

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos para manejo de pasturas
altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional
Daniel Alcides Carrión – Pasco**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach. Jaime Saul ALCANTARA HUAMAN

Bach. Ghimer Brajhan ENCARNACION AYALA

Asesor:

Dr. Alfredo Rubén BERNAL MARCELO

Cerro de Pasco - Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos para manejo de pasturas
altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional
Daniel Alcides Carrión - Pasco**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

**Mg. Fernando James ALVAREZ RODRIGUEZ
PRESIDENTE**

**MSc. Josué Hernán INGA ORTIZ
MIEMBRO**

**Mg. Alfredo Exaltación CONDOR PEREZ
MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 075-2025/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
ENCARNACION AYALA, Ghimer Brajhan
ALCANTARA HUAMAN, Jaime Saul

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Pasco

Tipo de trabajo
Tesis

Contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos para manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco

Asesor
Dr. BERNAL MARCELO, Alfredo Rubén

Índice de similitud
2 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 19 de diciembre de 2025



Firmado digitalmente por PONCE
ROSAS Fortunato Candelario FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19.12.2025 21:29:01 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

DEDICATORIA

A Dios por darme un padre que es mi fuerza y apoyo incondicional y una madre guerrera, trabajadora y valiente que siempre está para mí.

Ghimer

Este trabajo de investigación va dedicado a mis familiares, que por su sacrificio y entrega guiaron mi vida por las sendas del saber, su aliciente me ha permitido culminar con éxito esta fase de mi vida profesional.

Jaime

AGRADECIMIENTO

Queremos dejar expresa constancia de agradecimiento: Primero a Dios por la vida, salud y bienestar familiar de nuestros seres queridos y amigos por formar parte de nuestro desempeño y aporte académico. A nuestros padres, pilar fundamental de apoyo y estímulo durante esta investigación. A los docentes de la Escuela de Formación Profesional de la Carrera de Agrónoma de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por su aporte científico de impartir sus conocimientos académicos e inculcarnos principios y valores morales. Al Dr. Alfredo Rubén Bernal Marcelo, por sus consejos y asesoría en la ejecución de este Proyecto de Investigación. A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en la culminación del presente trabajo.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (Pasco) con el objetivo de evaluar la contaminación y fertilidad fisicoquímica de los suelos destinados al manejo de pasturas altoandinas. Se analizaron veinte muestras de suelo distribuidas en cuatro sectores, determinándose parámetros como pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), así como la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd). Los resultados evidenciaron una concentración promedio de Pb de 108.94 mg/kg, superior al límite establecido por el ECA-Suelo (70 mg/kg), lo cual representa un riesgo para la inocuidad forrajera y la salud animal. En contraste, el Cd registró valores promedios de 0.27 mg/kg, muy por debajo del límite de 1.4 mg/kg. En cuanto a la fertilidad física, los suelos presentaron textura franco arenosa, favorable para el desarrollo radicular, pero con baja retención de nutrientes y agua. Los análisis químicos mostraron un pH moderadamente ácido (5.88), baja CE, altos niveles de MO (7.4–12.2 %), contenido rico de N (0.23–0.55 %), P de medio a alto (6.2–16.3 mg/kg) y K de bajo a medio (101–198 mg/kg). En conjunto, los suelos de Alpacayan se clasifican como aptos para el desarrollo de pasturas altoandinas, pero requieren un manejo integral basado en la aplicación de enmiendas calcáreas, fertilización orgánica y balanceada, rotación de cultivos forrajeros y estrategias de mitigación de metales pesados, con el fin de garantizar su sostenibilidad y productividad a largo plazo.

Palabra clave: Calidad del suelo, Pasturas altoandinas, Fertilidad fisicoquímica, Metales pesados, Manejo sostenible.

ABSTRACT

This research was conducted at the Alpacayan Experimental Center of the National University Daniel Alcides Carrión (Pasco, Peru) with the aim of evaluating soil contamination and physicochemical fertility for the management of high-Andean pastures. Twenty soil samples were collected from four sectors and analyzed for pH, electrical conductivity (EC), organic matter (OM), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), as well as lead (Pb) and cadmium (Cd) concentrations. Results showed an average Pb concentration of 108.94 mg/kg, significantly above the Peruvian Environmental Quality Standard (ECA-Soil) of 70 mg/kg, representing a potential risk for forage safety and animal health. In contrast, Cd presented an average value of 0.27 mg/kg, well below the regulatory limit of 1.4 mg/kg. Regarding physical fertility, soils were predominantly sandy loam, ensuring good root development but with low nutrient and water retention capacity. Chemical fertility analysis indicated a moderately acidic pH (5.88), low EC, high OM (7.4–12.2%), rich N content (0.23–0.55%), medium to high P levels (6.2–16.3 mg/kg), and low to medium K availability (101–198 mg/kg). Overall, Alpacayan soils can be classified as suitable for high-Andean pasture development but present limitations associated with acidity, low nutrient retention, and excessive Pb accumulation. Therefore, sustainable management strategies such as liming, balanced fertilization, organic amendments, introduction of leguminous species, and remediation practices to reduce heavy metal bioavailability are required to ensure soil productivity and ecosystem resilience in the long term.

Keyword: Soil quality, High-Andean pastures, Physicochemical fertility, Heavy metals, Sustainable management.

INTRODUCCIÓN

La región altoandina del Perú se caracteriza por la presencia de ecosistemas frágiles que cumplen un papel fundamental en la sostenibilidad de la producción pecuaria y en la conservación de la biodiversidad. Entre estos ecosistemas destacan las pasturas altoandinas, que constituyen la principal fuente de forraje para alpacas, llamas y otros camélidos sudamericanos, especies que representan un recurso estratégico para la economía y la cultura de las comunidades rurales. No obstante, la productividad y calidad de estas pasturas dependen directamente de las condiciones del suelo, las cuales se ven amenazadas por factores de degradación, pérdida de fertilidad y contaminación por actividades antrópicas.

En las últimas décadas, la actividad minera, la aplicación intensiva de fertilizantes y plaguicidas, así como el sobrepastoreo, han generado impactos negativos en los suelos altoandinos. Estos factores han favorecido la acumulación de metales pesados como plomo y cadmio, además de alterar los procesos naturales que regulan la fertilidad física y química del suelo. La presencia de contaminantes no solo disminuye la productividad forrajera, sino que también representa un riesgo para la salud animal y humana, al incorporarse en la cadena trófica. Paralelamente, los suelos altoandinos, de por sí limitados en nutrientes y con condiciones climáticas extremas, muestran una progresiva pérdida de materia orgánica, reducción de la capacidad de intercambio catiónico y desequilibrios en su estructura.

El Centro Experimental Alpacayan, perteneciente a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, constituye un espacio estratégico para la investigación aplicada a la producción agropecuaria de altura. Sin embargo, la disminución en la calidad y cantidad de pasturas registradas en los últimos años evidencia la necesidad de diagnosticar de manera integral el estado actual de sus suelos. El estudio de la contaminación por metales pesados y de la fertilidad fisicoquímica se vuelve prioritario para diseñar estrategias de manejo sostenible

que garanticen la seguridad alimentaria del ganado y la resiliencia de los ecosistemas altoandinos.

En este contexto, la presente investigación busca evaluar los niveles de contaminación por plomo y cadmio, así como caracterizar los principales parámetros de fertilidad fisicoquímica de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan. Los resultados permitirán clasificar los suelos según su aptitud para el manejo de pasturas, identificando limitaciones y potencialidades para la producción forrajera. Asimismo, se pretende generar información científica que sirva de base para la implementación de prácticas de recuperación y conservación de suelos, con miras a fortalecer la sostenibilidad ganadera y contribuir a la formulación de políticas ambientales orientadas a la gestión de los recursos naturales en la región altoandina de Pasco.

De esta manera, el presente trabajo no solo se enmarca en la necesidad de abordar la problemática local del Centro Experimental Alpacayan, sino que también aporta al conocimiento científico sobre la interacción entre contaminación, fertilidad y productividad de los suelos altoandinos. Los hallazgos contribuirán a sentar bases técnicas para la toma de decisiones en investigación, extensión agraria y políticas públicas, en beneficio de la producción pecuaria y de la conservación de los ecosistemas de altura.

ÍNDICE

Páginas.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1.	Delimitación espacial.....	2
1.2.2.	Delimitación temporal	3
1.2.3.	Delimitación social	3
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Justificación de la investigación	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	8
2.2.	Bases teóricas - científicas	11
2.3.	Definición de términos básicos	22
2.4.	Formulación de hipótesis	23
2.4.1.	Hipótesis general.....	23
2.4.2.	Hipótesis específicas	23
2.5.	Identificación de variables	23
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	24

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	25
3.2.	Nivel de investigación.....	26
3.3.	Métodos de investigación	26
3.4.	Diseño de investigación	26
3.5.	Población y muestra.....	26
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	31
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	31
3.9.	Tratamiento estadístico	31
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	32

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	34
------	---------------------------------------	----

4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	35
4.3.	Prueba de hipótesis	46
4.4.	Discusión de resultados.....	47

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas.
Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	24
Tabla 2 Sectores donde se tomaron muestras de suelos	27
Tabla 3. Clasificación de suelos según pH	29
Tabla 4. Clasificación de suelos según el valor de la conductividad eléctrica (CE).	30
Tabla 5. Clasificación de suelos según materia orgánica	30
Tabla 6. Clasificación de suelos según % de nitrógeno.....	30
Tabla 7. Clasificación de suelos según contenido de fósforo	30
Tabla 8. Clasificación de suelos según contenido de potasio	31
Tabla 9. Resumen de la prueba de t para plomo y cadmio	35
Tabla 10. Resumen del pH de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan	38
Tabla 11. Resumen de la conductividad eléctrica (CE) de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan	39
Tabla 12. Resumen de la materia orgánica (%) de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan	39
Tabla 13. Resumen del nitrógeno total (%) de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan.....	40
Tabla 14. Resumen del fósforo (mg/kg) de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan	41
Tabla 15. Resumen del potasio (mg/kg) de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan	42
Tabla 16. Comparativo de parámetros de suelos de Alpacayan	42
Tabla 17. Propuesta de manejo de pasturas en suelos del Centro Experimental Alpacayan ...	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas.
Figura 1. Mapa de ubicación del Centro Experimental Alpacayan	2
Figura 2. Mapa satelital del Centro Experimental Alpacayan	3
Figura 3. Mapa del centro experimental Alpacayan	28
Figura 4. Tipos de suelo en el centro experimental Alpacayan	37
Figura 5. Comparación de parámetros de suelo Apacayan vs referencia	43

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El Centro Experimental Alpacayan, de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, está situado en la región altoandina de Pasco, donde la ganadería de camélidos sudamericanos representa una actividad económica y cultural de gran relevancia. Sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado una disminución en la productividad de las pasturas, asociada a problemas de degradación y pérdida de calidad de los suelos. Esta situación obedece a dos factores principales: la contaminación por metales pesados y la reducción de la fertilidad fisicoquímica del suelo. Por un lado, la actividad minera, históricamente predominante en la región, ha favorecido la acumulación de elementos tóxicos como cadmio y plomo, que alteran las propiedades del suelo y limitan el desarrollo vegetal. La presencia de estos metales pesados no solo afecta la disponibilidad de nutrientes, sino que también representa un riesgo para la salud animal y humana al incorporarse en la cadena alimentaria (Jara-Peña et al., 2014).

Por otro lado, las condiciones edáficas de los suelos altoandinos, caracterizados por baja disponibilidad de nutrientes, alta acidez y limitada materia orgánica, se ven

agravadas por prácticas de sobrepastoreo y uso inadecuado de insumos agrícolas. Esto acelera la degradación física y química del suelo, reduciendo la capacidad de sostener pasturas de calidad para el ganado (Molina & Moreno, 2017). La pérdida de fertilidad fisicoquímica, expresada en bajos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, afecta directamente la productividad forrajera y la sostenibilidad ganadera en zonas de altura (Cruz et al., 2004). En este contexto, la problemática central en el Centro Experimental Alpacayan radica en la falta de un diagnóstico integral sobre los niveles de contaminación y el estado de la fertilidad de los suelos destinados al manejo de pasturas. Sin esta información, resulta difícil implementar prácticas de recuperación y conservación, así como diseñar estrategias de manejo sostenible que permitan garantizar la seguridad alimentaria de los camélidos y la resiliencia de los ecosistemas altoandinos (Torres, 2017).

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Esta investigación se llevó a cabo en Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión provincia y Región Pasco.

Figura 1. Mapa de ubicación del Centro Experimental Alpacayan

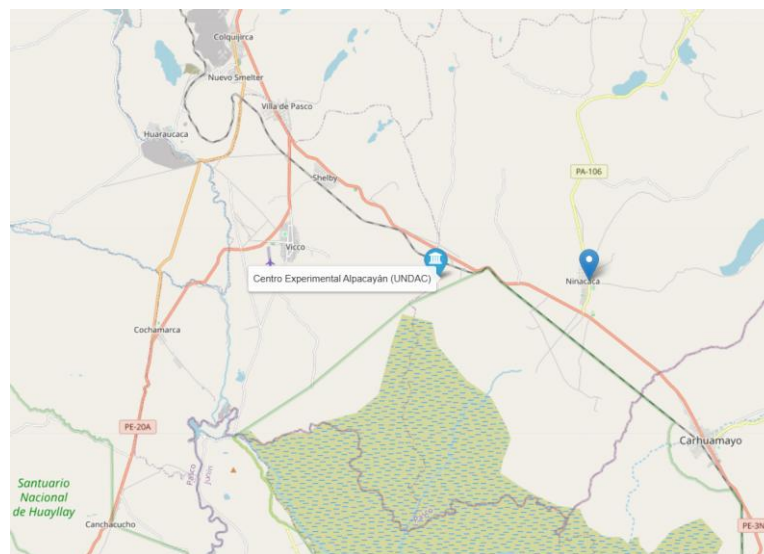


Figura 2. *Mapa satelital del Centro Experimental Alpacayan*



1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo durante los meses de julio del 2023 al mes de noviembre del 2023.

1.2.3. Delimitación social

Para la ejecución de la presente investigación se trabajó con el asesor y los tesisistas.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la Contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos para manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuál es el nivel de cadmio y plomo en suelos del Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco?

¿Cuál es la fertilidad física de suelos para el manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco?

¿Cuál es la fertilidad química de suelos para el manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco?

¿Cuál sería la clasificación de suelos para manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos para manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el nivel de cadmio y plomo en suelos del Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco.
- Evaluar la fertilidad física de suelos para el manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco.
- Evaluar la fertilidad química de suelos para el manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Pasco.

- Proponer la clasificación de suelos para el manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión - Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

- **Preservación del ecosistema altoandino:** La región altoandina posee ecosistemas de gran valor ecológico y biodiversidad, altamente frágiles y vulnerables. La crianza de alpacas y otros camélidos sudamericanos constituye una actividad ancestral y fundamental para las comunidades locales, aportando a su sostenimiento económico y cultural. Esta investigación busca comprender los efectos de la contaminación y la pérdida de fertilidad del suelo sobre estos ecosistemas, con el fin de generar propuestas que permitan su conservación y el desarrollo de prácticas sostenibles en el manejo de pasturas.
- **Sostenibilidad de la producción ganadera:** La ganadería altoandina es una fuente relevante de ingresos y desarrollo socioeconómico para las comunidades de Pasco. La calidad y disponibilidad de pasturas son determinantes para mantener la productividad y rentabilidad del sistema ganadero. Evaluar la contaminación y la fertilidad fisicoquímica de los suelos permitirá establecer prácticas de manejo adecuadas y diseñar estrategias de recuperación que garanticen la sostenibilidad de la producción en el largo plazo.
- **Impacto en la salud humana:** La contaminación del suelo puede trasladarse a la cadena trófica a través del agua, los cultivos y el forraje, generando riesgos potenciales para la seguridad alimentaria y la salud de las poblaciones rurales que dependen de estos recursos. Analizar los niveles de contaminantes en los suelos del Centro Experimental Alpacayan permitirá dimensionar el riesgo y proponer

medidas de mitigación orientadas a reducir las amenazas a la salud de las comunidades locales.

- Soporte para políticas y regulaciones ambientales: Los resultados de la investigación constituirán una base científica para el diseño y fortalecimiento de políticas públicas relacionadas con la gestión y protección del medio ambiente en zonas altoandinas. La identificación de fuentes de contaminación y la caracterización de la fertilidad del suelo facilitarán la toma de decisiones informadas por parte de instituciones y autoridades competentes.
- Aporte al conocimiento científico: El estudio aborda una problemática relevante en un ecosistema singular de la región altoandina. Los hallazgos contribuirán al enriquecimiento del conocimiento científico en materia de suelos, contaminación y fertilidad, generando información de utilidad para investigaciones futuras y para la implementación de proyectos de manejo sostenible de pasturas en ambientes similares.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Acceso a laboratorios especializados: La Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión no cuenta con laboratorios acreditados para realizar todos los análisis especializados de suelos (metales pesados y parámetros fisicoquímicos), lo que obliga a enviar las muestras a instituciones externas, generando retrasos y costos adicionales.
- Disponibilidad de información científica: La falta de suscripción institucional a bases de datos científicas de alto impacto (EBSCO, Taylor & Francis, SAGE, Wiley, entre otras) limita el acceso a literatura actualizada, lo que podría restringir la revisión de antecedentes y la comparación de resultados con estudios internacionales recientes.

- Condiciones ambientales y logísticas: Las características climáticas extremas de la región altoandina, así como la lejanía del Centro Experimental Alpacayan, pueden dificultar la recolección oportuna de muestras y afectar la representatividad de los resultados obtenidos en el trabajo de campo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En el Centro Experimental de Alpacayan no se han desarrollado investigaciones referentes a la fertilidad fisicoquímica de los suelos. Sin embargo, en otros lugares existen investigaciones referentes a ello:

Huamán et al. (2021) en la investigación “Influencia de la altitud y características del suelo en la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de pastos naturales altoandinos”, se estudiaron especies como *Stipa*, *Festuca* y *Calamagrostis*, se sacaron setenta y tres muestras de suelo a una profundidad de 20 centímetros, a una altitud de 4 mil a 4 mil cuatrocientos msnm, el carbono orgánico se determinó por oxidación, los resultados muestran que no hay diferencia en las muestras estudiadas y según se incrementa la altura existe mayor acumulación de carbono y materia orgánica, recomienda la restauración de pastos naturales, para evitar la pérdida de carbono del suelo.

Molina et al. (2017) en la investigación “Evaluación de las propiedades fisicoquímicas en diferentes usos y manejo de suelo, región Altoandina”, se evaluaron

sistemas con *Morella pubescens*, *Alnus acuminata*, monocultivo de papa *Solanum tuberosum*, kikuyo *Pennisetum clandestinum* y bosque secundario. Se realizaron análisis de varianza, análisis clúster y prueba de Tukey, los resultados muestran variabilidad en materia orgánica, nitrógeno, carbono, Capacidad de Intercambio Catiónico CIC, manganeso y humedad. La materia orgánica llegó hasta 16 % en sistema con bosque e influye en el pH y la infiltración, la materia orgánica es un buen indicador de las características físico-químicas del suelo.

Pahuara y Zuñiga (2002) en la investigación “Efecto del fósforo sobre la población microbiana en suelos con pasturas en la zona altoandina de Junín”, se aplicó 80 kg/ha de fósforo al suelo en cultivos como Rye/Grass/trebol se incrementa el *Rhizobium* y *Azotobacter* en suelos con fósforo, en mayo y julio la población de microorganismos baja debido al frío, y las poblaciones altas en enero y noviembre. El peso seco fue mayor en el tratamiento con fósforo, *Rhizobium* y *Azotobacter* fijan el nitrógeno del ambiente.

Chaparro y Najera (2022) caracterizaron suelos agrícolas en base a propiedades fisicoquímicas y NPK en Chacayan-Pasco, se tomaron 20 muestras de suelo que fueron enviadas al laboratorio del INIA Donoso Huaral, los resultados muestran suelos francos y franco limoso, el pH entre neutro y ligeramente ácido, materia orgánica entre media a baja, nitrógeno, fosforo y potasio diverso desde bajo hasta alto, por lo que recomiendan usar dosis alta de NPK para el cultivo de papa de 150-130-150.

Rojas et al. (2017) en la investigación calidad de suelo aplicado a la producción de cucurbitáceas en Argentina mencionan que se debe evaluar el carbono orgánico del suelo, el nitrógeno total, fosforo y potasio y la densidad aparente, con estos parámetros se puede realizar un manejo sostenible del suelo, también identificaron contenido bajo

de materia orgánica en suelos con cucurbitáceas y reportan un peligro de erosión especialmente eólica.

Prieto et al. (2013) estudiando indicadores para la calidad de suelos en el cultivo de cebada, se diseñaron 8 indicadores con escalas de 0 a 1, independientemente de los valores obtenidos en los análisis de suelo, se encontró un promedio general de 0.48 lo cual indica una calidad moderada. Reportaron poca cantidad de carbono orgánico lo cual está reflejado en la pobre materia orgánica, la estabilidad de agregados es afectada, también la infiltración y la densidad aparente, estos resultados muestran la predisposición de estos suelos a la erosión, convirtiéndose en superficiales.

Villareal et al. (2012) realizaron un monitoreo de la fertilidad de suelos por medio de análisis en laboratorio en suelos de Panamá, estudiaron siete distritos y se determinaron pH, materia orgánica, saturación de aluminio, suma de bases, disponibilidad de fósforo y microelementos, se evaluó diez muestras por zona, descubrieron que los suelos están acidificados, con alto contenido de aluminio, pobre contenido de materia orgánica por lo que los suelos se encuentran próximos a la degradación.

Torres (2017) menciona que El análisis de suelos es una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad del suelo, su capacidad productiva y es la base para definir la dosis de nutrientes a aplicar. Para que el dato analítico reportado por el laboratorio sea útil, es imprescindible realizar un adecuado muestreo de suelos, ya que en esta etapa es donde se define la exactitud de los resultados del análisis de suelos. En este artículo se presentan y discuten los principales beneficios del análisis de suelos y los pasos para realizar un adecuado muestreo de suelos para diagnóstico de fertilidad.

Etchevers (1999) es la investigación sobre técnicas de diagnóstico de la fertilidad de suelos recomienda que para obtener altos rendimientos en los cultivos es

necesario monitorear los suelos, menciona que los nutrientes deben estar disponibles en el suelo antes de la siembra y en cada etapa del cultivo, es por eso que el análisis de suelo es importante para planificar los altos rendimientos y además es complementario los análisis foliares, sin embargo, el rendimiento también es influenciado por condiciones ambientales.

Rolando et al. (2018) investigaron los efectos del cambio de uso de suelo sobre la fertilidad y el ciclo de nutrientes en los pastizales de la puna altoandina del Perú. Compararon suelos de praderas nativas con suelos destinados al cultivo de maca y pasturas perennes. Encontraron que la mineralización de nitrógeno, el fósforo extractable (Bray-1) y el potasio aumentaron en suelos recién convertidos a cultivo de maca, atribuible a la labranza y al uso inicial de estiércol y residuos vegetales. Por otro lado, los sistemas de pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas mostraron una mejora sostenida de la fertilidad, alentada por el aumento de nitrógeno en el suelo y la mejora de la estructura edáfica a largo plazo. Este trabajo subraya la importancia de restaurar la cobertura vegetal tras cultivos anuales y promover sistemas perennes como estrategia para mantener o mejorar la fertilidad en los ecosistemas de la puna.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Suelos altoandinos contaminados por metales pesados

Jara-Peña et al. (2014) manifiesta que los suelos altoandinos contaminados por metales pesados son aquellos que han sido afectados por la presencia excesiva de elementos metálicos tóxicos, como el plomo, el cadmio, el mercurio, el arsénico, entre otros. Estos metales pesados provienen principalmente de actividades mineras, industriales y agrícolas, así como de la contaminación atmosférica.

Martinez-Manchego (2021) se presenta un resumen de los principales puntos relacionados con los suelos altoandinos contaminados por metales pesados:

Fuentes de contaminación: La principal fuente de contaminación por metales pesados en los suelos altoandinos es la minería, que a menudo implica la extracción y procesamiento de minerales ricos en estos elementos. Los residuos mineros y las prácticas de lixiviación de minerales liberan metales pesados en el suelo. También puede haber contaminación relacionada con la industria, especialmente en zonas cercanas a centros urbanos, así como por el uso de agroquímicos y pesticidas en la agricultura.

Acumulación y persistencia: Los metales pesados tienen una alta capacidad de acumulación en el suelo, lo que significa que pueden persistir durante largos períodos de tiempo, incluso décadas o siglos. Esta acumulación con el tiempo aumenta la concentración de metales tóxicos en los suelos, afectando la calidad del suelo y su capacidad para sostener la vida vegetal y microbiana.

Efectos en el suelo y la biodiversidad: La presencia de metales pesados en los suelos afecta su estructura, retención de nutrientes y actividad microbiana. Esto puede llevar a la pérdida de fertilidad y disminución de la biodiversidad, ya que muchas especies vegetales y animales no pueden sobrevivir en ambientes contaminados por estos elementos tóxicos.

Impacto en la salud humana: Los metales pesados pueden ser absorbidos por las plantas y, posteriormente, llegar a la cadena alimentaria, afectando a los animales y a las personas que consumen estos productos contaminados. La exposición a metales pesados puede tener efectos negativos en la salud humana, causando problemas neurológicos, daño renal, trastornos del desarrollo y otros problemas de salud graves.

Desafíos de remediación: La remediación de suelos altoandinos contaminados por metales pesados es un desafío complejo debido a la persistencia de los metales y las dificultades logísticas asociadas con las zonas remotas y de difícil acceso en la

montaña. La restauración de estos suelos requiere técnicas específicas y sostenibles para reducir las concentraciones de metales tóxicos y restaurar la salud del ecosistema. Chacón y Marcatoma (2021) señalan la importancia de la prevención: La prevención de la contaminación por metales pesados es fundamental para proteger los suelos y los ecosistemas altoandinos. El control de las actividades mineras y la implementación de prácticas sostenibles en la industria y la agricultura son cruciales para evitar la liberación excesiva de metales tóxicos en el suelo.

2.2.2. El suelo

Acosta (2007) menciona que un suelo agrícola es aquel que se utiliza para la producción de cultivos y alimentos. Es un tipo de suelo que ha sido modificado y manejado de manera específica para satisfacer las necesidades de las plantas cultivadas. Características de un suelo agrícola:

Fertilidad: Un suelo agrícola debe tener una adecuada fertilidad, es decir, contar con los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los nutrientes más importantes para las plantas son el nitrógeno, fósforo y potasio, pero también se requieren otros micronutrientes como el hierro, zinc, manganeso, entre otros.

Textura y estructura: La textura del suelo se refiere al tamaño de las partículas (arena, limo y arcilla) y tiene un impacto en la capacidad de retención de agua y nutrientes. La estructura se relaciona con cómo se agrupan y organizan las partículas, afectando la permeabilidad y el drenaje del suelo.

pH y acidez: El pH del suelo es una medida de su acidez o alcalinidad. Un pH adecuado para la mayoría de los cultivos se sitúa entre 6 y 7, aunque puede variar según el tipo de cultivo y las condiciones específicas.

Retención y disponibilidad de agua: Un suelo agrícola debe tener la capacidad de retener y suministrar agua a las plantas. La capacidad de retención de agua está influenciada por la textura y estructura del suelo, mientras que la disponibilidad de agua depende de la cantidad y distribución de las precipitaciones y del riego aplicado.

Aireación y drenaje: Un suelo agrícola debe permitir una adecuada aireación de las raíces de las plantas, lo cual es esencial para la respiración de las mismas. Además, debe contar con un buen drenaje para evitar encharcamientos y problemas relacionados con el exceso de agua en el suelo.

Contenido de materia orgánica: La presencia de materia orgánica en el suelo es fundamental para mantener su fertilidad y mejorar su estructura. La materia orgánica actúa como fuente de nutrientes, mejora la retención de agua y promueve la actividad de microorganismos beneficiosos en el suelo.

2.2.3. Muestreo de suelos

Serrano et al (2017) recomiendan tener en cuenta lo siguiente:

Planificación: Determine el objetivo del muestreo, como evaluar la fertilidad del suelo, identificar posibles problemas o determinar la necesidad de fertilizantes. Defina las unidades de muestreo, que pueden ser áreas homogéneas o zonas específicas dentro del campo.

Herramientas necesarias: Prepare las herramientas necesarias, que pueden incluir una pala, un cuchillo afilado, un balde limpio, bolsas de muestreo, etiquetas y una libreta para registrar la información.

División del área: Divida el área en unidades de muestreo. Estas unidades deben representar áreas homogéneas en términos de uso, cultivo anterior, textura del suelo y topografía, entre otros factores relevantes.

Toma de muestras: Seleccione puntos de muestreo aleatorios dentro de cada unidad y evite áreas atípicas, como linderos o zonas con problemas específicos. Para cada punto de muestreo, siga estos pasos:

- a. Retire la vegetación superficial y cualquier material extraño en la superficie del suelo.
- b. Con una pala o cuchillo, excave una zanja en forma de V o un hoyo de aproximadamente 15 a 20 cm de profundidad.
- c. Tome una porción representativa del suelo desde diferentes capas dentro de la zanja. Se recomienda recolectar al menos 10 a 15 submuestras en forma de "X" o "W" a lo largo de la zanja.
- d. Combine todas las submuestras en un balde limpio y mezcle bien para obtener una muestra compuesta representativa.

Etiquetado y registro: Etiquete cada muestra de suelo con información relevante, como la ubicación de la muestra, el número de la unidad de muestreo y cualquier otra observación importante. Registre los datos en una libreta o formulario, incluyendo información sobre la profundidad de muestreo, el cultivo anterior, el historial de fertilización, etc.

Almacenamiento y envío: Coloque cada muestra de suelo en una bolsa de muestreo adecuada, asegurándose de que esté bien sellada para evitar la contaminación o pérdida de la muestra. Almacene las muestras en un lugar fresco y seco hasta que puedan ser enviadas a un laboratorio de análisis de suelo.

2.2.4. Calidad o fertilidad de suelo

Cruz et al. (2004) manifiesta que para considerar un suelo de calidad debe cumplir las siguientes consideraciones:

Fertilidad química: Se analizan los niveles de nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y varios micronutrientes. Los análisis químicos también pueden evaluar el pH del suelo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la materia orgánica y la presencia de sales o compuestos tóxicos.

Estructura del suelo: Se observa la agregación y el grado de compactación del suelo. Un suelo bien estructurado permite un buen drenaje, una adecuada retención de agua y aireación para las raíces de las plantas.

Textura del suelo: Se refiere a la proporción relativa de partículas de arena, limo y arcilla en el suelo. Una buena textura del suelo permite una buena retención de agua y nutrientes, así como una buena aireación.

Materia orgánica: La presencia de una cantidad adecuada de materia orgánica en el suelo es indicativa de su calidad. La materia orgánica mejora la estructura, la retención de agua, la fertilidad y la actividad biológica del suelo.

Actividad biológica: Se evalúa la presencia y diversidad de organismos del suelo, como bacterias, hongos, nematodos y lombrices. Una actividad biológica saludable es importante para la descomposición de la materia orgánica, la formación de agregados y la disponibilidad de nutrientes.

Retención y disponibilidad de agua: Se observa la capacidad del suelo para retener y suministrar agua a las plantas. Un suelo fértil debe tener una buena capacidad de retención de agua, evitando tanto el exceso de humedad como la sequedad extrema.

2.2.5. Pasturas altoandinas

a. Características

Farfán y Farfán (2012) manifiesta que los pastos altoandinos, también conocidos como pajonales, son ecosistemas de montaña que se encuentran

en las regiones altas de los Andes en América del Sur. Estos pastizales se desarrollan en altitudes que van desde aproximadamente 3,000 hasta 4,500 metros sobre el nivel del mar. Sus principales características son:

Flora: Los pastos altoandinos están dominados por una variedad de especies herbáceas adaptadas a las condiciones de altitud, clima y suelo de la región. Entre las plantas más comunes se encuentran diversas especies de gramíneas, líquenes y musgos.

Clima: Debido a su ubicación en altitudes elevadas, los pastos altoandinos experimentan un clima frío durante la mayor parte del año. Las temperaturas suelen ser bajas, y las variaciones entre el día y la noche pueden ser significativas. Además, las precipitaciones son importantes para mantener la vegetación, pero varían según la ubicación y la temporada.

Biodiversidad: A pesar de las condiciones extremas, los pastizales altoandinos albergan una variedad de especies adaptadas a este hábitat. Se pueden encontrar diversas aves, roedores y otras especies de animales que han evolucionado para sobrevivir en estas condiciones.

Importancia ecológica: Estos pastizales son vitales para el equilibrio ecológico de la región. Actúan como una fuente de agua y alimento para diversas especies de animales, así como un área importante para la conservación de la biodiversidad.

Impacto humano: Los pastos altoandinos han sido utilizados históricamente por comunidades locales para la ganadería y la agricultura en áreas adecuadas para el cultivo. Sin embargo, la sobreexplotación de estos ecosistemas y el cambio climático plantean desafíos para su conservación y preservación.

Debido a su belleza y valor ecológico, los pastos altoandinos también son atractivos para el turismo sostenible y la investigación científica, lo que contribuye a su conservación y protección. Sin embargo, es importante equilibrar las actividades humanas con la preservación de estos frágiles ecosistemas para asegurar su supervivencia a largo plazo.

b. Especies de pastos altoandinos en la región Pasco

Sánchez (2019) menciona que la región de Pasco en Perú alberga una variedad de especies de pastos altoandinos adaptadas a las condiciones climáticas y de altitud específicas de la zona. A continuación, se menciona algunas de las especies más representativas que podrían encontrarse en los pastos altoandinos de Pasco:

Ichu (*Stipa ichu*): Es una de las especies más comunes en los pastizales altoandinos de la región. Esta gramínea forma densos pajonales que proporcionan alimento para el ganado y la fauna local.

Puya raimondii: No es exactamente un pasto, sino una planta de la familia de las bromeliáceas. Sin embargo, es importante mencionarla debido a su relevancia en la región. Es conocida como "queñual" y es una planta gigante que puede alcanzar hasta 12 metros de altura. Sus hojas forman rosetas que almacenan agua y proporcionan hábitat para diversas especies de animales.

Festuca dolichophylla: Es una especie de gramínea adaptada a las condiciones de altura y frío. Es una fuente importante de alimento para el ganado y animales silvestres.

Calamagrostis vicunarium: Esta especie de pasto es nativa de los pastizales altoandinos y también es una fuente significativa de alimento para la fauna local.

Festuca orthophylla: Otra especie de festuca que se encuentra en los pastos altoandinos de Pasco.

Lupinus spp.: Algunas especies de lupino son nativas de los pastizales de alta montaña y también contribuyen a la biodiversidad y el equilibrio del ecosistema.

Estas son solo algunas de las especies de pastos altoandinos que se pueden encontrar en la región de Pasco en Perú. Es importante destacar que la biodiversidad varía dependiendo de la altitud, el clima y la geografía específica de cada área, por lo que es probable que existan muchas otras especies adaptadas a las condiciones locales. Además, la conservación de estos ecosistemas es esencial para proteger la flora y fauna única que se encuentra en ellos.

c. Pradicultura

La pradicultura se refiere a la práctica de cultivar y manejar pastizales naturales o artificiales, también conocidos como praderas, con el objetivo de producir forraje para el ganado u otros animales herbívoros. Es una forma de agricultura que se enfoca en la producción y gestión de pastos de alta calidad nutricional para el consumo animal.

Los pastos son una fuente esencial de alimento para el ganado, proporcionando nutrientes necesarios para su crecimiento y mantenimiento. La pradicultura implica una serie de prácticas agrícolas destinadas a

mejorar la productividad y la calidad del forraje disponible para el ganado.

Algunas de estas prácticas incluyen:

Selección de especies de pasto adecuadas: Se eligen especies de pasto que sean apropiadas para la región y que ofrezcan un buen valor nutricional para los animales que se pretende alimentar.

Siembra y establecimiento: Se llevan a cabo técnicas de siembra y establecimiento para asegurar un buen crecimiento y desarrollo de los pastizales.

Fertilización: Se aplican fertilizantes para mejorar la calidad y la cantidad de la producción de forraje.

Manejo del pastoreo: Se controla y gestiona el pastoreo de los animales para evitar el sobrepastoreo y permitir que los pastos se recuperen adecuadamente.

Control de malezas: Se llevan a cabo prácticas para controlar el crecimiento de malezas que puedan competir con los pastos y reducir su calidad.

Riego: En áreas donde es necesario, se puede realizar riego para mantener la humedad del suelo y favorecer el crecimiento de los pastos.

La pradicultura es una actividad importante en la producción de alimentos para el ganado en la ganadería y en la industria lechera. Un adecuado manejo de los pastizales puede mejorar la productividad y sostenibilidad de las explotaciones ganaderas, al tiempo que contribuye a la conservación del suelo y el medio ambiente.

2.2.6. Clasificación de suelos para pastos altoandinos

Ruiz (2022) menciona que los suelos para pastos altoandinos deben ser adecuados para soportar las condiciones extremas y la altitud característica de este tipo de ecosistemas. Estas áreas generalmente se encuentran a elevadas altitudes en los Andes y presentan condiciones climáticas frías, con cambios significativos de temperatura y precipitaciones variables. Para que los pastos altoandinos puedan desarrollarse de manera óptima, los suelos deben cumplir con ciertas características:

Drenaje adecuado: Los suelos deben tener un buen drenaje para evitar la acumulación de agua, especialmente debido a las frecuentes lluvias y el derretimiento de nieves. El exceso de humedad puede ser perjudicial para el desarrollo de las plantas.

pH adecuado: Los suelos para pastos altoandinos deben tener un pH ligeramente ácido a neutro, generalmente en el rango de 5.5 a 7.0. Esto es esencial para el correcto crecimiento de las especies vegetales propias de estos pastizales.

Textura equilibrada: La textura del suelo debe ser equilibrada, con una buena proporción de arena, limo y arcilla. Esto ayuda a que el suelo retenga la humedad de manera adecuada y favorezca el crecimiento de las plantas.

Nutrientes suficientes: Los suelos deben tener una cantidad adecuada de nutrientes para que las plantas encuentren los elementos esenciales para su crecimiento. La disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y otros micronutrientes es fundamental.

Buena materia orgánica: La presencia de materia orgánica en el suelo mejora su estructura y capacidad para retener nutrientes y agua. Además, favorece la actividad microbiana que contribuye a la descomposición y reciclaje de nutrientes.

Resistencia a la erosión: Dado que los pastos altoandinos están expuestos a fuertes vientos y a veces a fuertes precipitaciones, es importante que los suelos sean resistentes a la erosión para evitar la pérdida de tierra y nutrientes.

Adaptación a altitud y frío: Los suelos deben estar adaptados a las condiciones de altitud y frío propias de los pastos altoandinos, ya que estas condiciones pueden afectar la descomposición de la materia orgánica y la actividad microbiana.

El manejo adecuado de los suelos en los pastos altoandinos es esencial para mantener la productividad y la sostenibilidad de estos ecosistemas, así como para proteger la biodiversidad y conservar el equilibrio del ambiente.

2.3. Definición de términos básicos

Calidad de suelo

Se refiere a la capacidad del suelo para satisfacer las necesidades de los cultivos y mantener su productividad a largo plazo.

Fertilidad de suelo

Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que permiten al suelo dotar a las plantas de nutrientes necesarios para su desarrollo.

Contaminación de suelos

La contaminación de suelos por metales pesados se refiere a la acumulación excesiva y dañina de elementos metálicos tóxicos en el suelo, que provienen principalmente de actividades humanas como la minería, la industria, la agricultura intensiva y la liberación de desechos. Estos metales pesados incluyen elementos como el plomo, el cadmio, el mercurio, el arsénico, el cromo, el zinc, entre otros.

Pasturas altoandinas

Las pasturas altoandinas son ecosistemas de montaña que se encuentran en las regiones altas de los Andes en América del Sur. Son áreas donde predominan especies

herbáceas adaptadas a las condiciones extremas de altitud, frío y escasa disponibilidad de nutrientes. Estas pasturas son importantes para la ganadería y la conservación de la biodiversidad en las zonas de alta montaña.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos para manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Pasco no es adecuada.

2.4.2. Hipótesis específicas

- El nivel de cadmio y plomo en suelos del Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Pasco supera el límite máximo permitido.
- La fertilidad física de suelos para el manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Pasco es baja.
- La fertilidad química de suelos para el manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Pasco es baja.

2.5. Identificación de variables

- **Variable 1:** manejo de pasturas altoandinas.
- **Variable 2:** La contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos.
- **Variable interviniente:** condiciones ambientales de Centro Experimental Alpacayan.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Indicador	Unidad de medida
Variable 1: manejo de pasturas altoandinas.	• Contaminación Nivel de Cadmio Nivel de plomo	ppm ppm
Variable 2: La contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos.	• Fertilidades fisicoquímicas de suelos Clase textural pH Conductividad	% Unidad de pH mS/m
Variable interviniente: condiciones ambientales de Centro Experimental Alpacayan	Materia Orgánica Nitrógeno total Fosforo Potasio • Clasificación de suelos para manejo de pasturas	% % ppm ppm Propuesta

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo aplicada, ya que busca generar conocimientos útiles y transferibles para resolver un problema concreto: la contaminación y la fertilidad fisicoquímica de los suelos destinados al manejo de pasturas altoandinas en el Centro Experimental Alpacayan. Según Hernández y Baptista (2010), la investigación aplicada se orienta a la búsqueda de soluciones prácticas basadas en la teoría, con el fin de responder a necesidades específicas de la sociedad o del entorno.

En este caso, el trabajo no se limita únicamente a describir las características de los suelos, sino que también propone lineamientos técnicos de manejo sostenible, lo que fortalece su carácter aplicado. El enfoque se centra en evaluar parámetros de contaminación (niveles de plomo y cadmio) y de fertilidad (textura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio), con el propósito de generar información que permita mejorar la producción de pasturas altoandinas, salvaguardar la salud animal y humana, y contribuir a la conservación de los ecosistemas.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue descriptivo. Se considera descriptivo porque se identificaron, midieron y caracterizaron los principales parámetros de contaminación (plomo y cadmio) y de fertilidad fisicoquímica (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y textura) de los suelos del Centro Experimental Alpacayan. De acuerdo con Hernández y Baptista (2010).

3.3. Métodos de investigación

Se usó el método científico y de observación en campo, se dedujo que el mal manejo de suelos conduce al bajo rendimiento de pastos altoandinos.

3.4. Diseño de investigación

Hernández y Baptista (2010) mencionan que el diseño de investigación es la estrategia que permite organizar de manera coherente el proceso de recolección y análisis de datos para responder al problema planteado. En este estudio se utilizó un diseño no experimental, de tipo descriptivo transversal, ya que no se manipularon las variables, sino que se observaron y analizaron en su estado natural, evaluando la contaminación por plomo y cadmio y la fertilidad fisicoquímica de los suelos en un solo momento temporal. Este diseño permitió caracterizar la situación actual de los suelos del Centro Experimental Alpacayan.

3.5. Población y muestra

Población

Hernández y Baptista (2010) explican que la población está conformada por el conjunto total de elementos con características comunes que son objeto de estudio, mientras que la muestra corresponde a una parte representativa de dicha población de la cual se obtienen los datos. En esta investigación, la población estuvo constituida por

todos los suelos del Centro Experimental Alpacayan de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Muestra

La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico, extrayéndose un total de 20 muestras distribuidas en cuatro sectores (A, B, C y D). En cada sector se recolectaron cinco muestras representativas de los campos de pasturas altoandinas, las cuales fueron homogenizadas 10 sub muestras, para obtener 1.0 kg de suelo, que posteriormente fue enviado al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA-Huancayo) para el análisis fisicoquímico y de metales pesados.

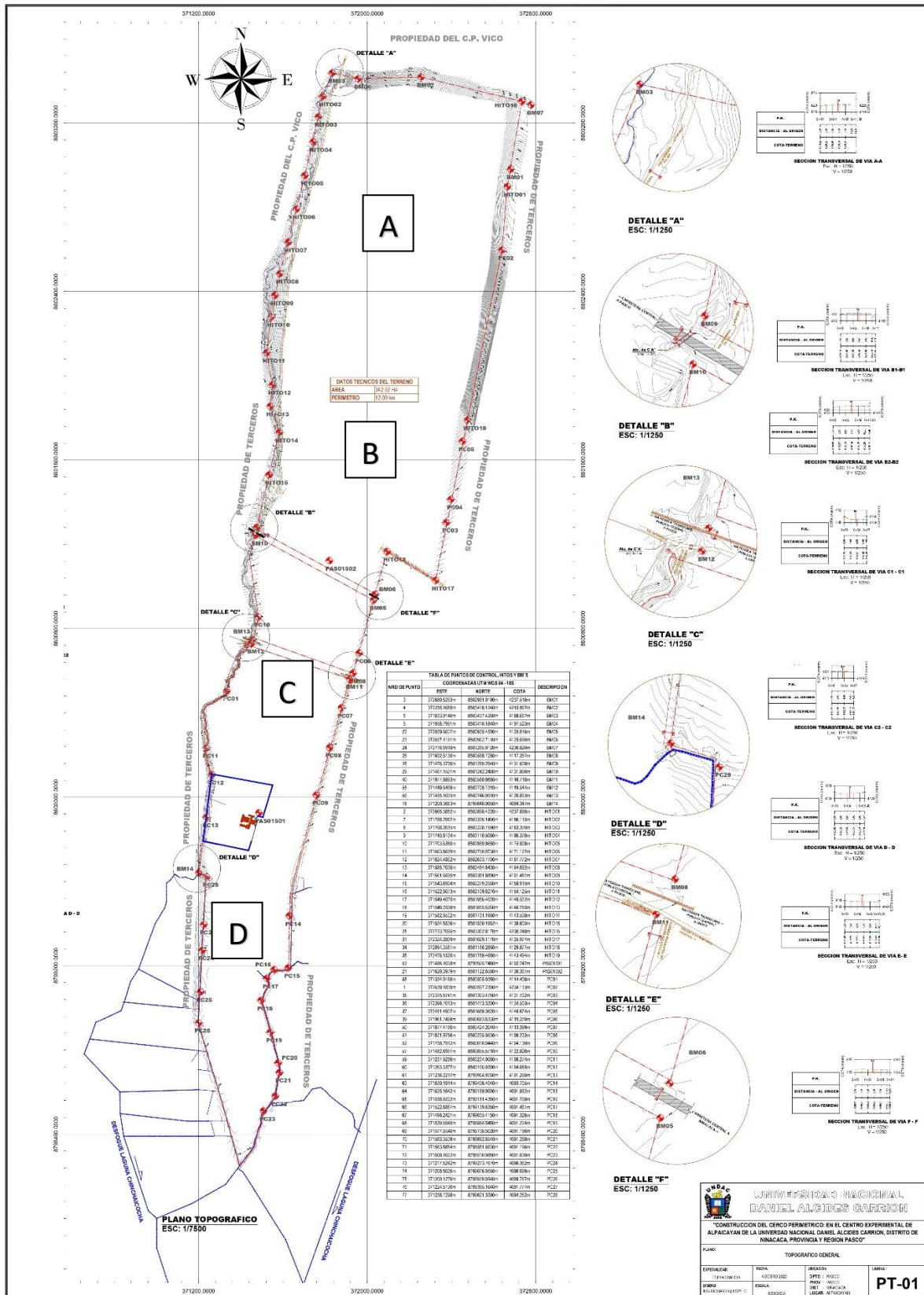
Tabla 2 *Sectores donde se tomaron muestras de suelos*

Sectores	N° de muestras
1. Sector A	05
2. Sector B	05
3. Sector C	05
4. Sector D	05
Total, de muestras	20

* Se ha recorrido 10 hectáreas por cada muestra (Agronegocios, 2022).

De cada sector se seleccionaron 05 sub muestras de campos representativos donde se desarrollan pastos altoandinos. Para el análisis de fertilidad de suelo, y contenido de cadmio y plomo, las muestras fueron enviadas al Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Huancayo para el análisis físico químico (Clase textural % de arena, limo y arcilla, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, fosforo y potasio).

Figura 3. Mapa del centro experimental Alpacaayan



3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Hernández y Baptista (2010) mencionan que las técnicas de recolección de datos son los procedimientos utilizados para obtener la información requerida, mientras que los instrumentos son las herramientas específicas que permiten registrar las observaciones de manera sistemática. En esta investigación se empleó la técnica de muestreo de suelos, recolectando submuestras representativas en cada sector del Centro Experimental Alpacayan. Como instrumentos se utilizaron palas, bolsas de muestreo, GPS para georreferenciación de los puntos, balanza electrónica para el pesado y cartillas de registro de datos. Las muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA-Huancayo), donde se emplearon equipos especializados como el espectrofotómetro de emisión atómica para determinar los niveles de plomo y cadmio, y equipos de análisis químico para evaluar parámetros de fertilidad como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio.

Determinación de la calidad de suelo

Tabla 3. *Clasificación de suelos según pH*

pH	Evaluación	Efectos
< 5.0	Fuertemente ácido	Condiciones muy desfavorables
5.1 - 6.5	Moderadamente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
6,6 - 7,3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7.4 - 8.5	Medianamente alcalino	Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes
> 8.5	Alcalino	Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes

Tabla 4. Clasificación de suelos según el valor de la conductividad eléctrica (CE).

CLASIFICACION	CE (mS/m)	Efectos
Normal	<100	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectados en sus rendimientos.
Muy Ligeramente salino	110 – 200	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Moderadamente salino	210 – 400	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.
Suelo salino	410 - 800	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Fuertemente salino	810 - 1600	Solo lo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Muy fuertemente salino	> 1600	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

Nota: 1 dS/m = 100 mS/m

Tabla 5. Clasificación de suelos según materia orgánica

Clasificación	%MO
Muy Bajo	<0.5
Bajo	0.6 - 1.5
Medio	1.6 - 3.5
Alto	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 6.0

Tabla 6. Clasificación de suelos según % de nitrógeno

Nitrógeno total (%)	Categoría
< 0,032	Extremadamente pobre
0,032 – 0,063	Pobre
0,064 – 0,095	Medianamente pobre
0,096 – 0,126	Medio
0,127 – 0,158	Medianamente rico
0,159 – 0,221	Rico
> 0,221	Extremadamente rico

Tabla 7. Clasificación de suelos según contenido de fósforo

Clasificación	ppm de P
Bajo	<5.5
Medio	5.5 - 11
Alto	>11

Tabla 8. *Clasificación de suelos según contenido de potasio*

Clasificación	ppm de K
Bajo	<120
Medio	120 - 240
Alto	240 - 480
Muy alto	>480

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Se usaron equipos de precisión de Espectroscopia de Emisión Atómica, se usó los estándares de calidad ambiental ECA para suelos del Ministerio del Ambiente (Resolución Ministerial N° 182-2017-MINAM). Para Plomo el límite máximo permitido es de 70 mg/kg de suelo y para Cadmio es de 1.4 mg/kg de suelo.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Hernández y Baptista (2010) indican que el procesamiento y análisis de datos consiste en la organización, sistematización y transformación de la información recolectada en resultados útiles que permiten dar respuesta a los objetivos de investigación. En este estudio, los datos obtenidos del análisis de laboratorio fueron procesados inicialmente mediante estadística descriptiva (promedios y porcentajes) para caracterizar las propiedades fisicoquímicas del suelo. Posteriormente, se aplicó la prueba t de Student con el fin de comparar los valores de cadmio y plomo respecto a los límites máximos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). El procesamiento de la información se realizó utilizando los programas Excel y SPSS, lo que facilitó la elaboración de cuadros y gráficos para la interpretación clara y objetiva de los resultados.

3.9. Tratamiento estadístico

Hernández y Baptista (2010) señalan que el tratamiento estadístico constituye el conjunto de técnicas utilizadas para organizar, analizar e interpretar los datos

recolectados en una investigación, de manera que permitan contrastar hipótesis y responder a los objetivos planteados. En este estudio se aplicó estadística descriptiva para resumir los resultados de las variables fisicoquímicas del suelo (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio), complementada con la prueba t de Student para comparar los valores de cadmio y plomo respecto a los límites máximos permitidos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). El análisis de datos se realizó utilizando los programas Excel y SPSS, lo que facilitó la presentación de los resultados mediante cuadros y gráficos interpretativos.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

3.10.1. Autoría

Se puede precisar con claridad que los tesisistas son los autores del presente trabajo de investigación.

3.10.2. Originalidad

Hernández y Baptista (2010) afirman que toda investigación debe sustentarse en principios éticos y epistemológicos que garanticen la transparencia, objetividad y respeto hacia los participantes, los datos y el entorno. En este estudio, la orientación ética se basó en el respeto por el medio ambiente y la integridad de los ecosistemas altoandinos, evitando la alteración significativa de los suelos durante el proceso de muestreo. Se aseguró la autoría y originalidad del trabajo mediante la adecuada citación de las fuentes consultadas bajo las normas APA séptima edición. Desde el punto de vista filosófico, la investigación se enmarca en un enfoque crítico–realista, que reconoce la existencia objetiva de fenómenos como la contaminación y la fertilidad de los suelos, pero también la necesidad de interpretarlos en su contexto social y ambiental. Finalmente, en el plano epistémico, el estudio se sustenta en la producción de conocimiento científico verificable, apoyado en el método científico, la observación y

el análisis estadístico, garantizando rigurosidad y confiabilidad en los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación política

Los diferentes trabajos realizados durante la ejecución se llevaron a cabo en el Centro Experimental Alpacayan ubicado en la provincia y región Pasco.

4.1.2. Ubicación Geográfica

La provincia de Pasco está ubicada en la sierra central del Perú, a una altitud de 4140 msnm en el departamento de Pasco, lo que le confiere un clima típico de alta montaña. La zona es conocida por sus paisajes de planicie altoandina y su rica historia cultural. Dista 247 km de la ciudad de Lima capital del país y 38 km de la ciudad de Cerro de Pasco capital de la región.

4.1.3. Registro de datos

Las evaluaciones se realizaron a partir de la fecha de aprobación del proyecto.

- **Características fisicoquímicas de suelos**

El análisis de suelos fue realizado en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria Santa Ana Huancayo, se determinaron Clase

textural, pH, Conductividad eléctrica, Materia Orgánica, Nitrógeno total, Fosforo, Potasio además de Cadmio y Plomo.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Para efectuar los cálculos estadísticos de las variables de contaminación, se utilizó estadísticas descriptivas.

4.2.1. Contenido de plomo y cadmio en suelos de Alpacayan

Tabla 9. Resumen de la prueba de *t* para plomo y cadmio

Metal	Valor de prueba (ECA)	Media (mg/kg)	Desv. Estándar	IC 95%	t (gl=19)	p (dos colas)	Decisión
Plomo (Pb)	70.0	108.94	35.25	[92.45; 125.44]	4.94	0.00009	Rechaza Ho: Pb > 70 mg/kg
Cadmio (Cd)	1.4	0.27	0.39	[0.09; 0.45]	-13.09	5.9e-11	Rechaza Ho: Cd < 1.4 mg/kg

a. Prueba *t* (una muestra) para Pb vs. 70 mg/kg

Hipótesis

Ho: $\mu = 70$ mg/kg (la media de Pb cumple el ECA).

H1: $\mu > 70$ mg/kg (la media de Pb supera el ECA).

Resumen de datos (n = 20):

Media = 108.94 mg/kg

Desv. estándar = 35.25 mg/kg

Error estándar = 7.88 mg/kg

IC 95% de la media = [92.45; 125.44] mg/kg

Estadístico de prueba

$t(19) = 4.94$

p (una cola) = 0.000045

p (dos colas) = 0.000091

Tamaño del efecto (Cohen's d) = 1.10 (grande)

Decisión

Con $p \ll 0.05$, se rechaza H_0 : la media de Pb en los suelos del Centro Experimental Alpacayan supera significativamente el valor de prueba de 70 mg/kg indicado por el ECA-Suelo. Hernández y Baptista (2010) indican que para contrastar medias muestrales con un valor de referencia puede emplearse la prueba t de una muestra. En este estudio, se aplicó una t de Student ($\alpha = 0.05$) para comparar la concentración media de Pb ($n = 20$) contra el valor del Estándar de Calidad Ambiental para suelos de 70 mg/kg reportado en la normativa nacional. Se verificaron supuestos de independencia del muestreo y se asumió normalidad aproximada de la media por el tamaño muestral ($n = 20$). La concentración media de Pb fue 108.94 ± 35.25 mg/kg (IC95%: 92.45–125.44). La prueba t de una muestra mostró diferencias significativas respecto a 70 mg/kg, $t(19) = 4.94$, $p < .001$, con un tamaño del efecto grande ($d = 1.10$). En consecuencia, se rechaza H_0 y se concluye que el contenido medio de Pb supera el valor de referencia establecido por la norma peruana.

b. Prueba t (una muestra) para Cd vs. 1.4 mg/kg

Hipótesis

$H_0: \mu = 1.4$ mg/kg (la media de Cd cumple el ECA).

$H_1: \mu < 1.4$ mg/kg (la media de Cd es significativamente mayor al ECA).

Resultados descriptivos ($n = 20$)

Media = 0.27 mg/kg

Desv. estándar = 0.39 mg/kg

Error estándar = 0.09 mg/kg

IC 95% de la media = [0.09; 0.45] mg/kg

Prueba t

$$t(19) = -13.09$$

$$p \text{ (dos colas)} = 5.9 \times 10^{-11}$$

$$p \text{ (una cola, } \mu < 1.4) = 2.96 \times 10^{-11}$$

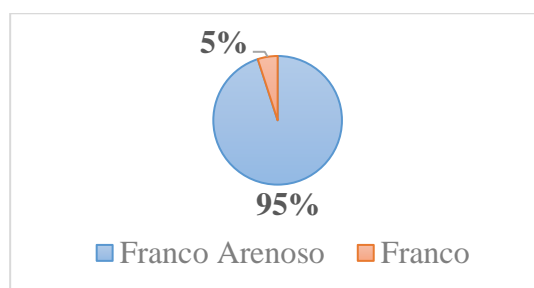
Tamaño del efecto (Cohen's d) = -2.93 (muy grande en magnitud)

Decisión

Dado que $p > 0.05$, se rechaza H1: el contenido medio de Cd en los suelos del Centro Experimental Alpacayan es significativamente menor que el valor normativo de 1.4 mg/kg establecido por el ECA-Suelo. En este caso, se aplicó la prueba con el fin de comparar la concentración media de Cd contra el límite de 1.4 mg/kg establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para suelos. La concentración media de Cd fue 0.27 ± 0.39 mg/kg (IC95%: 0.09–0.45). La prueba t mostró una diferencia altamente significativa con respecto al valor de referencia de 1.4 mg/kg, $t(19) = -13.09$, $p < .001$, con un tamaño del efecto grande ($d = -2.93$). Se concluye que el contenido de cadmio en los suelos del Centro Experimental Alpacayan es estadísticamente inferior al valor normativo establecido.

4.2.2. Calidad física de suelos de Alpacayan

Figura 4. Tipos de suelo en el centro experimental Alpacayan



En el Centro Experimental Alpacayan, los suelos evaluados presentaron predominantemente una textura franco arenosa, lo que se traduce en una adecuada aireación y facilidad de laboreo, pero con limitaciones en la retención de humedad y

nutrientes. Estas características implican que los suelos son susceptibles a procesos de lixiviación, especialmente bajo condiciones de alta precipitación típicas de la región altoandina. En consecuencia, aunque las condiciones físicas permiten un buen desarrollo radicular de las pasturas, es necesario implementar prácticas de manejo, a fin de mejorar la capacidad de retención de agua y la estabilidad estructural del suelo.

4.2.3. pH de suelos de Alpacayan

Tabla 10. *Resumen del pH de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan*

Sector	N° muestras	pH promedio	pH mínimo	pH máximo
A	5	5.60	4.8	6.2
B	5	6.04	4.7	6.9
C	5	5.74	5.5	6.3
D	5	6.14	5.6	7.0
Total	20	5.88	4.7	7.0

En los suelos del Centro Experimental Alpacayan, los resultados muestran valores de pH que oscilan entre ligeramente ácidos y neutros, el promedio general 5.88 está calificado como moderadamente ácido, y el valor mínimo de 4.7 está calificado como fuertemente ácido y el valor máximo 7.0 esta neutro, lo cual es característico de zonas altoandinas donde la acidez se ve influenciada por la elevada precipitación y el lavado de bases. Esta condición implica que nutrientes como el fósforo y algunos micronutrientes (Fe, Mn, Zn) tienden a tener mayor disponibilidad, mientras que la acidez puede reducir la disponibilidad de calcio, magnesio y potasio, afectando la fertilidad química. En consecuencia, aunque los valores de pH no representan un impedimento crítico para el desarrollo de pasturas, es recomendable aplicar enmiendas como cal agrícola o abonos orgánicos, que permitan estabilizar la acidez y mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

4.2.4. Conductividad eléctrica (mS/m) de suelos de Alpacayan

Tabla 11. Resumen de la conductividad eléctrica (CE) de los suelos en el Centro

Experimental Alpacayan

Sector	N° muestras	CE promedio (mS/m)	CE mínimo	CE máximo
A	5	8.58	4.0	19.1
B	5	10.0	3.1	15.6
C	5	5.82	3.6	8.0
D	5	5.32	3.6	7.0
Total	20	7.93	3.1	19.1

En el Centro Experimental Alpacayan, los resultados muestran valores de CE que se encuentran en un rango bajo o normal menores a 100 mS/m según la clasificación del INIA, lo que indica que los suelos no presentan problemas de salinidad. Esta condición es favorable para el desarrollo de pasturas altoandinas, ya que asegura que las raíces no enfrenten limitaciones osmóticas en la absorción de agua. Sin embargo, la baja salinidad también puede reflejar la pérdida de nutrientes fácilmente lixiviables como nitratos y sulfatos, especialmente en ambientes de alta precipitación como la región altoandina.

4.2.5. Materia Orgánica (%) de suelos de Alpacayan

Tabla 12. Resumen de la materia orgánica (%) de los suelos en el Centro Experimental

Alpacayan

Sector	N° muestras	MO promedio (%)	MO mínimo	MO máximo
A	5	8.6	8.2	9.3
B	5	8.6	7.4	9.9
C	5	10.4	9.2	12.2
D	5	8.5	7.7	9.8
Total	20	9.0	7.4	12.2

En los suelos del Centro Experimental Alpacayan, los resultados muestran contenidos de materia orgánica con valores mayores a 6% según la clasificación del

INIA es considerado como muy alto, los valores que oscilan entre 7.4 % y 12.2 % según sector. Aunque estas concentraciones permiten cierto aporte de nutrientes, debido a la acumulación de materia orgánica por las bajas temperaturas que no permiten la descomposición por lo que resultan limitadas para sostener la productividad forrajera en el largo plazo, especialmente en suelos de textura franco arenosa y con condiciones de alta lixiviación. Por lo tanto, es necesario promover prácticas de manejo como la incorporación de abonos orgánicos descompuestos, rotación con especies leguminosas y conservación de cobertura vegetal, con el fin de incrementar los niveles de descomposición de la materia orgánica y mejorar la resiliencia del suelo frente a la degradación.

4.2.6. Nitrógeno (%) en suelos de Alpacayan

Tabla 13. *Resumen del nitrógeno total (%) de los suelos en el Centro Experimental*

Alpacayan

Sector		N° muestras	N promedio (%)	N mínimo	N máximo
A	5		0.33	0.29	0.37
B	5		0.31	0.23	0.36
C	5		0.43	0.35	0.55
D	5		0.34	0.28	0.40
Total	20		0.35	0.23	0.55

En los suelos del Centro Experimental Alpacayan, los resultados muestran un contenido de nitrógeno total rico, con valores que fluctúan entre 0.23 % y 0.55 %. Según Moreno (1978) valores mayores a 0.22 % son considerados como suelos ricos en nitrógeno. Estos niveles reflejan las condiciones propias de los suelos altoandinos, donde la baja temperatura limita la mineralización de la materia orgánica y la acumulación de ciertos nutrientes como el nitrógeno. Si bien la presencia de nitrógeno es suficiente para mantener pasturas en condiciones naturales, no garantiza altos niveles

de productividad forrajera. Por ello, se recomienda complementar la fertilidad del suelo mediante la aplicación de abonos orgánicos descompuestos y la introducción de especies leguminosas fijadoras de nitrógeno. Entre las leguminosas herbáceas se encuentran *Trifolium repens* (trébol blanco), *Lotus corniculatus* (lotus), *Medicago sativa* (alfalfa) en ecotipos adaptados al frío, y *Astragalus garbancillo* (garbancillo andino). En cuanto a arbustos nativos fijadores de nitrógeno, se destacan *Lupinus mutabilis*.

4.2.7. Fósforo disponible (mg/kg) en suelos de Alpacayan

Tabla 14. *Resumen del fósforo (mg/kg) de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan*

Sector	N° muestras	P promedio (mg/kg)	P mínimo	P máximo
A	5	11.1	9.2	13.4
B	5	8.3	6.2	10.5
C	5	14.2	11.9	16.3
D	5	9.4	7.2	11.3
Total	20	10.8	6.2	16.3

En los suelos del Centro Experimental Alpacayan, los resultados muestran que los niveles de fósforo son de medio a alto, con valores que oscilan entre 6.2 y 16.3 mg/kg, dependiendo del sector, según el INIA los valores entre 5.5 a 11 mg/kg son considerados como contenido medio y valores mayores a 11 mg/kg son considerados con contenido alto. Esta condición es común en suelos ácidos de la región altoandina, donde el fósforo se fija a compuestos de hierro y aluminio, reduciendo su disponibilidad para las plantas.

4.2.8. Potasio disponible (mg/kg) en suelos de Alpacayan

Tabla 15. Resumen del potasio (mg/kg) de los suelos en el Centro Experimental Alpacayan

Sector	N° muestras	K promedio (mg/kg)	K mínimo	K máximo
A	5	154.0	140	165
B	5	120.2	101	136
C	5	178.4	160	198
D	5	132.6	118	149
Total	20	146.3	101	198

En los suelos del Centro Experimental Alpacayan, los resultados muestran contenidos de K bajos a medios, con valores que oscilan entre 101 y 198 mg/kg, dependiendo del sector. Según el INIA valores menores a 120 mg/kg son considerados como contenido bajo y valores entre 120 a 240 mg/kg son considerados como medio. Esta condición refleja la naturaleza de los suelos franco arenosos, donde la baja capacidad de intercambio catiónico favorece la pérdida de cationes básicos como el K⁺ debido a la lixiviación. Aunque los valores registrados permiten un crecimiento básico de las pasturas, no garantizan niveles altos de productividad, por lo que es necesario aplicar fertilizantes potásicos y abonos orgánicos que mejoren la retención de este nutriente en el suelo.

4.2.9. Propuesta de manejo de pasturas en suelos de Alpacayan

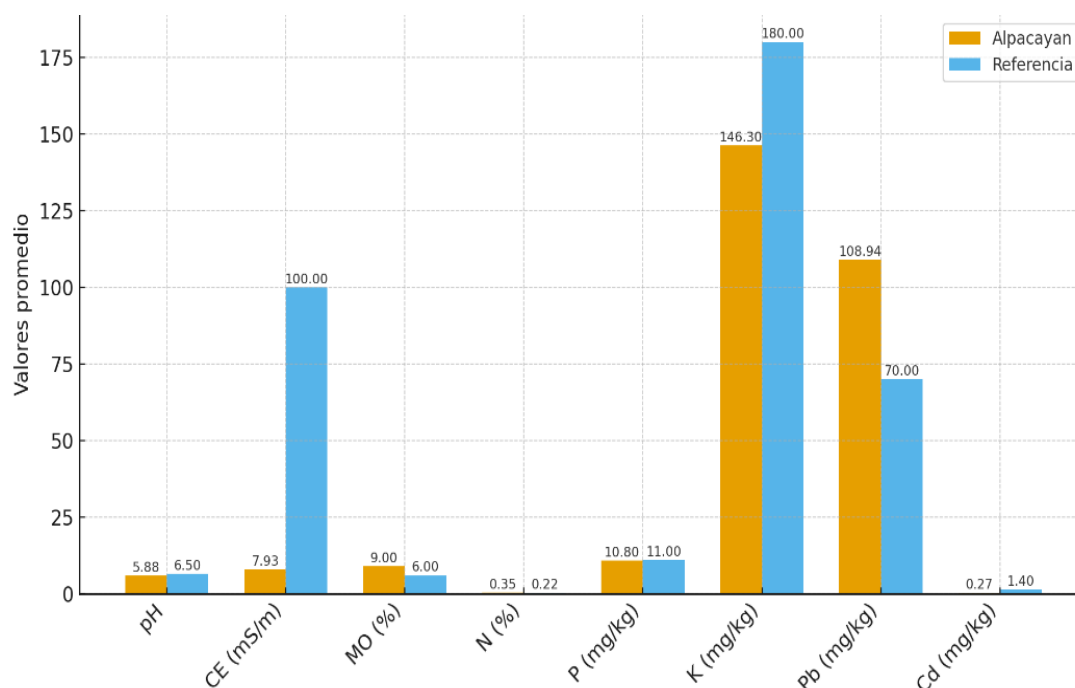
Tabla 16. Comparativo de parámetros de suelos de Alpacayan

Parámetro	Resultados Alpacayan	Clasificación	Valor de referencia
pH	4.7 – 7.0 (prom. 5.88)	Moderadamente ácido	Óptimo: 6.0 – 7.0 (INIA)
Conductividad eléctrica (mS/m)	3.1 – 19.1 (prom. 7.93)	No salino	< 100 mS/m (INIA)
Materia orgánica (%)	7.4 – 12.2 (prom. 9.0)	Muy alto	> 6 % Muy alto (INIA)
Nitrógeno total (%)	0.23 – 0.55 (prom. 0.35)	Rico	> 0.22 % Rico (Moreno, 1978)

Parámetro	Resultados Alpacayan	Clasificación	Valor de referencia
Fósforo (mg/kg)	6.2 – 16.3 (prom. 10.8)	Medio – Alto	5.5 – 11 (Medio), > 11 (Alto, INIA)
Potasio (mg/kg)	101 – 198 (prom. 146.3)	Bajo – Medio	120 – 240 Medio (INIA)
Plomo (Pb, mg/kg)	108.94 ± 35.25	Excesivo	≤ 70 mg/kg (ECA-Suelo, MINAM)
Cadmio (Cd, mg/kg)	0.27 ± 0.39	Bajo	≤ 1.4 mg/kg (ECA-Suelo, MINAM)

La caracterización fisicoquímica y de fertilidad de los suelos del Centro Experimental Alpacayan muestra que estos presentan textura franco arenosa, pH ligeramente ácido a neutro, baja salinidad, altos contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio, además de niveles elevados de plomo que pueden afectar la seguridad alimentaria del ganado. En este contexto, se propone un manejo integral de pasturas orientado a mejorar la productividad, la calidad forrajera y la sostenibilidad de los suelos altoandinos.

Figura 5. Comparación de parámetros de suelo Alpacayan vs referencia



a. Manejo de la fertilidad del suelo

Materia orgánica: Incorporación de estiércol ovino, vacuno y guano de corral descompuesto, aplicados antes de la siembra, para incrementar la retención de agua y nutrientes.

Nitrógeno: Promover la siembra asociada con leguminosas fijadoras de N, como *Trifolium repens* (trébol blanco) y *Lotus corniculatus* (lotus corniculado).

Fósforo y potasio: Aplicar fosfatos naturales (roca fosfórica) y fertilizantes potásicos de liberación lenta en dosis bajas, complementados con compost local, para reducir el riesgo de lixiviación. Además, el INIA en la sección anexos recomienda diferentes dosis de fertilización y diferentes fuentes a usar como: gallinaza 1800 kg/ha, nitrato de amonio 150 kg/ha, fosfato diamónico 150 kg/ha, sulfato de potasio y magnesio 150 kg/ha.

pH: En áreas con pH < 5.5 aplicar enmiendas calcáreas (cal agrícola o dolomita) para neutralizar la acidez y mejorar la disponibilidad de nutrientes. En la sección anexos el INIA recomienda la aplicación de cal agrícola antes de la época de lluvia 1200 kg/ha y adicionar 200 kg por cada campaña.

b. Selección de especies de pasturas adaptadas a >4000 msnm

Se recomienda establecer mezclas de gramíneas y leguminosas altoandinas que resistan bajas temperaturas, heladas y suelos de fertilidad limitada:

Gramíneas forrajeras altoandinas:

Festuca dolichophylla (festuca)

Dactylis glomerata (dáctilo)

Bromus catharticus (cebadilla criolla)

Phalaris arundinacea (pasto cañuela)

Leguminosas forrajeras:

Trifolium repens (trébol blanco)

Lotus corniculatus (lotus corniculado)

Medicago sativa (alfalfa andina, adaptada a frío)

Estas especies ofrecen mayor cobertura, toleran la acidez y aportan proteína de calidad al forraje.

c. Estrategias de manejo del pastoreo

Implementar un sistema de pastoreo rotacional con periodos de descanso adecuados (30–45 días en época de lluvias, 60–90 días en sequía).

Evitar el sobrepastoreo, que acelera la degradación del suelo y reduce la cobertura vegetal.

Priorizar el pastoreo en sectores con menor concentración de Pb, restringiendo las áreas contaminadas o destinándolas a reforestación con especies nativas (*Polylepis*, *Alnus acuminata*).

d. Estrategias de mitigación de metales pesados (Pb)

Incorporar enmiendas orgánicas (compost, biochar) que inmovilicen Pb en el suelo y reduzcan su biodisponibilidad. Evitar el uso de áreas con alta acumulación de Pb para pastoreo directo; en su lugar, emplearlas en cobertura vegetal protectora. Monitorear periódicamente Pb y Cd en suelos y forraje para asegurar la inocuidad del alimento animal.

Tabla 17. Propuesta de manejo de pasturas en suelos del Centro Experimental Alpacayan

Problema identificado	Acción propuesta	Especie/insumo recomendado
Textura franco arenosa con baja retención de agua y nutrientes	Incrementar materia orgánica	Estiércol ovino/vacuno, guano de corral, compost local
Bajos niveles de N (0.23–0.55 %)	Siembra asociada con leguminosas fijadoras	<i>Trifolium repens</i> (trébol blanco), <i>Lotus corniculatus</i> (lotus), <i>Medicago sativa</i> (alfalfa andina)

Problema identificado	Acción propuesta	Especie/insumo recomendado
Deficiencia de P (6.2–16.3 ppm)	Fertilización fosfatada	Fosfatos naturales (roca fosfórica), abonos orgánicos
Deficiencia de K (101–198 ppm)	Fertilización potásica	Sulfato de potasio en dosis bajas, compost
Suelos con pH ácido (<5.5)	Neutralización de acidez	Enmiendas calcáreas (cal agrícola, dolomita)
Baja cobertura vegetal y riesgo de erosión	Establecer gramíneas resistentes a >4000 msnm	<i>Festuca dolichophylla</i> (festuca), <i>Dactylis glomerata</i> (dáctilo), <i>Bromus catharticus</i> (cebadilla), <i>Phalaris arundinacea</i> (cañuela)
Riesgo de sobrepastoreo y degradación	Pastoreo rotacional con periodos de descanso	Manejo ganadero comunitario organizado
Exceso de Pb en suelos (>70 mg/kg)	Inmovilización de metales pesados y uso alternativo de suelos contaminados	Compost, biochar, reforestación con <i>Polylepis</i> y <i>Alnus acuminata</i>

4.3. Prueba de hipótesis

Hipótesis general

H₀: La contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos en el Centro Experimental Alpacayan son adecuadas para el manejo de pasturas altoandinas.

H₁: La contaminación y fertilidad fisicoquímica de suelos en el Centro Experimental Alpacayan no son adecuadas para el manejo de pasturas altoandinas.

Hipótesis específica 1 (Plomo, Pb):

H₀: $\mu = 70$ mg/kg (la concentración media de Pb cumple con el ECA).

H₁: $\mu > 70$ mg/kg (la concentración media de Pb supera el límite del ECA).

Resultados:

La media de Pb fue 108.94 ± 35.25 mg/kg (IC95%: 92.45–125.44). La prueba t arrojó $t(19) = 4.94$; $p < 0.001$; $d = 1.10$, indicando diferencias altamente significativas respecto al valor de referencia.

Decisión: se rechaza H₀ y se concluye que los suelos presentan niveles de plomo significativamente superiores al límite permitido por el ECA.

Hipótesis específica 2 (Cadmio, Cd):

$H_0: \mu = 1.4 \text{ mg/kg}$ (la concentración media de Cd cumple con el ECA).

$H_1: \mu < 1.4 \text{ mg/kg}$ (la concentración media de Cd es menor al ECA).

Resultados:

La media de Cd fue $0.27 \pm 0.39 \text{ mg/kg}$ (IC95%: 0.09–0.45). La prueba t arrojó $t(19) = -13.09$; $p < 0.001$; $d = -2.93$, lo que indica diferencias altamente significativas.

Decisión: se rechaza H_0 y se concluye que la concentración de cadmio en los suelos es significativamente menor al límite permitido por el ECA.

La fertilidad física es adecuada Franco arenoso

La fertilidad química es media a baja

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Contenido de plomo y cadmio en suelos de Alpacayan

En el caso del Centro Experimental Alpacayan, el contenido de plomo supera significativamente el límite norma (70 mg/kg), lo que indica un elevado nivel de contaminación, mientras que los niveles de cadmio se encuentran por debajo del umbral permisible (1,4 mg/kg). Sin embargo, el desequilibrio entre un metal elevado y otro bajo sigue representando un riesgo ambiental considerable. Por otro lado, Chirinos-Peinado et al. (2024) hallaron que tanto Pb como Cd en la cuenca alta del Mantaro están por encima de los límites internacionales, afectando no solo al suelo sino extendiendo contaminación a pasturas y leche, y generando riesgos sanitarios directos a través del consumo. A diferencia de Alpacayan, donde el Cd está bajo control, en Mantaro ambos metales representan una amenaza acumulativa para la salud. Este contraste revela que, aunque Alpacayan muestra una contaminación específica por plomo, la situación es menos grave que en áreas cercanas a complejos minero-metallúrgicos (como La

Oroya), donde el uso de fertilizantes fosfatados (fuente de Cd) y las emisiones atmosféricas elevan la toxicidad en múltiples niveles del sistema alimentario.

4.4.2. Calidad física de suelos de Alpacayan

En los suelos del Centro Experimental Alpacayan, se observó una composición textural que oscila entre franco arenosa y franco, lo cual indica un dominio de fracción media y gruesa, buena aireación y permeabilidad, aunque con moderada capacidad de retención de agua. Por su parte, Coz et al., (2025) identificaron una textura mayoritariamente arenosa y limosa, con muy poca arcilla, lo que sugiere una estructura suelta, alta porosidad, buen drenaje, pero también menor capacidad de retención hídrica y limitaciones para la formación de agregados estables. Comparativamente, los suelos de Alpacayan muestran un equilibrio más favorable, con un contenido de arcilla suficiente para mejorar la agregación, la retención de nutrientes y la capacidad de almacenar agua, algo que favorece el crecimiento de pasturas altoandinas en condiciones climáticas variables. En contraste, los suelos estudiados por Samaniego et al. (2025) podrían enfrentar mayores desafíos en temporadas secas o en pendientes donde la infiltración superficial es crítica. Este contraste enfatiza la importancia de tener una mayor fracción arcillosa moderada en suelos altoandinos: mejora la resiliencia física del suelo y contribuye a sostenibilidad en sistemas de pastoreo extensivo, como el de Alpacayan.

4.4.3. pH de suelos de Alpacayan

Según Chaparro y Nájera (2022), los suelos agrícolas en Chacayan-Pasco presentaron un pH que varió entre neutro y ligeramente ácido, lo cual favorece la disponibilidad equilibrada de nutrientes esenciales para los cultivos. En contraste, los resultados obtenidos en el Centro Experimental Alpacayan muestran un pH promedio de 5.88, clasificado como moderadamente ácido, con valores extremos de 4.7

(fuertemente ácido) y 7.0 (neutro). Esta acidez, propia de zonas altoandinas con alta precipitación y lixiviación, puede limitar la disponibilidad de cationes básicos como Ca, Mg y K, afectando la fertilidad química y la productividad de pasturas. Sin embargo, también puede incrementar la disponibilidad de micronutrientes como Fe, Mn y Zn. Estas diferencias sugieren que, mientras en Chacayan las condiciones edáficas son más favorables para la producción agrícola intensiva, en Alpacayan se requiere aplicar enmiendas como cal agrícola o abonos orgánicos para neutralizar la acidez y mejorar la capacidad de intercambio catiónico.

4.4.4. Conductividad eléctrica (mS/m) en suelos de Alpacayan

De acuerdo con Richards (1954), la conductividad eléctrica (CE) es un indicador fundamental de la salinidad del suelo y valores menores a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (equivalente a 200 mS/m) se consideran no salinos, lo que implica que los cultivos no presentan restricciones significativas para la absorción de agua y nutrientes. En el Centro Experimental Alpacayan, los suelos presentaron valores promedio de 7.93 mS/m, con un rango de 3.1 a 19.1 mS/m, lo cual confirma que no existe riesgo de salinidad y que las pasturas altoandinas pueden desarrollarse sin limitaciones osmóticas. Sin embargo, la baja salinidad también refleja la lixiviación frecuente de nutrientes como nitratos y sulfatos, típica de regiones con alta precipitación, lo que exige la implementación de fertilización balanceada y el uso de abonos orgánicos para mantener la productividad forrajera.

4.4.5. Materia orgánica (%) de suelos de Alpacayan

Según Lal (2004), la materia orgánica del suelo es el principal indicador de su calidad, ya que influye en la estructura, la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos. Sin embargo, en ambientes de bajas temperaturas, como los ecosistemas altoandinos, la descomposición de la materia

orgánica se ralentiza, lo que provoca una acumulación que no siempre se traduce en una fertilidad efectiva a largo plazo. En el Centro Experimental Alpacayan se encontraron valores muy altos de materia orgánica (7.4–12.2 %), los cuales, aunque reflejan un potencial positivo, pueden ser poco aprovechados por las plantas debido a las bajas tasas de mineralización propias de la zona. Esto implica que, a pesar de los altos porcentajes registrados, es necesario promover prácticas de manejo como la incorporación de abonos orgánicos descompuestos y la rotación con leguminosas, para favorecer la liberación gradual de nutrientes y mejorar la productividad forrajera.

4.4.6. Nitrógeno (%) en suelos de Alpacayan

De acuerdo con Fageria y Baligar (2005), el nitrógeno es el nutriente más limitante para la producción agrícola, ya que controla directamente la síntesis de proteínas y el crecimiento vegetal. En suelos de zonas frías y de alta altitud, la baja temperatura reduce la mineralización de la materia orgánica, ocasionando que gran parte del nitrógeno permanezca en formas orgánicas no disponibles para las plantas. En el Centro Experimental Alpacayan, los valores de nitrógeno total oscilaron entre 0.23 % y 0.55 %, considerados ricos; sin embargo, esta riqueza no necesariamente se traduce en alta productividad de pasturas debido a la lenta transformación en formas inorgánicas (NH_4^+ y NO_3^-). Por ello, se recomienda complementar la disponibilidad de este nutriente mediante la siembra de leguminosas fijadoras de nitrógeno y el uso de abonos orgánicos descompuestos, que favorezcan su liberación gradual en el suelo.

4.4.7. Fosforo disponible (mg/kg) en suelos de Alpacayan

Según Lima et al. (2014), en suelos ácidos, como los de zonas altoandinas, el fósforo suele fijarse a compuestos de hierro y aluminio, reduciendo su disponibilidad real para las plantas a pesar de presentar niveles medios o altos en los análisis de laboratorio. En el Centro Experimental Alpacayan se registraron valores de fósforo

entre 6.2 y 16.3 mg/kg, clasificados de medio a alto; sin embargo, la acidez del suelo (pH promedio 5.88) favorece procesos de fijación que limitan la absorción eficiente de este nutriente por las pasturas. Esta condición coincide con lo reportado por Sánchez-Alcalá y colaboradores, quienes destacan la importancia de aplicar prácticas de manejo como la fertilización fosfatada localizada, el uso de enmiendas calcáreas y la incorporación de abonos orgánicos que liberen ácidos húmicos capaces de movilizar fósforo fijado. En consecuencia, aunque los niveles de fósforo en Alpacayan no son críticos, su disponibilidad efectiva para las plantas podría ser restringida sin un manejo adecuado.

4.4.8. Potasio disponible (mg/kg) en suelos de Alpacayan

De acuerdo con Zörb et al. (2014), el potasio es un macronutriente esencial que regula la apertura estomática, la fotosíntesis y la tolerancia de las plantas al estrés abiótico; sin embargo, en suelos de textura ligera o franco arenosa suele presentarse en bajas concentraciones debido a la lixiviación y a la baja capacidad de intercambio catiónico. En el Centro Experimental Alpacayan se registraron niveles de potasio entre 101 y 198 mg/kg, clasificados como bajos a medios, lo cual concuerda con lo descrito por estos autores en ambientes con suelos poco arcillosos y alta precipitación. Esta condición puede limitar la productividad de las pasturas altoandinas a largo plazo, por lo que se recomienda aplicar fertilizantes potásicos de liberación lenta y abonos orgánicos que mejoren la retención de cationes, evitando pérdidas por lavado.

CONCLUSIONES

1. Los resultados muestran que los suelos del Centro Experimental Alpacayan presentan una concentración promedio de plomo de 108.94 mg/kg, superando significativamente el límite máximo permitido por el ECA-Suelo (70 mg/kg), lo que representa un riesgo para la inocuidad forrajera y la salud animal. En contraste, el cadmio registró un promedio de 0.27 mg/kg, valor muy por debajo del límite normativo (1.4 mg/kg), por lo que no constituye una amenaza inmediata.
2. La caracterización física de los suelos evidenció una textura predominantemente franco arenosa, lo que asegura buena aireación y desarrollo radicular, pero limita la retención de agua y nutrientes. Estas condiciones favorecen la lixiviación en ambientes de alta precipitación como los altoandinos, indicando la necesidad de prácticas de manejo que mejoren la estructura y estabilidad del suelo.
3. Los parámetros químicos mostraron un pH promedio de 5.88 (moderadamente ácido), bajos niveles de conductividad eléctrica, materia orgánica muy alta (7.4–12.2 %), nitrógeno total rico (0.23–0.55 %), fósforo entre medio y alto (6.2–16.3 mg/kg) y potasio de bajo a medio (101–198 mg/kg). Estos resultados reflejan un suelo con alta acumulación de materia orgánica, pero con limitaciones en disponibilidad de nutrientes básicos como potasio.
4. La integración de resultados permite clasificar los suelos de Alpacayan como aptos para el desarrollo de pasturas altoandinas, aunque con restricciones por acidez moderada, baja retención de nutrientes y exceso de plomo en ciertos sectores. Por ello, se requiere aplicar enmiendas calcáreas, abonos orgánicos y fertilización balanceada, además de estrategias de mitigación de metales pesados, con el fin de garantizar la sostenibilidad y calidad de las pasturas.

RECOMENDACIONES

1. Dado que los niveles de plomo superan el límite permitido por el ECA-Suelo, se recomienda restringir el pastoreo directo en las áreas más contaminadas y destinarlas a reforestación con especies nativas (*Polylepis*, *Alnus acuminata*). Asimismo, se sugiere aplicar enmiendas orgánicas como compost y biochar para inmovilizar metales pesados y realizar monitoreos periódicos de Pb y Cd en suelos y forrajes para asegurar la inocuidad alimentaria.
2. Se recomienda mejorar la estructura del suelo mediante la incorporación de estiércol descompuesto, guano de corral y residuos vegetales que aumenten la materia orgánica activa. También se aconseja implementar coberturas vegetales permanentes y sistemas de pastoreo rotacional para reducir la compactación y prevenir la erosión en suelos franco arenosos de alta susceptibilidad a lixiviación.
3. Para contrarrestar la acidez moderada ($\text{pH} < 5.5$), se aconseja aplicar enmiendas calcáreas (cal agrícola o dolomita) en dosis recomendadas por el INIA. Asimismo, es necesario complementar la fertilidad con fertilización balanceada, priorizando fósforo y potasio de liberación lenta, así como la incorporación de leguminosas fijadoras de nitrógeno, con el fin de mejorar la disponibilidad y el equilibrio de nutrientes.
4. Los suelos de Alpacayan son aptos para pasturas, pero requieren un manejo sostenible que combine fertilización orgánica, enmiendas y rotación de cultivos forrajeros. Se recomienda establecer mezclas de gramíneas (*Festuca dolichophylla*, *Dactylis glomerata*) y leguminosas (*Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*) adaptadas a >4000 msnm, junto con prácticas de conservación de suelos, para garantizar la productividad forrajera y la resiliencia del ecosistema altoandino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 3(5), 55-60.
- Agronegocios. (2022, 16 de marzo). El análisis de suelos se debe hacer cada 15 o 20 hectáreas. <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-analisis-de-suelos-se-debe-hacer-cada-15-o-20-hectareas-3322932>
- Chacón C. M. E., & Marcatoma C. R. J. (2021). Revisión sistemática: Biorremediación de suelos contaminados por metales pesados (Pb, Cd, As, Ag, Cu, Ni, Zn) usando plantas nativas en zonas altoandinas.
- Chaparro Lujan, J. C., & Najera Huidobro, H. I. (2022). Caracterización de las propiedades físicas, químicas y rango de NPK para establecer el nivel de fertilidad de los suelos agrícolas de la Comunidad Campesina de Chacayan–Provincia Daniel Alcides Carrión–Región.
- Chirinos-Peinado, D., Castro-Bedriñana, J., Barnes, E. P. G., Ríos-Ríos, E., García-Olarte, E., & Castro-Chirinos, G. (2024). Assessing the Health Risk and Trophic Transfer of Lead and Cadmium in Dairy Farming Systems in the Mantaro Catchment, Central Andes of Peru. *Toxics*, 12(5), 308. <https://doi.org/10.3390/toxics12050308>
- Coz, R. A. N. (2025). Impacto de la quema de pastizales sobre la degradación de suelos en las zonas altoandinas de la región Huánuco. *Revista Científica Altoandina de Ciencias Agrarias*, 1(1), 65-73.
- Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2). <https://doi.org/10.7818/re.2004.13.2.08>
- Etchevers B. J. D. (1999). Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 209-219.

- Farfán Loaiza, R. D., & Farfán Tenicela, E. R. (2012). Producción de pasturas cultivadas y manejo de pastos naturales altoandinos.
- Fageria, N. K., & Baligar, V. C. (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy*, 88, 97–185. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88004-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88004-6)
- Hernández, R., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5.ª ed.). McGraw-Hill.
- Huamán-Carrión, M. L., Espinoza-Montes, F., Barrial-Lujan, A. I., & Ponce-Atencio, Y. (2021). Influencia de la altitud y características del suelo en la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 83-90.
- Jara-Peña, E., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M., & Cano, N. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista Peruana de Biología*, 21(2), 145–154. <https://doi.org/10.15381/rpb.v21i2.9826>
- Jara-Peña, E., Gómez, J., Montoya, H., Chanco, M., Mariano, M., & Cano, N. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista peruana de biología*, 21(2), 145-154.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>
- Lima Molina, Nila, Aguirre Terrazas, Lucrecia, & Flores Mariazza, Enrique. (2020). Estrategias para mejorar los pastizales altoandinos: el rol del trébol y la fertilización con fósforo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2), e17840. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17840>
- Martinez-Manchego, L. M., Sarmiento, G. S., & Delgado, E. B. (2021). Especies vegetales nativas con potencial para la fitorremediación de suelos alto andinos contaminados por residuosde actividad minera. *Bioagro*, 33(3), 161-170.

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo (R.M. N.º 182-2017-MINAM).
- Molina, D. A., & Moreno, A. S. (2017). Evaluación de propiedades físico-químicas en diferentes usos y manejos de suelo, región altoandina de Pasto. Universidad de Nariño. <https://doi.org/10.22579/23463910>
- Montserrat, R. P. (1984). La investigación de pastos y problemas relacionados con su reproducción. *Pastos* 12(2):283-287. Madrid.
- Moreno, D.R. (1978). Clasificación de pH del suelo, contenido de sales y nutrientes asimilables. INIA-SARH. Ciudad de México.
- Pahuara y H. & zúñiga, D. (2002). Efecto del fósforo sobre la población microbiana en suelos con pasturas en la zona altoandina de Junín. *Ecología Aplicada*, 1(1-2), ág-57.
- Prieto-Méndez, J., Prieto-García, F., Acevedo-Sandoval, O. A., & Méndez-Marzo, M. A. (2013). Indicadores e índices de calidad de los suelos (ICS) cebaderos del sur del estado de Hidalgo, México. *Agronomía mesoamericana*, 24(1), 83-91.
- Richards, L. A. (Ed.). (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (No. 60). US Government Printing Office.
- Rojas, J. M., Goytía, S. Y., Roldán, M. F., Mórtoła, N. A., Romaniuk, R. I., & Casco, N. L. (2017). Índice de calidad de suelos aplicado a la producción de Cucurbitáceas (Chaco, Argentina).
- Rolando, J. L., Dubeux, J. C., Ramírez, D., Ruiz-Moreno, M., Turin, C., Mares, V., Sollenberger, L., & Quiroz, R. (2018). Land use effects on soil fertility and nutrient cycling in the Peruvian High-Andean puna grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 82(2), 463–474. <https://hdl.handle.net/10568/97848>
- Ruiz, J. (2022). Guía para la siembra y aprovechamiento de pastos cultivados y mejorados en zonas altoandinas.

- Sánchez Ortega, I., & Pérez-Urria Carril, E. (2015). Maíz I (*Zea mays*). *Ene*, 15, 39.
- Sánchez Villanueva, H. (2019). Efectos del periodo de descanso y abono orgánico en la biomasa forrajera de pastos naturales Alto Andinos-Región Pasco-2015.
- Serrano-Montero, D. O., González-Paneque, O. S., de la Rosa-Andino, A. A., Aguilera-Corrales, Y., & Ramírez-Chávez, R. E. (2017). Estrategia de manejo y conservación del suelo en áreas de producción agrícola. *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(1), 41-48.
- Torres D. M. (2017). Análisis de suelos: una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos. Disponible en: [www.fertilizando.com/articulos/análisis de suelo](http://www.fertilizando.com/articulos/análisis-de-suelo).
- Torres, D. M. (2017). Análisis de suelos: una herramienta clave para el diagnóstico de fertilidad de suelos y la fertilización de cultivos. *Fertilizando.com*.
<https://www.fertilizando.com/articulos/Analisis-de-suelos.aspx>
- Villarreal-Núñez, J. E., & García-Espino, R. A. (2012). Monitoreo de cambios en la fertilidad de suelos por medio de análisis de laboratorio. *Agronomía mesoamericana*, 23(2), 301-309.
- Zörb, C., Senbayram, M., & Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture – Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, 171(9), 656–669.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008>

ANEXOS

Instrumentos para recolección de datos

- Cartillas de registro de datos (evaluación)
- GPS, Laptop
- Cuaderno de evidencias
- Celular con cámara fotográfica, USB
- Balanzas electrónica
- Wincha y vernier
- Programa Excel e Infostat
- Observación de fenómenos y entrevista a expertos como técnicas para recojo de la información.
- Supuestos e ideas
- Métodos analíticos y cuantitativo.

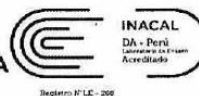
Reporte de análisis de suelos

		Plomo mg/kg	Cadmio mg/kg	Textura	pH	Conductividad Eléctrica mS/m	Materia Orgánica %	Nitrógeno %	Fósforo mg/kg	Potasio mg/kg
Sector A	Muestra 1	76.48	0.00	Franco Arenoso	6.0	6.1	8.6	0.43	173.7	72.2
Sector A	Muestra 2	95.38	0.29	Franco Arenoso	6.2	19.1	9.3	0.47	105.0	67.8
Sector A	Muestra 3	89.44	0.28	Franco Arenoso	5.8	7.9	8.3	0.42	123.1	55.1
Sector A	Muestra 4	87.33	0.30	Franco Arenoso	4.8	5.8	8.6	0.43	137.2	70.9
Sector A	Muestra 5	84.07	0.02	Franco Arenoso	5.2	4.0	8.2	0.41	341.5	57.6
Sector B	Muestra 1	80.05	0.00	Franco Arenoso	6.8	15.6	7.4	0.37	12.5	87.1
Sector B	Muestra 2	93.69	0.00	Franco Arenoso	6.9	12.9	9.1	0.46	6.4	70.3
Sector B	Muestra 3	77.60	0.09	Franco Arenoso	5.1	3.1	8.4	0.42	89.2	37.8
Sector B	Muestra 4	79.39	0.00	Franco Arenoso	4.7	3.9	8.1	0.41	114.3	42.9
Sector B	Muestra 5	87.09	0.00	Franco Arenoso	6.7	14.6	9.9	0.50	23.0	317.9
Sector C	Muestra 1	105.3	0.44	Franco Arenoso	5.5	3.6	9.2	0.46	56.3	69.9
Sector C	Muestra 2	175.8	0.86	Franco Arenoso	6.3	7.5	9.8	0.49	80.7	143.9
Sector C	Muestra 3	157.8	0.55	Franco Arenoso	5.7	4.9	10.5	0.53	73.0	127.1
Sector C	Muestra 4	154.4	0.71	Franco Arenoso	5.6	8.0	10.2	0.51	65.7	80.9
Sector C	Muestra 5	173.4	1.47	Franco Arenoso	5.6	5.1	12.2	0.61	29.5	88.1
Sector D	Muestra 1	102.4	0.00	Franco Arenoso	6.2	6.7	8.5	0.43	94.2	52.8
Sector D	Muestra 2	87.67	0.00	Franco Arenoso	7.0	7.0	7.7	0.39	7.8	65.5
Sector D	Muestra 3	165.4	0.34	Franco Arenoso	6.1	4.9	9.8	0.49	110.2	47.9
Sector D	Muestra 4	120.7	0.00	Franco Arenoso	5.8	4.4	8.3	0.42	108.2	44.9
Sector D	Muestra 5	85.16	0.00	Franco Arenoso	5.6	3.6	8.1	0.41	201.0	35.9

Resultados sector A



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 102223-23/SU/ LABSAF - SANTA ANA

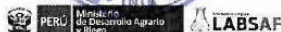
I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente :
Propietario / Productor : Ghimer Brajhan Encarnacion Ayala
Dirección del cliente : Centro Experimental Alpaicayan
Solicitado por :
Muestreado por : Cliente
Número de muestra(s) : 05 muestras
Producto declarado : Suelo Agrícola
Presentación de las muestras(a) : Bolsas de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Vico-Pasco-Pasco
Fecha(s) de muestreo : 2023-09-28 (*)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-10-02
Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Santa Ana
Fecha(s) de análisis : 2023-10-24
Cotización del servicio : 336-23-SA
Fecha de emisión : 2023-10-23

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5		
Código de Laboratorio	SU4160-SA-23	SU4161-SA-23	SU4162-SA-23	SU4163-SA-23	SU4164-SA-23		
Matriz Analizada	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola		
Fecha de Muestreo	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:07:00	10:28:00	15:51:00	10:53:00	10:36:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Sector 1-Bloque 1	Sector 1-Bloque 2	Sector 1-Bloque 3	Sector 1-Bloque 4	Sector 1-Bloque 5		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
pH	unid. pH	0,1	6.0	6.2	5.8	4.8	5.2
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,1	6.1	19.1	7.9	5.6	4.0
Materia Orgánica	%	0,2	8.6	9.3	8.3	8.6	8.2
Nitrógeno (**)	%	-	0.43	0.47	0.42	0.43	0.41
Fósforo Disponible (**)	mg/Kg	0.5	173.7	105.0	123.1	137.2	341.5
Potasio Disponible (**)	mg/Kg	3.0	72.2	67.8	55.1	70.9	57.6
Cadmio, Cd (**)	mg/Kg	-	0.00	0.29	0.28	0.30	0.02
Plomo, Pb (**)	mg/Kg	-	76.48	95.38	89.44	87.33	84.07

Arena (**)	%	-	62	60	60	57	56
Limo (**)	%	-	25	29	27	31	33
Arcilla (**)	%	-	13	11	13	11	11
Clase Textural (**)	-	-	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

INFORME DE ENSAYO
 N° 102223-23/SU/ LABSAF - SANTA ANA

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265:1994, First Edition/Cor1 1996. Soil Quality - Determination of the Specific Electrical Conductivity - Technical Corrigendum 1
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7, AS-09. 2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos.
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.7, AS-07. Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black).
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.11, AS-11. 2000. Fosforo extraíble, en suelos de ácidos a neutros (Procedimiento de Bray y Kurtz 1). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.10, AS-10. 2000. Fosforo extraíble, en suelos de neutros a alcalinos (Procedimiento de Cisen y colaboradores).
Potasio Disponible	Potasio disponible: MET-18 (Basado en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Item 7.1.12, AS-12 // EPA 6010 D. Revision 5. 2023). Validado (modificado y aplicado fuera del alcance). Determinación de potasio disponible en suelos con saturación de acetato de amonio 1N, PH 7.0 // Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry.
Metales	EPA Method 3050B. Revision 2. December 1998. Acid digestion of Sediments, sludges and soils by Inductively Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometry.

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C
- (*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.
- (**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Lidiana Alejandro Mendez - Responsable del laboratorio LABSAF Santa Ana.



 Firma
 Ing. Ivana Cortéz Juro
 Directora EEA Santa Ana

FIN DE INFORME DE ENSAYO

INTERPRETACION DE RESULTADOS DE ANALISIS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD (CE)					CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH			
CLASIFICACION	CE (mS/m)	Efectos	Resultado		pH	Evaluacion	Efectos	Resultado
Normal	<100	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectados en sus rendimientos.			<5.0	Fuertemente acido	Condiciones muy desfavorables	
Muy Ligeramente salino	110 – 200	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.			5.1 - 6.5	Moderadamente acido	Deficiente asimilación de algunos elementos	
Moderadamente salino	210 – 400	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.			6.6 – 7.3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos	
Suelo salino	410 - 800	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.			7.4 - 8.5	Medianamente alcalino	Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes	
Fuertemente salino	810 - 1600	Solo lo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.			>8.5	Alcalino	Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes	
Muy fuertemente salino	> 1600	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.						

MATERIA ORGANICA			NITROGENO			POTASIO			FÓSFORO	
Clasificación	%MO	Resultado	Clasificación	mg/Kg de N	Resultado	Clasificación	ppm de K	Resultado	Clasificación	mg/Kg de P Resultado
Muy Bajo	<0.5		Muy Bajo	0 - 10		Bajo	<120		Bajo	<5.5
Bajo	0.6 - 1.5		Bajo	10 - 20		Medio	120 - 240		Medio	5.5 - 11
Medio	1.6 - 3.5		Medio	20 - 40		Alto	240 - 480		Alto	>11
Alto	3.6 - 6.0		Alto	40 - 60		Muy alto	>480		Nota: ppm = mg/kg	
Muy Alto	> 6.0		Muy Alto	> 60					Nota: 1 dS/m = 100 mS/m	

Referencia: Norma Oficial Mexicana NOM-021-REC/NAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002)

REFERENCIAS

AGRICULTOR	Chimer Brajhan Encarnación Ayala	VARIEDAD	#1 VALOR!	RDTO ESTIMADO (t/ha)	35
NOMBRE PARCELA	Sector 1-Bloque 1	SIST. PRODUCCIÓN	Convencional		
CULTIVO	Pastos Mejorados			MUESTRA N°	4160

RECOMENDACIONES GENERALES SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS

CULTIVO	N (Kg/ha)	P205 (Kg/ha)	K20 (Kg/ha)	RECOMENDACION DE ENCALAMIENTO
				(Ton/ha de una cal que contenga al menos un 80% de CaCO ₃):
Pastos Mejorados	121	129	69	Si es necesario aplicar cal agricola
PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:		DOSIS (kg/ha)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	
Gallinaza (GA)		1800	METODO 1: A) Esparcir uniformemente los 1800 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Mezclar los 150 kg/ha de FDA + 150 kg/ha de SFM luego esparcir uniformemente en el terreno preparado. C) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza y la mezcla de abono a unos 15 cm. de profundidad. D) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar.	
Nitrato de Amonio (NH)		150	METODO 2: A) Esparcir uniformemente los 1800 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza a unos 15 cm. de profundidad. C) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar. D) Aplicar a los 40 - 50 días despues de la emergencia, cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, al voleo los 150 kg/ha de FDA + 150 kg/ha de SFM.	
Fosfato Diamónico (FDA)		150	3.- Aplicar los 150 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH), inmediatamente despues del tercer corte.	
Sulfato de Potasio y Magnesio (SFM)		150		
OBSERVACIONES:				
Las recomendaciones de la dosis de fertilización son para manejo convencional de Pasto asociado (Avena + Vicia) y están elaboradas en base al requerimiento de nutrientes que necesita la planta para sustentar una producción de 35 toneladas en el primer año.				
NOTAS Y COMENTARIOS GENERALES PARA EL CULTIVO DE PASTO				
1. La Fertilización. La fertilización debe hacerse en forma fraccionada dos veces. <u>La primera fertilización corresponde:</u> ((1800 kg de Gallinaza + 150 kg/ha de FDA + 150 kg/ha de SFM) = 2100 kg/ha en total). <u>La segunda fertilización corresponde:</u> 150 kg/ha de de Nitrato de Amonio (NH).				
2. Primera Fertilización (a la siembra). Los 1800 kg/ha de Gallinaza aplicar antes de la siembra (al voleo). Los 300 kg/ha de la mezcla FDA + SFM), aplicar al voleo antes de la siembra o cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, tal como se indicó anteriormente.				
3. Segunda Fertilización (despues del tercer corte). Aplicar 150 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH) al voleo inmediatamente despues del tercer corte.				
4. MUY IMPORTANTE: Luego del último corte del primer año, es necesario reponer los nutrientes extraídos, a fin de no agotar los nutrientes del suelo. Aplicar Nitrato de Amonio + FDA + SFM (450 kg de mezcla), fraccionado en 4 partes (aplicar en una hectárea los 113 kg de la mezcla cada tres meses).				
5. Conceder que las aplicaciones de los abonos deben ser bien en suelo húmedo (inmediatamente despues de un riego).				
6. La gallinaza (GA) se debe aplicar descompuesto , para ello se trata de la siguiente manera: 1ro se amontona toda la gallinaza. 2do se aplica agua unos 10 baldes de 20 litros por tonelada de gallinaza (Solo se aplica agua cuando la gallinaza es seco). 3ro a los 15 días despues de aplicar agua, se le voltea (mínimo 3 volteadas cada 15 días). Ojo , una buena gallinaza descompuesta no genera ningún olor.				
7. Correccion de la acidez del suelo: La aplicación de cal agricola debe ser dos meses antes de la lluvia y abonamiento, se recomienda incorporar al suelo 1200 kg/ha, de forma paulatina de 200 kg/ha por cada campaña, e ir corrigiendo la acidez del suelo.				

Ing. Agrón. Miriam R. Quispe Huincho



REFERENCIAS

AGRICULTOR	Chimer Brajhan Encarnación Ayala	VARIEDAD	#i VALORi	RDTO ESTIMADO (t/ha)	35
NOMBRE PARCELA	Sector 1-Bloque 2	SIST. PRODUCCIÓN	Convencional		
CULTIVO	Pastos Mejorados			MUESTRA N°	4161

RECOMENDACIONES GENERALES SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS

CULTIVO	N (Kg/ha)	P205 (Kg/ha)	K2O (Kg/ha)	RECOMENDACION DE ENCALAMIENTO (Ton/ha de una cal que contenga al menos un 80% de CaCO ₃):
Pastos Mejorados	116	117	69	Si es necesario aplicar cal agrícola
PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:		DOSIS (kg/ha)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	
Gallinaza (GA)		1800	METODO 1: A) Esparcir uniformemente los 1800 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Mezclar los 125 kg/ha de FDA + 150 kg/ha de SFM luego esparcir uniformemente en el terreno preparado. C) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza y la mezcla de abono a unos 15 cm. de profundidad. D) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar.	
Nitrato de Amonio (NH)		150	METODO 2: A) Esparcir uniformemente los 1800 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza a unos 15 cm. de profundidad. C) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar. D) Aplicar a los 40 - 50 días después de la emergencia, cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, al voleo los 125 kg/ha de FDA + 150 kg/ha de SFM.	
Fosfato Diamónico (FDA)		125	3.- Aplicar los 150 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH), inmediatamente después del tercer corte.	
Sulfato de Potasio y Magnesio (SFM)		150		
OBSERVACIONES:				
Las recomendaciones de la dosis de fertilización son para manejo convencional de Pasto asociado (Avena + Vicia) y están elaboradas en base al requerimiento de nutrientes que necesita la planta para sustentar una producción de 35 toneladas en el primer año.				
NOTAS Y COMENTARIOS GENERALES PARA EL CULTIVO DE PASTO				
1. La Fertilización. La fertilización debe hacerse en forma fraccionada dos veces. <u>La primera fertilización corresponde:</u> ((1800 kg de Gallinaza + 125 kg/ha de FDA + 150 kg/ha de SFM) = 2075 kg/ha en total). <u>La segunda fertilización corresponde:</u> 125 kg/ha de de Nitrato de Amonio (NH).				
2. Primera Fertilización (a la siembra). Los 1800 kg/ha de Gallinaza aplicar antes de la siembra (al voleo). Los 275 kg/ha de la mezcla FDA + SFM), aplicar al voleo antes de la siembra o cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, tal como se indicó anteriormente.				
3. Segunda Fertilización (después del tercer corte). Aplicar 125 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH) al voleo inmediatamente después del tercer corte.				
4. MUY IMPORTANTE: Luego del último corte del primer año, es necesario reponer los nutrientes extraídos, a fin de no agotar los nutrientes del suelo. Aplicar Nitrato de Amonio + FDA + SFM (425 kg de mezcla), fraccionado en 4 partes (aplicar en una hectárea los 106 kg de la mezcla cada tres meses).				
5. Considerar que las aplicaciones de los abonos deben ser bien en suelo húmedo (inmediatamente después de un riego).				
6. La gallinaza (GA) se debe aplicar descompuesto , para ello se trata de la siguiente manera: 1ro se amontona toda la gallinaza. 2do se aplica agua unos 10 baldes de 20 litros por tonelada de gallinaza (Solo se aplica agua cuando la gallinaza es seco). 3ro a los 15 días después de aplicar agua, se le voltea (mínimo 3 volteadas cada 15 días). Ojo , una buena gallinaza descompuesta no genera ningún olor.				
7. Corrección de la acidez del suelo: La aplicación de cal agrícola debe ser dos meses antes de la lluvia y abonamiento, se recomienda incorporar al suelo 800 kg/ha, de forma paulatina de 150 kg/ha por cada campaña, e ir corrigiendo la acidez del suelo.				

REFERENCIAS

AGRICULTOR	Ghimer Brajhan Encarnación Ayala	VARIEDAD	# VALOR!	RDTO ESTIMADO (t/ha)	35
NOMBRE PARCELA	Sector 1-Bloque 3	SIST. PRODUCCIÓN	Convencional		
CULTIVO	Pastos Mejorados			MUESTRA N°	4162

RECOMENDACIONES GENERALES SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS

CULTIVO	N (Kg/ha)	P205 (Kg/ha)	K2O (Kg/ha)	RECOMENDACION DE ENCALAMIENTO (Ton/ha de una cal que contenga al menos un 80% de CaCO ₃):
Pastos Mejorados	125	118	80	Si es necesario aplicar cal agrícola
PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:		DOSIS (kg/ha)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	
Gallinaza (GA)		1800	METODO 1: A) Esparcir uniformemente los 1800 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Mezclar los 125 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM luego esparcir uniformemente en el terreno preparado. C) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza y la mezcla de abono a unos 15 cm. de profundidad. D) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar.	
Nitrato de Amonio (NH)		175	METODO 2: A) Esparcir uniformemente los 1800 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza a unos 15 cm. de profundidad. C) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar. D) Aplicar a los 40 - 50 días después de la emergencia, cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, al voleo los 125 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM.	
Fosfato Diamónico (FDA)		125	3.- Aplicar los 175 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH), inmediatamente después del tercer corte.	
Sulfato de Potasio y Magnesio (SFM)		200		
OBSERVACIONES:				
Las recomendaciones de la dosis de fertilización son para manejo convencional de Pasto asociado (Avena + Vicia) y están elaboradas en base al requerimiento de nutrientes que necesita la planta para sustentar una producción de 35 toneladas en el primer año.				
NOTAS Y COMENTARIOS GENERALES PARA EL CULTIVO DE PASTO				
<p>1. La Fertilización. La fertilización debe hacerse en forma fraccionada dos veces. La primera fertilización corresponde: ((1800 kg de Gallinaza + 125 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM) = 2125 kg/ha en total). La segunda fertilización corresponde: 175 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH).</p> <p>2. Primera Fertilización (a la siembra). Los 1800 kg/ha de Gallinaza aplicar antes de la siembra (al voleo). Los 325 kg/ha de la mezcla FDA + SFM), aplicar al voleo antes de la siembra o cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, tal como se indicó anteriormente.</p> <p>3. Segunda Fertilización (después del tercer corte). Aplicar 175 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH) al voleo inmediatamente después del tercer corte.</p> <p>4. MUY IMPORTANTE: Luego del último corte del primer año, es necesario reponer los nutrientes extraídos, a fin de no agotar los nutrientes del suelo. Aplicar Nitrato de Amonio + FDA + SFM (500 kg de mezcla), fraccionado en 4 partes (aplicar en una hectárea los 125 kg de la mezcla cada tres meses).</p> <p>5. Considerar que las aplicaciones de los abonos deben ser bien en suelo húmedo (inmediatamente después de un riego).</p> <p>6. La gallinaza (GA) se debe aplicar descompuesto, para ello se trata de la siguiente manera: 1ro se amontona toda la gallinaza. 2do se aplica agua unos 10 baldes de 20 litros por tonelada de gallinaza (Solo se aplica agua cuando la gallinaza es seco). 3ro a los 15 días después de aplicar agua, se le voltear (mínimo 3 volteadas cada 15 días). Ojo, una buena gallinaza descompuesta no genera ningún olor.</p> <p>7. Corrección de la acidez del suelo: La aplicación de cal agrícola debe ser dos meses antes de la lluvia y abonamiento, se recomienda incorporar al suelo 1200 kg/ha, de forma paulatina de 250 kg/ha por cada campaña, e ir corrigiendo la acidez del suelo.</p>				

Ing. Agrón. Miriam R. Quispe Huincho



REFERENCIAS

AGRICULTOR	Chimer Brajhan Encarnacion Ayala	VARIEDAD	#¡VALORI	RDTO ESTIMADO (t/ha)	35
NOMBRE PARCELA	Sector 1-Bloque 4	SIST. PRODUCCIÓN	Convencional		
CULTIVO	Pastos Mejorados			MUESTRA N°	4163

RECOMENDACIONES GENERALES SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS

CULTIVO	N (Kg/ha)	P205 (Kg/ha)	K2O (Kg/ha)	RECOMENDACION DE ENCALAMIENTO (Ton/ha de una cal que contenga al menos un 80% de CaCO ₃).
Pastos Mejorados	122	88	82	Si es necesario aplicar cal agricola
PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:		DOSIS (kg/ha)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	
Gallinaza (GA)		1900	METODO 1: A) Esparcir uniformemente los 1900 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Mezclar los 50 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM luego esparcir uniformemente en el terreno preparado. C) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza y la mezcla de abono a unos 15 cm. de profundidad. D) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar.	
Nitrato de Amonio (NH)		200	METODO 2: A) Esparcir uniformemente los 1900 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza a unos 15 cm. de profundidad. C) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar. D) Aplicar a los 40 - 50 días despues de la emergencia, cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, al voleo los 50 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM.	
Fosfato Diamónico (FDA)		50	3.- Aplicar los 200 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH), inmediatamente despues del tercer corte.	
Sulfato de Potasio y Magnesio (SFM)		200		

OBSERVACIONES:

Las recomendaciones de la dosis de fertilización son para manejo convencional de Pasto asociado (Avena + Vicia) y están elaboradas en base al requerimiento de nutrientes que necesita la planta para sustentar una producción de 35 toneladas en el primer año.

NOTAS Y COMENTARIOS GENERALES PARA EL CULTIVO DE PASTO

- 1. La Fertilización.** La fertilización debe hacerse en forma fraccionada dos veces. La primera fertilización corresponde: ((1900 kg de Gallinaza + 50 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM) = 2125 kg/ha en total). La segunda fertilización corresponde: 200 kg/ha de de Nitrato de Amonio (NH).
- 2. Primera Fertilización (a la siembra).** Los 1800 kg/ha de Gallinaza aplicar antes de la siembra (al voleo). Los 325 kg/ha de la mezcla FDA + SFM), aplicar al voleo antes de la siembra o cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, tal como se indicó anteriormente.
- 3. Segunda Fertilización (despues del tercer corte).** Aplicar 200 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH) al voleo inmediatamente despues del tercer corte.
- 4. MUY IMPORTANTE:** Luego del último corte del primer año, es necesario reponer los nutrientes extraídos, a fin de no agotar los nutrientes del suelo. Aplicar Nitrato de Amonio + FDA + SFM (450 kg de mezcla), fraccionado en 4 partes (aplicar en una hectárea los 113 kg de la mezcla cada tres meses).
- 5.** Conceder que las aplicaciones de los abonos deben ser bien en suelo húmedo (inmediatamente despues de un riego).
- 6.** La gallinaza (GA) se debe **aplicar descompuesto**, para ello se trata de la siguiente manera: **1ro** se amontona toda la gallinaza. **2do** se aplica agua unos 10 baldes de 20 litros por tonelada de gallinaza (Solo se aplica agua cuando la gallinaza es seco). **3ro** a los 15 días despues de aplicar agua, se le voltea (mínimo 3 volteadas cada 15 días). **Ojo**, una buena gallinaza descompuesta no genera ningún olor.
- 7. Corrección de la acidez del suelo:** La aplicación de cal agricola debe ser dos meses antes de la lluvia y abonamiento, se recomienda incorporar al suelo 1200 kg/ha, de forma paulatina de 330 kg/ha por cada campaña, e ir corrigiendo la acidez del suelo.



REFERENCIAS

AGRICULTOR	Chimer Brajhan Encarnacion Ayala	VARIEDAD	#1 VALOR1	RDTO ESTIMADO (t/ha)	35
NOMBRE PARCELA	Sector 1-Bloque 5	SIST. PRODUCCIÓN	Convencional		
CULTIVO	Pastos Mejorados			MUESTRA N°	4164

RECOMENDACIONES GENERALES SEGÚN RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS

CULTIVO	N (Kg/ha)	P205 (Kg/ha)	K2O (Kg/ha)	RECOMENDACION DE ENCALAMIENTO (Ton/ha de una cal que contenga al menos un 80% de CaCO3)
Pastos Mejorados	127	63	80	Si es necesario aplicar cal agrícola
PRODUCTO COMERCIAL RECOMENDADO:		DOSIS (kg/ha)	ÉPOCA DE APLICACIÓN	
Gallinaza (GA)		1800	METODO 1: A) Esparcir uniformemente los 1800 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Mezclar los 0 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM luego esparcir uniformemente en el terreno preparado. C) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza y la mezcla de abono a unos 15 cm. de profundidad. D) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar.	
Nitrato de Amonio (NH)		250	METODO 2: A) Esparcir uniformemente los 1800 kg/ha de gallinaza en terreno preparado. B) Pasar una rastra liviana, para incorporar al suelo la gallinaza a unos 15 cm. de profundidad. C) Finalmente sembrar, cubrir la semilla y luego regar. D) Aplicar a los 40 - 50 días después de la emergencia, cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, al voleo los 0 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM.	
Sulfato de Potasio y Magnesio (SFM)		200	3.- Aplicar los 250 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH), inmediatamente después del tercer corte.	
Sulfato de Potasio y Magnesio (SFM)		0		

OBSERVACIONES:

Las recomendaciones de la dosis de fertilización son para manejo convencional de Pasto asociado (Avena + Vicia) y están elaboradas en base al requerimiento de nutrientes que necesita la planta para sustentar una producción de 35 toneladas en el primer año.

NOTAS Y COMENTARIOS GENERALES PARA EL CULTIVO DE PASTO

- 1. La Fertilización.** La fertilización debe hacerse en forma fraccionada dos veces. La primera fertilización corresponde: ((1800 kg de Gallinaza + 0 kg/ha de FDA + 200 kg/ha de SFM) = 200 kg/ha en total). La segunda fertilización corresponde: 250 kg/ha de de Nitrato de Amonio (NH).
- 2. Primera Fertilización (a la siembra).** Los 1800 kg/ha de Gallinaza aplicar antes de la siembra (al voleo). Los 200 kg/ha de la mezcla FDA + SFM), aplicar al voleo antes de la siembra o cuando las plantas tengan de 10 a 15 cm de altura, tal como se indicó anteriormente.
- 3. Segunda Fertilización (después del tercer corte).** Aplicar 250 kg/ha de Nitrato de Amonio (NH) al voleo inmediatamente después del tercer corte.
- 4. MUY IMPORTANTE:** Luego del último corte del primer año, es necesario reponer los nutrientes extraídos, a fin de no agotar los nutrientes del suelo. Aplicar Nitrato de Amonio + FDA + SFM (450 kg de mezcla), fraccionado en 4 partes (aplicar en una hectárea los 113 kg de la mezcla cada tres meses).
- 5.** Considerar que las aplicaciones de los abonos deben ser bien en suelo húmedo (inmediatamente después de un riego).
- 6.** La gallinaza (GA) se debe **aplicar descompuesto**, para ello se trata de la siguiente manera: **1ro** se amontona toda la gallinaza. **2do** se aplica agua unos 10 baldes de 20 litros por tonelada de gallinaza (Solo se aplica agua cuando la gallinaza es seco). **3ro** a los 15 días después de aplicar agua, se le voltea (mínimo 3 volteadas cada 15 días). **Ojo**, una buena gallinaza descompuesta no genera ningún olor.
- 7. Corrección de la acidez del suelo:** La aplicación de cal agrícola debe ser dos meses antes de la lluvia y abonamiento, se recomienda incorporar al suelo 1200 kg/ha, de forma paulatina de 330 kg/ha por cada campaña, e ir corrigiendo la acidez del suelo.

Resultados sector B



INFORME DE ENSAYO N° 102224-23/SU/ LABSAF - SANTA ANA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente :
 Propietario / Productor : Ghimer Brajhan Encarnacion Ayala
 Dirección del cliente : Centro Experimental Alpaicayan
 Solicitado por :
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 05 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Vico-Pasco-Pasco
 Fecha(s) de muestreo : 2023-09-28 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-10-02
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliaves - LABSAF Santa Ana
 Fecha(s) de análisis : 2023-10-24
 Cotización del servicio : 336-23-SA
 Fecha de emisión : 2023-10-23

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5		
Código de Laboratorio	SU4165-SA-23	SU4166-SA-23	SU4167-SA-23	SU4168-SA-23	SU4169-SA-23		
Matriz Analizada	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola		
Fecha de Muestreo	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	12:57:00	13:01:00	12:54:00	13:07:00	11:36:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Sector 2-Bloque 1	Sector 2-Bloque 2	Sector 2-Bloque 3	Sector 2-Bloque 4	Sector 2-Bloque 5		
	Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	6.8	6.9	5.1	4.7	6.7
Conductividad Eléctrica	mS/m	0.1	15.6	12.9	3.1	3.9	14.6
Materia Orgánica	%	0.3	7.4	9.1	8.4	8.1	9.9
Nitrógeno (**)	%	-	0.37	0.46	0.42	0.41	0.50
Fósforo Disponible (**)	mg/Kg	0.5	12.5	6.4	89.2	114.3	23.0
Potasio Disponible (**)	mg/Kg	3.0	87.1	70.3	37.8	42.9	317.9
Cadmio, Cd (**)	mg/Kg	-	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Plomo, Pb (**)	mg/Kg	-	80.05	93.69	77.60	79.39	87.09
Arena (**)	%	-	68	62	49	57	59
Limo (**)	%	-	23	33	33	29	27
Arcilla (**)	%	-	9	5	17	13	13
Clase Textural (**)	-	-	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco	Franco Arenoso	Franco Arenoso



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

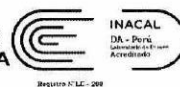
Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 1 de 2
F-46 / Ver.04
www.inia.gob.pe

Resultados sector C



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 102225-23/SU/ LABSAF - SANTA ANA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente :
 Propietario / Productor : Ghimer Brajhan Encarnación Ayala
 Dirección del cliente : Centro Experimental Alpaicayan
 Solicitado por :
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 05 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Vico-Pasco-Pasco
 Fecha(s) de muestreo : 2023-09-28 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-10-02
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarens - LABSAF Santa Ana
 Fecha(s) de análisis : 2023-10-24
 Cotización del servicio : 335-23-SA
 Fecha de emisión : 2023-10-23

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5		
Código de Laboratorio	SU4170-SA-23	SU4171-SA-23	SU4172-SA-23	SU4173-SA-23	SU4174-SA-23		
Matriz Analizada	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola		
Fecha de Muestreo	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	14:05:00	14:17:00	14:35:00	14:38:00	14:40:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Sector 3-Bloque 1	Sector 3-Bloque 2	Sector 3-Bloque 3	Sector 3-Bloque 4	Sector 3-Bloque 5		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
pH	unid. pH	0,1	5.5	6.3	5.7	5.6	5.6
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,1	3.6	7.5	4.9	8.0	5.1
Materia Orgánica	%	0.2	9.2	9.8	10.5	10.2	12.2
Nitrógeno (**)	%	-	0.46	0.49	0.53	0.51	0.81
Fósforo Disponible (**)	mg/Kg	0.5	56.3	80.7	73.0	65.7	29.5
Potasio Disponible (**)	mg/Kg	3.0	69.9	143.9	127.1	80.9	88.1
Cadmio, Cd (**)	mg/Kg	-	0.44	0.86	0.55	0.71	1.47
Plomo, Pb (**)	mg/Kg	-	105.31	175.81	157.87	154.49	173.41

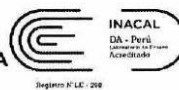
Arena (**)	%	-	56	60	60	60	54
Limo (**)	%	-	33	33	31	29	37
Arcilla (**)	%	-	11	8	9	12	10
Clase Textural (**)	-	-	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso



Resultados sector D



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 102226-23/SU/ LABSAF - SANTA ANA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente :
 Propietario / Productor : Ghimer Brajhan Encarnacion Ayala
 Dirección del cliente : Centro Experimental Alpaicayan
 Solicitado por :
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 05 muestras
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Vico-Pasco-Pasco
 Fecha(s) de muestreo : 2023-09-28 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-10-02
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Santa Ana
 Fecha(s) de análisis : 2023-10-24
 Cotización del servicio : 336-23-SA
 Fecha de emisión : 2023-10-23

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5		
Código de Laboratorio	SU4175-SA-23	SU4176-SA-23	SU4177-SA-23	SU4178-SA-23	SU4179-SA-23		
Matriz Analizada	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola	Suelo Agrícola		
Fecha de Muestreo	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28	2023-09-28		
Hora de Inicio de Muestreo (h)	14:44:00	14:48:00	14:56:00	14:52:00	14:59:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Sector 4-Bloque 1	Sector 4-Bloque 2	Sector 4-Bloque 3	Sector 4-Bloque 4	Sector 4-Bloque 5		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
pH	unid. pH	0,1	6.2	7.0	6.1	5.9	5.6
Conductividad Eléctrica	mS/m	0,1	6.7	7.0	4.9	4.4	3.6
Materia Orgánica	%	0,2	8.5	7.7	9.8	8.3	8.1
Nitrógeno (**)	%	-	0.43	0.39	0.49	0.42	0.41
Fósforo Disponible (**)	mg/Kg	0.5	94.2	7.8	110.2	108.2	201.0
Potasio Disponible (**)	mg/Kg	3.0	52.8	65.5	47.9	44.9	35.9
Cadmio, Cd (**)	mg/Kg	-	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00
Ploomo, Pb (**)	mg/Kg	-	102.42	87.67	165.49	120.72	85.16
Arena (**)	%	-	58	54	54	58	58
Limo (**)	%	-	33	35	41	33	31
Arcilla (**)	%	-	10	12	6	10	12
Clase Textural (**)	-	-	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Saños Grande - Hualahoyo km. 8 Santa Ana, El Tambo - Huancayo - Junín

Página 1 de 2
F-46 / Ver:04
www.inia.gob.pe

Panel fotográfico

Muestreo de suelos en diferentes sectores

