

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LAS COMUNIDADES DE
COLQUECACHI, OCCOPAMPA Y SANTA ROSA DEL DISTRITO DE AMANTANI,

PUNO 2024

PRESENTADA POR:

YOVANNA MARIVELLA ESTRADA CAHUAPAZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PUNO - PERÚ

2026



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



1.47%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 31 MAR 2026, 7:03 PM

Originality & Authorship Report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

IDENTICAL
0.18%

CHANGED TEXT
1.28%

Report #32224003

YOVANNA MARIVELLA ESTRADA CAHUAPAZA // EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LAS COMUNIDADES DE COLQUECACHI, OCCOPAMPA Y SANTA ROSA DEL DISTRITO DE AMANTANI, PUNO 2024 RESUMEN El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani 2024. La investigación fué descriptiva, de tipo no experimental, para la muestra se ha utilizado un muestreo compuesto y dirigido del terreno. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: El análisis de los parámetros de fertilidad de los tipos de suelos de las tres comunidades tienen una gran capacidad para la agricultura, señalados por un pH adecuado (con rangos de 6,4 a 7), falta de salinidad, una buena saturación de bases y una notable capacidad de intercambio catiónico. La comunidad de Colquecachi resalta por sus niveles más altos de potasio tanto intercambiable (1.37 cmol(+)/Kg) como disponible (536 ppm), así como su CIC más significativa (25,90 cmol(+)/Kg), lo que le da una ligera ventaja en términos de reservas de nutrientes. en cambio la comunidad de Occopampa exhibe cantidades elevadas de magnesio (6.91 cmol(+)/Kg) y potasio (1.06 cmol(+)/kg) disponibles, mientras que Santa Rosa tiene el contenido más alto de fósforo (130.2 cmol(+)/Kg) accesible. Sin embargo, el principal factor limitante que comparten las tres comunidades es la baja cantidad de nitrógeno total (Occopampa 0.11%), (Colquecachi 0.13%) y

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LAS COMUNIDADES DE
COLQUECACHI, OCCOPAMPA Y SANTA ROSA DEL DISTRITO DE AMANTANI,
PUNO 2024

PRESENTADA POR:

YOVANNA MARIVELLA ESTRADA CAHUAPAZA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

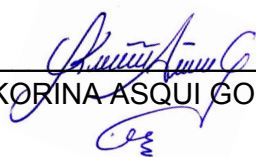
PRESIDENTE

:


Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

PRIMER MIEMBRO

:


M.Sc. KORINA ASQUI GOMEZ

ASESOR DE TESIS

:


Mg. LUIS ALBERTH ROSSEL BERNEDO

Área: Ingeniería, Tecnológica.

Sub área: Ingeniería Ambiental.

Línea de investigación: Ciencias Ambientales.

Puno, 10 de abril del 2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, fruto de esfuerzo, dedicación y compromiso, a Dios, por brindarme la fortaleza y sabiduría en cada paso de este camino.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y por ser mi mayor fuente de inspiración. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la importancia de cuidar y proteger nuestro entorno.

A mis hermanos y seres queridos, por su constante apoyo, aliento y compañía en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad San Carlos por haberme brindado la oportunidad de alcanzar una formación profesional que me permita desarrollarme en el campo de la Ingeniería Ambiental.

Agradecer a los docentes por su aporte científico de impartir sus conocimientos académicos e inculcarnos principios y valores morales y sus enseñanzas que contribuyeron en nuestra formación profesional.

A los miembros del jurado y asesor del presente trabajo de investigación, ya que sus aportes contribuyeron a mi conocimiento de la investigación científica.

A mis padres quienes supieron guiarme siempre por el camino correcto en la vida, a mis hermanos con quienes compartí los mejores momentos de mi existencia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	15
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	15
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	17
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.	20
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	23

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	24
2.1.1 SUELO.	24

2.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.	24
2.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	27
2.1.4. FERTILIDAD DEL SUELO	29
2.1.5. NUTRIENTES DE SUELO	30
2.1.6. ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA	31
2.1.7. DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.	31
2.1.8. PARÁMETROS DE FERTILIDAD DE SUELOS.	31
2.2. MARCO CONCEPTUAL	32
2.3. MARCO NORMATIVO	33
2.3.1. NORMATIVA VIGENTE DE SUELOS	33
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.	33
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	33
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO.	34
3.1.1. ASPECTOS AMBIENTALES	35
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.2.1. POBLACIÓN	36
3.2.2. MUESTRA	36
3.3. METODO Y TECNICA	36
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVO ESPECÍFICO	36
3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	41

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO. EN LAS

COMUNIDADES DE COLQUECACHI, OCCOPAMPA Y SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE AMANTANI, PROVINCIA DE PUNO.	42
4.2. COMPARAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS CON LOS ESTÁNDARES DE FERTILIDAD ESTABLECIDOS POR LA USDA, LA UNALM.	47
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Puntos de muestreo.	37
Tabla 02: Materiales utilizados en la investigación.	37
Tabla 03: Equipos y Herramientas.	38
Tabla 04: Parámetros comunes que se evalúan (según USDA - UNALM).	40
Tabla 05: Operacionalización de variables de la investigación.	41
Tabla 06: Parámetros físico químicos de la muestra de suelo en la Cc.de Occopampa.	42
Tabla 07: Parámetros físico químicos de la muestra de suelo en la CC de Colquecachi.	43
Tabla 08: Parámetros físico químicos de la muestra de suelo en la CC de Santa Rosa.	45
Tabla 09: Comparación de la concentración de los parámetros físico químicos en la cc de Occopampa con los estándares de fertilidad de las USDA y UNALM.	47
Tabla 10: Comparación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos en la cc de Colquecachi con los estándares de fertilidad de las USDA y UNALM.	50
Tabla 11: Comparación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos en la cc de Santa Rosa con los estándares de fertilidad de las USDA y UNALM.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Triángulo Textural.	26
Figura 02: Ubicación de la Isla Amantani.	34
Figura 03: Identificación de la zona de análisis Comunidad de Occopampa Distrito Amantani	73
Figura 04: Identificación de zona de análisis Comunidad Colquecachi Distrito de Amantani.	73
Figura 05: Identificación de la zona de análisis Comunidad de Santa Rosa Distrito Amantani	74

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.	70
Anexo 02: Parámetros comunes que se evalúan (según USDA - UNALM).	71
Anexo 03: Análisis de laboratorio.	72
Anexo 04: Panel fotográfico.	73

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani 2024. La investigación fué descriptiva, de tipo no experimental, para la muestra se ha utilizado un muestreo compuesto y dirigido del terreno. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: El análisis de los parámetros de fertilidad de los tipos de suelos de las tres comunidades tienen una gran capacidad para la agricultura, señalados por un pH adecuado (con rangos de 6,4 a 7), falta de salinidad, una buena saturación de bases y una notable capacidad de intercambio catiónico. La comunidad de Colquecachi resalta por sus niveles más altos de potasio tanto intercambiable (1.37 cmol(+)/Kg) como disponible (536 ppm), así como su CIC más significativa (25,90 cmol(+)/Kg), lo que le da una ligera ventaja en términos de reservas de nutrientes. en cambio la comunidad de Occopampa exhibe cantidades elevadas de magnesio (6.91 cmol(+)/Kg) y potasio (1.06 cmol(+)/kg) disponibles, mientras que Santa Rosa tiene el contenido más alto de fósforo (130.2 cmol(+)/Kg) accesible. Sin embargo, el principal factor limitante que comparten las tres comunidades es la baja cantidad de nitrógeno total (Occopampa 0.11%), (Colquecachi 0.13%) y (Santa Rosa 0.14 %). Por lo tanto, a pesar de que las tres comunidades muestran características del suelo favorables y similares, la sostenibilidad de la producción estará sujeta a un manejo técnico que busque equilibrar los niveles de nitrógeno y preservar la calidad química del suelo. Concluyendo que la evaluación de la fertilidad de los suelos agrícolas en las comunidades de Occopampa, Colquecachi y Santa Rosa, revela que los parámetros analizados se encuentran por encima de los estándares establecidos por la USDA y la UNALM. Estos resultados confirman que las condiciones del suelo cumplen con los estándares de fertilidad recomendados para un manejo agrícola sostenible.

Palabras clave: Fertilidad, Parámetros fisicoquímicos, Suelo

ABSTRACT

This research aimed to evaluate soil fertility in the communities of Colquecachi, Occopampa, and Santa Rosa in the Amantani district in 2024. The research was descriptive and non-experimental, and a composite and targeted sampling method was used to collect the sample. The results obtained were as follows: The analysis of fertility parameters for the soil types in the three communities showed a high capacity for agriculture, indicated by an adequate pH (ranging from 6.4 to 7), lack of salinity, good base saturation, and a notable cation exchange capacity. The Colquecachi community stands out for its higher levels of both exchangeable potassium (1.37 cmol(+)/Kg) and available potassium (536 ppm), as well as its most significant cation exchange capacity (25.90 cmol(+)/Kg), giving it a slight advantage in terms of nutrient reserves. In contrast, the Occopampa community exhibits high amounts of available magnesium (6.91 cmol(+)/Kg) and potassium (1.06 cmol(+)/kg), while Santa Rosa has the highest content of accessible phosphorus (130.2 cmol(+)/Kg). However, the main limiting factor shared by the three communities is the low amount of total nitrogen (Occopampa 0.11%), (Colquecachi 0.13%), and (Santa Rosa 0.14%), which underscores the need to implement nitrogen fertilization strategies and proper organic matter management. Therefore, although the three communities exhibit favorable and similar soil characteristics, the sustainability of production will depend on technical management aimed at balancing nitrogen levels and preserving the soil's chemical quality. In conclusion, the 2024 evaluation of agricultural soil fertility in the communities of Occopampa, Colquecachi, and Santa Rosa in the Amantani district reveals that the analyzed parameters are above the standards established by the USDA and UNALM. These results confirm that the soil conditions meet the fertility standards recommended for sustainable agricultural management.

Keywords: Fertility, Physicochemical parameters, Soil

INTRODUCCIÓN

La presente investigación examina un problema crucial que impacta directamente la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas: la pérdida de la fertilidad de los suelos. Este acontecimiento afecta gravemente la capacidad del suelo para realizar funciones ecológicas esenciales, como la retención de agua, el reciclaje de nutrientes y la captura de carbono, lo que, a su vez, influye negativamente en la estabilidad ambiental y productiva de las áreas rurales.

También se sabe que gran parte de los terrenos en la región andina tienen baja fertilidad natural debido a prácticas agrícolas inadecuadas que están perjudicando el ecosistema y causando un desequilibrio ecológico, lo que limita la estabilidad en la agricultura y genera bajos ingresos para los agricultores de esta vital zona del país. La valoración de la fertilidad del suelo es el procedimiento que permite diagnosticar las características físicas y químicas del mismo, sugiriendo recomendaciones para un programa de fertilización apropiado.

En las localidades de Occopampa, Colquecachi y Santa Rosa, del distrito de Amantani donde la agricultura representa una de las principales actividades económicas y de subsistencia, la reducción gradual de la fertilidad del suelo se presenta como una amenaza inminente para la biodiversidad local. Además, esta degradación contribuye a la desertificación, enfatizando los efectos del cambio climático y disminución de la resiliencia de los agroecosistemas. Ante esta problemática, es urgente generar conocimiento técnico y adaptado que guíe la formulación de estrategias para un manejo sostenible del suelo, ya que este recurso es muy escaso en la región. Este estudio tiene como objetivo proporcionar información fundamental para promover una gestión sostenible del suelo, considerada como la clave para mejorar su calidad, mantener el equilibrio ambiental y asegurar el bienestar de las familias que dependen de este recurso. La relevancia de la investigación radica en que responde a una necesidad específica de las comunidades: la disminución de la productividad agrícola, provocada por suelos agotados, ha impactado considerablemente la seguridad alimentaria y los ingresos de las familias campesinas.

Mediante el diagnóstico de los factores que afectan la degradación del suelo, así como la identificación de prácticas agrícolas efectivas, esta tesis sugiere alternativas viables que podrían resultar en beneficios concretos para los productores y las autoridades locales, promoviendo así una cultura de conservación del suelo y producción sostenible.

El desarrollo de este documento se organiza de la siguiente manera: Capítulo I: Se presenta el problema de investigación, respaldado con información contextual significativa. Luego, se ofrecen antecedentes a nivel internacional, nacional y local relacionados con la fertilidad del suelo, y se definen los objetivos del estudio. Capítulo II: Se abordan los fundamentos teóricos que sustentan la variable de investigación, específicamente la fertilidad del suelo y sus parámetros fisicoquímicos, además de la normativa nacional vigente. Al final del capítulo, se formulan las hipótesis de la investigación. Capítulo III: Se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación, especificando las zonas de estudio de Occopampa, Colquecachi y Santa Rosa, el terreno a analizar y el enfoque estadístico aplicado. Capítulo IV: Se presentan los resultados obtenidos tras los análisis de laboratorio, los cuales se interpretaron conforme a los estándares de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM. Finalmente, se ofrecen las conclusiones derivadas de los hallazgos más significativos y se sugieren recomendaciones prácticas enfocadas en la recuperación y conservación de los suelos agrícolas en las tres comunidades del distrito de Amantani.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La degradación del suelo está asociada a muchos factores, como las malas prácticas de gestión de la tierra, la pérdida de vegetación natural en tierras excesivamente inclinadas, los monocultivos y el uso indiscriminado de fertilizantes.

Los productos químicos, el cultivo en pendientes máximas y la quema de residuos de cultivos son prácticas que, sin saberlo, provocan la pérdida de la fertilidad del suelo.

Los recursos del suelo, a pesar de su importancia socioeconómica, no han recibido la atención necesaria; por el contrario, la presión demográfica y las diversas actividades dirigidas a él han acelerado su degradación física, química y biológica, lo que tiene consecuencias sociales y económicas. como una disminución de la productividad y de la superficie cultivada, (Olortino, 2016).

La falta de conocimientos sobre la fertilidad del suelo puede acarrear graves problemas en la producción agrícola, la eficiencia de los cultivos y el deterioro de la tierra, dado que se carece de datos cruciales para establecer estrategias de gestión dentro de una agricultura que sea sostenible. En la agricultura tradicional, es poco común que se evalúe la fertilidad del suelo, porque se piensa que es algo costoso y que requiere de mucho tiempo para llevarlo a cabo. (Pérez et al., 2023)

El incremento demográfico, junto con métodos de labranza y uso intensivo del suelo, han provocado que la mitad de las zonas de cultivo a nivel mundial presenten un estado precario o estén completamente agotadas. En un contexto de tiranteces globales desde la

crisis del Covid-19, que se ha agudizado con el conflicto en Ucrania, la inseguridad alimentaria se agrava. De acuerdo al reporte SOFI 2023, en África, el hambre afecta actualmente a una de cada cinco personas. Por ello, resulta fundamental preservar y optimizar la salud del suelo para garantizar la sostenibilidad agrícola. (Agence Francaise de Développement, 2025). En la actualidad, la agricultura busca optimizar su rendimiento a través de métodos de uso del suelo poco apropiados, tales como: sistemas de riego deficientes, prácticas de cultivo incorrectas, y la utilización excesiva de fertilizantes y plaguicidas químicos para sustentar e impulsar el desarrollo y la producción de las cosechas, lo cual conduce a un aprovechamiento descontrolado de los recursos naturales. Con el aumento demográfico mundial, la aptitud de la tierra para producir comida nutritiva y suficiente decrece constantemente debido a la progresiva degradación de los suelos. Esta erosión se intensifica alarmantemente en todo el mundo, poniendo en peligro la capacidad productiva y la riqueza de la tierra, y, por consiguiente, el suministro global de alimentos. La merma de la calidad del terreno, provocada tanto por causas naturales como por la actividad humana, pone en jaque la seguridad alimentaria mundial, el desarrollo sostenible y la salud de los ecosistemas.

En el Perú, la elaboración de productos ecológicos era considerable, y se nos reconocía por exportar artículos clave. No obstante, el uso anual de pesticidas, herbicidas y químicos en la agricultura es elevado, lo cual acarrea efectos negativos como la merma en la riqueza de los suelos y la disminución de macro y micronutrientes. El deseo del productor es aumentar la cosecha, sin proteger el suelo (Chambi, Castro Javier, 2024)

Amantaní, una isla que forma parte de Puno, se ha dedicado al turismo desde hace unos treinta años como una alternativa económica. Aunque la agricultura sigue siendo clave para su sustento, el contacto con visitantes de todo el mundo y la necesidad de ofrecer comida y alojamiento han aumentado la producción agrícola y, a su vez, los desechos. Esto impacta directamente en las propiedades físicas y químicas del suelo en las diferentes comunidades isleñas (Paredes, 2014).

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el nivel de fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los parámetros de fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024?
- ¿Cuál es el nivel de fertilidad del suelo que presentan las tres comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Según Wall & Plunkett (2020) tuvieron como objetivo proponer que el concepto general de suelo fértil está relacionado más bien con sus propiedades químicas, especialmente la disponibilidad de los principales macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio (N, P y K) y el valor del pH, que regula la disponibilidad del suelo para las formas solubles de nutrientes. Como resultados muestra que la mayoría de los nutrientes necesarios en cantidades relativamente grandes están disponibles para los cultivos cuando el pH es cercano a neutro.

Según Whetton et al. (2021), tuvieron como objetivo elaborar un método de análisis de correlación no lineal basado en un modelo no lineal de respuesta al impulso finito (NFIR), pues, en el análisis de la fertilidad del suelo se refiere al proceso de medir las reservas de nutrientes esenciales que contiene y la capacidad del suelo para suministrarlos a las plantas, lo que puede proporcionar a los científicos y agricultores una base precisa y confiable para tomar decisiones apropiadas sobre los métodos de fertilización necesarios en sus parcelas. Para las naciones de América Latina y el Caribe, la protección del entorno ambiental se vuelve menos prioritaria debido a la gran cantidad de necesidades esenciales que deben ser atendidas. Por esta causa, en muchos de estos países, las entidades gubernamentales se involucran en la administración de residuos sólidos, llevando a cabo solo lo básico exigido por el sistema y asignando escasos recursos económicos a este

ámbito. Como resultado, los métodos de recolección, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos sólidos son llevados a cabo con tecnologías inapropiadas.

Por su parte Vega-Blancas et al. (2022), analizaron la fertilidad del suelo mediante la validación e interpolación Kriging de sus variables, concluyendo que al analizar los mapas de MO, N, K, P y pH, se pudo determinar la condición actual de la fertilidad de los suelos, revelando a su vez signos de deterioro. Asimismo, al añadir los mapas de CIC, CE, Ca, Mg y Na, se visualizó el comportamiento general de los suelos, resaltando aún más sus problemas de degradación. Según lo que se aprecia en los mapas, las prácticas agrícolas de subsistencia, como el uso tradicional de fertilizantes sin un conocimiento previo de los valores fisicoquímicos del suelo a lo largo del tiempo, han provocado una acidificación más rápida de los suelos, afectando su fertilidad y disminuyendo su capacidad productiva.

Según Calle et al.,(2023), evaluaron la fertilidad de los terrenos en dos localidades rurales de La Paz, Bolivia (San Silvestre y Esmeralda), con el fin de determinar las condiciones más adecuadas para cultivar cacao y café. En Esmeralda, los análisis de tierra mostraron que para obtener buenos rendimientos de cacao, es necesario añadir 738. 5 kg de nitrógeno (N) y 76. 07 kg de fósforo (P_2O_5) por hectárea, mientras que para el café se requieren 212. 5 kg de N por hectárea. En ambos cultivos, no es precisa la aplicación de cal debido a que el porcentaje de saturación de acidez en los suelos es bajo. Por otro lado, en San Silvestre, las necesidades nutricionales son más elevadas: el cacao demanda 788. 09 kg de N, 229. 03 kg de P_2O_5 y 403. 86 kg de potasio (K_2O) por hectárea, y el café, 262. 09 kg de N y 21. 20 kg de P_2O_5 . También se detectó un alto nivel de saturación de acidez en estos suelos (46. 73 %), lo que supera el límite tolerable para el cacao y el café, indicando que es necesario aplicar cal. Para solucionar esta situación, se sugiere utilizar 4. 327 kg de cal agrícola por planta en cacao y 0. 439 kg por planta en café, aplicándose en dos fases para optimizar la mejora del suelo.

Mosier et al. (2021), evaluaron la reducción de la fertilidad del suelo y el aumento de la vulnerabilidad ambiental en la agricultura, ya sea por la calidad deficiente de los suelos o por una inadecuada gestión o una combinación de ambos, han causado una disminución

constante en los rendimientos de estas tierras, muchas áreas que anteriormente eran cultivables ahora no pueden ser utilizadas para la agricultura, y numerosas zonas han sido abandonadas en esta actividad. Las tierras deterioradas frecuentemente resultan de la disminución de la fertilidad del suelo, que se da por una gestión excesiva, prácticas inadecuadas de conservación del suelo y el cambio climático. Muchos estudios han señalado los efectos adversos de la agricultura intensiva de cultivos anuales en la salud del suelo; de hecho, el reciente renacer del interés en la agricultura regenerativa es un reflejo de esto.

Según Panchi (2024), analizó la calidad del suelo a través de un estudio físico-químico, buscó determinar cómo las actividades humanas afectan la microcuenca del Río Cinto. La técnica empleada consistió en la recolección de muestras de seis lugares diferentes. Los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos indicaron que los valores de pH del suelo variaron entre 5.86 y 6.61. La cantidad de bario osciló de 32.9 a 160.4 mg/kg y la conductividad eléctrica se situó entre 119.4 y 348.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las concentraciones de zinc se presentaron en un rango de 33.6 a 60.3 mg/kg. Se detectaron tres tipos de suelos en la microcuenca: Arenoso-Franco, Arenoso-Arcilloso-Franco y Arenoso-Franco. Se concluye que las distintas actividades humanas en las cercanías generan un impacto considerable en el suelo de la zona analizada. Los estudios estadísticos también revelan que el suelo en la microcuenca del Río Cinto en Lloa no alcanza los estándares establecidos en el Acuerdo Ministerial 097A para ser considerado un suelo sano y apropiado para la agricultura.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

Pinedo (2020), evaluó la calidad de la tierra agrícola en las poblaciones de Nuevo Celendín y Tarapotillo, utilizando una metodología de recolección de información. En Tarapotillo, los hallazgos mostraron un pH ligeramente ácido (5.5), conductividad eléctrica sin indicios de salinidad (53.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$), materia orgánica en un nivel intermedio (3.16%), nitrógeno en un nivel normal (0.1%), fósforo bajo (6.32 ppm), potasio medio (123.23 ppm) y CIC (6.6); mientras que en Celendín, los resultados revelaron un pH ligeramente ácido (6.5), CE sin problemas de salinidad (80.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$), materia orgánica en un nivel medio (3.36%),

Nitrógeno en un nivel regular (0.1512%), fósforo en un nivel medio (9.85 ppm), potasio en un nivel medio (213.25 ppm) y CIC (14). Esto sugiere que ambas áreas tienen suelos ligeramente ácidos y no presentan problemas salinos; en cuanto a las características físicas, se determinó que ambos lugares tienen una textura arcillosa. Se concluye que los suelos agrícolas de Tarapotillo y Nuevo Celendín tienen una buena capacidad para conservar nutrientes, lo que resulta en una alta fertilidad que promueve el crecimiento saludable de las cosechas.

Cantero (2023), evaluó la importancia y la relación entre el suelo - agua para lograr sistemas agroalimentarios sostenibles y resilientes, mostrando cifras de la Organización de las Naciones Unidas, indicando que casi toda la comida que comemos en el planeta, el 95%, viene directamente de la tierra y del agua. Los terrenos juegan un papel esencial tanto para nosotros como para la naturaleza, pues controlan cómo se guarda y se usa el agua, aguantan bien ante el clima extremo y hasta absorben carbono. Sin embargo, debido al cambio climático y a lo que hacemos las personas, los suelos están sufriendo mucho en todo el mundo, perdiendo calidad y erosionándose. Esto amenaza la variedad de vida, la salud del suelo, su riqueza, y también la cantidad y calidad del agua que necesitamos.

Vega et al., (2022), determinaron la aptitud del terreno para nutrir los cultivos representando su cualidad más crucial, haciendo indispensable comprenderla para optimizar su gestión. Numerosas zonas de cultivo enfrentan serias dificultades en la producción, el rendimiento y el deterioro del suelo, provocadas por la carencia de datos fundamentales que posibiliten la creación de planes de manejo orientados a una producción agrícola duradera y estable a largo plazo. En regiones de agricultura convencional, la valoración de la fertilidad del suelo no es común, principalmente porque implica un proceso tardado y oneroso.

Calle et al. (2023), evaluaron la fertilidad de los terrenos en dos localidades rurales de La Paz, Bolivia (San Silvestre y Esmeralda), con el fin de determinar las condiciones más adecuadas para cultivar cacao y café. En Esmeralda, los análisis de tierra mostraron que para obtener buenos rendimientos de cacao, es necesario añadir 738.5 kg de nitrógeno

(N) y 76.07 kg de fósforo (P_2O_5) por hectárea, mientras que para el café se requieren 212.5 kg de N por hectárea. En ambos cultivos, no es precisa la aplicación de cal debido a que el porcentaje de saturación de acidez en los suelos es bajo. Por otro lado, en San Silvestre, las necesidades nutricionales son más elevadas: el cacao demanda 788.09 kg de N, 229.03 kg de P_2O_5 y 403.86 kg de potasio (K_2O) por hectárea, y el café, 262.09 kg de N y 21.20 kg de P_2O_5 . También se detectó un alto nivel de saturación de acidez en estos suelos (46.73 %), lo que supera el límite tolerable para el cacao y el café, indicando que es necesario aplicar cal. Para solucionar esta situación, se sugiere utilizar 4.327 kg de cal agrícola por planta en cacao y 0.439 kg por planta en café, aplicándose en dos fases para optimizar la mejora del suelo.

Aguirre (2024), analizó la fertilidad química del terreno en la zona de San Isidro, ubicada en la provincia de Leoncio Prado, y representaron gráficamente la distribución geográfica de dicha fertilidad con base en las unidades fisiográficas. La metodología aplicada fue elaborar un mapa fisiográfico que incluía tres unidades. Posteriormente, se seleccionaron tres sitios. Se llevó a cabo un muestreo en cada una de estas unidades, resultando en un total de nueve muestras que fueron enviadas al laboratorio de suelos para su análisis. A partir de los resultados, se determinó la fertilidad química siguiendo el procedimiento propuesto por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y se extrapolan utilizando el software ArcGis, como resultados obtuvo que los niveles de fertilidad: fueron bajos en las muestras 01, 02, 04, 05, 06 y 08; y moderados en las muestras 03, 07 y 09. En términos de distribución espacial, según la unidad fisiográfica, la mayor proporción de fertilidad baja se encontró en Ma con un 51,11 %, seguido de Ta2 con un 9,93 %, y en menor medida en Ta1 con un 7,17 %. En el ámbito moderado, la mayor proporción también corresponde a Ma con un 21,82 %, seguido por Ta2 que tiene un 8,48 %, y por último, en una menor proporción, Ta1 presenta un 1,50 % del área total. Conclusión. La fertilidad del suelo observada en la zona de San Isidro se clasifica como baja y moderada; además, en relación con la distribución espacial, la mayoría corresponde a fertilidad baja, alcanzando un 68,21 % (177,89 ha).

Ferrua (2023), en su investigación evaluó la fertilidad de los suelos donde se cultiva cacao en el distrito de Canayre – Huanta, utilizando la técnica del elemento ausente. El propósito fue: Identificar los niveles de macroelementos en ciertos suelos con cultivo de cacao de Canayre y reconocer los nutrientes que faltan en los suelos, así como su estado nutricional a través de la producción de materia seca de *Lycopersicum sculentum*. Según los resultados del análisis de suelo, se observó que el fósforo disponible en los suelos con cacao está en un nivel muy bajo, el nitrógeno total varía entre medio y bajo, el potasio disponible es también muy bajo, y las relaciones catiónicas son desbalanceadas. La calidad nutricional de los suelos analizados se ve afectada por su acidez, lo que repercute en la disponibilidad de P, S, Ca y Mg. El fósforo resulta ser el factor más restrictivo para el crecimiento y desarrollo de las plantas indicadoras. La jerarquía de deficiencias es $P > S > N > K > Ca > Mg > ME$. El mejor rendimiento de materia seca se logró en el suelo de Coronel Portillo, seguido por el de Pacífico, el cual muestra un mejor estado nutritivo en relación a los suelos de otros lugares. Se alcanzó un mayor rendimiento de materia seca con el tratamiento que no incluye microelementos (-ME) y sin magnesio (-Mg). En lo que concierne al tratamiento que carece de fósforo (-P), se comporta de manera opuesta en comparación al tratamiento anterior, seguido por el tratamiento sin azufre (-S), sin nitrógeno (-N), sin potasio (-K) y sin calcio (-Ca).

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.

Según Chambi (2024), determinó que los suelos de la isla Titino exhiben una fertilidad moderada, no obstante, los análisis de elementos como plomo y mercurio revelan niveles que exceden los Estándares de Calidad Ambiental para suelo. Esto se atribuye, muy probablemente, a la polución causada por desechos sólidos, descargas de aguas residuales y el uso de productos agroquímicos por parte de los agricultores; así mismo al examinar los factores físicos como referencias de la fertilidad y la polución del terreno en la Isla Titino - Puno 2023, se deduce que estos se hallan en los niveles precisos, a excepción de la humedad, que registra un porcentaje elevado del 82%. Este fenómeno se debe a la cercanía del nivel freático del lago Titicaca.

Ojeda (2021), evaluó los metales pesados y la fertilidad de los suelos de la irrigación Canal N, Puno, Perú", se hallaron los siguientes resultados: las concentraciones de mercurio, alcanzando 259 y 249 mg/kg, excedieron los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de 6,6 mg/kg según el D. S. N°011-2017-MINAM. El análisis de las propiedades reveló lo siguiente: predominancia de arcilla y textura arcillosa, presencia de materia orgánica, niveles de nitrógeno total, escasez de carbonatos, un pH ligeramente alcalino en terrenos irrigados y pastizales naturales, acidez leve en suelos secos destinados al cultivo de avena, y conductividad sensible. Se detectaron niveles medios de fósforo, según el método de Olson, en suelos irrigados dedicados a cultivos perennes, así como alta presencia de potasio, niveles elevados de calcio, cantidades moderadas de magnesio, niveles normales de sodio, una alta capacidad de intercambio catiónico, y condiciones medias en terrenos de cultivo anual tanto de regadío como de secano. En conclusión, la presencia de mercurio supera los límites de los ECA en suelos con una fertilidad moderada, representando un riesgo ambiental y para la salud. Los agricultores consideran que la actividad minera está contaminando tanto las fuentes de agua como los suelos.

Zea (2021), examinó la fertilidad de las muestras de suelo en el laboratorio, se determinó que, según la tabla de interpretación del INIA, los suelos de Pueblo y Occosuyo presentan una clasificación media. Esto se debe a que los valores de materia orgánica, fósforo y potasio se ubican dentro de los parámetros de este rango, siendo elementos clave al evaluar la capacidad productiva del suelo. Los residuos orgánicos fueron identificados como los principales elementos que causan contaminación en Pueblo y Occosuyo. Estos desechos, al descomponerse, tienen la capacidad de modificar características propias del suelo, como su nivel de pH. Aunque también se detectaron otros contaminantes inorgánicos, estos no representan un riesgo para la calidad del suelo, impactando únicamente el aspecto visual del entorno.

En la opinión de Ojeda (2021), el suelo representa un elemento clave para llevar a cabo labores agrícolas y ganaderas, siendo el sustento vital de quienes se dedican a la

agricultura en la zona de riego del Canal N. La disminución de su capacidad nutritiva o fertilidad se manifiesta en un descenso progresivo de su rendimiento, provocado por diversas acciones incorrectas que se aprecian en la irrigación, tales como el manejo deficiente del agua al regar por inundación.

Ccama (2025), evaluó la fertilidad de los suelos agrícolas en la localidad de Jalluyo Compuyo, situada en el distrito de Pilcuyo - llave, durante el año 2025, muestra limitaciones moderadas para el avance agrícola. En específico, el contenido de fósforo disponible y potasio intercambiable está por debajo de lo que indica la USDA y la UNALM. Estos hallazgos ratifican que la calidad del suelo se ajusta a los criterios de fertilidad aconsejados para un manejo agrícola eficiente. El examen de los factores de fertilidad del suelo cultivado evidenció que el pH (6. 10) se posiciona en un nivel óptimo, con concentraciones elevadas de fósforo (18. 50 ppm), nitrógeno total (0. 27 %) y materia orgánica (5. 40 %), además de una alta saturación de bases (85 %). Se observaron niveles moderados de potasio (140 ppm) y magnesio (1. 20 me/100g), mientras que el calcio (4. 80 me/100g) mostró un valor bajo y la capacidad de intercambio catiónico fue inferior (7. 50 me/100g). La no presencia de aluminio intercambiable (0.00) sugiere condiciones propicias para el crecimiento de cultivos, sin embargo, la baja CIC y la falta de calcio indican una necesidad de prácticas de manejo para aumentar la disponibilidad de estos nutrientes.

Linares et al. (2020), analizaron la calidad de los suelos agrícolas en la bahía interior de Puno, abarcando el territorio que va desde Chulluni hasta Chimu. Para este propósito, se realizaron muestreos en ocho ubicaciones, con seis repeticiones en cada una, entre los meses de agosto y octubre. Los hallazgos mostraron una fuerte relación entre los factores físico-químicos, lo que indica que las condiciones del suelo son óptimas, con niveles consistentes de fósforo, nitrato, potasio y materia orgánica en los distintos puntos de muestreo analizados. A pesar de que los suelos presentan características adecuadas y una calidad y fertilidad moderadas, se detectaron altos niveles de nitratos que necesitan ser regulados para futuras siembras, además de una significativa contaminación causada por actividades humanas en el lugar que también requiere atención

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar los parámetros de la fertilidad (físicos y químicos) del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024.
- Comparar los niveles de los parámetros físico químicos de las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, con los criterios de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1 SUELO.

El suelo representa un recurso natural sumamente valioso y su composición química está en constante cambio, lo que genera una gran diversidad de suelos. La habilidad del suelo para proporcionar a las plantas los nutrientes que requieren para crecer se conoce como fertilidad. Además, se trata de una cualidad que está relacionada con la interacción de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (Zea Magaly, 2021)

El suelo es un ente activo, complicado y en constante cambio que puede verse como la parte viviente del planeta. Alberga elementos minerales y orgánicos, así como aire y agua. Generalmente, los minerales se conforman de arena, limo y arcilla, que a su vez están compuestos por varios elementos químicos, mientras que los componentes orgánicos derivan de seres vivos, incluyendo plantas, bacterias, hongos, animales y sus desechos. (Russell, 2023)

2.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.

2.1.2.1 Textura.- Esta propiedad se compone de tres elementos, que pueden ser arcilla, arena o limo, las partículas de estos componentes determinarán, según su proporción en el suelo, qué tipo de textura se manifiesta. La textura se refiere a la mezcla de tamaños de grano del suelo, representando los diferentes grados de formación de sedimentación que existen en él; esto también influye en su estructura. Se pueden identificar tres tipos de textura del suelo basados en el tamaño de las partículas, las cuales son:

- Arena: Es la fracción más grande del suelo, con un tamaño que varía entre 2 mm y 0.02 mm. Como las partículas de arena no se agregan, pueden verse individualmente, careciendo de capacidad de unión. Además, su capacidad de intercambio catiónico es baja y su función principal radica en formar la matriz del suelo.

- Limo: Esta partícula tiene un tamaño que va de 0.02 a 0.002 mm. Su composición química es similar a la de la arena, lo que significa que tampoco puede agregarse. Su capacidad de intercambio catiónico es igualmente baja.

- Arcilla: Es la partícula más pequeña que puede encontrarse en el suelo, siendo su tamaño inferior a 2 μm . Mientras que el limo y la arena provienen de la desintegración física de la roca. (Pinedo, 2020)

Las mezclas de estos elementos dan lugar a diversas categorías de textura, como la franca, la franco arenosa o la arcillosa, las cuales influyen en la estructura, la porosidad y la gestión del agua en el suelo, impactando de manera directa la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas. Para mostrar las diferentes categorías de textura, se han creado triángulos de textura o diagramas triangulares. El triángulo de textura se emplea para simplificar su análisis e interpretación; esta herramienta visual ayuda a situar cualquier muestra de suelo de acuerdo a sus proporciones de arena, limo y arcilla, y así prever cómo será su comportamiento en la agricultura y el ecosistema (Velázquez et al., 2022)

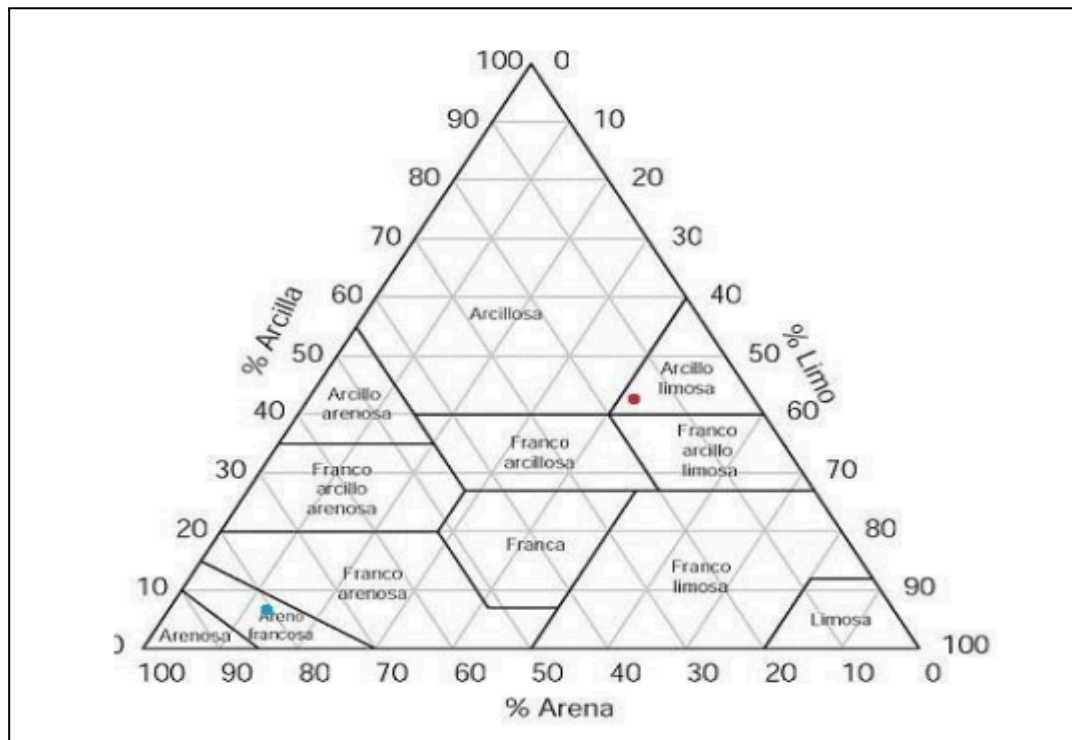


Figura 01: Triángulo Textural.

Nota. USDA, 1993. Nomenclatura en español según Zavaleta, 1992.

2.1.2.2 Densidad aparente.-

La densidad aparente es una característica física del suelo que indica su nivel de compactación, y se determina como la masa del suelo seco dividida por el volumen total, que incluye los espacios vacíos. Este parámetro es fundamental porque afecta directamente a procesos importantes como la absorción de agua, la profundidad a la que pueden crecer las raíces, la cantidad de poros, la retención de humedad y la accesibilidad de nutrientes, además de la actividad de los microorganismos del suelo. Un suelo que tiene una alta densidad aparente generalmente muestra una estructura densa, con menos espacios porosos, lo que puede restringir el crecimiento de las raíces y la circulación del agua y el aire. (Lince-Salazar, 2022)

2.1.2.3 Estructura del suelo.-

Es la manera en que las partículas del terreno se ensamblan para crear agregados. La configuración influye en la circulación del agua y la ventilación, además de afectar el desarrollo de las plantas y la creación de costras en la superficie. Otros elementos

significativos que se apoyan en gran medida en la configuración del suelo abarcan el paso de raíces entre los agregados y la capacidad de erosión del terreno. Los suelos con una buena estructura son menos propensos a sufrir degradación. Por lo tanto, dentro de la edafología, la estructura del suelo se considera una de las características más relevantes. (Jinez Garcia, 2025)

2.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

2.1.3.1 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Muestra qué tan bien la tierra puede guardar iones positivos que se pueden soltar y guardar en las partículas del terreno (CIC es la suma de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{H}^+$). Entender la CIC es muy importante porque nos dice cuántos nutrientes puede guardar y dar la tierra, afectando así cuánto y con qué frecuencia debemos poner abono. Este intercambio de iones positivos sucede gracias a las partículas finas del suelo como minerales, arcillas o materia orgánica, las cuales tienen una carga negativa en su superficie, sitio desde donde las plantas absorben lo que necesitan. (Vistoso & Martinez, 2022)

2.1.3.2 Cationes presentes en el suelo.

Potasio.- El K^+ es, de todos los cationes el que se requiere en mayor cantidad, considerándose un elemento primario junto con el nitrógeno y el fósforo. Entre sus funciones más importantes destacan la activación enzimática en reacciones fotosintéticas, intervienen en la síntesis de energía (ATP), proteínas y ligninas y regulan la turgencia celular, es decir, determinan la rigidez de las células mediante la regulación de la entrada y salida del agua y, por tanto, la rigidez o marchitez de la planta.

Calcio.- El Ca^{2+} , por su parte, ayuda a estabilizar el contenido en materia orgánica, participa en la regulación estomática, en la estabilidad de las membranas y en los procesos enzimáticos, actúa como segundo mensajero en la comunicación celular y actúa como floculador de suelos, teniendo una influencia importante en parámetros físicos como la aireación y la circulación del agua, pero su función más importante tiene que ver con la

rigidez y la protección de las células, ya que la lámina media de la pared celular es el mayor almacén de calcio en los tejidos vegetales.

Magnesio.- El Mg_2^+ es uno de los cationes principales del suelo pero su concentración y disponibilidad son bajas. Su importancia radica en que participa en numerosos procesos importantes como la formación de energía (ATP) en la fosforilación, la respiración celular y la síntesis de proteínas. Sin embargo, sus funciones más importantes están relacionadas con la fotosíntesis. Así, es el átomo central de la clorofila, un pigmento localizado en los tilacoides de los cloroplastos, orgánulos propios de las células vegetales, y activa la rubisco, enzima que cataliza la fijación del CO_2 atmosférico.

Sodio.- Las sales presentes en el suelo o agua de riego afectan el crecimiento de las plantas, órganos como las raíces disminuyen su desarrollo y, por ende, el rendimiento del cultivo, al reducir el volumen de suelo explorado (Almasoum, 2000).

2.1.3.3 Materia orgánica.

Proveniente de la descomposición de restos de plantas y animales, la materia orgánica enriquece el terreno, optimizando su estructura y proporcionando nutrientes esenciales. La implementación de métodos sostenibles, como el uso de compost o fertilizantes naturales, ayuda a conservar y potenciar este elemento. Con un 5% de contenido, la materia orgánica beneficia la estructura del suelo, conserva agua y nutrientes, y actúa como sustento para los microorganismos que aumentan su fertilidad. (Tarazona, 2025)

La parte del suelo que muestra la mayor actividad química es lo que llamamos materia orgánica, u OM. Este componente incluye varios factores esenciales para que crezcan las plantas, mejora la forma en que se organiza el suelo, contribuye a la capacidad de intercambio de cationes (CIC), regula el nivel de acidez o alcalinidad, ayuda al equilibrio correcto entre el aire y el agua en la tierra, y sirve como un sitio importante para almacenar carbono, en cuanto a su composición, la materia orgánica del suelo se compone fundamentalmente de carbono (C), representando entre el 52% y el 58%, oxígeno (O) que va del 34% al 39%, hidrógeno (H) hallado en un rango de 3,3% a 4,4%, y nitrógeno (N) que

oscila entre el 3,7% y el 4,1%; otros componentes importantes también son el fósforo (P) y el azufre (S). (Herrera, 2023)

2.1.4. FERTILIDAD DEL SUELO

La riqueza de un suelo está ligada a ciclos constantes donde los nutrientes vitales se renuevan. Esto ocurre gracias a la conexión entre sus propiedades físicas, químicas y biológicas, además de las prácticas agrícolas que los agricultores emplean en sus terrenos. Las características físicas y químicas, junto con la luz, el sostén que brinda, los nutrientes cruciales y el agua, son elementos que controlan cómo crecen y se desarrollan las plantas.

La fertilidad se vincula con la capacidad del suelo para brindar los nutrientes clave y las condiciones que se requieren, como la humedad y la temperatura apropiadas, permitiendo así que las plantas se desarrollen de manera correcta y, por lo tanto, favoreciendo la producción de cosechas y pastizales. (Vistoso, 2022)

La fertilidad del terreno se entiende como la aptitud que posee un suelo para brindar las propiedades físicas, químicas y biológicas idóneas para el correcto crecimiento vegetal y el desarrollo ideal de las cosechas, asegurando así una producción y un rendimiento constante a lo largo del tiempo. Además de esto, un suelo que es fértil también:

- Optimiza la conservación del agua.
- Fomenta el crecimiento de microbios provechosos.
- Incrementa la fortaleza de las plantaciones ante plagas y tensiones del entorno.
- Disminuye el requerimiento de productos químicos.
- Un suelo fértil resulta fundamental para certificar cosechas sanas y sustentables, aportando de este modo a la seguridad alimentaria mundial. (Zhang, 2025)

En este estudio, se acepta que el suelo se compone de una mezcla de elementos como minerales, material orgánico, agua y aire. Es más, casi todo el sustento que ingerimos, un 90 a 95% viene de la tierra, la cual también provee las funciones ambientales vitales para nuestra existencia terrestre. Captar cómo de fértil es el suelo resulta fundamental para poder cuidarlo a largo plazo y potenciar lo que se obtiene de las cosechas. Saber qué lo

forma y cómo se comporta es crucial para que las labores del campo funcionen bien y para sacar el mejor provecho a las plantaciones, esto aplica tanto en Perú como en el resto del mundo. (Tarazona, 2025)

2.1.5. NUTRIENTES DE SUELO

Nitrógeno.- El nitrógeno es un componente importante de las proteínas, hormonas, clorofila, vitaminas y enzimas esenciales para la vida vegetal, así como para el material genético (ácidos nucleicos). El metabolismo del nitrógeno es un factor importante en el crecimiento del tallo y de las hojas (crecimiento vegetativo). Síntomas típicos de carencia: Las hojas presentan una coloración amarillenta, retraso en el crecimiento. (Jinez Garcia, 2025)

Fósforo.- Como un componente de ATP, la molécula que almacena la energía en la célula viva, el fósforo es esencial para todos los procesos que consumen energía en la planta. Es un ingrediente importante en los aminoácidos y es un componente de la membrana celular. El fósforo también está relacionado al material genético en las plantas y es necesario para la germinación de las semillas, la fotosíntesis, la formación de proteína, la formación de las flores y frutos y casi todos los procesos de crecimiento y metabolismo. Síntomas típicos de carencia: Los tallos y las hojas se vuelven de color púrpura, retraso en el crecimiento y maduración, mala floración, caída prematura de flores y frutos.(Jinez Garcia, 2025)

Potasio.- El potasio es necesario para la formación de azúcares y almidón en la planta. Participa en la síntesis de proteínas y en la división celular. Al ser un componente vital de la pared celular, el potasio mejora la rigidez y la resistencia de las plantas. El potasio es responsable de la apertura y cierre de los estomas, por lo tanto, es necesario para ajustar el equilibrio de agua en la planta. El potasio también mejora el sabor y color de los cultivos hortofrutícolas y aumenta el contenido de aceite de las frutas y es importante para cultivos de hoja. (Wall & Plunkett, 2020)

2.1.6. ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA

El ser humano altera la capacidad del terreno para ser fértil porque emplea este recurso de diversas maneras y con múltiples propósitos. Las repercusiones más notables que provocan ciertas acciones humanas sobre la tierra y su fertilidad. (Rodríguez et al., 2024)

2.1.7. DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO.

La pérdida de la fertilidad del suelo se relaciona con la reducción gradual de su habilidad para sustentar la vida y facilitar la producción. Este suceso implica cambios en las características químicas, físicas, biológicas y fisicoquímicas del suelo, perjudicando su estructura y eficiencia. Al degradarse el suelo, se disminuye su capacidad para proporcionar nutrientes, almacenar agua y hospedar microorganismos útiles, lo que a su vez afecta negativamente su idoneidad tanto agrícola como ecológica. (Rodríguez et al., 2024)

Desde el enfoque químico, la descomposición puede ser el resultado de diversos motivos, como la disminución del pH del suelo o la escasez de nutrientes vitales, e incluso el incremento de la toxicidad por la acumulación de sustancias químicas en niveles perjudiciales para las plantas. En lo que respecta a la degradación física, esta se evidencia en la ruptura de la estructura del suelo y la disminución de su habilidad para retener agua, lo que restringe tanto la infiltración como el desarrollo de las raíces. (Ccama, 2025)

La degradación biológica se manifiesta principalmente en la reducción de la materia orgánica, lo que afecta negativamente la actividad de los microorganismos y disminuye la cantidad de nutrientes disponibles. Por otro lado, la erosión del suelo, en particular la provocada por el ser humano, se produce de manera más rápida y grave en comparación con la erosión natural o geológica, la cual es un proceso que ocurre de forma lenta y progresiva. (Zambrano et al., 2021)

2.1.8. PARÁMETROS DE FERTILIDAD DE SUELOS.

Las referencias de fertilidad del USDA junto con las de la UNALM son una colección de pautas clave empleadas para valorar qué tan fértiles son los terrenos de cultivo. La UNALM ha adoptado estas normas, e incluso las ha ajustado un poco, tomando como base el

modelo de clasificación del USDA (UIFAU, 2022).

Dichos criterios (revisar el Anexo 02) ayudan a entender lo que significan los estudios de suelo, agrupando los niveles de sustancias químicas o nutrientes según cómo impactan en la prosperidad y rendimiento de las cosechas. En la UNALM, este sistema se aplica mucho como un instrumento técnico en varios contextos (UIFAU, 2022):

- Para examinar y calificar los terrenos de siembra.
- Al planear y resolver qué fertilizantes usar.
- Al crear e implementar planes para cuidar los suelos de forma continua.
- Para valorar la calidad del abono orgánico y otras mejoras para la tierra.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Se relaciona con la capacidad del suelo para almacenar y soltar cationes, lo que facilita el suministro constante de nutrientes a las plantas. Este aspecto depende de la cantidad de arcilla y materia orgánica que se encuentra en el suelo, y representa un factor relevante de su fertilidad. (Ccama, 2025)

Fertilidad.- es el resultado de la combinación entre la vegetación, las características del terreno, el entorno, los eventos socioeconómicos y las acciones humanas, que le otorgan la habilidad de funcionar como soporte y proporcionar los nutrientes en las modalidades, cantidades y proporciones que las plantas necesitan para alcanzar su crecimiento y desarrollo.(Rodríguez et al., 2024)

Nitrógeno .- El nitrógeno es un componente importante de las proteínas, hormonas, clorofila, vitaminas y enzimas esenciales para la vida vegetal, así como para el material genético (ácidos nucleicos). El metabolismo del nitrógeno es un factor importante en el crecimiento del tallo y de las hojas (crecimiento vegetativo).

Suelo .- Se le reconoce como uno de los elementos más fundamentales de la naturaleza, ya que en él se manifiesta la existencia; su recuperación es prolongada y complicada, además, es bastante susceptible y tiene una extensión restringida, por eso se le clasifica como un recurso natural que no se puede regenerar.(Zea, Magaly 2021)

2.3. MARCO NORMATIVO

2.3.1. NORMATIVA VIGENTE DE SUELOS

Es necesario tener claramente los objetivos que permitan un óptimo proceso de levantamiento de la información necesaria para la descripción del sitio que permitió el análisis del suelo en estudio. Se realizaron en total tres puntos de muestreo (MI), con una repetición, haciendo un total de 12 muestras de suelos en estudio siguiendo la metodología de la guía de muestreo para suelos, en el marco del D.S. 002-2013-MINAM; finalmente el análisis de los resultados permitió evaluar el grado de fertilidad del suelo en estudio, a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo es apto para un suelo agrícola de acuerdo a lo establecido en el el D.S. N° 002-2013-MINAM

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

La fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani es diferenciada en cada una de las comunidades de Puno 2024.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- Los parámetros de fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani son diferenciados .
- El nivel de fertilidad del suelo en las tres comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani varían significativamente.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO.

La investigación se desarrolló en las comunidades Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa de la Isla Amantani, Distrito de Amantani, Provincia de Puno en la Región Puno; cuya ubicación geográfica es Latitud Sur : 15° 29' 22" y 15° 40' 39"; Longitud Oeste : 69° 43' 37" y 69° 41' 31" a una altitud de 3817 msnm y tiene una extensión de 15 km², limitando por el norte con la península de Capachica, por el sur con la península de chucuito, por el suroeste con el centro poblado de Taquile (isla taquile) y por el oeste con Centro poblado de Llachon.

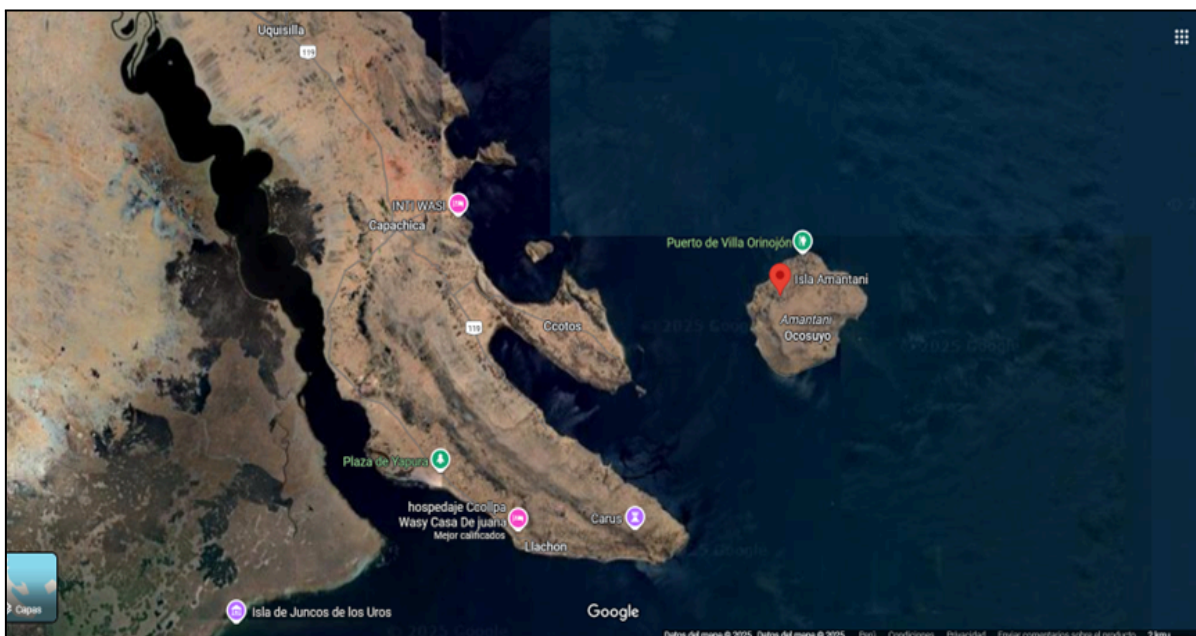


Figura 02: Ubicación de la Isla Amantani.

Fuente: Google Earth.

<https://www.google.com/maps/place/Isla+Amantani/@-15.6675243,-69.7666175,18272m/d>

ata=!3m1!1e3!4m9!3m8!1s0x915d79760bfd3259:0x36d845e80b9acecf!5m2!4m1!1i2!8m2!3d-15.6596753!4d-69.7179205!16s%2Fg%2F11h2hhbwt6?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDgyNS4wIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D

3.1.1. ASPECTOS AMBIENTALES

La isla de Amantani tiene un clima templado, seco durante el día y frígido por las noches, (Hernández, 2019), con una temperatura promedio anual de 14°C con dos estaciones muy diferenciadas, que son: en invierno las noches son frías y la temperatura llega a hasta -8°C grados; y en verano la temperatura llega a 23°C. Las precipitaciones se presentan en los meses de noviembre a marzo con un promedio anual de 1190 mm. Considerando que la región andina presenta muy diferentes condiciones climáticas. Según Mario E. tapia por las características que presenta la Isla Amantani se ubica en una zona circunlacustre agroecológica.

Aspecto Físico

Topográficamente, se trata de una isla con forma ovalada y un terreno irregular, muestra cerros altos, características rocosas, pendientes con terrazas, y colinas que delimitan claramente dos zonas distintas, el sur y el norte. La zona sur es empinada, cuenta con rocas y tiene escasa población debido a su ubicación geográfica; por otro lado, la zona norte tiene una inclinación más suave, allí se halla la capital del distrito de Amantaní y la mayor parte de la población, además de contar con áreas de cultivo y una vegetación densa.

La población de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa se enfoca en la agricultura y labores que están influenciadas por la calidad y la fertilidad del suelo. No obstante, en los años recientes se ha notado una caída en la producción agrícola, a ello se suma la escasa rotación de cultivos, lo que indica posibles cambios en la composición físico-química del suelo, lo que hace imperativo realizar un análisis de su fertilidad para verificar el estado actual de los suelos de las comunidades y así orientar acciones de manejo sostenible.

La actividad de turismo que se tiene en la isla demanda que haya una mayor producción agrícola, así como un mayor uso del suelo, ocasionando una degradación del recurso por su explotación intensiva.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población de estudio estuvo constituida por el suelo agrícola de las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa, ubicados en el distrito de Amantani, cuya altitud varía entre los 3840 y 4000 msnm.

La población de las comunidades no cuenta con extensiones grandes de terrenos, la tenencia de su tierras es en parcelas y sistema de andenería,

3.2.2. MUESTRA

Para la selección de la muestra se considero suelos con similares características en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa, las que están referidas a la altitud, uso agrícola, para lo cual se tomó 1 muestra de suelo en cada comunidad, puesto que la investigación busca evaluar la fertilidad de los suelos de tres comunidades de la isla Amantani.

3.3. METODO Y TECNICA

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es descriptivo porque se recolectó información de muestras con la finalidad de comparar los datos de cada una de las zonas de estudio.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es de tipo no experimental porque no se ha manipulado o estimulado alguna variable.

3.4 METODOLOGÍA POR OBJETIVO ESPECÍFICO

En la investigación, se tomaron muestras no probabilísticas de 1 kg de suelo, siguiendo la metodología de la guía de muestreo para suelos, en el marco del D.S. 002-2013-MINAM; finalmente el análisis de los resultados determinó la fertilidad de los suelos en las tres zonas de estudio.

a. Levantamiento de información.

Para el levantamiento de información, se tomó la ubicación de los suelos en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa, considerando las altitudes, cuyos datos de ubicación se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 01: Puntos de muestreo.

N°	Distrito	Comunidad	Coordenadas		Altitud
			Longitud	Latitud	
1	Amantani	Colquecachi	-15.670606	-69.7082	3899
2	Amantani	Occopampa	-15.667023	-69.7043	3865
3	Amantani	Santa Rosa	-15.39364	-69.4289	3866

b. Materiales y equipos utilizados,

Tabla 02: Materiales utilizados en la investigación.

Materiales	Cantidad
Recipiente para muestras /Bolsas	01
Libreta de campo	01
Fichas de registro	03
Guantes de látex	03
Mascarilla	03
Papel toalla	01
Cinta masking	01

Materiales	Cantidad
Lentes de protección	01
Flexómetro	01

Tabla 03: Equipos y Herramientas.

Equipos Herramientas	Cantidad
Camara digital	01
Análisis de laboratorio	03
GPS Garmin	01
Laptop	01
Pico	01
Pala	01

c. Metodología para el OE1. Determinar el analisis fisico quimico de los suelos

Antes del muestreo del suelo se realizó la ubicación de la parcela y delimitación previa coordinación con el dueño del predio, considerando la altitud, tipo de cultivo de la zona y clase textural, de manera que sean representativas en cada zona de estudio.

El muestreo se realizó cuando el suelo se encontraba sin cobertura vegetal, sin presencia de alguna labor cultural previa, sin embargo se realizó la limpieza del terreno.

Para la toma de muestra simple, se realizó excavaciones a una profundidad de 0.30m, (capa arable), cortando verticalmente el perfil, extrayéndose una muestra representativa de 1 kg de suelo, la cual fue embolsada (previando que no se altere las características físico

químicas del suelo), registrada para ser trasladada al laboratorio para su análisis respectivo.

Cada muestra de suelo fue rotulada adecuadamente conteniendo la siguiente información para su identificación:

- Código alfanumérico de la muestra
- Fecha y hora de recolección
- georeferenciación de la muestra
- Nombre del propietario

Las muestras fueron almacenadas en el sitio bajo sombra y a temperatura ambiente, cuyo tiempo de traslado máximo de las muestras fue de 24 horas al laboratorio.

d. Metodología para OE2. Comparar los niveles de los parámetros físico químicos con los criterios de fertilidad USDA - UNALM.

Terminado el proceso de análisis en el laboratorio, y teniendo los resultados de los parámetros fisicoquímicos de las muestras analizadas, estas fueron comparadas con los valores de referencia definidos por la **USDA - UNALM**; organizaciones de prestigio en el análisis y manejo de la fertilidad de los suelos.

La evaluación técnica se realizó a través de un cuadro de comparación, donde se colocó cada dato de las muestras en el rango adecuado del estándar de referencia. Esto facilitó la organización del estado de fertilidad de los suelos analizados en diferentes categorías tales como: **Bajo – Medio – Alto – muy alto**, de acuerdo con el criterio técnico empleado por cada entidad.

Tabla 04: Parámetros comunes que se evalúan (según USDA - UNALM).

Parámetros	Unidad	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)
pH	unid.Ph	Ácido (<5.5), óptimo (5.5–7), alcalino (>7.5)
Conductividad Eléctrica	mS/m	No salino (<200), ligeramente salino (200-400); moderadamente salino (400-800); fuertemente salino (>800)
Materia Orgánica	%	Bajo (<2), medio (2–4), alto (>4)
Bases Intercambiable		
Calcio (Ca) (*)	cmol(+)/Kg	Baja (<5), media (5-10), Alta (10-20) , muy alta (>20)
Magnesio(Mg)(*)	cmol(+)/Kg	Baja (<2), media (2-4), Alta (4-8) , muy alta (>8)
Potasio(K)(*)	cmol(+)/Kg	Muy baja (< 0,20); Baja (0,20-0,40), media (0,40-0,60), Alta (0,60-0,80) , muy alta (>0,80)
Nitrógeno Total (*)	%	Bajo (<0.15), medio (0.15–0.25), alto (>0.25)
Potasio disponible (*)	ppm	Muy baja (< 80); Baja (80-150), media (150-250), Alta (250-400) , muy alta (>400)
Fósforo disponible(*)	mg/kg ó (ppm)	Muy baja (< 10); Baja (10-20), media (20-40), Alta (40-60) , muy alta (>60)
CIC	cmol(+)/Kg	Muy baja (< 5); Baja (5-10), media (10-20), Alta (20-30) , muy alta (>30)

Nota. (UIFAU, 2022).

3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 05: Operacionalización de variables de la investigación.

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
V.				
Independiente	Tiene niveles elevados de nutrientes.	Parametros fisico quimicos	Nitrógeno Fósforo Potasio materia orgánica clase textural conductividad eléctrica pH Capacidad de intercambio catiónico CIC	% mg/kg = ppm cmol (+)/kg = % mS/m Unid cmol(+)/Kg
V.		variación de los parametros físico químicos	Parámetros que se comparan según USDA-UNALM	Muy alta Alta Media Baja
Dependiente				
Fertilidad				

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO. EN LAS COMUNIDADES DE COLQUECACHI, OCCOPAMPA Y SANTA ROSA, DEL DISTRITO DE AMANTANI, PROVINCIA DE PUNO.

Tabla 06. Parámetros físico químicos de la muestra de suelo en la Cc.de Occopampa.

Parámetros	Unidad	Suelos comunidad de Occopampa
pH	unid.Ph	7,0
Conductividad Eléctrica	mS/m	36,9
Materia Orgánica	%	2,1
Textura		
Arena	%	51,10
Arcilla	%	11,53
Limo	%	37,37
Clase textural		Franco
Bases Intercambiable		
Calcio (Ca) (*)	cmol(+)/Kg	14,05
Magnesio(Mg)(*)	cmol(+)/Kg	6,91
Potasio(K)(*)	cmol(+)/Kg	1,06
Nitrógeno Total (*)	%	0,11
Potasio disponible (*)	ppm	416,00
Fósforo disponible(*)	mg/kg ó (ppm)	99,3

CIC cmol(+)/Kg 25,45

De acuerdo con los hallazgos presentados en la tabla 6, el suelo analizado tiene un pH de 7.0, lo que indica una neutralidad que favorece la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes clave para los cultivos. La conductividad eléctrica se mide en 36.9 mS/m, lo cual sugiere un nivel normal de sales solubles y, por ende, la ausencia de inconvenientes relacionados con la salinidad. La cantidad de fósforo disponible se encuentra en 99.3 mg/kg, mientras que el potasio disponible es de 416 ppm, siendo ambos nutrientes vitales para el crecimiento de las plantas. En cuanto a los cationes intercambiables, el calcio muestra una concentración de 14.05 cmol/kg, el magnesio tiene 6.91 cmol/kg y el sodio registra 3.43 cmol/kg, sin que se detecte aluminio intercambiable, lo que indica que no hay limitaciones debido a la toxicidad de estos elementos. Además, no se encontraron carbonatos, lo que significa que no hay influencia de sales carbonatadas en el pH del suelo. El nitrógeno total presenta un contenido de 0.11%, lo que indica una oferta baja de este nutriente para los cultivos. La capacidad de intercambio de cationes es de 25.45 cmol/kg, lo que evidencia una alta capacidad para retener cationes en el complejo de intercambio. Desde el ámbito físico, el análisis granulométrico muestra que el suelo tiene un 51.10% de arena, un 11.53% de arcilla y un 37.37% de limo, siendo clasificado texturalmente como franco. Por último, el contenido de materia orgánica es del 2.1%, lo que refleja una condición media que favorece la actividad biológica y la estructura del suelo.

Tabla 07: Parámetros físico químicos de la muestra de suelo en la CC de Colquecachi.

Parámetros	Unidad	Suelos comunidad de Colquecachi
pH	unid.Ph	7,0
Conductividad Eléctrica	mS/m	37,5
Materia Orgánica	%	2,6
Textura		

Parámetros	Unidad	Suelos comunidad de Colquecachi
Arena	%	28,68
Arcilla	%	19,40
Limo	%	51,93
Clase textural		Franco Limoso
Bases Intercambiable		
Calcio (Ca) (*)	cmol(+)/Kg	16,11
Magnesio(Mg)(*)	cmol(+)/Kg	4,57
Potasio(K)(*)	cmol(+)/Kg	1,37
Nitrógeno Total (*)	%	0,13
Potasio disponible (*)	ppm	536,00
Fósforo disponible(*)	mg/kg ó (ppm)	130,2
CIC	cmol(+)/Kg	25,90

De acuerdo con la información en la tabla 07, el suelo analizado tiene un pH de 7.0, lo que indica un estado neutro que beneficia la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes vitales para las cosechas. La conductividad eléctrica se mide en 37.5 mS/m, lo que señala un nivel habitual de sales solubles, lo que significa que no hay inconvenientes de salinidad, por lo tanto, no interfiere con la germinación ni la absorción de agua. El fósforo disponible se sitúa en 130.2 mg/kg, mientras que el potasio disponible es de 536 ppm; ambos elementos son cruciales para el crecimiento de las plantas y se consideran en niveles altos, por encima del rango ideal. En lo que respecta a los cationes de intercambio, el calcio muestra una concentración de 16.11 cmol/kg que es bastante elevada, favoreciendo la estabilidad de los agregados. El magnesio se encuentra en 4.57 cmol/kg, lo cual es excesivo y podría causar compactación, lo que reduce la infiltración, y el sodio tiene una concentración de 3.85 cmol/kg, lo que indica un inicio de sodicidad y podría generar

problemas de dispersión en las arcillas, afectando la permeabilidad. El potasio tiene un nivel de 1.37 cmol(+)/kg y no hay aluminio intercambiable, lo cual sugiere que no hay restricciones por toxicidad relacionada con esos elementos. Además, no se encontró la presencia de carbonatos, por lo que no hay impacto de las sales carbonatadas en el pH del suelo. El porcentaje de nitrógeno total es de 0.13%, lo que indica que hay una cantidad adecuada de este nutriente para las cosechas. La capacidad de intercambio catiónico es de 25.90 cmol/kg, lo que demuestra una alta habilidad para retener cationes en el complejo de intercambio. Desde una perspectiva física, el análisis granulométrico muestra un 28.68 % de arena, un 19.40% de arcilla y un 51.93% de limo, clasificándose como un suelo franco arcilloso. Por último, la materia orgánica llega al 2.6%, indicando una condición media favorable para la actividad biológica y la estructura del suelo, contribuyendo a una buena capacidad de retención de nutrientes.

Tabla 08: Parámetros físico químicos de la muestra de suelo en la CC de Santa Rosa.

Parámetros	Unidad	Suelos comunidad de Santa Rosa
pH	unid.Ph	6,4
Conductividad Eléctrica	mS/m	29,0
Materia Orgánica	%	2,8
Textura		
Arena	%	38.18
Arcilla	%	14.87
Limo	%	47.88
Clase textural		Franco
Bases Intercambiable		
Calcio (Ca) (*)	cmol(+)/Kg	14,85
Magnesio(Mg)(*)	cmol(+)/Kg	4,01
Potasio(K)(*)	cmol(+)/Kg	0,68

Parámetros	Unidad	Suelos comunidad de Santa Rosa
Nitrógeno Total (*)	%	0,14
Potasio disponible (*)	ppm	264,00
Fósforo disponible(*)	mg/kg ó (ppm)	298,1
CIC	cmol(+)/Kg	22,83

Con base en los datos de la tabla 08, el suelo analizado tiene un pH de 6,4, lo que lo clasifica como ligeramente ácido a óptimo, favoreciendo así la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes clave para los cultivos. La conductividad eléctrica se registra en 29,0 mS/cm, indicando que se trata de un suelo no salino. Este porcentaje sugiere que la cantidad de sales solubles no limita la absorción de agua ni el desarrollo de raíces, y es adecuado incluso para especies sensibles a la sal. El contenido de fósforo disponible es de 298,1 mg/kg, mientras que el potasio intercambiable se encuentra en 0,68 cmol(+)/kg; ambos son nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas. Entre los cationes en intercambio, la cantidad de calcio es de 14,85 cmol(+)/kg; el magnesio, 4,01 cmol(+)/kg, y el sodio, 3,29 cmol(+)/kg, sin signos de aluminio intercambiable, lo que indica que no hay problemas de toxicidad por este metal. La cantidad total de nitrógeno es de 0,14 %, lo que sugiere un suministro adecuado de este nutriente para cultivos de baja demanda, pero resulta insuficiente para aquellos intensivos. La capacidad de intercambio catiónico mide 22,83 cmol(+)/Kg, lo que indica que el suelo puede retener y proporcionar cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} de forma eficiente, disminuyendo así las pérdidas por lixiviación y mejorando el uso de fertilizantes. Desde la perspectiva física, el análisis de partículas muestra que el contenido de arena es del 38.18 %, el de arcilla del 14.87 % y el de limo del 47.88 %, lo que clasifica al suelo como franco. Por último, el porcentaje de materia orgánica es del 2,8 %, lo que indica un nivel medio que es favorable para la actividad biológica y la estructura del suelo.

4.2. COMPARAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS CON LOS ESTÁNDARES DE FERTILIDAD ESTABLECIDOS POR LA USDA, LA UNALM.

Tabla 09: Comparación de la concentración de los parámetros físico químicos en la cc de Occopampa con los estándares de fertilidad de las USDA y UNALM.

Parámetros	Unidad	Suelos CC. de Occopampa	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
			Ácido (<5.5), óptimo (5.5–7), alcalino	
pH	unid.Ph	7,0	(>7.5)	Óptimo
Conductividad Eléctrica	mS/m	36,9	No salino (<200), ligeramente salino (200-400); moderadamente salino (400-800); fuertemente salino (>800)	No salino
Materia Organica	%	2,1	Bajo (<2), medio (2–4), alto (>4)	Medio
Textura				
Arena	%	51,10		
Arcilla	%	11,53		
Limo	%	37,37		
Clase textural		Franco		
Bases Intercambiable				

Parámetros	Unidad	Suelos CC. de Occopampa	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
Calcio (Ca) (*)	cmol(+)/Kg	14,05	Baja (<5), media (5-10), Alta (10-20) , muy alta (>20)	Alta
Magnesio(Mg)(*)	cmol(+)/Kg	6,91	Baja (<2), media (2-4), Alta (4-8) , muy alta (>8)	Alta
Potasio(K)(*)	cmol(+)/Kg	1,06	Muy baja (< 0,20); Baja (0,20-0,40), media (0,40-0,60), Alta (0,60-0,80) , muy alta (>0,80)	Muy alta
Nitrógeno Total (*)	%	0,11	Bajo (<0.15), medio (0.15–0.25), alto (>0.25)	Bajo
Potasio disponible (*)	ppm	416,00	Muy baja (< 80); Baja (80-150), media (150-250), Alta (250-400) , muy alta (>400)	Muy alta
Fósforo disponible(*)	mg/kg ó (ppm)	99,3	Muy baja (< 10); Baja (10-20), media (20-40), Alta (40-60) , muy alta (>60)	Muy alta

Parámetros	Unidad	Suelos CC. de Occopampa	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
CIC	cmol(+)/Kg	25,45	Muy baja (< 5); Baja (5-10), media (10-20), Alta (20-30) , muy alta (>30)	Bajo

De acuerdo a los resultados de la Tabla 09, El análisis comparativo de los resultados del suelo de la cc de Occopampa con los rangos de referencia de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM muestra que el pH del suelo es de 7,0, clasificándose dentro del rango de óptimo, esta situación favorece la disponibilidad de muchos nutrientes esenciales y disminuye el riesgo de toxicidad por aluminio, así como las deficiencias provocadas por pH extremos; en cuanto a la conductividad eléctrica (36,9 mS/m) sitúa al suelo como no salino, lo que significa que tiene una baja concentración de sales solubles y no presenta restricciones para el crecimiento de las plantas relacionadas con la salinidad. Esta situación es beneficiosa para el desarrollo de raíces y la absorción de agua y nutrientes. En cuanto al porcentaje de materia orgánica (2,1 %) es considerado medio, lo que muestra una reserva orgánica moderada. Este nivel favorece la actividad biológica, la estructura del suelo y la retención de nutrientes; sin embargo, se puede mejorar con prácticas de manejo como la incorporación de residuos orgánicos, estiércoles o abonos verdes; En cuanto al calcio intercambiable (14,05 cmol(+)/kg) tiene un nivel elevado, lo cual contribuye a la estabilidad estructural del suelo, la floculación de las arcillas y una aireación e infiltración adecuadas. El magnesio intercambiable (6,91 cmol(+)/kg) también se considera alto, lo que indica buena disponibilidad de este nutriente; sin embargo, es aconsejable evaluar el equilibrio catiónico, en especial la relación Ca/Mg; en cuanto al potasio intercambiable (1,06 cmol(+)/kg) se tiene una clasificación como muy alto, lo que asegura una adecuada disponibilidad de este nutriente esencial para los cultivos, sin necesidad inmediata de

fertilización con potasio. A su vez, el potasio disponible (416 ppm) confirma que hay una alta cantidad de K en el suelo.

El nitrógeno total (0,11 %) se clasifica como bajo, siendo este el principal factor que limita la fertilidad del suelo. Este resultado es común en terrenos agrícolas y subraya la importancia de aplicar estrategias para la fertilización nitrogenada y el manejo de la materia orgánica con el fin de aumentar la disponibilidad de este nutriente; en cuanto al fósforo disponible (99,3 mg/kg) se clasifica como un nivel muy alto, indicando una gran reserva de este nutriente. En estas condiciones, no es necesario aplicar fertilizantes fosfatados de inmediato, por lo cual es más recomendable un manejo cuidado para evitar pérdidas por fijación o contaminación ambiental y en cuanto a la capacidad de intercambio catiónico (25,45 cmol(+)/kg) se clasifica como alta, lo que indica que el suelo tiene una buena habilidad para retener y proporcionar nutrientes, lo cual está relacionado con su textura y el contenido de arcilla y materia orgánica.

Tabla 10: Comparación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos en la cc de Colquecachi con los estándares de fertilidad de las USDA y UNALM.

Parámetros	Unidad	Suelos cc. de Colquecachi	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
			Ácido (<5.5), óptimo	
			(5.5–7), alcalino	
pH	unid.Ph	7,0	(>7.5)	Óptimo
Conductividad Eléctrica	mS/m	37,5	No salino (<200), ligeramente salino (200-400); moderadamente salino (400-800);	No salino

Parámetros	Unidad	Suelos cc. de Colquecachi	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
			fuertemente salino (>800)	
Materia Orgánica	%	2,6	Bajo (<2), medio (2–4), alto (>4)	Medio
Textura				
Arena	%	28,68		
Arcilla	%	19,40		
Limo	%	51,93		
		Franco		
Clase textural		Limoso		
Bases Intercambiable				
			Baja (<5), media (5-10), Alta (10-20) ,	
Calcio (Ca) (*)	cmol(+)/Kg	16,11	muy alta (>20)	Alta
			Baja (<2), media (2-4), Alta (4-8) , muy	
Magnesio(Mg)(*)	cmol(+)/Kg	4,57	alta (>8)	Alta
		1,37	Muy baja (< 0,20);	
			Baja (0,20-0,40),	
			media (0,40-0,60),	
			Alta (0,60-0,80) , muy	
Potasio(K)(*)	cmol(+)/Kg		alta (>0,80)	Muy alta

Parámetros	Unidad	Suelos cc. de Colquecachi	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
Nitrógeno Total (*)	%		Bajo (<0.15), medio (0.15–0.25), alto (>0.25)	Medio
Potasio disponible (*)	ppm	0,13	Muy baja (< 80); Baja (80-150), media (150-250), Alta (250-400) , muy alta (>400)	Medio
Fósforo disponible(*)	mg/kg ó (ppm)	536,00	Muy baja (< 10); Baja (10-20), media (20-40), Alta (40-60) , muy alta (>60)	Muy alta
CIC	cmol(+)/Kg	130,2	Muy baja (< 5); Baja (5-10), media (10-20), Alta (20-30) , muy alta (>30)	Muy alta

Con referencia a la Tabla 10, los resultados del examen físico-químico del terreno muestran condiciones positivas para la agricultura, resaltando un balance químico adecuado y una abundante oferta de nutrientes clave. El pH del terreno (7,0) se sitúa dentro del intervalo considerado ideal (5,5–7,0), clasificándose como neutro. Esta situación facilita la máxima accesibilidad de macro y micronutrientes, por lo tanto, en lo que respecta a la reacción del suelo, no se encuentran limitaciones para el crecimiento de cultivos.

La conductividad eléctrica (37,5 mS/m) clasifica al suelo como no salino indicando poca cantidad de sales disueltas. Este estado asegura que no haya limitaciones osmóticas que

influyan en la asimilación de agua y nutrientes por las plantas, lo cual es esencial para sostener un crecimiento apropiado y una buena producción agrícola.

El contenido de materia orgánica, que se sitúa en un 2,6 %, se considera moderado. Este porcentaje favorece la estructura del suelo, la actividad biológica y la capacidad de retener agua y nutrientes. Sin embargo, aunque el nivel es apropiado, un aumento gradual a través de métodos de manejo sustentable podría llevar a una mejora adicional en la calidad del suelo.

En lo que respecta a las bases intercambiables, el calcio, con un valor de 16,11 cmol(+)/kg, y el magnesio, de 4,57 cmol(+)/kg, son considerados altos, lo que sugiere una saturación de bases adecuada y una buena estabilidad en la estructura del suelo. La relación entre Ca y Mg se encuentra dentro de los parámetros agrónomicamente aceptables, lo que indica un equilibrio catiónico favorable para el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes.

El potasio que se puede intercambiar (1,37 cmol(+)/kg) se considera muy elevado, lo que garantiza que el nutriente esté adecuadamente disponible para los cultivos. Esta valoración se respalda con el contenido de potasio disponible (536 ppm), que también se clasifica como muy alto, lo que señala que no es urgente aplicar fertilizantes que contengan potasio.

El contenido total de nitrógeno (0,13 %) se encuentra en un nivel medio, aunque está próximo al límite más bajo del rango. Este resultado indica que, aunque el suelo tiene cierta cantidad de nitrógeno, este elemento podría llegar a ser un factor limitante en sistemas de producción de alta intensidad, por lo que se necesita una gestión adecuada a través de la fertilización con nitrógeno y prácticas que promuevan la descomposición de la materia orgánica.

La cantidad de fósforo disponible (130,2 mg/kg) revela un nivel muy elevado, lo que demuestra una buena reserva de este nutriente en el suelo. En estas circunstancias, la fertilización con fosfatos debería ser cuidadosa y adaptada a las necesidades específicas de cada cultivo, evitando acumulaciones excesivas que podrían tener efectos negativos sobre el medio ambiente.

Por último, la capacidad de intercambio de cationes (25,90 cmol(+)/kg) se considera alta, lo que indica que el suelo tiene una buena capacidad para retener y proporcionar nutrientes, una característica que se relaciona con su contenido de arcilla y materia orgánica.

Tabla 11: Comparación de la concentración de los parámetros fisicoquímicos en la cc de Santa Rosa con los estándares de fertilidad de las USDA y UNALM.

Parámetros	Unidad	Suelos cc. de Santa Rosa	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
			Ácido (<5.5), óptimo	
pH	unid.Ph	6,4	(5.5–7), alcalino (>7.5)	Óptimo
Conductividad Eléctrica	mS/m	29,0	No salino (<200), ligeramente salino (200-400); moderadamente salino (400-800); fuertemente salino (>800)	No salino
Materia Orgánica	%	2,8	Bajo (<2), medio (2–4), alto (>4)	Medio
Textura				
Arena	%	38.18		
Arcilla	%	14.87		
Limo	%	47.88		
Clase textural		Franco		
Bases				
Intercambiable				
			Baja (<5), media (5-10), Alta (10-20) , muy alta	
Calcio (Ca) (*)	cmol(+)/Kg	14,85	(>20)	Alta
			Baja (<2), media (2-4),	
Magnesio(Mg)(*)	cmol(+)/Kg	4,01	Alta (4-8) , muy alta (>8)	Alta

Parámetros	Unidad	Suelos cc. de Santa Rosa	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)	Calificación
			Muy baja (< 0,20); Baja (0,20-0,40), media (0,40-0,60), Alta (0,60-0,80) , muy alta (>0,80)	
Potasio(K)(*))	cmol(+)/Kg	0,68		Alta
			Bajo (<0.15), medio (0.15–0.25), alto (>0.25)	Bajo
Nitrógeno Total (*)	%	0,14		
			Muy baja (< 80); Baja (80-150), media (150-250), Alta (250-400)	
Potasio disponible (*)	ppm	264,00		Alta
			, muy alta (>400)	
			Muy baja (< 10); Baja (10-20), media (20-40), Alta (40-60) , muy alta (>60)	
Fósforo disponible(*)	mg/kg ó (ppm)	298,1		Muy alta
			Muy baja (< 5); Baja (5-10), media (10-20), Alta (20-30) , muy alta (>30)	
CIC	cmol(+)/Kg	22,83		Alta

De la Tabla 11. Los hallazgos del estudio físico-químico del suelo en la Comunidad Santa Rosa permiten definir su nivel de fertilidad y determinar su viabilidad para la agricultura, tomando en cuenta los parámetros técnicos de la USDA-UNALM.

El pH del suelo (6,4) se encuentra dentro de la gama ideal (5.5 - 7.0). Esta situación sugiere una reacción ligeramente ácida a neutra, lo cual es beneficioso para la mayoría de

los cultivos agrícolas, ya que favorece la disponibilidad de macronutrientes y micronutrientes, por lo tanto, el pH no representa una limitación para la producción agrícola. El porcentaje de materia orgánica (2.8 %) se considera moderado (2-4 %). Este nivel tiene un efecto positivo en la formación del suelo, la actividad de los microorganismos y la capacidad para retener agua y nutrientes. Sin embargo, se aconseja aumentar gradualmente este contenido a través de prácticas de manejo sostenible, con el objetivo de mejorar la fertilidad biológica y la eficiencia en la absorción de nutrientes.

En lo que respecta a los intercambios de bases, el calcio intercambiable (14.85 cmol(+)/kg) se sitúa en un nivel alto, lo que favorece la estabilidad del suelo, la agrupación de las partículas de arcilla y un desarrollo adecuado de las raíces. El magnesio intercambiable (4.01 cmol(+)/kg) también se encuentra en un nivel alto, lo que indica una buena disponibilidad para la nutrición de las plantas. La proporción entre Ca y Mg está dentro de los rangos que se consideran adecuados para la agricultura, sugiriendo un balance catiónico favorable.

La capacidad de conducción eléctrica (29,0 mS/m) se refiere a un terreno que no contiene sal. lo que muestra una escasa cantidad de sales disueltas. Esta situación asegura que no haya limitaciones osmóticas que influyan en la captación de agua y nutrientes por parte de las plantas, promoviendo el adecuado crecimiento de las raíces y la salud física de los cultivos.

El potasio intercambiable (0.68 cmol(+)/kg) se considera alto, lo que asegura que haya suficiente de este nutriente vital para los cultivos. Este dato es coherente con el nivel de potasio disponible (264 ppm), que también se sitúa en una categoría alta, lo que sugiere que el suelo tiene una cantidad adecuada de potasio para satisfacer las necesidades de las plantas sin requerir fertilización potásica inmediata.

El nitrógeno total (0.14 %) se sitúa en una clasificación baja, lo que lo convierte en el principal limitante de la fertilidad del suelo. Este hallazgo es típico en muchos suelos agrícolas y resalta la necesidad de aplicar estrategias de fertilización con nitrógeno y mejorar la gestión de la materia orgánica para aumentar la disponibilidad de este nutriente.

El fósforo disponible (298.1 mg/kg) muestra un nivel muy elevado, lo que sugiere que hay una reserva considerable de este nutriente en el suelo. Con estas condiciones, no es necesaria la aplicación de fertilizantes fosfatados a corto plazo, y se aconseja un manejo cuidadoso para prevenir acumulaciones excesivas y posibles efectos negativos en el medio ambiente.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se refiere a la habilidad del suelo para mantener y cambiar cationes esenciales como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ , siendo un factor fundamental que indica la fertilidad química del mismo, el resultado del análisis es de 22.83 cmol(+)/kg se considera como ALTO, en base a las categorías de interpretación proporcionadas por la USDA–UNALM, donde los valores que oscilan entre 20 y 30 cmol(+)/kg se asocian con suelos que tienen una gran capacidad para retener nutrientes.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En primer lugar, el pH (6.4 a 7) en nuestra investigación se encuentra dentro del rango ideal según USDA–UNALM, lo que sugiere un suelo levemente ácido a neutro que favorece la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes. Esto se opone a los hallazgos de (Zea C., 2021) y (Loayza C., 2020) quienes encontraron suelos en su mayoría ácidos (pH de 4.19 a 5.57) en sus respectivas investigaciones, lo que resulta en una menor disponibilidad de fósforo, calcio y magnesio. También contrasta con el estudio de (Calle et al., 2023), que reportó una alta saturación de acidez (46.73 %) en la comunidad de San Silvestre, donde fue necesario aplicar cal para mejorar las condiciones del suelo, algo que no se requiere en este estudio debido a la ausencia de aluminio intercambiable (0.00 cmol(+)/kg).

En relación con el contenido de fósforo disponible (298.1 mg/Kg en Santa Rosa; 130.2 mg/kg en Colquecachi, y 99.3 mg/kg en Occopampa), los valores encontrados en las tres comunidades se consideran muy altos, señalando una disponibilidad adecuada para el crecimiento de los cultivos. Esta información es contradictoria con los estudios de (Ferrua, 2023) y (Gomez, 2019)), quienes reportaron niveles bajos de fósforo en sus áreas de investigación, situación vinculada a la acidez del suelo y la falta de prácticas adecuadas de

fertilización. Este contraste podría explicarse por una mayor inclusión de fuentes de fósforo o debido a que en nuestro suelo el fósforo presenta mayor fijación por tener un pH óptimo. En cuanto al nitrógeno total (0.11 % en Occopampa; 0.13% en Colquecachi, y 0.14% en Santa Rosa), nuestro estudio lo clasifica como bajo, mientras que (Ferrua, 2023) y (Calle et al., 2023) encontraron valores ya sea bajos o medianos, lo que sugiere la necesidad de añadir importantes cantidades de nitrógeno para lograr niveles óptimos en cultivos como cacao y café. Las concentraciones bajas de nitrógeno en las tres comunidades pueden estar relacionadas con prácticas agrícolas intensivas que podrían asociarse al monocultivo predominante en la región, ya que las áreas de cultivo son limitadas al estar ubicadas en una isla. Por otro lado, el potasio (416 ppm en Occopampa), (536 ppm en Colquecachi) y (264 ppm en Santa Rosa) se encuentra en niveles muy altos, lo cual contrasta con lo reportado por (Ccama, 2025), que encontró valores medianos en la mayoría de las muestras analizadas. Sin embargo, nuestros resultados se alinean con niveles altos observados en suelos con un historial de fertilización potásica intensiva o con una alta mineralización de micas.

En lo que respecta al calcio (14.05 cmol(+)/kg en Occopampa; 16.11 cmol(+)/kg en Colquecachi; y 14.85 cmol(+)/kg en Santa Rosa), estos valores son considerados altos, coincidiendo con los hallazgos de (Mora,C, 2020), quien reportó concentraciones elevadas de calcio en los suelos evaluados, aunque existe un riesgo por toxicidad debido al exceso de ciertos elementos. Esto indica que las tres comunidades tienen una adecuada saturación de bases y una buena fertilidad química. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) obtenida (25.45 cmol(+)/kg en Occopampa; 25.90 cmol(+)/kg en Colquecachi; y 22.83 cmol(+)/kg en Santa Rosa) se clasifica como alta, lo que puede estar relacionado con una proporción mayor de fracción arcillosa y/o características mineralógicas específicas del suelo. En los tres casos, la alta CIC es coherente con los elevados niveles de bases intercambiables observados, en particular, calcio y magnesio, confirmando así una adecuada saturación de bases y buena reserva de nutrientes. Esto es consistente con los resultados de (Pinedo, 2020) y (Loayza C., 2020), quien registró valores promedio de

12,46 meq/100g, o de (Gomez, 2019), cuyas conclusiones mostraron CIC altas asociadas a suelos ricos en fracción arcillosa y con buen contenido de materia orgánica. En nuestro caso, la textura franco a franco limoso favorece la retención de estos nutrientes.

Finalmente, el contenido de materia orgánica (2,1; 2,6 y 2,8 %) en las tres comunidades se clasifica como medio, lo cual difiere de los resultados de Ardiles (2019), que encontró suelos con poca materia orgánica. Esta diferencia podría deberse a un manejo más conservador en nuestra área o a una menor degradación de la materia orgánica, como consecuencia de un clima más frío y seco que disminuye la tasa de descomposición.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno - 2024, es buena o favorable para la actividad agrícola, destacando un pH neutro (7.0) y ausencia de salinidad (C.E 36.9 mS/m; <200 no salino), lo que garantiza una adecuada disponibilidad de nutrientes y un óptimo desarrollo de los cultivos. Asimismo, los altos contenidos de calcio (14,05 cmol(+)/Kg), magnesio (6,91 cmol(+)/Kg) y potasio (1,06 cmol(+)/Kg) intercambiables, junto con una elevada capacidad de intercambio catiónico (25,45 cmol(+)/Kg), evidencian buena saturación de bases y adecuada fertilidad química, otorgando al suelo un alto potencial productivo.

SEGUNDA: Los parámetros de la fertilidad (físicos y químicos) del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, presentan los siguientes resultados: pH (7,0) neutro, falta de salinidad (CE 37,5mS/m) y alta capacidad de intercambio catiónico (35,90 cmol(+)/Kg), los altos niveles de calcio (16,11 cmol(+)/Kg) , magnesio (4,57 cmol(+)/Kg) y potasio (1,37 cmol(+)/Kg), junto con cantidades abundantes de fósforo (130,2 cmol(+)/Kg) y potasio (536 ppm) disponibles, lo que otorga al suelo un notable potencial para la producción. Sin embargo, el nitrógeno total (0,13%) se identifica como el nutriente que presenta la menor concentración relativa.

TERCERA: Los niveles de los parámetros físico químicos de las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, comparados con los criterios de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM, nos muestran que tienen características físico-químicas que son propicias para la agricultura. Esto se manifiesta en un pH (6,4) del suelo ideal, la falta de salinidad (CE 29,0 mS/m) y un nivel promedio de materia orgánica (2,8%), lo que asegura que los nutrientes estén disponibles y que el

sistema del suelo se mantenga estable. Además, los elevados niveles de calcio (14,85 cmol(+)/Kg), magnesio (4,01 cmol(+)/Kg) y potasio (0,68 cmol(+)/Kg) intercambiables, junto con concentraciones disponibles de fósforo (298,1 ppm cmol(+)/Kg) y potasio (264 ppm) que van de concentraciones altas a muy altas, demuestran una buena fertilidad química y la capacidad del suelo para apoyar el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, el contenido bajo de nitrógeno total (0,14%) es la principal limitación del suelo, lo que podría afectar negativamente el rendimiento agrícola si no se aborda a tiempo, por lo tanto el suelo analizado tiene una alta capacidad para la agricultura, con limitaciones que se pueden manejar mediante una adecuada fertilización y un enfoque integral en la gestión del suelo, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad y la productividad del sistema agrícola.

RECOMENDACIONES

PRIMERO: A las entidades locales y a los campesinos de las comunidades de Occopampa, Colquecachi y Santa Rosa se les propone establecer un plan para el monitoreo regular de la calidad de los suelos, centrándose en aspectos como el nitrógeno, con el fin de evitar la degradación de la fertilidad y garantizar un uso sostenible del recurso.

SEGUNDO: Considerando los elevados niveles de fósforo y potasio presentes, en especial en Colquecachi y Santa Rosa, se recomienda optimizar la aplicación de fertilizantes que contengan fósforo y potasio, evitando que se produzcan excesos que puedan causar desajustes nutricionales o efectos negativos en el medio ambiente. Es recomendable elaborar estrategias de fertilización específicas para cada comunidad, utilizando los recursos naturales del suelo y ajustando las cantidades aplicadas de acuerdo con lo que cada cultivo necesita.

TERCERO: Se recomienda intensificar las acciones para un manejo sostenible del suelo, incluyendo la rotación de cultivos, la siembra de cultivos de cobertura, la incorporación de restos de plantas y el resguardo de la estructura del suelo, con el objetivo de mantener la alta capacidad de intercambio catiónico que se ha notado en las tres localidades. Estas medidas ayudarán a conservar la estabilidad química, fomentar la actividad biológica y garantizar la productividad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agence Francaise de Développenent. (2025, febrero 19). *Fertilidad de los suelos: El grupo AFD interviene en todo el mundo*.
<https://www.afd.fr/es/actualites/fertilidad-suelos-grupo-afd>
- Cahyono, P. (2020). Patterns of Nutrient Availability and Exchangeable Aluminum Affected by Compost and Dolomite in Red Acid Soils In Lampung, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 19. <https://doi.org/10.21660/2020.76.87631>
- Calle, F, C. M., & M, R. M. (2023). Diagnóstico de la fertilidad de suelos en dos parcelas para cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) y café (*Coffea arábica*) en el municipio de San Buenaventura. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(3), 74-82. <https://doi.org/10.53287/fgqo7657sj41i>
- Cantero Martinez Carlos. (2023). *Agrotecnio, Los suelos se degradan*.
<https://agrotecnio.org/es/2023/12/05/dia-mundial-del-suelo-los-suelos-de-todo-el-mundo-se-degradan-poniendo-en-riesgo-la-produccion-de-alimentos-y-el-agua-disponible/>
- Ccama, I. (2025). *Evaluación de la Fertilidad de Suelos Agrícolas en la Comunidad Jalluyo Compuyo del Distrito De Pilcuyo - Ilave* [Universidad Privada San Carlos].
https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/1694/Isaac_Gilber_CCAMA_ARPA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chambi, Castro Javier. (2024). Evaluación de Parámetros Físicoquímicos Como Indicadores de Fertilidad y Contaminación del Suelo en la Isla Titino Puno 2023. 2024, 78.
https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/694/Javier_CHAMBI_CASTRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ferrua, H. (2023). *Evaluación de la fertilidad de suelos con cultivo de Cacao en el Distrito de Canayre—Huanta—Ayacucho. 2022* [Universidad Nacional de San Cristóbal De Huamanga].

<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c6c4ac33-0b6a-4f54-bd9c-a8573919fc86/content>

Gomez, A. (2019). *Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la comunidad campesina tres de octubre – Zanja, distrito de Yungar – Carhuaz – Ancash, 2018.*

Herrera, R. M. (2023). *Caracterización físico química de los suelos del distrito de Montero Ayabaca* [Universidad Nacional de Piura].
<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/4466>

Jinez Garcia, D. (2025). Nivel de Degradación Físicoquímica de los Suelos Agrícolas del Centro Poblado De Ichu - Puno, 2024. 2025, 81.
[https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/1134/Delsy_Marina_JIN%
%89Z_GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/1134/Delsy_Marina_JIN%c3%89Z_GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Linarez, K. A., Coaquira, I. C., & Bernedo, L. R. (2020). Quality of Agricultural Soils in the Interior Bay of Puno, Peru-2018. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(2), 42-52. <https://www.redalyc.org/journal/932/93264060005/html/>

Lince-Salazar, L. (2022). Propiedades físicas de los suelos y su relación con la sostenibilidad de la caficultura colombiana. *Memorias Seminario Científico Cenicafé*, 71, e71143. <https://doi.org/10.38141/10795/71143>

Loayza C., J. C. L. (2020). *Degradación de la Fertilidad Química y Biológica del Suelo por Efecto del Cultivo Intensivo de la Papa en Potreropampa, Andahuaylas, Apurímac.*
<https://repositorio.unap.edu.pe/server/api/core/bitstreams/01f72aaf-18b9-497a-a85d-8296ffaadfc8/content>

Mora,C, F. (2020). *Evaluación de la fertilidad de Suelos y Calidad de aguas, en el agroecosistema de la Granja San Pablo, Provincia De Los Ríos* [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO].
<https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/96f562b1-563b-45af-8f5d-17ed5268aff8/content>

- Mosier, S., Córdova, S. C., & Robertson, G. P. (2021). Restoring Soil Fertility on Degraded Lands to Meet Food, Fuel, and Climate Security Needs via Perennialization. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.706142>
- Ojeda, J. W. C. (2021). Metales pesados y fertilidad de los suelos de la irrigación Canal N, Puno, Perú. *Manglar*, 18(4), 419-426. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.054>
- Olortino, G. P. R. (s. f.). *Estudio Físicoquímico del Suelo del Sistema de Andenería del Centro Poblado Cakra, Provincia De Yauyos, Lima*.
- Panchi Taipe, E. B. (2024). *Evaluación de la Calidad del Suelo, Mediante el Análisis Físicoquímico, Para Establecer La Influencia de las Actividades Antrópicas en La Microcuenca Del Río Cinto, Parroquia Lloa, Cantón Quito, Provincia De Pichincha* [Universidad Politécnica Salesiana Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27164/1/TTS1694.pdf>
- Paredes, K. N. B. (2014). *Beneficios Socioeconómicos y Ecológicos del Turismo en la Isla Amantani – Perú, 2013*.
- Pérez, E. G. E., Hidalgo, E. C., Robles, C., Gallegos, V. M., Martínez, G. M. S., & Rodríguez-Ortiz, G. (2023). Indicadores de Calidad Como Herramientas Útiles Para Evaluar el Estado de la Fertilidad del Suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1). <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.376>
- Pinedo, J. (2020). *Determinación de la fertilidad de los suelos agrícolas en los centros poblados de Nuevo Celendín y Tarapotillo, 2019* [Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/55274/B_Pinedo_FJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quispe Calsin, G. C. (2012). *Turismo Rural Competitivo en Amantani* [Universidad Nacional del Altiplano]. https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/10389/Tisnado_Tom%c3%a1s_Calsin_Giovana.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, A. C., Espinosa, R. R., Jiménez, A. H., & Fundora, A. B. (2024). Fertilidad del suelo: Definición y algunas propiedades. *Cultivos Tropicales*, 45(2),

//cu-id.com/2050/v45n2e06.

<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1774>

Russell, D. (2023). *Entrevista — El suelo: El tesoro que vive bajo nuestros pies.*

<https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2019/articulos/entrevista-2014-el-suelo-el>

Tarazona, R. R. (2025). *Fertilidad del Suelo y Estrategias Sostenibles del Cultivo Agrícola en Estudiantes de Institución Educativa 84087 Pachachin Canchabamba- Huánuco 2024.*

<https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/76465bbd-6492-4a35-983f-3668676ed303/contenthttps://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/76465bbd-6492-4a35-983f-3668676ed303/content>

Unos 24.000 millones de toneladas de suelo fértil se pierden cada año por la desertificación | Noticias ONU. (2019, junio 17).

<https://news.un.org/es/story/2019/06/1457861>

Vega-Blancas, V. de J., Fernández-Reynoso, D. S., Macedo-Cruz, A., Ríos-Berber, J. D., Ruiz-Bello, A., Vega-Blancas, V. de J., Fernández-Reynoso, D. S., Macedo-Cruz, A., Ríos-Berber, J. D., & Ruiz-Bello, A. (2022). Análisis de la fertilidad del suelo mediante la validación e interpolación Kriging de sus variables. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1573>

Velazquez, R. V., Holguín, W. D. V., Loor, R. I. P., & Muñoz, K. I. D. (2022). Determinación de las propiedades físicas y químicas de los suelos agrícolas de la parroquia El Esfuerzo del cantón Santo Domingo de los Tsáchilas: Determination of the physical and chemical properties of agricultural soils. *Revista Científica Sinapsis*, 2(21). <https://doi.org/10.37117/s.v2i21.534>

Vlstoso, E., & Martinez, J. (2022, mayo 19). *Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria.* <https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/05/19/importancia-de-la-fertilidad-del-suelo-en-la-produccion-agropecuaria/>

- Vistoso Gacitúa Erika. (2022). *Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria—PortalFruticola.com.*
<https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/32121df6-118b-489f-b4fa-978ab7e3cd1d/content>
- Wall, & Plunkett. (2020). *Major and micro nutrient advice for productive agricultural crops.*
- Whetton, R., Zhao, Y., Nawar, S., & Mouazen, A. (2021). Modelling the Influence of Soil Properties on Crop Yields Using a Non-Linear NFIR Model and Laboratory Data. *Soil Systems*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/soilsystems5010012>
- Yakabi, K. (s. f.). *Estudio de las Propiedades Edáficas que Determinan la Fertilidad del Suelo en el Sistema de Andenería de la Comunidad Campesina San Pedro de Laraos, Provincia De Huarochirí, Lima.*
- Zambrano, J. P. T., Flores, J. I. C., Fernández, A. T., Haller, V. H. V., Solorio, C. A. O., & López, A. J. (2021). Caracterización físico-química y clasificación del suelo de ladera manejado bajo el sistema Milpa Intercalada con árboles frutales. *Teknos revista científica*, 21(2), 35-45. <https://doi.org/10.25044/25392190.1031>
- Zea C., M. (2021). *Efectos de la contaminación en la fertilidad del suelos comunidades de Oqhosuyo y Pueblo—Isla Amantani.*
<https://es.scribd.com/document/745285341/INFORME-FINAL-DE-TESIS-Magaly-Reyna-Zea-Colca-1>
- Zhang, A. (2025, enero 24). Fertilidad del Suelo: El Fundamento de la Agricultura Sostenible. *Agritecno.*
<https://www.agri-tecno.com/es/fertilidad-del-suelo-el-fundamento-de-la-agricultura-sostenible/>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación.

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LAS COMUNIDADES DE COLQUECACHI, OCCOPAMPA Y SANTA ROSA DEL DISTRITO DE AMANTANI, PUNO 2024.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<p>General</p> <p>¿Cuál es el nivel de fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024?</p>	<p>General</p> <p>Evaluar la fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024.</p>	<p>General</p> <p>La fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani es diferenciada en cada una de las comunidades de Puno 2024.</p>	<p>INDEPENDIENTE</p> <p>Suelo</p>	<p>pH C.E. Materia Orgánica Textura Calcio Magnesio Potasio Nitrógeno Potasio Disponible Fósforo disponible CIC</p>	<p>Herramientas de excavación. Instrumentos de laboratorio contratados para análisis..</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de datos numéricos. • Representación: Tabla de resultados de laboratorio
<p>Específicos</p> <p>¿Cuáles son los parámetros de fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024?</p>	<p>Específicos</p> <p>Determinar los parámetros de la fertilidad (físicos y químicos) del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024.</p>	<p>Específicos</p> <p>Los parámetros de fertilidad del suelo en las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani son diferenciados .</p>	<p>DEPENDIENTE</p> <p>Fertilidad.</p>	<p>Parámetros de fertilidad USDA-UNALM.</p>		
<p>¿Cuál es el nivel de fertilidad del suelo que presentan las tres comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, Puno 2024?</p>	<p>Comparar los niveles de los parámetros físico químicos de las comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani, con los criterios de fertilidad establecidos por la USDA y la UNALM.</p>	<p>El nivel de fertilidad del suelo en las tres comunidades de Colquecachi, Occopampa y Santa Rosa del distrito de Amantani varían significativamente.</p>				

Anexo 02: Parámetros comunes que se evalúan (según USDA - UNALM).

Parámetros	Unidad	Parámetros de Fertilidad (USDA-UNALM)
pH	unid.Ph	Ácido (<5.5), óptimo (5.5–7), alcalino (>7.5)
Conductividad Eléctrica	mS/m	No salino (<200), ligeramente salino (200-400); moderadamente salino (400-800); fuertemente salino (>800)
Materia Orgánica	%	Bajo (<2), medio (2–4), alto (>4)
Bases Intercambiable		
Calcio (Ca) (*)	cmol(+)/Kg	Baja (<5), media (5-10), Alta (10-20) , muy alta (>20)
Magnesio(Mg)(*)	cmol(+)/Kg	Baja (<2), media (2-4), Alta (4-8) , muy alta (>8)
Potasio(K)(*)	cmol(+)/Kg	Muy baja (< 0,20); Baja (0,20-0,40), media (0,40-0,60), Alta (0,60-0,80) , muy alta (>0,80)
Nitrógeno Total (*)	%	Bajo (<0.15), medio (0.15–0.25), alto (>0.25)
Potasio disponible (*)	ppm	Muy baja (< 80); Baja (80-150), media (150-250), Alta (250-400) , muy alta (>400)
Fósforo disponible(*)	mg/kg ó (ppm)	Muy baja (< 10); Baja (10-20), media (20-40), Alta (40-60) , muy alta (>60)
CIC	cmol(+)/Kg	Muy baja (< 5); Baja (5-10), media (10-20), Alta (20-30) , muy alta (>30)

Nota. (UIFAU, 2022).

Anexo 03: Análisis de laboratorio.



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



INFORME DE ENSAYO N° 11088 / SU / LABSAF - ILLPA

ITEM	1	2	3	
Código de Laboratorio	SU1660-ILL-24	SU1663-ILL-24	SU1700-ILL-24	
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	
Fecha de Muestreo (***)	2024-05-30	2024-05-30	2024-05-30	
Hora de inicio de Muestreo (h) (***)	15:30	10:39	12:11	
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	CC. Ocoypampa	CC. Colquecachi	CC. Santa Rosa	
Parametros	Unidad			
pH	unid.Ph	7,0	7,0	6,4
Conductividad Eléctrica	mS/m	36,9	37,5	29,0
Materia Orgánica	%	2,1	2,6	2,8
Bases Intercambiable				
Calcio (Ca) (*)	cmol (+)/Kg	14,05	15,11	14,85
Magnesio (Mg) (*)	cmol (+)/Kg	6,91	4,57	4,01
Potasio (K) (*)	cmol (+)/Kg	1,06	1,37	0,68
Nitrogeno Total (*)	%	0,11	0,13	0,14
Potasio disponible (*)	ppm	416,00	536,00	264,00
Fosforo disponible (*)	mg/kg ó (ppm)	99,3	130,2	298,1
CIC	cmol (+)/Kg	25,45	25,90	22,83



Página 1 de 1

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF ILLPA - PUNO
Dirección: Anexo Rincónada Salcedo S/N
Email: labsoft@inia.gob.pe



Firmado digitalmente por:
GANIHUA ROJAS Jorge FAU
20101395604 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 27/11/2024 10:22:29 0503

5-25 / Ver 05
www.inia.gob.pe

Anexo 04: Panel fotográfico.



Figura 03: Identificación de la zona de análisis Comunidad de Occopampa Distrito Amantani



Figura 04: Identificación de zona de análisis Comunidad Colquecachi Distrito de Amantani.



Figura 05: Identificación de la zona de análisis Comunidad de Santa Rosa Distrito Amantani