de un mes de haberse iniciado los tratamientos de riego. La transpiración estuvo relacionada con la fuerza del viento, por lo que este parámetro no es de ayuda para saber si la planta pasa por un momento de estrés hídrico. La cantidad de agua en las hojas se mantiene casi constante en los dos tratamientos, esto quiere decir que la disminución de humedad en el suelo no afecta el nivel hídrico en las hojas. Los tejidos de las hojas se mantienen iguales bajo ambas condiciones. El porcentaje de materia seca en la etapa vegetativa no mostró diferencias significativas, pero se observó una tendencia a acumular más en el tratamiento húmedo. Al no haber diferencias en

la actividad fotosintética, las semillas reciben de forma similar los asimilatos; este hecho más bien nos indica que las semillas mantienen su fuerza a pesar de los diferentes niveles de agua en el suelo. La actividad amilolítica, en la etapa vegetativa es mayor en las hojas con el tratamiento seco y ello se debería a que tienen que ser más eficientes en hidrolizar el almidón, esto guardaría relación con la menor actividad de la fosfatasa ácida que presentaron estas plantas en sus hojas.

Rodríguez (2019), en su investigación “Comparación del sistema de riego por aspersión y gravedad en los componentes de rendimiento, germinación y macollamiento en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum L.*) variedad H328560 en la zona de Pomalca-Chiclayo-2018”, tuvo como objetivo evaluar la germinación, macollamiento, diámetro de tallo, tamaño de planta, periodo de germinación, y consumo de agua bajo el sistema de riego por aspersión y el sistema de riego por gravedad. Para la contratación de la hipótesis planteada, se empleó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con un total de 2 tratamientos y 4 repeticiones por cada tratamiento, la conducción del campo experimental fue hecha de acuerdo a las consideraciones del diseño experimental y el cultivo. La investigación se realizó en dos campos uno manejado mediante riego por gravedad y el otro bajo riego por aspersión sembrada con la variedad H32-8560. Se realizó el estudio de la germinación de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*), encontrándose que para el sistema de riego por aspersión se tiene 6.73 plantas germinadas por metro lineal y para el

sistema de riego por gravedad 4.9 plantas por metro lineal, de esta manera se obtuvo 81 % de germinación para el riego por aspersión y 59.7 % de germinación para el riego por gravedad. Se encontró que bajo el sistema de riego por gravedad las yemas empiezan a germinar a los 17 dds mientras que para el riego por aspersión a los 22 dds, esto se debe a que el sistema de riego por aspersión realiza un riego uniforme simulando a una lluvia esto hace que baje la temperatura en el suelo tardando un poco más la germinación, en el diámetro de tallo no se encontró significación, obteniendo 15.06 mm para riego por gravedad y 14.1 mm para riego por aspersión, para la altura de planta encontramos que mediante el riego por gravedad se obtuvo una ligera ventaja se debe a que las plantas germinadas más adelante desarrollaron la parte foliar más rápido, teniendo así 120.4 cm de altura para riego por aspersión y 136.8 cm para riego por gravedad, para el consumo de agua se muestra un efecto significativo, obteniendo un consumo de agua total para el riego por gravedad de 400 mm distribuidos en 3 riegos, 125, 135, 140 mm, y para el riego por aspersión un consumo total de 270 mm, distribuidos en 11 riegos, un riego de nacencia de 54 mm y 10 riegos de 21.6 mm por semana, representando un 32.5 % (130 mm) más de consumo de agua para el riego por gravedad, esto debido a las eficiencias de riego de cada sistema, para el riego por aspersión se asigna un 85 % de eficiencia mientras que para el riego por gravedad un 50 %.

Quispe (2017), en su tesis titulada “Comparación de los componentes de riego por aspersión en la comunidad de Santa Magdalena, Ayacucho”, se propuso

evaluar el sistema de riego por aspersión entre los años de 2010 al 2016, el cual está ubicado en el distrito de San Miguel, provincia de La Mar y departamento de Ayacucho, en donde se procedió con las siguientes etapas de trabajo: la primera fue la fase de campo en donde se evaluó las presiones que variaron de 3.0 a 8.0 bares, caudales en los hidrantes de diámetro $\frac{3}{4}$ " y 1" fueron de 1.80 a 3.0 litros / segundo respectivamente durante los dos periodos de funcionamiento de riego. También se realizó la encuesta a los 9 beneficiarios que iniciaron el 2010 para conocer la opinión del funcionamiento del sistema de riego instalado durante este periodo. Asimismo, se determinó las pruebas de infiltración fue 27.5 mm/hr, coeficientes de uniformidad se obtuvo un valor de 78.66 % con aspersores Ibis de 1" y 80.22 % con aspersor Vir 66 de $\frac{3}{4}$ ", programación de riego es cada 7 días. La segunda fase de gabinete se realizó los cálculos de diseño Agronómico e Hidráulico en los componentes del sistema.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Riego por inundación / gravedad

Es una técnica de riego tradicional y predominante en la zona rural y agrícola de nuestra región. Su principal ventaja es el bajo coste de la instalación y funcionamiento del sistema cuando se practica en condiciones de agua abundante y a bajo precio. Aunque la baja eficiencia de su aplicación es una cuestión ampliamente criticada (Quispe, 2017).

Las técnicas tradicionales de inundación permanente permiten controlar mejor las malas hierbas y en algunas zonas montañosas han ayudado a prevenir la erosión del suelo, deslizamientos de tierra y a controlar las inundaciones en épocas de lluvias intensas (FAO, 2014). Aparte de promover la percolación y la recarga de las capas freáticas, tiende a la neutralidad del pH del suelo, que incrementa la solubilidad y disponibilidad de los principales nutrientes (N y P), y amortigua los cambios de temperatura (Portero, 2016).

Por otra parte, según la FAO (2014), la parte negativa de este sistema, es que utiliza grandes volúmenes de agua, aumenta el riesgo de contaminación del freático a través de la lixiviación de productos químicos y emite mayores cantidades de metano debido a las condiciones anaerobias a que se somete el suelo durante la fase de cultivo.

Además, en cultivos como el arroz, durante estos últimos años se ha determinado que es uno de los de mayor absorción y contenido de arsénico, en especial la forma inorgánica que es considerada más tóxica (FDA, 2018).

La eficiencia de los regadíos por gravedad debe contemplar los componentes de transporte y distribución por la red de riego y eficiencia de la parcela. Esta última depende del tipo de suelo y desnivel, tipo de riego por superficie (tablas, surcos, inundación) pero también del manejo del riego (caudal, tiempo de corte, habilidad del regante) (Ruíz Sánchez et al., 2016). Es común establecer valores de la eficiencia de campo bajos, alrededor del 50 %, sin embargo, Arbat et al. (2016) determinaron una eficiencia del 82 % en parcela comercial de planta ornamental y suelo aluvial.

Desde el punto de vista medioambiental, los impactos negativos que presenta el riego por inundación son la contaminación atmosférica, mediante la volatilización del amonio y la liberación de gases de efecto invernadero, y la contaminación del agua principalmente por nitratos (Bouman et al., 2014).

2.2.2 Riego por aspersión

El riego por aspersión es un sistema actualmente empleado principalmente en campos experimentales, por lo que hay escasa información.

Definitivamente, contribuyen, especialmente al mejor uso del recurso agua, y este punto es de suma importancia, dado que, a escala mundial, la disponibilidad de recursos de agua dulce fácilmente accesible es limitada por lo que, en las regiones áridas y semiáridas, en los países con una alta densidad de población y en la mayor parte del mundo industrializado, se ha comenzado a competir por su uso. Es por ello que, a la luz de las proyecciones demográficas y económicas, los recursos de agua dulce de los que todavía se puede disponer constituyen una base estratégica para el desarrollo, la seguridad alimentaria, la salud del medio ambiente acuático y, en algunos casos, la seguridad nacional. (FAO, 2006).

El riego moderno, como el que se realiza por aspersión, posibilita un ahorro de aproximadamente el 55 % del consumo de agua con relación a los métodos tradicionales (Aidi, 2015), siempre que sean operados correctamente.

Benavides y Jara (2014), explicando la aplicación de este sistema en cultivos de arroz, afirma que en Zamorano (Honduras) obtuvieron rendimientos de 5.13 t/ha, con una densidad de siembra de 136 kg/ha y una productividad en el uso del agua de 0.32 kg de arroz/m³. Otro estudio realizado en Zaragoza concluyó que

mediante aplicaciones de riego inferiores a 500 mm el arroz no producía grano. Se obtuvieron rendimientos cercanos a 6 t/ha con niveles de 700 – 900 mm, suponiendo una reducción del 30 – 100 % respecto al agua utilizada en sistemas de inundación en la misma zona. La productividad del agua fue de 0.5 kg de arroz/m³ (Blanco, 2014).

2.2.3 Propiedades químicas del suelo

Se refieren a las condiciones de este tipo, que afectan las relaciones suelo-planta, la reserva y calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, y la disponibilidad de agua y nutrimentos para las plantas y los microorganismos (SQI, 1996). Aquí encontramos a la disponibilidad de nutrimentos, el contenido de carbono orgánico total y carbono orgánico lábil, el pH, la capacidad de fijación de fosfatos, la conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico, contenido de nitrógeno total y mineralizable y de materia orgánica (Cruz et al., 2014).

Tanto las propiedades físicas como químicas, han sido usadas ampliamente para evaluar la calidad de los suelos (Parr y Papendick, 2007). No obstante, estas propiedades cambian usualmente dentro de escalas de tiempo (décadas) que son demasiado extensas para propósitos de analizar calidad de suelos dentro del contexto de las prácticas de manejo de este recurso (García-Ruiz et al., 2009).

Las propiedades biológicas son más dinámicas y, por tanto, tienen la ventaja de servir como señales tempranas de degradación o agradación de los suelos (Gutiérrez et al., 2017). No obstante, hay indicadores que requieren de más de 10 años para mostrar cambios como respuesta a un manejo determinado (Tabla. 2).

Tabla 2. Indicadores utilizados para evaluar cambios en la calidad de los suelos.

Indicador	Profundidad (cm)	Tipo de tendencia	Tiempo requerido para percibir cambios	Frecuencia de medición
Indicadores físicos				
Textura (% de arena, limo y arcilla)	0 - 30	Equilibrio	> 10 e10(3) años	Cada 2 - 3 años
Densidad aparente (g cm ⁻³)	0 - 7.5	Reducción	< 10 años	Anual
Tasa de infiltración (cm min ⁻³)	0 - 15	Incremento	< 1 año	Periódicamente
Retención de humedad (%)	0 - 15	Incremento	< 1 año	Estacional
Resistencia a la penetración (MPa)	0 - 50	Disminución	< 1 año	Estacional
Profundidad de capa arable (cm)	0 - 100	Incremento	> 10 años	Anual
Estabilidad de agregados (%)	0 - 7.5	Incremento	< 2 años	Estacional
Indicadores químicos				
pH	0 - 7	Neutralidad	> 5 años	Estacional
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0 - 7.5	Disminución	< 2 años	Estacional
N total (kg ha ⁻¹ N)	0 - 30	Incremento	< 2 años	Estacional
Capacidad de intercambio catiónico (cmolc kg ⁻¹)	0 - 30	Incremento	0 - 10 años	Anual
Indicadores biológicos				
Carbono orgánico (Mg C ha ⁻¹)	0 - 30	Incremento	> 10 años	Anual
N mineralizable (kg ha ⁻¹ N)	0 - 30	Incremento	< 2 años	Periódicamente
Respiración de suelo (kg C-CO ₂ ha ⁻¹ d ⁻¹)	0 - 5	Variable	< 2 años	Estacional

Fuente: *Astier et al., 2012.*

2.2.4 Alfalfa

Origen y difusión

El centro de origen es Persia, dado que fue llevada por las caravanas comerciales a diversos puntos de Asia y Arabia (González, 1995); luego, los persas la introdujeron en Grecia y de ahí paso a Italia en el siglo IV a.C., luego por como Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán y Pakistán (Infoagro, 2002). Finalmente, se esparció a nivel mundial, cuando los árabes la llevaron a través del norte de África, llegando a España donde se extendió a toda Europa (Infoagro, 2002).

Algunos autores mencionan que la alfalfa llegó al continente americano, primero en América del Sur (Argentina, Chile, Perú y México) a donde fue llevada por los conquistadores (Amella y Saenz, 1999).

Clasificación taxonómica

Engler's, citado por Andrade, G. (2012), determina la clasificación taxonómica de la alfalfa de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Faboideae

Tribu: Trifolieae

Género: *Medicago*

Especie: *Medicago sativa*

Características agronómicas

Muslera y Patera (2011), mencionan que la alfalfa *Medicago sativa* es una planta perenne, de desarrollo erecto, tallo poco ramificado, de 60 a 100 cm. de altura, hojas trifoliadas con un pedicelo intermedio más largo que los laterales, folíolos ovalados, en general sin pelos, tiene márgenes lisas con los bordes superiores ligeramente dentados. Los tallos son delgados sólidos o huecos, cuadrados cuando son jóvenes y fuertes para soportar el peso de las hojas e inflorescencias. La raíz es pivotante, con una corona que sale fuera del terreno, del cual emergen los brotes que darán lugar a los tallos. Las flores crecen en forma de racimos de la axila de las hojas. El color es azul o púrpura en las variedades cultivadas.

Estos autores indican que las variedades de alfalfa que se utilizan en zonas de clima mediterráneo tienen un periodo de crecimiento más largo que las empleadas en climas templados o fríos (Muslera y Patera, 2011). El número de cortes se ve reducido por la duración del invierno; así en el sur y al nivel del mar se pueden obtener 10 cortes, mientras que, en esa misma latitud, a 600 m de altura, se pueden efectuar sólo 7 cortes; y a la misma altura en latitud más septentrional, 5 o 6 cortes. La mayor duración del periodo vegetativo de la alfalfa reduce la importancia de la inclusión de gramíneas para aumentar la producción (Martel Acosta, 2018).

Condiciones de suelo requeridas

Berlijin (1997), indica que las leguminosas forrajeras se desarrollan bien en suelos profundos, francos hasta ligeramente arcillosos, con una buena dotación de calcio y fósforo, bien drenados y con alta capacidad de saturación de agua, no se desarrollan bien en suelos ácidos. Estos cultivos prefieren suelos cercanos a la neutralidad.

Infoagro (2002), manifiesta que la alfalfa crece satisfactoriamente en una amplia gama de tipos de suelos, perfectamente los livianos arenosos, franco limoso el óptimo de PH sería 7.5 para este cultivo. Cuando la planta es pequeña es bastante sensible a la salinidad, tanto del agua como del suelo.

Gómez (2009), refiere que la alfalfa se adapta a todos los suelos ya sean de regadío o de secano; es muy apta para ser cultivada en praderas artificiales sola o asociada con alguna gramínea pudiendo persistir en el mismo suelo durante 5 años, el cual no puede sembrarse después de pasado este plazo hasta que haya transcurrido el mismo tiempo, por los efectos de la pobreza del suelo que deja.

Condiciones de agua requeridas

Infoagro (2002), manifiesta que la alfalfa requiere administración hídrica de forma fraccionada, ya que sus necesidades varían a lo largo del ciclo productivo. El aporte de agua en caso de riego por inundación es de 1000 m³/ha y por aspersión será de 880 m³/ha. Los cultivos establecidos, como norma general, deben recibir de 1100 a 1200 mm/ha/año, ya sea en forma de riego o de lluvias.

Valor nutricional de la alfalfa

Del Pozo (2011), da a conocer la siguiente composición química (Tabla 3).

Tabla 3. Composición química de la alfalfa

Constituyente	Cantidad	Constituyente	Cantidad	Constituyente	Cantidad
Proteínas	18%	Hierro	35 mg/100 g	Vitamina D	1040 UI
Grasas	3%	Cobalto	2.4 mg/100 g	Tocofenol	50 UI
Hidratos de C	40%	Fósforo	250 mg/100 g	Vitamina K	15 UI
Humedad	7%	Azufre	290 mg/100 g	Tiamina	0.8 UI
Fibra	25%	Magnesio	310 mg/100 g	Riboflavina	1.8 UI
Minerales	18%	Manganeso	5 mg/100 g	Cloro	280 mg/100 g
Calorías	240 mg/100 g	Cobre	2 mg/100 g		
Sodio	150 mg/100 g	Boro	4.7 mg/100 g		
Potasio	2000 mg /100 g%	Molibdeno	44 mg/100 g		
Calcio	1750 mg/100 g	Caroteno	76 mg/100 g		
		Ác. ascórbico	76 mg/100 g		

Fuente: Del Pozo (2011).

Gómez (2009), indica que la calidad biológica puede variar de manera notable por depender de muchos factores, influyendo en ello el contenido químico del suelo, el clima, la variedad cultivada, la fertilización, el estado de la planta al momento de ser cortada (tabla 4) y los métodos de utilización o conservación.

Tabla 4. Análisis químico de la alfalfa en sus diferentes etapas de desarrollo.

Etapas	Proteína Bruta (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Ceniza (%)
Pre-floración	5.6	0.8	4.4	1.9
Floración	4.5	0.8	6.8	2.3
Post-floración	3.9	0.8	7.8	2.2

Fuente: Gómez (2009).

2.2.5 Definición de términos básicos

Riego: aplicación del agua al perfil del suelo en la cantidad suficiente con el fin de que este se recupere un nivel de humedad que sea aprovechable por las plantas que en él están arraigadas permitiéndoles vivir y desarrollarse adecuadamente (Gaete, 2011).

Riego por inundación: Es una técnica de riego tradicional y predominante en la zona rural y agrícola de nuestra región. Su principal ventaja es el bajo coste de la instalación y funcionamiento del sistema cuando se practica en condiciones de agua abundante y a bajo precio. Aunque la baja eficiencia de su aplicación es una cuestión ampliamente criticada (Quispe, 2017).

Riego por aspersión: es una modalidad que consiste en aplicar el agua al perfil del suelo a través de dispositivos mecánicos e hidráulicos que simulan una lluvia natural aplicada uniformemente sobre toda la superficie de la parcela y penetra en el perfil del suelo. A fin de evitar escurrimiento superficial en el riego por aspersión, es necesario mantener la tasa de aplicación por debajo de la velocidad de infiltración básica del suelo (Avidan, 2004).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación de acuerdo a su finalidad es aplicada, con un enfoque cuantitativo, este enfoque usa la recolección de datos para dar respuesta o probar una hipótesis establecida, para ello se basa en las mediciones y análisis estadísticos.

3.2 Diseño de investigación

Experimental, porque se manipula la variable independiente, pero los participantes del grupo de estudio o la muestra no se asignan al azar. Este diseño se usa en entornos de campo donde la asignación aleatoria es irrelevante o no requerida.

3.3 Área de investigación

3.3.1 Ubicación

El estudio se realizó en el Caserío La Condorilla, ubicado en el distrito de Oxamarca, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca (Figura 1). Oxamarca limita por el norte con los distritos de Sucre y Jorge Chávez; por el sur con la provincia de San Marcos; por el este con la provincia de Bolívar y con el Departamento de Amazonas y por el oeste con la provincia de Cajamarca. Se halla situado en la parte norte del país; en el departamento de Cajamarca, al sur

este de la provincia de Celendín y a 2820 msnm; en la pendiente oriental de los Andes. La superficie de Oxamarca es de 292.52 km². El pueblo comprende una variedad de ecosistemas. También presenta parcelas dedicadas a la crianza de animales y que, en poca escala, la dedican a la siembra. Presenta cuatro cerros que se dice, cuidan el pueblo: El Callejón, Poyo Ñato, Santa Cruz, La Punta. Estos cerros son de regular altura, poco aptos para la agricultura por la presencia de piedras y erosiones que los inhabilitan. Los pastos que los cubren, crecidos en épocas de lluvia, son aprovechados por el ganado.

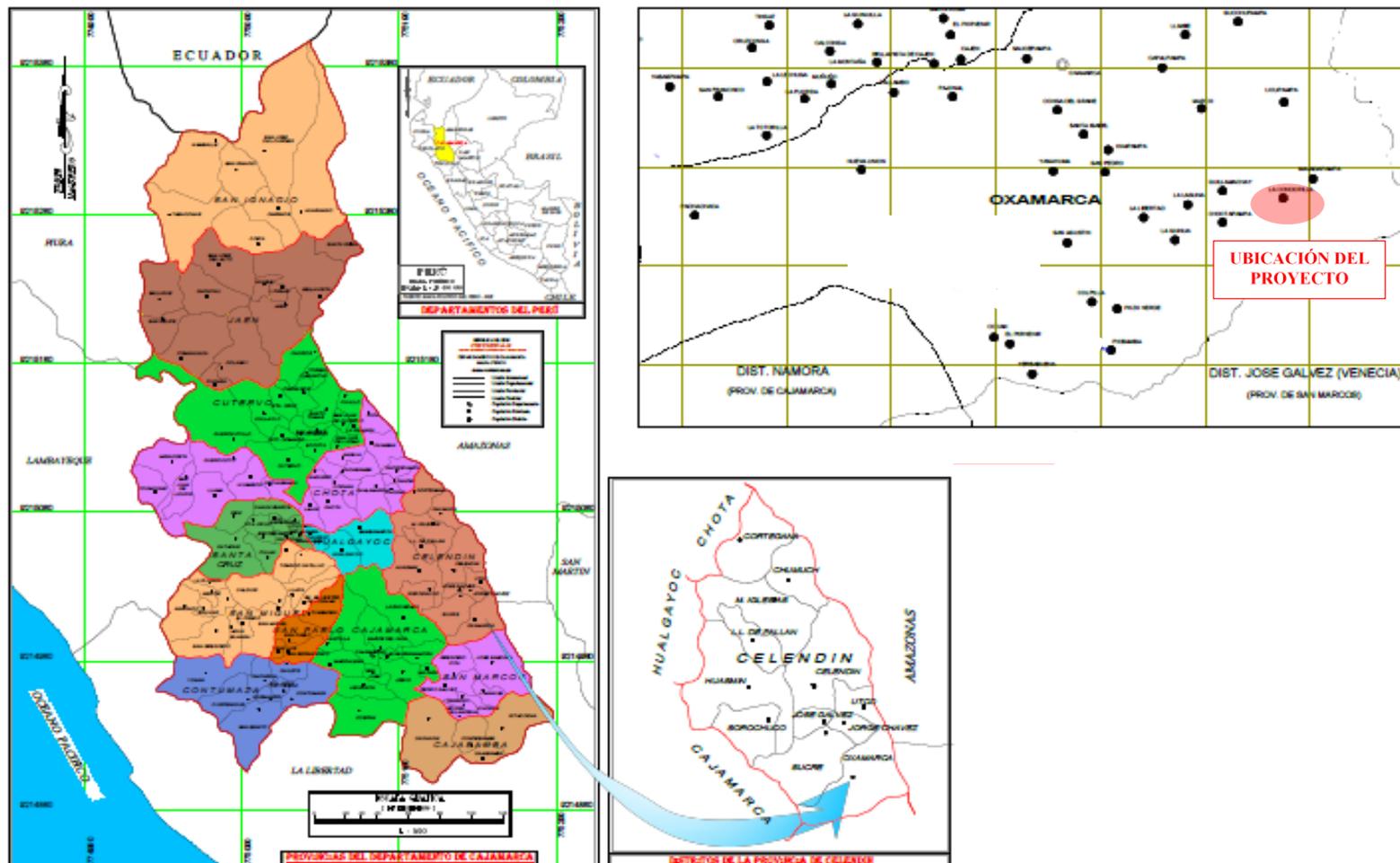


Figura 1. Ubicación geográfica del lugar de investigación.

Fuente: Carta geográfica

El período experimental comprendió desde el mes de febrero a julio del 2022 (seis meses).

Ubicación de punto de muestreo (parcelas)

Coordenadas UTM: 17M

- Coordenada Este: 823988
- Coordenada Norte: 9220566
- Altitud: 2820 m.s.n.m.

Punto de análisis de muestreo (laboratorio)

Coordenadas UTM: 18M

- Coordenada Este: 184250
- Coordenada Norte: 9310110
- Altitud: 2344 m.s.n.m.

3.4 Material experimental

Material físico

- Palanas
- Picos
- Mangueras
- Aspersores
- Tubos PVC de 2"
- Parcelas de terreno

- Agua a disposición

Material biológico

- Semillas de alfalfa (*Medicago sativa* v. Beacon).

3.5 Metodología

Para preparación de las parcelas:

1. Se eligieron 6 parcelas aledañas, de similares características, de 1000 m² cada parcela (50 m * 20 m) (Anexo 1).
2. Estas parcelas fueron preparadas para la siembra de alfalfa, así como el respectivo tipo de riego.

Para designación del tipo de riego:

1. Una vez preparado el terreno, aleatoriamente, se sorteó el tipo de riego a las seis parcelas: 3 parcelas contaron con riego por inundación y 3 parcelas con riego por aspersión.
2. Se instalaron las semillas de alfalfa y el tipo de riego que se le fue asignado aleatoriamente.
3. Se realizaron los medios preventivos necesarios para que las parcelas no sean afectadas con un tipo de riego que no sea el suyo. Cada parcela tuvo su riego individual y los riegos fueron simultáneos.

4. Se calculó el promedio de circulación de agua y es entre 500 y 550 litros por hora (para ambos tipos de riego). Esta sería la cantidad de agua a usar en cada riego y por parcela. Estos datos han sido considerados en base a la bibliografía (Quiroga y Contreras, 2018; SQI, 1996). La eficiencia de un riego es totalmente diferente a la de otra así riego por aspersión es de 75% y riego por gravedad 40% a 45%
5. El regado será según necesidades de la planta y su estado fenológico, manteniendo la humedad en capacidad de campo. Esto ya lo discutimos anteriormente, parece que no lo consideraron. Además, en riego por aspersión la eficiencia de riego es de 75 % y de riego por gravedad es sólo 45 % y la forma de riego uniforme que proponen sería contradictorio a lo ya conocido.
6. Se utilizaron aspersores rociadores, con boquilla de pulverización, dado la baja cantidad de agua circulante. Los aspersores serán instalados en el punto medio de cada parcela.

Para la calidad de suelo y pastura:

1. Mensualmente, se tomaron muestras de cada una de las parcelas experimentales, tanto del suelo como de la pastura. Simultáneamente, se registró el estado de la planta. Esto nos permitió tener un registro inicial de calidad de suelo y pastura, así como el patrón de conducta de estos, durante los 6 meses.
2. Cada corte, para muestreo, se realizó cuando visualmente, se apreció el 50 % de floración.

3. Se tomó una muestra de suelo al inicio del experimento, para tenerlo como referente o punto de partida.
4. Las muestras fueron tomadas, por corte, de puntos estratégicos de la parcela. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Agrostología de la Universidad Santo Toribio Rodríguez de Mendoza.
5. Cabe mencionar que, en caso de que haya llovido, se restringió el riego dado que sólo se calculó la cantidad de agua caída, con datos de la Estación Meteorológica CELENDÍN (Lat.: 6°51'10.52" S Long.: 78°8'41.46" W Alt.: 2602 msnm. Tipo: Convencional - Meteorológica. Código: 106010).

3.6 Indicadores por medir:

- Propiedades químicas del suelo (pH, Materia orgánica (%), Conductividad eléctrica (dS/m), Capacidad de intercambio catiónico (mEq/100g), Nitrógeno total (%)).
- Indicadores de calidad de la pastura (% Materia seca, % Ceniza, % Fibra cruda, % Proteína total %, Rendimiento(kg FV ha⁻¹) y Rendimiento(kg MS ha⁻¹)

3.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Técnica de análisis de datos

Dado que esta investigación es de tipo experimental, se aplicó un Diseño Completamente Aleatorizado, con tres repeticiones para cada uno de los dos tratamientos. Se trabajó con un nivel de significación de $p \leq 0.05$. El modelo estadístico a utilizar fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

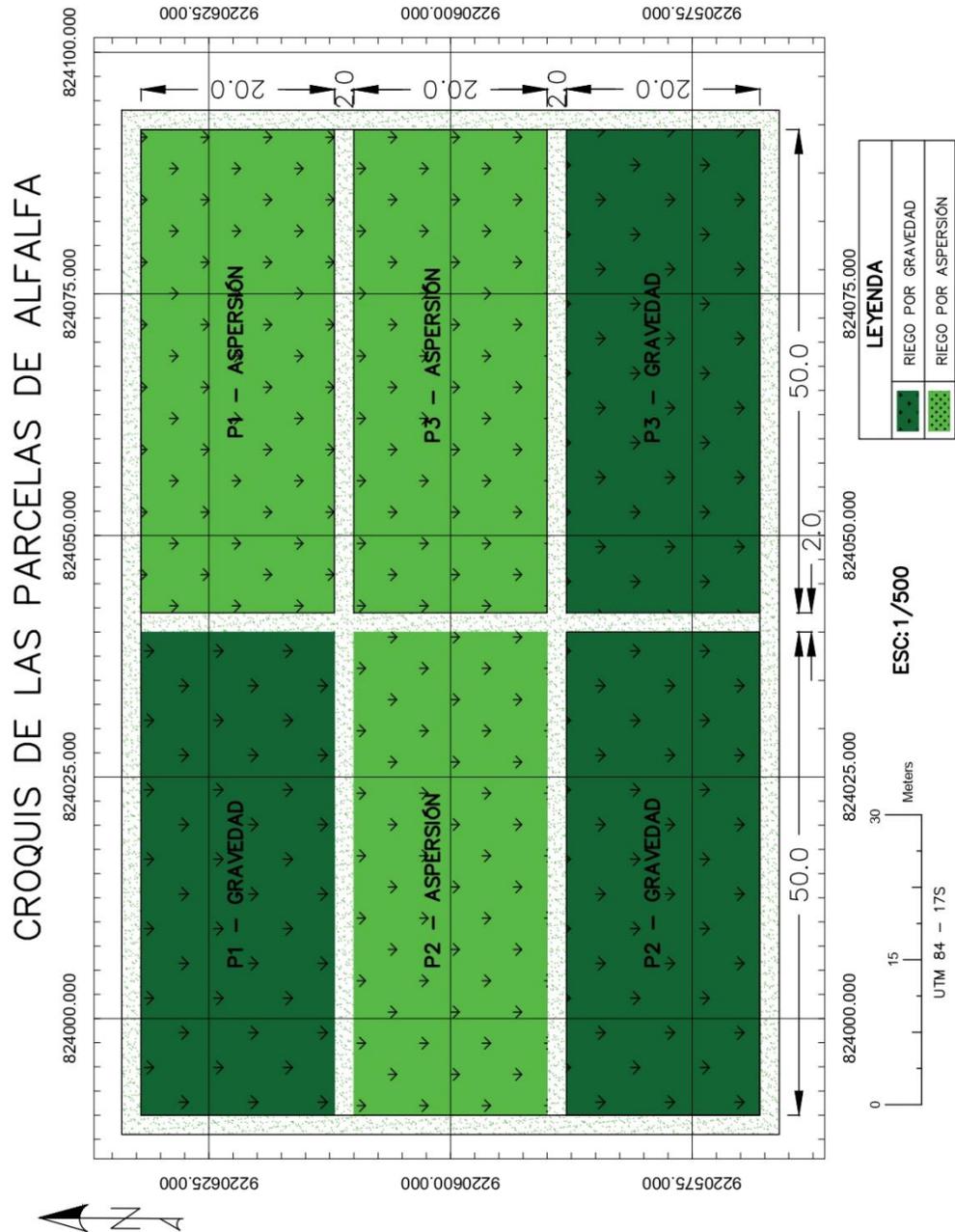
Y_{ij} : i -ésima observación correspondiente al j -ésimo nivel del tratamiento.

μ : constante general a todas las observaciones (media general).

α_i : efecto del j -ésimo nivel del tratamiento.

ε_{ij} : error experimental correspondiente a la i -ésima observación del j -ésimo nivel del tratamiento.

DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES



CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Indicadores de suelo

Como podemos observar en la tabla 5, para el caso de los indicadores que caracterizaron el suelo en estudio, todos presentaron diferencias significativas al compararlos entre los distintos tipos de riego, aspersión y por gravedad o inundación (Anexo B).

pH

Para el caso del pH, el obtenido en el riego por aspersión fue de 5.50, significativamente superior ($p \leq 0.05$) al pH obtenido en el riego por gravedad, 5.12 (tabla 5).

Materia orgánica (%)

La materia orgánica, según la tabla 5, fue mayor en el suelo regado por aspersión, 3.93 %, a la que se obtuvo en el suelo regado por gravedad, 3.37 % ($p \leq 0.05$).

Conductividad eléctrica (1:1) (dS/m)

La tabla 5 también deja ver que la conductividad eléctrica fue significativamente superior ($p \leq 0.05$) en el suelo que fue sometido al riego por aspersión, 0.12 dS/m, en comparación a la que se obtuvo en el suelo sometido al riego por gravedad o inundación, 0.09 dS/m.

Capacidad de intercambio catiónico (mEq/100g)

Para el caso de este indicador, el obtenido en el riego por aspersión fue de 13.68 mEq/100g, significativamente superior ($p \leq 0.05$) al obtenido en el riego por gravedad, 11.00 mEq/100g (tabla 5).

Nitrógeno total (%)

El porcentaje de nitrógeno total del suelo, según la tabla 5, fue mayor en aquel regado por aspersión, 0.35 %, a la que se obtuvo en el suelo regado por gravedad, 0.29 % ($p \leq 0.05$).

Tabla 5. Resultados obtenidos para los indicadores estudiados de suelo.

TRATAMIENTO	PH	MATERIA ORGÁNICA (%)	C.E.* (dS/m)	C.I.C.** (mEq /100g)	NITÓGENO TOTAL (%)
ASPERSIÓN	5.5 a	3.93 a	0.12 a	13.68 a	0.35 a
GRAVEDAD	5.12 b	3.37 b	0.09 b	11.00 b	0.29 b
E.E***	0.07	0.10	0.01	0.17	0.01
C.V****	5.55	11.42	33.60	5.82	9.13
P-VALOR*****	0.0005	0.0003	0.0384	<0.0001	<0.0001

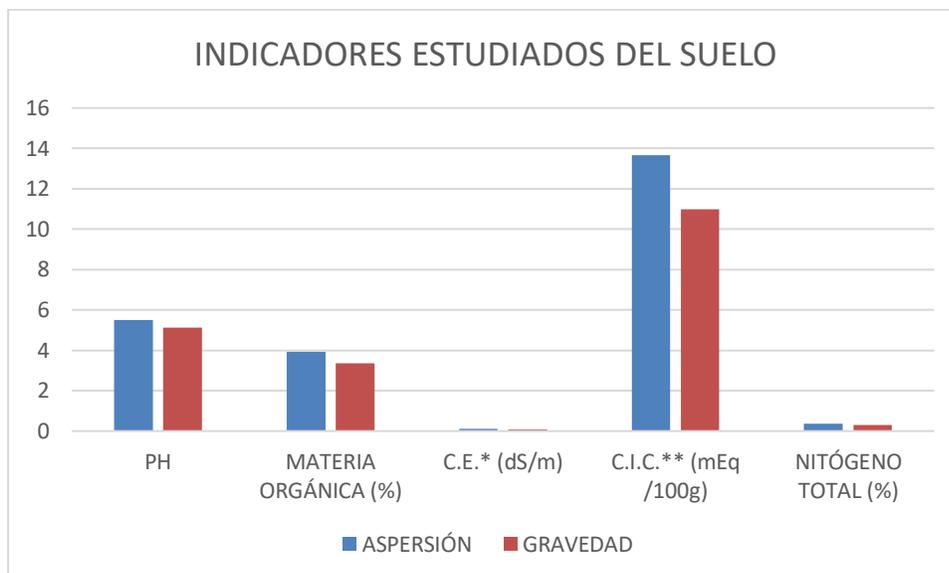
* Conductividad eléctrica (1:1)

*** Error experimental

***** p - valor ≤ 0.05 (letras distintas expresan diferencias entre filas).

** Capacidad de intercambio catiónico.

**** Coeficiente de variabilidad



Indicadores de pastura

La tabla 6 deja ver que todos los indicadores analizados de la pastura, también mostraron diferencias significativas entre los tratamientos (riego por aspersión vs riego por inundación o gravedad), a excepción de la Fibra cruda (Anexo C).

Materia seca (%)

Para el caso de la materia seca, la pastura obtenida con el riego por aspersión fue de 22.09 %, significativamente superior ($p \leq 0.05$) a la pastura obtenida con el riego por gravedad, 20.69 % (tabla 6). Esto implicaría que el riego por aspersión permitiría una mayor cantidad de forraje disponible, en términos de materia seca, para el consumo animal.

Ceniza (%)

Para el caso de la ceniza, la pastura obtenida con el riego por aspersión fue de 9.36 %, significativamente superior ($p \leq 0.05$) a la pastura obtenida con el riego por gravedad, 7.81 % (tabla 6).

Fibra cruda (%)

Este indicador fue el único, en el caso de los indicadores de pastura, que no mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.1502$). Sin embargo, también se mostró la tendencia de que el riego por aspersión permitió pasturas con mayor concentración de fibra cruda (tabla 6).

Proteína bruta (%)

La pastura regada con un sistema de aspersión, presentó mayor concentración de proteína, con 18.67 %, en comparación a la de pastura regada por gravedad o inundación, con 16.61 %. Esta diferencia fue significativa ($p \leq 0.05$).

Rendimiento de Forraje Verde (kg FV.ha⁻¹)

La producción de forraje verde, obtenida con el riego por aspersión, 17909.44 kg, fue superior ($p \leq 0.05$) a la producción obtenida con el riego por inundación, 16759.44 kg, como se puede observar en la tabla 6.

Rendimiento de Materia Seca (kg MS.ha⁻¹)

Para el caso de este indicador, la producción de materia seca obtenida en el riego por aspersión fue de 3957.06 kg, significativamente superior ($p \leq 0.05$) a la producción obtenida en el riego por gravedad, 3468.34 kg (tabla 6).

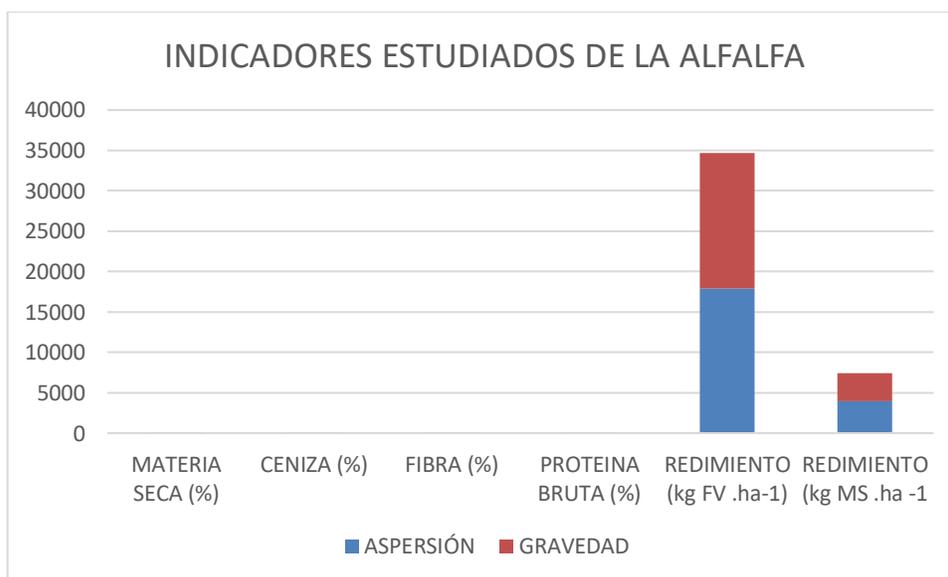
Tabla 6. Resultados obtenidos para los indicadores estudiados de alfalfa .

TRATAMIENTO	MATERIA SECA (%)	CENIZA (%)	FIBRA CRUDA (%)	PROTEINA TOTAL (%)	REDIMIENTO (kg FV. ha ⁻¹)	REDIMIENTO (kg MS . ha ⁻¹)
ASPERSIÓN	22.09 a	9.36 a	19.69 a	18.67 a	17909.44 a	3957.06 a
GRAVEDAD	20.69 b	7.81 b	18.68 a	16.61 b	16759.44 b	3468.34 b
E.E*	0.21	0.22	0.49	0.27	227.63	61.94
C.V**	4.23	10.75	10.8	6.45	5.57	7.08
P-VALOR***	0.0001	<0.0001	0.1502	<0.0001	0.0011	<0.0001

* Error experimental

** Coeficiente de variabilidad

*** p - valor ≤ 0.05 (letras distintas expresan diferencias entre filas).



4.2 Discusión

Indicadores del suelo

Se obtuvieron mayores registros de pH en el suelo sometido a riego por aspersión (tabla 5). Algunos autores explican este fenómeno por el hecho de que el exceso de agua tiende a lavar los nutrientes esenciales del suelo, como los carbonatos de calcio, que son básicos y que, al desaparecer, permiten la acidificación del suelo. Al mismo tiempo, el agua que entra en contacto con el material en descomposición en el suelo (como material senescente, por ejemplo) también puede permitir que el pH baje, porque la materia en descomposición libera dióxido de carbono y cuando éste se mezcla con el agua, pueden formarse ácidos.

La materia orgánica también presentó mayores niveles en el suelo regado por aspersión. Algunos autores han afirmado que el nivel de materia orgánica en los suelos es proporcional al contenido de nitrógeno (Silva, 1998) y este sería el fundamento que explique este patrón en este indicador. Es decir, la concentración de materia orgánica fue mayor con el tratamiento de riego por aspersión, porque también fue este tratamiento el que presentó mayores niveles de nitrógeno total, como veremos posteriormente (Oyarzun, 2015).

La conductividad eléctrica fue superior en el suelo que fue sometido al riego por aspersión. Probablemente, esto se haya debido al arrastre por lixiviación sufrido por las sales minerales debido a los altos volúmenes de agua que se manejaron en el riego por inundación (Cremona y Enriquez, 2020).

La Capacidad de Intercambio Catiónico se manifestó con más fuerza en el suelo regado por aspersión. Al respecto, Onwuka y Mang (2018) afirman que los suelos arcillosos con suficiente materia orgánica tienen la característica de poseer alta capacidad de intercambio catiónico, además de que conservan la estabilidad y cohesión en sus agregados. Por otro lado, este fenómeno también podría verse explicado por el hecho de que el porcentaje de nitrógeno total del suelo fue mayor en aquel regado por aspersión. Este comportamiento podría ser explicado por lo que ya vimos previamente, que fue la relación directa existente entre los niveles de materia orgánica del suelo y la concentración del nitrógeno total (Oyarzun, 2015; Silva, 1998).

Indicadores de la pastura

La pastura regada con un sistema de aspersión, presentó mayor concentración de proteína. Probablemente, la explicación a este fenómeno esté en que el suelo regado por aspersión también presentó mayor concentración del nitrógeno total, que como sabemos, este elemento es el precursor del nitrógeno concentrado en la planta (Guzmán Duchén y Montero Torres, 2021).

También se obtuvo que el rendimiento de pastura fue mayor, tanto de forraje verde como de materia seca, en la alfalfa que fue regada por aspersión, en comparación a la que fue regada por inundación. Autores como Quiroga y Contreras (2018), también incrementaron la producción de alfalfa, haciendo un uso más racional del recurso agua, en un 9 %. También, Espinoza et al. (2018), obtuvo mayores rendimientos de pastura en término de materia seca, de hasta 4.02 t.ha⁻¹ en suelo con niveles controlados de humedad, sin llegar al encharcamiento. Este incremento podría deberse a la interacción

de todos los factores antes discutidos, que, por efecto sinérgico, permitieron incrementar la producción con un uso más eficiente del agua (Cachipundo et al., 2017). Al mismo tiempo, sabemos que el tratamiento de riego por aspersión presentó mayor concentración de nitrógeno total en el suelo, lo que habría inducido a una mayor producción de biomasa, dado que este elemento juega un papel importante en la composición del tejido vegetal Oyarzun (2015).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se obtuvo que todos los indicadores analizados de suelo regador por aspersión, presentaron los valores más altos, en comparación al del suelo regador por inundación: pH suelo (5.50 vs 5.12), materia orgánica suelo (3.93 % vs 3.37 %), conductividad eléctrica suelo (0.12 dS/m vs 0.09 dS/m), capacidad de intercambio catiónico (13.68 mEq/100g vs 11.00 mEq/100g), nitrógeno total suelo (0.35 % vs 0.29 %).
- A excepción de la fibra cruda alfalfa , todos los valores analizados de la pastura, presentaron valores más altos para la que fue regada por aspersión con significación estadística , en comparación a la pastura regada por gravedad o inundación: materia seca alfalfa (22.09 % vs 20.69 %), ceniza alfalfa (9.36 % vs 7.81 %), proteína total (18.67 % vs 16.61 %), rendimiento (17909.44 kg FV.ha⁻¹ vs 16759.44 kg FV. ha⁻¹) y rendimiento de materia seca (3957.06 kg MS. ha⁻¹ vs 3468.34 kg MS. ha⁻¹)
- Finalmente, se concluye que el riego por aspersión, por permitir un uso eficiente del recurso agua, permite una serie de efectos sinérgicos que dan lugar a suelos con menor degradación y mayor producción de forraje.
- Por mayor eficiencia del riego por aspersión frente al riego por gravedad se favorece a las características del suelo y de la planta además se ahorra la cantidad

de agua con lo que se contribuye al uso racional de agua y al aporte a la adaptación al cambio climático.

5.2 Recomendaciones

- Replicar el trabajo en diferentes zonas ecológicas para ampliar el rango de estudios.
- Analizar la calidad del agua utilizada para el riego, que podría influir en la calidad del suelo y del forraje obtenido, indiferente al tipo de riego utilizado.
- Realizar futuros estudios con mayores recursos económicos, para no limitar la cantidad de indicadores analizados en los laboratorios, dado que, a mayor número de indicadores analizados, el costo del análisis aumenta.
- De acuerdo a los resultados se recomendaría el uso de riego por aspersión frente al riego por gravedad porque altera menos a los indicadores estudiados en el trabajo y contribuye al menor efecto del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

1. AIDI, O. (2014): *IRRIFRANCE*, catálogo de irrigación, Francia. Disponible en: <https://www.irrifrance.com/wp-content/uploads/2018/12/Catalogue-Irrifrance-FR.pdf>
2. Amella, A y Sáenz, A. (1999). Concentrado proteico de alfalfa. Valor económico en la Alimentación animal, *Pastos*, 9, 2, 117-124 p. Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1550>
3. Andrade, G. (2012). Eficacia de fertilizantes foliares en alfalfa. Tesis de grado. Escuela Politécnica de Chimborazo. Ecuador 83 p. Disponible en:
4. Arbat, G., Puig-Bargués, J., Duran-Ros, M., Borragán, J., & Ramírez de Catagena, F. (2016). Irrigation performance and gross water productivity in furrow-irrigated ornamental tree production. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9 (2), 627-640. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3663932>
5. Astier, M., M. Maass y J. Etchevers. (2012). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrocienc.* 36, 605-620. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236511.pdf>
6. Avidan, A. (1994). *Determinación del régimen de riego de los cultivos* (No. 631.587 A957d). SI: Ministerio de Agricultura, Departamento de Riego y Suelos.
7. Benavides, Á., & Jara, E. (2014). *Comparación de tres sistemas de riego para la producción de arroz con tres densidades de siembra en Zamorano*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3445/1/CPA-2014-013.pdf>
8. Berlijin, A. (1997). La alfalfa. Impreso en México. 51 p.

9. Blanco, O. (2014). *Agronomía del cultivo del arroz en riego por aspersión: variedades, riego, fertilización y control de malas hierbas*. Disponible en: http://digital.csic.es/bitstream/10261/99074/3/BlancoO_TD-EEAD_2014.pdf
10. Bouman, B., Lampayan, R., & Tuong, T. (2014). *Water management in irrigated rice: coping with water scarcity*. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/276849165_Water_management_in_irrigated_rice_Coping_with_water_scarcity
11. Cachipundo Ulcuango, C. J., De Jesús Requelme, N., Gualavisí Cachiguango, O. M., Sandoval Montenegro, C. E., & Sandoval Cuascota, J. L. (2017). Uso comunitario del agua y del suelo para la producción sustentable de pasturas. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 26(2), 106-118. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962017000100106
12. INEI. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. *Resultados finales*. INEI Lima Perú. Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/documentospublicos/resultadosfinalesivcenagro.pdf>
13. Cremona, M. V., & Enriquez, A. S. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. EEA Bariloche.
14. Cruz, B., J.E. Barra, R.F. Castillo y C. Gutiérrez. (2014). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosist.* 13, 90-97. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572/541>

15. Del Pozo, M. (2011). *La Alfalfa: su cultivo y su aprovechamiento; ampliada y corregida por Miguel Ibáñez G. Segunda Edición. Madrid, Ediciones Mundi- Prensa. 1976, 376 p.*
16. Espinoza, G., Servín, M., Olvera, C. A., de la Rosa, J. I., García, M., & Moreno, M. (2018). Optimización de Agua de Riego en Alfalfa (*Medicago sativa*) Utilizando Sensores de Humedad en el Suelo. *AGRICULTURA PROTEGIDA_265*, 27. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose-De-La-Rosa-6/publication/340720535_Optimizacion_De_Agua_De_Riego_En_Alfalfa_Medicago_sativa_Utilizando_Sensores_De_Humedad_En_El_Suelo/links/5e99f75b92851c2f52aa5e08/Optimizacion-De-Agua-De-Riego-En-Alfalfa-Medicago-sativa-Utilizando-Sensores-De-Humedad-En-El-Suelo.pdf
17. FAO. (2014). *Año Internacional del Arroz 2014. El arroz es vida. El Arroz y el Agua: Una Larga Historia Matizada.* Disponible en: <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja1.pdf>
18. FAO: FAOSTAT (2006). *Database Results. Food Agricultural Organization.* Disponible en: <http://faostat.fao.org>
19. FDA. (2018). *Arsenic in rice and rice products.* Disponible en: <https://www.fda.gov/food/cfsan-risk-safety-assessments/arsenic-rice-and-rice-products-risk-assessment>
20. Gaete L. (2011). *Manual de Diseño de Sistema de Riego Tecnificado. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática. Universidad de Talca.* Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2581/1/T-UC-0011-96.pdf>

21. García-Ruiz, R., V. Ochoa, B. Vi-egla, M.B. Hinojosa, R. Pe-a-Santiago, G. Liébanas, J. Linares y J.A. Carreira. (2009). Soil enzymes, nematode community and selected physico-chemical properties as soil quality indicators in organic and conventional olive oil farming: Influence of seasonality and site features. *Appl. Soil Ecol.* 41, 305-314. Doi: 10.1016/j.apsoil.2008.12.004. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139308001984>
22. Gómez, J. (2009). Establecimiento, manejo y conservación de pastos y forrajes. Ediciones Mundi-Madrid España.
23. González, A. (1995). Determinación de la calidad de los forrajes. Ciclo Internacional De Conferencias sobre Nutrición Y Manejo. La Importancia de los forrajes en la optimización económica. *Envases Especializados de la Laguna. S.A. de C.V. Gómez Palacio, Dgo.* 69-73 pp.
24. Gutiérrez, J. S., Cardona, W. A., & Monsalve, O. I. (2017). Potencial en el uso de las propiedades químicas como indicadores de calidad de suelo. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 450-458. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/5719
25. Guzmán Duchén, D., & Montero Torres, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), 87-101.
26. Infoagro. (2002). El cultivo de alfalfa. Disponible en: <https://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>
27. La Rosa, R., Macabilca, Y., Mendoza, A., & Gutiérrez, A. (2020). Respuestas de la quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) a dos condiciones de riego en costa. *The*

- Biologist*, 6(1). Disponible en:
<http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/521>
28. Martel Acosta, L. A. (2018). Efecto de los niveles de abonos foliares en el rendimiento y calidad de cultivo de Alfalfa establecida (*Medicago sativa L.*), en condiciones edafoclimáticas de Yacupunta-Huánuco, 2017. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Hermilio Valdizán – Huánuco. Disponible en:
<http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/3304/TAG%2000728%20M26.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
29. Muslera, P y Patera, A. (2011). Praderas y forrajes de producción y aprovechamiento. 2da. Ed. Ediciones Mundi Prensa. Madrid España. 217 p.
30. Onwuka, B., & Mang, B. (2018). Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Adv. Plants Agric. Res*, 8(1), 34-37.
31. Oyarzun Arrechea, M. (2015). Respuesta productiva de un cultivo de maíz (*Zea mays L. Var. dracma*) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efectos sobre la lixiviación de nitratos. Master tesis. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra – España. Disponible en:
<https://academic.e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4443/577650.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
32. Parr, J.F. y R.I. Papendick. (2007). Soil quality: relationship and strategies for sustainable dryland farming system. *Ann. Arid Zone* 36, 181-191. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/341727630_Soil_quality_relationships_and_strategies_for_sustainable_dryland_farming_systems

33. Portero, M. (2016). *Producción integrada del arroz en el sur de España*. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Fundación Caja Rural del Sur. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337159674arroz_baja.pdf
34. Quiroga Garza, H. M., & Faz Contreras, R. (2018). Incremento de la eficiencia en el uso del agua por la alfalfa mediante la suspensión de riegos en el verano. *Terra Latinoamericana*, 26(2), 111-117. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n2/v26n2a3.pdf>
35. Quispe Huallanca, R. (2017). Comparación de los componentes de riego por aspersión en la comunidad de Santa Magdalena, Ayacucho. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3153>
36. Rodríguez Jiménez, R. (2019). Comparación del sistema de riego por aspersión y gravedad en los componentes de rendimiento, germinación y macollamiento en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum L.*) variedad H328560 en la zona de Pomalca-Chiclayo-2018. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/3479>
37. Ruiz-Sánchez, M., Muñoz-Hernández, Y., & Polón-Pérez, R. (2016). Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 178-186. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000300020
38. Silva, A. (1998). La materia orgánica del suelo. Montevideo: Facultad de Agronomía. 34p.

39. Soil Quality Institute (SQI). 1996. Indicators for soil quality evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service, Washington D.C., USA. Disponible en: https://web.extension.illinois.edu/soil/sq_info/sq_eval.pdf
40. Urbina, A. (1967). Los riegos con exceso de agua arrastran los nitratos del suelo. *Investigación y Progreso Agrícola*. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/32843/NR23676.pdf?sequence=1>

ANEXOS

ANEXO A
“FOTOGRAFÍAS”



Fotografía 1: Preparación de parcela en el Caserío La Condorilla (Oxamarca), Celendín, Cajamarca.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 2: Preparación de parcela en el Caserío La Condorilla (Oxamarca), Celendín, Cajamarca.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 3: Selección de las parcelas por gravedad y por aspersión.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 4: Recojo de muestreo para identificar el tipo de suelo.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 5: Succión de agua con motobomba de cisterna a parcela.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 6: Crecimiento de la alfalfa en sus primeros días.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 7: Riego por gravedad en parcela.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 8: Riego por aspersión en parcela.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 9: Continuidad de riego por aspersión.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 10: Revisando el desarrollo de alfalfa.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 11: Desarrollo de la alfalfa.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 12: Seguimiento del desarrollo de la alfalfa.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 13: Seguimiento del desarrollo de la alfalfa.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 14: Corte de parcela de alfalfa.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 15: Cosecha de semilla de alfalfa.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B
***“ANAVA realizado para los
indicadores analizados del
suelo”***

Análisis de la varianza

pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	36	0.30	0.28	5.55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.28	1	1.28	14.80	0.0005
Tratamiento	1.28	1	1.28	14.80	0.0005
Error	2.95	34	0.09		
Total	4.24	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.19958

Error: 0.0868 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Gravedad	5.12	18	0.07	A
Aspersión	5.50	18	0.07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Materia orgánica %

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia orgánica %	36	0.32	0.30	11.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.83	1	2.83	16.28	0.0003
Tratamiento	2.83	1	2.83	16.28	0.0003
Error	5.92	34	0.17		
Total	8.75	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.28257

Error: 0.1740 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Gravedad	3.37	18	0.10	A
Aspersión	3.93	18	0.10	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CE	36	0.12	0.09	33.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	1	0.01	4.64	0.0384
Tratamiento	0.01	1	0.01	4.64	0.0384
Error	0.04	34	1.2E-03		
Total	0.05	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.02358

Error: 0.0012 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Gravedad	0.09	18	0.01	A
Aspersión	0.12	18	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CIC

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CIC	36	0.79	0.78	5.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64.80	1	64.80	125.58	<0.0001
Tratamiento	64.80	1	64.80	125.58	<0.0001
Error	17.55	34	0.52		
Total	82.35	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.48662

Error: 0.5160 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Gravedad	11.00	18	0.17	A
Aspersión	13.68	18	0.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Nitrógeno total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N total %	36	0.54	0.52	9.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	1	0.03	39.20	<0.0001
Tratamiento	0.03	1	0.03	39.20	<0.0001
Error	0.03	34	8.3E-04		
Total	0.06	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01947

Error: 0.0008 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Aspersión	0.35	18	0.01	A
Gravedad	0.29	18	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO C
***“ANAVA realizado para los
indicadores analizados de la
ALFALFA ”***

Análisis de la varianza

Materia_Seca_%

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia Seca %	36	0.39	0.37	4.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.64	1	17.64	21.53	0.0001
Tratamiento	17.64	1	17.64	21.53	0.0001
Error	27.86	34	0.82		
Total	45.50	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.61319

Error: 0.8194 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Gravedad	20.69	18	0.21 A
Aspersión	22.09	18	0.21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Ceniza_%

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ceniza %	36	0.43	0.41	10.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21.47	1	21.47	25.20	<0.0001
Tratamiento	21.47	1	21.47	25.20	<0.0001
Error	28.96	34	0.85		
Total	50.43	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.62522

Error: 0.8518 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Gravedad	7.81	18	0.22 A
Aspersión	9.36	18	0.22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fibra_Cruda_%

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra Cruda %	36	0.06	0.03	10.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.30	1	9.30	2.17	0.1502
Tratamiento	9.30	1	9.30	2.17	0.1502
Error	145.94	34	4.29		
Total	155.24	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.40347

Error: 4.2924 gl: 34

Tratamiento Medias	n	E.E.
Aspersión	18	0.49 A
Gravedad	18	0.49 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Proteína_Total_%

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína Total %	36	0.47	0.45	6.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38.23	1	38.23	29.59	<0.0001
Tratamiento	38.23	1	38.23	29.59	<0.0001
Error	43.93	34	1.29		
Total	82.16	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.77000

Error: 1.2920 gl: 34

Tratamiento Medias	n	E.E.
Gravedad	18	0.27 A
Aspersión	18	0.27 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Rendimiento_KgFV_ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento KgFV ha	36	0.27	0.25	5.57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11902500.00	1	11902500.00	12.76	0.0011
Tratamiento	11902500.00	1	11902500.00	12.76	0.0011
Error	31710788.89	34	932670.26		
Total	43613288.89	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=654.21230

Error: 932670.2614 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Gravedad	16759.44	18	227.63	A
Aspersión	17909.44	18	227.63	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Rendimiento_KgMS_ha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento KgMS ha	36	0.48	0.46	7.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2149610.48	1	2149610.48	31.13	<0.0001
Tratamiento	2149610.48	1	2149610.48	31.13	<0.0001
Error	2347726.83	34	69050.79		
Total	4497337.31	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=178.00777

Error: 69050.7891 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Gravedad	3468.34	18	61.94	A
Aspersión	3957.06	18	61.94	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO D
“Resultado de los análisis de laboratorio”



NUTPILAB

LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y BROMATOLOGÍA DE ALIMENTOS-UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.

CLIENTE: SHEYLA LOZANO – UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO (Cajamarca)

Cel.: XXXXXXXXXX

Fecha: 21/07/2022

INSUMO-MUESTRA	Humedad (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Proteína Total (%)
P – Aspersión	26.3	10.7	23.5	18.5
P – Aspersión	25.8	9.8	16.8	17.1
P – Aspersión	25.9	7.9	17.8	17.8
P – Inundación	27.1	8.6	20.0	15.4
P – Inundación	27.6	7.4	21.7	16.2
P – Inundación	28.1	8.9	18.6	16.5

INSUMO-MUESTRA	Humedad (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Proteína Total (%)
P – Aspersión	25.3	9.6	23.9	18.3
P – Aspersión	24.8	10.2	15.9	17.5
P – Aspersión	25.9	9.8	18.1	17.9
P – Inundación	26.8	8.8	19.2	15.7
P – Inundación	26.6	8.4	20.9	15.9
P – Inundación	27.1	8.2	18.7	16.3

INSUMO-MUESTRA	Humedad (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Proteína Total (%)
P – Aspersión	25.9	8.6	18.4	19.2
P – Aspersión	26.4	9.4	16.4	17.7
P – Aspersión	25.7	8.9	17.4	17.9
P – Inundación	27.1	7.1	20.1	16.1
P – Inundación	26.9	7.3	21.1	16.3
P – Inundación	27.5	7.9	18.0	16.0

INSUMO-MUESTRA	Humedad (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Proteína Total (%)
P – Aspersión	26.2	10.9	23.7	18.7
P – Aspersión	25.7	10.0	17.0	17.3
P – Aspersión	25.5	8.1	18.0	18.0
P – Inundación	27.3	8.7	20.1	15.5
P – Inundación	27.8	7.3	21.1	16.3
P – Inundación	28.3	7.0	18.7	16.6

INSUMO-MUESTRA	Humedad (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Proteína Total (%)
P – Aspersión	25.4	10.1	20.9	19.2
P – Aspersión	24.7	10.2	19.8	18.5
P – Aspersión	25.9	9.8	19.1	21.9
P – Inundación	27.1	8.7	19.2	16.7
P – Inundación	26.5	8.4	20.9	16.9
P – Inundación	27.0	8.3	19.7	17.5

INSUMO-MUESTRA	Humedad (%)	Ceniza (%)	Fibra cruda (%)	Proteína Total (%)
P – Aspersión	24.8	7.9	17.5	21.2
P – Aspersión	25.3	8.5	15.5	19.4
P – Aspersión	24.6	8.0	16.5	19.9
P – Inundación	26.0	6.2	19.2	17.9
P – Inundación	25.8	6.4	20.2	18.4
P – Inundación	26.4	7.0	17.1	18.7

Metodologías Utilizadas:

- **Humedad** :AOAC 925.09
- **Ceniza** :AOAC 942.05
- **Fibra cruda** :AOAC 962.09
- **EE** :AOAC 920.39
- **Proteína** :AOAC 928.08
- **ELN** :AOAC 923.03

UNTRM - IQBI
LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL Y
BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
ING. WILMER BERNAL M.
RESPONSABLE

UNTRM-LNABA-
DIRECCION: Ciudad Universitaria-El franco-Higos Urcu. Ce1:975406826
www.iqbi.edu.pe/www.untrm.edu.pe
CHACHAPOYAS - PE

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS, AGUAS Y PROXIMAL

Nombre : SHEYLA LOZANO PINEDO

Procedencia: Oxamarca, Celendín, Cajamarca

Fecha: 25/07/2022

Tipo de Muestra: Suelo

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Descripción de muestra	Código Laboratorio	Horizonte	pH	Materia orgánica	C.E. (1:1)	C.I.C.	N_total			
				%	dS/m	mEq/100g	%			
Aspersión	PX001-EEBI-21	A1	5.50	3.30	0.12	13.20	0.38			
Aspersión	PX002-EEBI-21	A1	5.80	3.00	0.15	12.70	0.32			
Aspersión	PX003-EEBI-21	A1	5.90	3.50	0.09	12.90	0.34			
Gravedad	PX004-EEBI-21	A1	4.80	2.70	0.10	9.30	0.32			
Gravedad	PX005-EEBI-21	A1	4.60	3.00	0.08	10.00	0.26			
Gravedad	PX006-EEBI-21	A1	5.10	3.10	0.07	11.00	0.28			

Jiron Wiracocha S/N Baños del Inca
Cajamarca- Cajamarca - Perú
T: 076-348386
P:www.gob.pe/inia
E.mail:binca@inia.gob.pe



LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS, AGUAS Y PROXIMAL

Nombre : SHEYLA LOZANO PINEDO

Procedencia: Oxamarca, Celendín, Cajamarca

Fecha: 25/07/2022

Tipo de Muestra: Suelo

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Descripción de muestra	Código Laboratorio	Horizonte	pH	Materia orgánica	C.E. (1:1)	C.I.C.	N_total			
				%	dS/m	mEq/100g	%			
Aspersión	PX001-EEBI-21	A1	5.40	4.00	0.09	14.10	0.33			
Aspersión	PX002-EEBI-21	A1	5.90	3.80	0.18	12.50	0.32			
Aspersión	PX003-EEBI-21	A1	5.80	3.80	0.12	13.00	0.33			
Gravedad	PX004-EEBI-21	A1	5.20	3.20	0.11	10.20	0.27			
Gravedad	PX005-EEBI-21	A1	4.80	3.10	0.04	10.90	0.26			
Gravedad	PX006-EEBI-21	A1	5.00	3.00	0.06	11.10	0.27			

Jiron Wiracocha S/N Baños del Inca
Cajamarca- Cajamarca - Perú
T: 076-348386
P:www.gob.pe/inia
E.mail:binca@inia.gob.pe



LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS, AGUAS Y PROXIMA

EEA. BAÑOS DEL INCA

Nombre : SHEYLA LOZANO PINEDO

Procedencia: Oxamarca, Celendín, Cajamarca

Fecha: 25/07/2022

Tipo de Muestra: Suelo

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Descripción de muestra	Código Laboratorio	Horizonte	pH	Materia orgánica	C.E. (1:1)	C.I.C.	N_total			
				%	dS/m	mEq/100g	%			
Aspersión	PX001-EEBI-21	A1	4.90	4.10	0.07	14.20	0.37			
Aspersión	PX002-EEBI-21	A1	5.20	3.80	0.14	14.00	0.37			
Aspersión	PX003-EEBI-21	A1	5.70	4.00	0.11	13.10	0.35			
Gravedad	PX004-EEBI-21	A1	5.20	3.90	0.11	11.50	0.31			
Gravedad	PX005-EEBI-21	A1	5.00	2.90	0.08	11.00	0.31			
Gravedad	PX006-EEBI-21	A1	5.10	3.40	0.09	10.70	0.29			

Jiron Wiracocha S/N Baños del Inca
Cajamarca- Cajamarca - Perú
T: 076-348386
P: www.gob.pe/inia
E: mail:binca@inia.gob.pe



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Agraria Baños del Inca
So. Marieta Cervantes Peralta
RESPONSABLE LABORATORIO DE SUELOS



Siempre
con el pueblo

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS, AGUAS Y PROXIMAL

Nombre : **SHEYLA LOZANO PINEDO**

Procedencia: Oxamarca, Celendín, Cajamarca

Fecha: 25/07/2022

Tipo de Muestra: Suelo

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Descripción de muestra	Código Laboratorio	Horizonte	pH	Materia orgánica	C.E. (1:1)	C.I.C.	N_total			
				%	dS/m	mEq/100g	%			
Aspersión	PX001-EEBI-21	A1	5.00	4.20	0.12	15.00	0.30			
Aspersión	PX002-EEBI-21	A1	5.30	3.90	0.19	14.80	0.32			
Aspersión	PX003-EEBI-21	A1	5.80	4.10	0.16	13.90	0.39			
Gravedad	PX004-EEBI-21	A1	5.30	4.00	0.16	12.30	0.24			
Gravedad	PX005-EEBI-21	A1	5.10	3.00	0.13	11.80	0.26			
Gravedad	PX006-EEBI-21	A1	5.20	3.50	0.14	11.50	0.33			

Jiron Wiracocha S/N Baños del Inca
Cajamarca- Cajamarca - Perú
T: 076-348386
P:www.gob.pe/inia
E.mail:binca@inia.gob.pe



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Agraria Baños del Inca
Dra. Mariela Ceruantes Peralta
RESPONSABLE LABORATORIO DE SUELOS



Siempre con el pueblo

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS, AGUAS Y PROXIMAL

EEA. BAÑOS DEL INCA

Nombre : SHEYLA LOZANO PINEDO

Procedencia: Oxamarca, Celendín, Cajamarca

Fecha: 25/07/2022

Tipo de Muestra: Suelo

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Descripción de muestra	Código Laboratorio	Horizonte	pH	Materia orgánica	C.E. (1:1)	C.I.C.	N_total			
				%	dS/m	mEq/100g	%			
Aspersión	PX001-EEBI-21	A1	5.20	4.50	0.05	14.10	0.39			
Aspersión	PX002-EEBI-21	A1	5.50	4.20	0.12	13.90	0.36			
Aspersión	PX003-EEBI-21	A1	6.00	4.40	0.09	13.00	0.37			
Gravedad	PX004-EEBI-21	A1	5.50	4.30	0.09	11.40	0.33			
Gravedad	PX005-EEBI-21	A1	5.30	3.30	0.06	10.90	0.30			
Gravedad	PX006-EEBI-21	A1	5.40	3.80	0.07	10.60	0.31			

Jiron Wiracocha S/N Baños del Inca
Cajamarca- Cajamarca - Perú
T: 076-348386
P: www.gob.pe/inia
E.mail: binca@inia.gob.pe



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS, AGUAS Y PROXIMAL

Nombre : SHEYLA LOZANO PINEDO

Procedencia: Oxamarca, Celendín, Cajamarca

Fecha: 25/07/2022

Tipo de Muestra: Suelo

RESULTADOS DE ANALISIS DE SUELOS

Descripción de muestra	Código Laboratorio	Horizonte	pH	Materia orgánica	C.E. (1:1)	C.I.C.	N_total			
				%	dS/m	mEq/100g	%			
Aspersión	PX001-EEBI-21	A1	5.00	4.20	0.06	14.40	0.33			
Aspersión	PX002-EEBI-21	A1	5.30	3.90	0.13	14.20	0.34			
Aspersión	PX003-EEBI-21	A1	5.80	4.10	0.10	13.30	0.30			
Gravedad	PX004-EEBI-21	A1	5.30	4.00	0.10	11.70	0.27			
Gravedad	PX005-EEBI-21	A1	5.10	3.00	0.07	11.20	0.28			
Gravedad	PX006-EEBI-21	A1	5.20	3.50	0.08	10.90	0.24			

Jiron Wiracocha S/N Baños del Inca
Cajamarca - Cajamarca - Perú
T: 076-348386
P: www.gob.pe/inia
E.mail: binca@inia.gob.pe

