

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**EFFECTOS EN LA DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA POR APLICACIÓN
INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN EL CENTRO POBLADO DE
VILLA SOCCA DEL DISTRITO DE ACORA - PUNO, 2025**

PRESENTADA POR:

DARWIN TINTAYA COPACATI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2025



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



3.76%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 20 JUN 2025, 11:58 AM

Similarity report

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

● IDENTICAL 0.87% ● CHANGED TEXT 2.88%

Report #27118683

DARWIN TINTAYA COPACATI // EFECTOS EN LA DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA POR APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN EL CENTRO POBLADO DE VILLA SOCCA DEL DISTRITO DE ACORA - PUNO, 2025 PRESENTADA POR: DARWIN

TINTAYA COPACATI RESUMEN La presente investigación tuvo como objetivo:

evaluar el efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, para ello se han analizado el suelo cultivado donde se han utilizado fertilizantes químicos (M1) y otro donde no se ha utilizado (M2), obteniendo los siguientes resultados: pH: M1 = 6.64 y M2 = 6.62, conductividad eléctrica: M1 = 0.40 mS/cm y M2 = 0.40 mS/cm, fósforo (P): M1 = 12.02 ppm y M2 = 11.95 ppm, potasio (K): M1 = 120 ppm y M2 = 110 ppm, nitrógeno total: M1 = 0.10% y M2 = 0.05%, materia orgánica: M1 = 2.00% y M2 = 1.90%, textura: ambos son franco arenosos, también se ha calculado la variación de los componentes físico químicos donde el nitrógeno total mostró la mayor variación con un incremento del 100% en M1, potasio (K) aumentó en un 9%, y el fósforo (P) en un 1%, en la textura del suelo la arena aumentó en 12%, mientras que arcilla y limo disminuyeron en 50% y 25%, respectivamente, la materia orgánica también disminuyó levemente en un 5%, otros parámetros como el pH, conductividad eléctrica, carbonatos, aluminio cambiante y clase textural, no mostraron variación alguna, Al final, se calculó la relación

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**EFFECTOS EN LA DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA POR APLICACIÓN
INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN EL CENTRO POBLADO DE
VILLA SOCCA DEL DISTRITO DE ACORA - PUNO, 2025**

PRESENTADA POR:

DARWIN TINTAYA COPACATI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

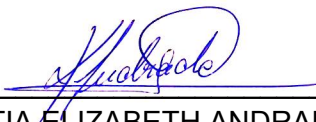
:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO


:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESIS

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área de Ingeniería, Tecnología

Sub Área de Ingeniería Ambiental.

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 14 de julio del 2025.

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.

Y a todos aquellos que creen en un futuro más limpio y sostenible, esta tesis es también para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Privada San Carlos, por abrirme las puertas a la formación profesional y brindarme una educación de calidad que me ha permitido desarrollar las competencias necesarias para contribuir al bienestar y desarrollo sostenible de mi región. Gracias por ser el espacio donde mis aspiraciones profesionales tomaron forma.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por proporcionar una formación académica sólida, así como las herramientas teóricas y prácticas necesarias para enfrentar los desafíos ambientales actuales. Expreso mi reconocimiento a cada docente que, con vocación y entrega, aportó significativamente a mi crecimiento profesional.

A los distinguidos miembros del jurado calificador, Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez y Dra. Marlene Cusi Montesinos, por su valioso tiempo, rigurosidad académica y aportes constructivos durante la evaluación de esta investigación. Su experiencia y observaciones han enriquecido el contenido de este trabajo.

Mi más sincero agradecimiento al asesor de tesis, M.Sc. Fredy Aparicio Castillo Suaquita, por su guía constante, apoyo académico y dedicación durante todo el proceso de esta investigación. Su compromiso, paciencia y valiosos aportes fueron fundamentales para la culminación de este estudio.

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	14
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.2. ANTECEDENTES	15
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	15
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	16
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.	17
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1. LOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS.	20

2.1.2. FERTILIZANTES QUÍMICOS.	21
2.1.3. FERTILIZANTES ARTIFICIALES.	22
2.1.4. COMPOSICIÓN Y USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS	22
2.1.5. EL SUELO.	23
2.1.6. INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS CAMBIOS EN EL SUELO.	24
2.1.7. CONTAMINACIÓN DEL SUELO	25
2.1.8. DEGRADACIÓN DE SUELOS.	26
2.1.9. DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD.	26
2.2. MARCO CONCEPTUAL	27
2.3. MARCO NORMATIVO	29
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	30
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.	30
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	30
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	31
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	33
3.2.1. POBLACIÓN.	33
3.2.2. MUESTRA.	34
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	34
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	34
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	34
3.3.3. MÉTODO.	35
3.3.4. METODOLOGÍA DE DESARROLLO.	35
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	37
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	38

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO CON Y SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.	39
4.2. VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES FÍSICO QUÍMICOS ENTRE UN SUELO CON Y SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.	42
4.3. RELACIÓN ENTRE EL SUELO CON Y SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.	44
4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	48
4.5.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	48
4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	49
4.4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	49
4.3.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3	50
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Composición de los fertilizantes químicos.	23
Tabla 02: Propiedades físicas, químicas y biológicas utilizadas para evaluar las modificaciones del suelo.	24
Tabla 03: Puntos de muestreo de la investigación.	34
Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación.	37
Tabla 05: Análisis de las muestras de suelo.	40
Tabla 06: Variación de los parámetros de la muestra M2 (Suelo donde se ha utilizado fertilizantes químicos) respecto a la muestra M1 (Suelo donde no se ha utilizado fertilizantes químicos).	42
Tabla 07: Prueba de normalidad de los datos de las muestras.	45
Tabla 08: Matriz de correlaciones de las muestras.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Ubicación del Distrito de Acora en la provincia de Puno.	32
Figura 02: Ubicación del Centro Poblado de Villa Socca.	33
Figura 03: Muestreo de terreno con la técnica ZIG-ZAG.	36
Figura 04: Diagrama de dispersión de los datos de las muestras M1 y M2, donde se aprecia el coeficiente de correlación.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación	59
Anexo 02: Análisis de laboratorio.	60
Anexo 03: Galería fotográfica.	61

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo: evaluar el efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, para ello se han analizado el suelo cultivado donde se han utilizado fertilizantes químicos (M1) y otro donde no se ha utilizado (M2), obteniendo los siguientes resultados: pH: M1 = 6.64 y M2 = 6.62, conductividad eléctrica: M1 = 0.40 mS/cm y M2 = 0.40 mS/cm, fósforo (P): M1 = 12.02 ppm y M2 = 11.95 ppm, potasio (K): M1 = 120 ppm y M2 = 110 ppm, nitrógeno total: M1 = 0.10% y M2 = 0.05%, materia orgánica: M1 = 2.00% y M2 = 1.90%, textura: ambos son franco arenosos, también se ha calculado la variación de los componentes físico químicos donde el nitrógeno total mostró la mayor variación con un incremento del 100% en M1, potasio (K) aumentó en un 9%, y el fósforo (P) en un 1%, en la textura del suelo la arena aumentó en 12%, mientras que arcilla y limo disminuyeron en 50% y 25%, respectivamente, la materia orgánica también disminuyó levemente en un 5%, otros parámetros como el pH, conductividad eléctrica, carbonatos, aluminio cambiante y clase textural, no mostraron variación alguna, Al final, se calculó la relación entre los suelos mediante el coeficiente de correlación de Spearman, obteniéndose un valor de $\rho = 0.991$ con un nivel de significancia de $p < 0.01$, lo que indica una fuerte similitud entre las propiedades físico químicas de ambos suelos, lo que refuerza la interpretación de que no se evidencia una alteración significativa atribuible al uso de fertilizantes químicos. Concluyendo que el efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, no es significativo.

Palabras claves: Degradación, Fertilizantes, Químicos, Suelos.

ABSTRACT

The present investigation had as objective: to evaluate the effect on the degradation of agricultural soil due to the use of chemical fertilizers in the town of Villa Socca in the district of Acora, for this the cultivated soil where chemical fertilizers have been used (M1) and another where it has not been used (M2) have been analyzed, obtaining the following results: pH: M1 = 6.64 and M2 = 6.62, electrical conductivity: M1 = 0.40 mS / cm and M2 = 0.40 mS / cm, phosphorus (P): M1 = 12.02 ppm and M2 = 11.95 ppm, potassium (K): M1 = 120 ppm and M2 = 110 ppm, total nitrogen: M1 = 0.10% and M2 = 0.05%, organic matter: M1 = 2.00% and M2 = 1.90%, texture: both are sandy loam, the variation of the physical chemical components has also been calculated where nitrogen total showed the greatest variation with an increase of 100% in M1, potassium (K) increased by 9%, and phosphorus (P) by 1%, in soil texture the sand increased by 12%, while clay and silt decreased by 50% and 25%, respectively, organic matter also decreased slightly by 5%, other parameters such as pH, electrical conductivity, carbonates, changing aluminum and textural class, did not show any variation, In the end, the relationship between soils was calculated using the Spearman correlation coefficient, obtaining a value of $\rho = 0.991$ with a significance level of $p < 0.01$, indicating a strong similarity between the physical-chemical properties of both soils, which reinforces the interpretation that there is no evidence of a significant alteration attributable to the use of chemical fertilizers. Concluding that the impact on agricultural soil degradation due to the use of chemical fertilizers in the town of Villa Socca, Acora District, is not significant.

Keywords: Degradation, Fertilizers, Soils, Chemicals.

INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de fertilizantes sintéticos en la agricultura ha contribuido significativamente al aumento de la productividad agrícola en las últimas décadas. Sin embargo, su aplicación indiscriminada ha generado una serie de impactos negativos en la calidad de los suelos y en el equilibrio ecológico de los ecosistemas agrícolas (Asensio et al., 2018). En el centro poblado de Villa Socca, ubicado en el distrito de Acora, estas prácticas han evidenciado consecuencias importantes sobre la calidad edáfica de los suelos de cultivo, lo que plantea la necesidad de investigar y reflexionar sobre las implicancias ambientales del uso de abonos sintéticos.

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito analizar los impactos ambientales derivados del uso de fertilizantes artificiales en los suelos agrícolas de Villa Socca. Desde una perspectiva científica, este estudio busca generar nuevos conocimientos que contribuyan a los cuerpos teóricos que sustentan el manejo sostenible del suelo, en concordancia con los principios del desarrollo sostenible. La comprensión de estos impactos permitirá no solo enriquecer el debate académico, sino también fundamentar estrategias para una agricultura más responsable y respetuosa con el entorno natural.

Desde un enfoque tecnológico, se espera que los resultados de esta investigación promuevan el uso racional de fertilizantes sintéticos y la adopción progresiva de tecnologías agrícolas más sostenibles. Entre ellas, destacan alternativas como el uso de materia orgánica, compost, humus líquido o bokashi, que permiten mantener o mejorar la fertilidad del suelo sin comprometer su equilibrio ecológico. La transición hacia estas prácticas sostenibles podría traducirse en una mejora significativa en la calidad de los suelos de cultivo y en la reducción de los impactos negativos asociados al uso de productos químicos.

Finalmente, desde una dimensión ambiental, esta investigación se justifica en la necesidad urgente de preservar la integridad de los suelos agrícolas, los cuales son ecosistemas vivos, dinámicos y estrechamente interconectados con su entorno. La

alteración de este equilibrio natural, producto de la aplicación excesiva de nitrógeno y fósforo, ha generado procesos como la compactación, la erosión y la pérdida de biodiversidad microbiana, afectando directamente la capacidad del suelo para sostener la producción agrícola a largo plazo (Altieri & Nicholls, 2012). Estos efectos subrayan la importancia de desarrollar investigaciones que fomenten la conciencia ambiental y propicien cambios en las prácticas agrícolas actuales.

En suma, esta tesis busca no solo diagnosticar la situación actual del uso de fertilizantes sintéticos en Villa Socca, sino también proponer alternativas viables para un manejo más sostenible del suelo agrícola, contribuyendo así al desarrollo rural y a la conservación del medio ambiente.

El presente trabajo se estructura en cuatro capítulos. En el Capítulo I se plantea el problema de investigación, se revisan antecedentes a nivel internacional, nacional y local, y se formulan los objetivos del estudio. El Capítulo II desarrolla el marco teórico, conceptual y normativo que sustenta la investigación, concluyendo con la formulación de las hipótesis. En el Capítulo III se describe la metodología empleada, incluyendo la zona de estudio, población, muestra y análisis estadístico. El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos, los analiza e interpreta. Finalmente, el documento concluye con apreciaciones generales y recomendaciones derivadas de la investigación realizada.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El panorama agrícola mundial ha experimentado una transformación significativa desde la implementación de la denominada Revolución Verde, periodo en el cual la introducción de fertilizantes químicos marcó un hito en las prácticas de cultivo. Inicialmente, el volumen global de fertilizantes químicos aplicados se estimaba en 17 Tg. Sin embargo, en las décadas subsiguientes, se ha observado un incremento alarmante en su utilización, alcanzando cifras ocho veces superiores a las registradas hace medio siglo. Esta intensificación en la aplicación de insumos externos, que incluye no solo fertilizantes químicos sino también pesticidas, suscita una creciente preocupación en la comunidad científica y los organismos reguladores. La aplicación incorrecta o excesiva de estos compuestos puede acarrear graves consecuencias ambientales, manifestándose en la degradación y contaminación de los suelos agrícolas, la infiltración de sustancias nocivas en las aguas subterráneas y, de manera igualmente relevante, la exposición de los agricultores a riesgos para su salud (Rojas & Ortuño, 2007).

La predominancia de los monocultivos, que actualmente ocupan aproximadamente el 80% de tierras cultivadas en el aspecto global, genera una elevada dependencia de insumos externos como pesticidas y fertilizantes. Esta vulnerabilidad inherente a su homogeneidad genética los hace particularmente susceptibles a la proliferación de plagas y a los efectos adversos del cambio climático (Altieri & Nicholls, 2012). En este contexto, la formación del suelo se concibe como el resultado de complejas interacciones que

actúan sobre el material parental de coluvión, dando origen a una diferenciación vertical en horizontes. Dentro de la secuencia de estos procesos edafogenéticos, las dinámicas bioquímicas y biológicas adquieren una importancia trascendental, ya que son las responsables de la descomposición de la materia vegetal y la materia orgánica, elementos fundamentales para la fertilidad y la salud del suelo.

En el contexto peruano, se observa una creciente intensificación del debate en torno a las interconexiones entre la actividad agrícola y su entorno. Esta discusión se ve impulsada por la creciente exposición del sector a diversas agresiones que comprometen su variabilidad. Entre estas amenazas, destaca el riesgo de contaminación edáfica derivada del uso indiscriminado de fertilizantes y plaguicidas, práctica que conlleva un incremento en la concentración de metales pesados en el suelo (Asensio et al., 2018).

Una problemática significativa identificada en la zona de estudio reside en la dependencia de los sistemas agrícolas locales respecto a la aplicación de fertilizantes químicos para el sostenimiento de la producción. En este contexto, se considera fundamental la realización de una evaluación de impacto ambiental que analice la degradación edáfica inducida por el empleo de fertilizantes de origen sintético.

En consecuencia, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo primordial determinar el efecto del uso de fertilizantes químicos en la degradación del suelo agrícola del centro poblado de Villa Socca, perteneciente al distrito de Acora, provincia de Puno.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el resultado del análisis físico químico de suelos con y sin aplicación de fertilizantes?
- ¿Cuál es la variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes?
- ¿Cuál es la relación entre el suelo cultivado con y sin aplicación de fertilizantes?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

Kobza et al. (2017), establecieron como objetivo primordial contribuir al conocimiento actualizado del estado y la evolución de las propiedades edáficas en relación con amenazas específicas al suelo, tales como la erosión, la compactación, la acidificación y la disminución de la materia orgánica. Los resultados fundamentales de su investigación revelaron que la erosión del suelo constituye el problema ambiental más destacado y la forma de degradación más extendida en el territorio eslovaco. Adicionalmente, los autores constataron que el proceso erosivo se vio significativamente acelerado por las actividades humanas desarrolladas durante el período de estudio y la intensificación de las prácticas agrícolas.

Moya y Farinango (2020), en su investigación realizada en la parroquia Santa Martha de Cuba, se centró en la evaluación de las alteraciones físico químicas del suelo agrícola como consecuencia de la incorporación de abono verde. El estudio comparó los efectos de la aplicación de abonos orgánicos y un fertilizante mineral en las concentraciones de N, P, K, pH y densidad aparente del suelo, así como su influencia en la productividad del cultivo de papa de la variedad súper chola. Mediante la implementación de un Diseño Cuadrado Latino en 16 unidades experimentales, se demostró que la siembra de abonos verdes incrementa la biodisponibilidad de nutrientes en el suelo. Los resultados también indicaron que tanto los abonos orgánicos como el fertilizante mineral, aplicados de manera adecuada, contribuyen a la disponibilidad de nutrientes edáficos, favorecen el rendimiento del cultivo y promueven la conservación de las propiedades del suelo.

En su investigación realizada en la finca Alejandro Ponce, parroquia La América, Gras y Mantuano (2024), se propusieron evaluar la aplicación de fertilizantes químicos y sus consecuencias perjudiciales para el medio ambiente, el suelo y la salud humana. La metodología empleada para esta evaluación integral incluyó un diagnóstico detallado de la finca, considerando aspectos como límites geográficos, características del relieve, diversidad biológica, condiciones de temperatura y la presencia de contaminación. La

recopilación de información se realizó mediante encuestas y observación directa, lo que permitió obtener datos significativos sobre las prácticas de fertilización química. Los resultados de las encuestas indicaron que el 100% de los agricultores de la finca utilizan fertilizantes químicos en sus actividades agrícolas. El análisis de las propiedades físico químicas del suelo reveló los siguientes valores: presenta un pH neutro de 7.88. Los niveles de plomo y zinc son de 2.9876 mg/kg y 18.5305 mg/kg respectivamente. Se detectaron 1.3698 mg/kg de Potasio, 14350.0000 mg/kg de Calcio y 1800.0000 mg/kg de Magnesio. El manganeso se midió en 183.0000 mg/kg, el Hierro en 8250 mg/kg y el Cobre en 13.0000 mg/kg. El Fósforo Total y el Azufre no fueron detectados (0). La humedad es de 30.9%, la salinidad de 30.09% y la conductividad de 0.07%. La conclusión del estudio señala que, a pesar de la dependencia de fertilizantes químicos, el suelo de la finca aún conserva características adecuadas para el sistema agrícola en curso.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

Corcuera (2016), se centró en la evaluación detallada de la condición de los suelos agrícolas destinados al cultivo arrocero, utilizando para ello una aproximación metodológica fundamentada en técnicas de análisis de suelos convencionales. Los resultados de este estudio no solo confirmaron la disponibilidad de un cuerpo de análisis previos relativos a la fertilidad del suelo en la zona bajo consideración, sino que también pusieron de relieve la existencia de una marcada alteración en las formas tradicionales de cultivo de arroz practicadas en los lechos fluviales de la cuenca baja de dicho río, ubicada en la La Libertad. Esta problemática alteración se atribuye fundamentalmente a la presencia persistente de factores limitantes para la productividad agrícola, entre los que destacan las recurrentes inundaciones, la elevada concentración de sales en el suelo, la compactación que dificulta el desarrollo radicular y la progresiva pérdida de nutrientes esenciales para el crecimiento de la planta de arroz.

Alvaro y Cárdenas (2020), se centraron en la determinación de las consecuencias del uso de agroquímicos en los suelos agrícolas del Perú. A través de una revisión sistemática

aplicada, con un enfoque cualitativo y diseño narrativo, los autores constataron que los impactos más significativos incluyen la acidificación y erosión del suelo, así como la modificación de sus propiedades físicas y químicas. El análisis de la literatura reveló que la severidad de estos efectos varía entre el 50% y el 95% en diversos estudios. Los investigadores señalan que la aplicación directa de plaguicidas al suelo, que representa el 85% del uso total, introduce estas sustancias en un ecosistema dinámico donde se degradan. En sus conclusiones, y considerando el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L), los autores abogan por un uso responsable de agroquímicos, con equipos y dosis precisas, y enfatizan la importancia de disminuir su utilización, favoreciendo la transición hacia productos de origen orgánico.

Asencios (2023), investigó la problemática de los fertilizantes sintéticos y los beneficios de los orgánicos en la agricultura del distrito de Mirgas (Ancash). Mediante un enfoque metodológico cualitativo y descriptivo, con un diseño transversal no experimental, el estudio encontró que una proporción significativa de los participantes (44.85%) utiliza fertilizantes orgánicos, mientras que una minoría (8.91%) opta por fertilizantes inorgánicos, y una proporción considerable (46.24%) combina ambos tipos. Respecto al conocimiento de los beneficios ambientales de los fertilizantes orgánicos, la mayoría de los agricultores (61.00%) afirmó estar informada, mientras que un 39.00% reconoció su desconocimiento. En sus conclusiones, el autor subraya la relevancia del problema de los fertilizantes sintéticos y los beneficios potenciales del uso de fertilizantes orgánicos para dicha comunidad.

1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES.

Andrade et al. (2018), llevaron a cabo una investigación en la zona comprendida entre Chulluni y Chimu, hacia el norte de la bahía. El estudio, que se extendió de agosto a octubre e implicó el análisis de 8 puntos de muestreo (6 repeticiones en cada uno), evidenció una correlación significativa entre los parámetros físico químicos evaluados. Los resultados obtenidos sugieren que el terreno presenta condiciones óptimas para la agricultura, con valores notables como un promedio de 36.8 mg/kg de fósforo en todos los

puntos muestreados, un 0.55% de nitrato en el primer punto, 117.76 mg/kg de potasio en el tercer punto y un 3.8% de materia orgánica en el cuarto punto. La evaluación de los indicadores biológicos, basada en la diversidad y abundancia de especies, también respaldó la calidad del suelo. En sus conclusiones, los autores señalan que el suelo analizado aún mantiene características propicias para una fertilidad moderada y de calidad, aunque enfatizan la necesidad de monitorear y controlar los elevados niveles de nitratos detectados para asegurar la sostenibilidad del terreno a largo plazo.

Apaza et al. (2023) se centró en la descripción de las prácticas tradicionales de utilización de biocidas y fertilizantes naturales en los terrenos agrícolas de las comunidades campesinas aymaras de El Collao llave-Puno. El estudio exploró cómo las familias campesinas, a través de sus conocimientos y prácticas ancestrales, buscan asegurar la continuidad de la producción agrícola y controlar plagas como el "gorgojo de los Andes". Empleando una metodología etnográfica e interpretativa, y utilizando técnicas como la entrevista, la observación participante y el análisis de performance para la recolección de datos, la investigación concluyó evidenciando la vigencia de la sabiduría campesina en la aplicación de abonos naturales y biocidas a base de plantas, minerales y orina humana, utilizados en diversos procesos agrícolas para asegurar la producción y el control de enfermedades y plagas.

Aduviri (2024), se centró en el análisis del impacto ambiental causado por el uso de fertilizantes artificiales en la degradación de suelos agrícolas en la comunidad de Villa Soca, distrito de Acora. Mediante un muestreo en zig-zag, se recolectaron tres muestras de suelo representativas: un suelo no cultivado (M1), un suelo cultivado con fertilizantes artificiales (M2) y un suelo en descanso por al menos cinco años (M3). El análisis de laboratorio de estas muestras reveló que el impacto ambiental del uso de fertilizantes artificiales en la degradación del suelo agrícola se manifiesta en una acidez extrema con un pH de 3.9, una alteración de la textura hacia una composición más arcillosa y arenosa, una disminución del porcentaje de materia orgánica hasta el 1.7%, una reducción del nivel de nitrógeno a 0.06%, una concentración de potasio de 269.79 mg/Kg (inferior a la

del suelo no cultivado), y un nivel de fósforo de 27.1 mg/Kg (superior al del suelo no cultivado). Estos resultados evidencian el impacto de los fertilizantes artificiales en las propiedades del suelo estudiado.

Lima (2024), se propuso evaluar el nivel de contaminación del suelo agrícola causada por agroquímicos industriales en la comunidad de Villa Sicata. Empleando un método de investigación deductivo, se seleccionaron cinco parcelas con diferentes intervalos para la obtención de muestras de suelo, siguiendo la guía de muestreo de suelos contaminados establecida en el D.S.N° 002-2013 MINAM. Los resultados obtenidos revelaron que el contenido de materia orgánica es inferior al 2%, lo cual indica una condición deficiente del suelo. Entre los parámetros evaluados se incluyeron pH, conductividad, carbonato de calcio, materia orgánica, fósforo, potasio y saturación alcalina. La investigación concluye que el nivel de contaminación por agroquímicos es elevado, y se enfatiza la necesidad de generar conciencia sobre sus graves efectos perjudiciales tanto para la salud humana como para el ambiente.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar el análisis físico químico del suelo con y sin aplicación de fertilizantes.
- Calcular la variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes.
- Determinar la relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. LOS FERTILIZANTES ORGÁNICOS.

Los abonos orgánicos son productos resultantes de la degradación y mineralización de una variedad de materiales orgánicos, tales como estiércol, residuos de cocina y pastos verdes incorporados al suelo. Su aplicación en suelos agrícolas tiene como propósito fundamental potenciar la actividad microbiana, un efecto que se atribuye a su rica composición en microorganismos y materia orgánica, así como al aporte de energía y una limitada concentración de elementos inorgánicos (González et al., 2023).

a) Utilización de Fertilizantes Orgánicos.

La aplicación de abonos de origen orgánico se ha incrementado significativamente en diversos tipos de cultivos, debido a dos factores primordiales: la producción de abonos de alta calidad y su costo comparativamente bajo, en contraposición a los fertilizantes químicos disponibles en el mercado. En la actualidad, se reconocen dos categorías principales de abonos orgánicos: sólidos y líquidos, siendo estos últimos requeridos de disolución en agua para su aplicación y posterior integración en el suelo. Es pertinente señalar que las áreas destinadas a la producción agrícola experimentan una pérdida sustancial de nutrientes, lo que conduce al agotamiento progresivo de la materia orgánica presente en el suelo. Esta circunstancia demanda la implementación de estrategias de restauración permanente del terreno, mediante la restitución de los nutrientes perdidos, para lo cual se emplean abonos orgánicos derivados de diversas fuentes animales (Campos et al., 2022).

b) Propiedades Físico químicas.

En el contexto de sus propiedades físicas, los abonos orgánicos exhiben características que influyen significativamente en la calidad y funcionalidad de los suelos agrícolas. La coloración oscura inherente a estos abonos facilita una absorción más eficiente de la radiación solar, lo que se traduce en un incremento de la temperatura del suelo y, por ende, en una mayor capacidad de asimilación de nutrientes. Además, la aplicación de abonos orgánicos induce mejoras sustanciales en la textura y estructura del suelo, favoreciendo la cohesión en suelos arenosos y la descompactación en suelos arcillosos. Asimismo, estos abonos optimizan la aireación y el drenaje del suelo, incrementando su permeabilidad y capacidad de retención de agua (Huerta et al., 2019).

En relación con las propiedades químicas que caracterizan a los abonos orgánicos, se destaca su capacidad para incrementar significativamente la absorción de nutrientes por parte del suelo y para mitigar las fluctuaciones del pH, lo que a su vez optimiza la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Como consecuencia, se incrementa la fertilidad del suelo (Campos et al., 2022).

2.1.2. FERTILIZANTES QUÍMICOS.

Los abonos químicos, compuestos que aportan elementos vitales para el crecimiento vegetal, se caracterizan por su notable solubilidad acuosa. Esta cualidad asegura que los nutrientes se disuelvan con facilidad en el agua de riego, lo que resulta en una absorción pasiva y efectiva por las plantas (Calva & Espinosa, 2017).

En el contexto de la fertilización de terrenos destinados al cultivo de papa, Cardona et al. (2015) señalan que la elección del abono adecuado representa una decisión crucial. Dentro de las diversas alternativas disponibles, los abonos químicos suelen ser preferidos debido a su capacidad para aportar uno o más nutrientes esenciales para el desarrollo de la planta.

En el panorama actual del mercado agrícola, se dispone de una amplia gama de fuentes simples y fertilizantes compuestos, estos últimos a menudo caracterizados por su complejidad resultante de mezclas especializadas. Los fertilizantes complejos se

distinguen por presentar una composición uniforme en cada uno de sus gránulos, lo que garantiza una distribución homogénea de nutrientes a lo largo del terreno cultivado (Hadas & Rosenberg, 2022).

2.1.3. FERTILIZANTES ARTIFICIALES.

De acuerdo con Nardi et al. (2002), la composición de los fertilizantes artificiales se caracteriza por la presencia de tres sustancias principales: N (nitrógeno), P (fósforo) y K (potasio). Estos elementos desempeñan un papel fundamental en el crecimiento vigoroso de las plantas, y simultáneamente, son los nutrientes que experimentan un agotamiento más acelerado en el suelo. Por consiguiente, la reposición de estos elementos a través de la aplicación de fertilizantes artificiales se convierte en una práctica esencial para mantener la productividad agrícola y asegurar el desarrollo óptimo de los cultivos.

2.1.4. COMPOSICIÓN Y USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS

La aplicación de estudios químicos a los fertilizantes sintéticos ha revelado una creciente preocupación en el ámbito agrícola, especialmente en lo concerniente a la utilización de estos productos en el sector agrario. Esta inquietud se fundamenta en la capacidad de los fertilizantes sintéticos para propiciar la acumulación de metales pesados en el suelo, lo que potencialmente desencadena efectos adversos en la cadena trófica (Saucedo et al., 2024).

La composición de los fertilizantes químicos o sintéticos, si bien está diseñada para nutrir los cultivos, puede contener una variedad de metales pesados como cromo, uranio, plomo, arsénico, cadmio, vanadio y torio, entre otros. Esta presencia metálica, frecuentemente vinculada al uso de fosfatos en la formulación de estos productos, plantea preocupaciones ambientales y de salud pública debido a la potencial acumulación de estos elementos en los suelos y su posible transferencia a la cadena alimentaria. Además, la concentración y el tipo de metales varían significativamente entre los fertilizantes, y no todos contienen estos elementos en niveles detectables (López & Barrantes, 2017).

Tabla 01: Composición de los fertilizantes químicos.

Denominaciones de los Fertilizantes químicos	Nutrientes Principales
Urea agrícola	Nitrógeno (N)46 %
Cloruro de potasio	“Potasio”. (K ₂ O) 60%
Fosfato diamónico	“Nitrógeno”. (N) 18% “Fósforo”. (P ₂ O ₅)..... 46%
Sulfato de amonio	“Nitrógeno” (N).....21% “Azufre”. (S)..... 24% “Nitrógeno”. (N)..... 12% “Fósforo” (P ₂ O ₅).....40%
MICROESSENTIALS®	Total de Azufre 10%
SZ™	“Sulfato (SO ₄)”..... 5% Azufre elemental (S)..... 5% Zinc (Zn)..... 1%

Fuente: (López & Barrantes, 2017).

2.1.5. EL SUELO.

El suelo, como componente fundamental de los ecosistemas terrestres, se estructura en capas diferenciadas, dominadas por dos tipos de fracciones esenciales: la fracción mineral y la fracción orgánica. La fracción mineral, resultado del proceso de meteorización física y química de la roca madre, se compone de materiales como arena, limo y arcilla, los cuales determinan la textura y estructura del suelo. Por otro lado, la fracción orgánica se caracteriza por su naturaleza dinámica, influenciada directamente

por la actividad de organismos vivos que intervienen activamente en el ciclo de nutrientes y facilitan el crecimiento de las plantas (Jiménez, 2017).

2.1.6. INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS CAMBIOS EN EL SUELO.

Tabla 02. Propiedades físicas, químicas y biológicas utilizadas para evaluar las modificaciones del suelo.

Propiedades	Relación con la condición y Valores o unidades relevantes función del suelo ecológicamente; comparaciones para evaluación
Físicas	
Textura	Retención y transporte de agua % de arena, limo y arcilla; y compuestos químicos; pérdida del sitio o posición del erosión del suelo paisaje
Profundidad del suelo, Estima la productividad cm o m suelo superficial y potencial y la erosión raíces	la productividad cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; minutos/2.5 cm de agua y g/cm ³ productividad y erosividad
Capacidad retención de agua	de Relación con la retención de % (cm ³ /cm ³), cm de humedad agua, transporte, y erosividad; aprovechable/30 cm; intensidad humedad aprovechable, de precipitación textura y materia orgánica
Químicas	
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; Kg de C o N ha ⁻¹ estabilidad; erosión

pH	Define el proceso biológico y cotejo de los límites inferior a químico.	superior del proceso microbiano y vegetal.
Conductividad eléctrica	Define el proceso microbiano y vegetal.	dSm-1; cotejo del límite inferior superior para el proceso microbiano y vegetal.
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; destinadas al desarrollo de un productividad y parámetros de cultivo.	Kg ha-1; categorías suficientes
	la calidad ambiental	

Biológicas

C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, N total o CO2 producidos cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica	Kg de N o C ha-1 relativo al C y N
Respiración, contenido humedad temperatura	Mide la actividad microbiana; de estima la actividad de la actividad de la biomasa y biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C	Kg de C ha-1 d-1 relativo a la
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N contenido de C y N total	Kg de N ha-1d-1 relativo al

Fuente. (Pérez et al., 2023)

2.1.7. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), enfatiza que la presencia de suelos contaminados conlleva un elevado costo

económico, principalmente debido a la disminución tanto en el rendimiento como en la calidad de los cultivos. En este sentido, la prevención de este tipo de contaminación debe constituir una prioridad fundamental a nivel global. Es un hecho constatado que una proporción significativa de los contaminantes presentes en el suelo son consecuencia directa de la actividad humana, lo que implica una responsabilidad inherente en la generación de este problema. En consecuencia, se deduce que también recae en la humanidad la responsabilidad de implementar medidas correctivas para mitigar estos cambios y, de esta manera, garantizar la sostenibilidad futura del medio ambiente. Es imprescindible reconocer la trascendencia del suelo, dado que en él se desarrollan actividades agrícolas productivas que contribuyen de manera indirecta a la seguridad alimentaria, al tiempo que permiten el mantenimiento de importantes servicios ecosistémicos.

2.1.8. DEGRADACIÓN DE SUELOS.

La degradación del suelo se manifiesta comúnmente como resultado de la acumulación de sustancias en concentraciones que alcanzan niveles capaces de incidir negativamente en su funcionamiento habitual. En este contexto, la FAO menciona que la contaminación del suelo es una forma específica de degradación de carácter químico, cuyo efecto principal se manifiesta en la pérdida, ya sea parcial o total, de la capacidad productiva del mismo. Por su parte, el Diccionario de la RAE define la contaminación de manera más general como la alteración de la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio, como los alimentos, el agua o el aire, por la acción de agentes químicos o físicos perjudiciales (López, 2020).

2.1.9. DEGRADACIÓN DE LA FERTILIDAD.

Se denomina degradación del suelo al proceso de disminución de su capacidad para sustentar la vida, originado por alteraciones significativas en sus propiedades. Estas modificaciones inducen un deterioro progresivo que culmina en la pérdida de su potencial productivo (Porta et al., 2019).

En el ámbito del deterioro químico del suelo, diversas causas pueden originar su degradación. Entre ellas se incluyen la acidificación, caracterizada por un descenso del pH; la sodificación, que implica una acumulación excesiva de sodio intercambiable; la pérdida de nutrientes esenciales para la fertilidad; la salinización, consistente en la acumulación de sales solubles; y el incremento de la toxicidad, resultante de la liberación (Castillo et al., 2021).

La degradación física del suelo representa un proceso de deterioro que se centra en la alteración de sus propiedades estructurales y texturales. Este fenómeno se manifiesta típicamente a través de la desintegración de los agregados del suelo, lo que conlleva una pérdida de la macroporosidad esencial para la aireación y el drenaje adecuados. Paralelamente, se observa un incremento en la densidad aparente del suelo, resultado de la compactación y la reducción del espacio poroso total. Esta densificación dificulta la penetración de las raíces de las plantas, limitando su acceso a nutrientes y agua, y también disminuye significativamente la permeabilidad del suelo, tanto al agua como al aire (García et al., 2012)

Se considera que ha ocurrido una degradación biológica del suelo cuando se registra una disminución significativa en su contenido de materia orgánica. Este componente es fundamental para la fertilidad, la estructura y la capacidad de retención de agua del suelo, además de ser una fuente esencial de nutrientes y energía para la biota edáfica. Por otro lado, el término "erosión del suelo" en el contexto de la degradación se refiere a la erosión antrópica, es decir, aquella acelerada por las actividades humanas. Este tipo de erosión se caracteriza por su rapidez y su potencial para causar pérdidas significativas de la capa superior del suelo, rica en nutrientes (Porta et al., 2019).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Contaminación del suelo. La contaminación del suelo reduce el rendimiento de los cultivos y genera costos económicos (FAO, 2021). Proviene en gran medida de actividades humanas, como el uso excesivo de agroquímicos. Es urgente implementar acciones correctivas para su restauración.

Composición y uso de fertilizantes químicos.

Aunque eficaces, los fertilizantes sintéticos pueden contener metales pesados como cadmio, plomo y arsénico (Saucedo et al., 2024). Estos elementos pueden acumularse en el suelo y afectar la salud humana y ambiental (López & Barrantes, 2017). Su composición depende del tipo de fertilizante utilizado.

Degradación del suelo. Es el deterioro físico, químico o biológico del suelo que afecta su capacidad productiva (FAO; López, 2020). Incluye procesos como salinización, compactación, pérdida de materia orgánica y contaminación. Es una amenaza para la seguridad alimentaria y los ecosistemas.

Degradación de la fertilidad del suelo. Implica la disminución de nutrientes y el deterioro de las propiedades físicas y biológicas del suelo (Porta et al., 2019). Factores como la acidificación, sodificación y erosión acelerada contribuyen a este proceso (Castillo et al., 2021). La compactación reduce la porosidad y limita el desarrollo radicular (García et al., 2012).

El suelo. El suelo está compuesto por fracciones minerales (arena, limo, arcilla) y orgánicas (restos vivos y en descomposición) (Jiménez, 2017). Ambas fracciones interactúan para sostener la vida vegetal y animal. Su estructura influye en la fertilidad y productividad agrícola.

Fertilizantes orgánicos. Los fertilizantes orgánicos son productos obtenidos de la descomposición de materiales naturales como estiércol, restos vegetales y residuos orgánicos. Su uso mejora la actividad microbiana del suelo y aporta materia orgánica esencial (González et al., 2023). Además, favorecen el equilibrio ecológico y la fertilidad del suelo.

Fertilizantes químicos. Son compuestos solubles en agua que aportan nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio (Calva & Espinosa, 2017). Se usan ampliamente por su rápida absorción y eficiencia en cultivos como la papa (Cardona et al., 2015). Pueden presentarse como fertilizantes simples o compuestos (Hadas & Rosenberg, 2022).

Fertilizantes artificiales. Contienen principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), elementos clave para el crecimiento vegetal (Nardi et al., 2002). Su aplicación repone estos nutrientes, que suelen agotarse rápidamente. Son esenciales para mantener la productividad agrícola.

Indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo. Las propiedades del suelo permiten evaluar su salud y funcionalidad (Pérez et al., 2023). Indicadores como textura, pH, nutrientes y actividad microbiana son claves en este análisis. Estos parámetros reflejan cambios por manejo agrícola o contaminación.

Propiedades físico químicas de los fertilizantes orgánicos. Estos abonos mejoran la estructura, textura y retención de agua del suelo, beneficiando su calidad (Huerta et al., 2019). También incrementan la fertilidad química al estabilizar el pH y mejorar la absorción de nutrientes (Campos et al., 2022). Su color oscuro ayuda a captar radiación solar.

Utilización de fertilizantes orgánicos. Se emplean cada vez más por su bajo costo y su aporte de nutrientes a suelos empobrecidos. Existen en forma sólida y líquida, y se aplican para restaurar suelos degradados (Campos et al., 2022). Proviene generalmente de fuentes animales y vegetales.

2.3. MARCO NORMATIVO

- El artículo 1° del Decreto Supremo N° 017-2009-AG establece la finalidad y los alcances de la reglamentación sobre la capacidad de uso mayor de las tierras, emitida por el Servicio Nacional de Certificación Ambiental (SENACE) para las Inversiones Sostenibles.
- La Ley N° 28611, en su artículo 31°, define el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como un nivel de concentración o grado de diversos elementos (materiales, parámetros físicos, sustancias biológicas y químicas) presentes en los cuerpos receptores (aire, suelo o agua). El ECA se determina para asegurar que estos niveles no constituyan un riesgo significativo para la salud de las personas ni para el equilibrio del medio ambiente.

- El Decreto Legislativo N° 1013, en su artículo 7, literal d), que corresponde a la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señala que una de las funciones de este Ministerio es la elaboración y especificación de los ECA y los LMP. En otras palabras, el MINAM es responsable de definir los niveles de calidad ambiental aceptables y los límites máximos de contaminantes permitidos en el aire, agua, suelo y otros componentes ambientales.
- El Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM aprobó la Política Nacional del Ambiente, la cual establece, dentro de los Lineamientos de Política del Eje 2, la "Gestión Integrada de la Calidad Ambiental".

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.

Existe un efecto significativo en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- El resultado del análisis físico químico del suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son diferentes.
- La variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son elevados.
- La relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes, es significativa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El centro poblado de Villa Socca es una de las diecinueve comunidades que conforman el distrito de Acora, ubicado en la región altiplánica de Puno, Perú. Se sitúa estratégicamente en una península dentro del majestuoso lago Titicaca, a una altitud aproximada de 3,850 metros sobre el nivel del mar, lo que le confiere características geográficas y climáticas particulares. Esta ubicación le otorga no solo una vista privilegiada del Lago Sagrado de los Incas, sino también condiciones climáticas singulares debido al efecto termorregulador del lago, que suaviza las bajas temperaturas extremas propias del altiplano.

El clima en Villa Socca es predominantemente frígido, templado y riguroso, pero gracias a la influencia del lago Titicaca, se genera un microclima que permite el desarrollo de actividades agropecuarias durante gran parte del año. Este entorno natural favorece una vegetación autóctona diversa, destacando la presencia de totora, plantas herbáceas, pastos naturales y diversas especies de plantas medicinales, utilizadas ancestralmente por la población local. La comunidad posee suelos de alta calidad agrícola, lo cual ha promovido históricamente una intensa actividad productiva en la zona. Sin embargo, esta ventaja natural también ha generado una problemática creciente: la alta concentración poblacional. La búsqueda de tierras fértiles ha motivado un asentamiento denso en relación a su capacidad ecológica, lo que empieza a generar presiones sobre los recursos naturales y plantea retos en cuanto a sostenibilidad, planificación territorial y acceso a servicios básicos. (MINCETUR, 2025).

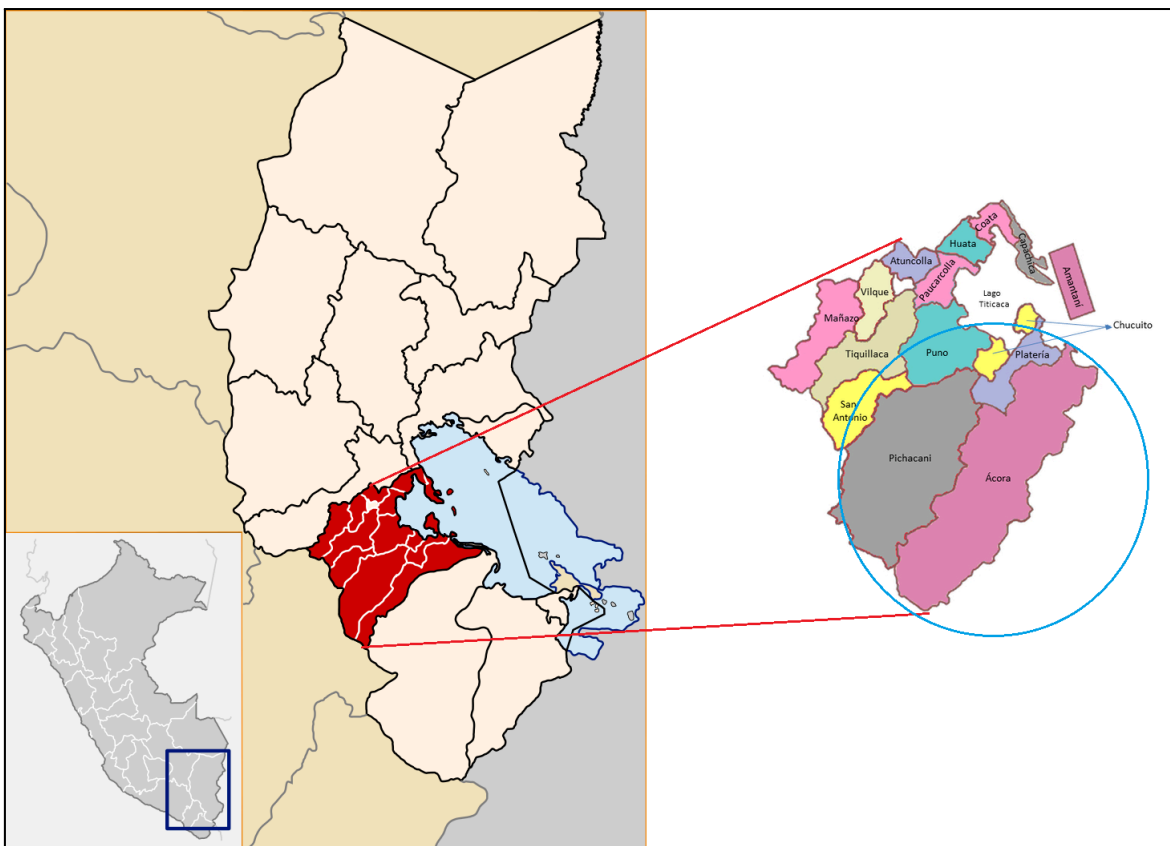


Figura 01: Ubicación del Distrito de Acora en la provincia de Puno.

El centro poblado de Villa Socca se encuentra ubicado a una distancia aproximada de 49 kilómetros de la ciudad de Puno, capital de la región del mismo nombre, y a 23.20 kilómetros del centro poblado de Acora, capital distrital. Su localización geográfica lo posiciona dentro de una zona estratégica del altiplano puneño, con acceso directo a las riberas del lago Titicaca, lo que le otorga importancia tanto en términos ecológicos como socioculturales.



Figura 02: Ubicación del Centro Poblado de Villa Socca.

Fuente: Adaptado de las imágenes de Google Maps.

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN.

En la comunidad de Villa Socca de acuerdo a los registros que tiene las autoridades de la zona cuenta con una población que es igual 167 familias, de cada una de éstas familias en promedio tienen 4 hectáreas de terreno cada uno de ellos que en total hacen total sería 668 Hectáreas, de todo éste total está destinado al cultivo de diferentes productos aproximadamente **38 hectáreas**, convirtiéndose éste terreno en nuestra población (MINCETUR, 2025).

3.2.2. MUESTRA.

Dado que las 38 hectáreas que conforman la población presentan características homogéneas en cuanto a altitud y tipo de suelo, se considera válida la representatividad de la muestra. Por ello, se seleccionaron tres puntos específicos del terreno agrícola para el estudio.

Tabla 03: Puntos de muestreo de la investigación.

Denominación	Descripción	Coordenadas Geográficas
Muestra 1 (M-01)	Suelo donde no se ha utilizado fertilizante químico.	15°54'21.7"S 69°42'02.6"W
Muestra 2 (M-02)	Suelo cultivado con fertilizante químico.	15°54'21.9"S 69°42'06.0"W

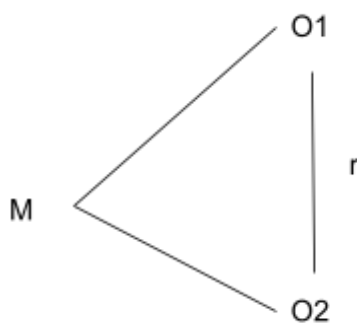
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación es de tipo **correlacional descriptiva**, ya que busca comparar datos recolectados de varias muestras sobre un mismo fenómeno. Su objetivo es determinar el grado de relación entre variables, específicamente entre el uso de abono sintético y la degradación del terreno.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

No experimental.



Donde:

M es la muestra donde se realiza el estudio.

O1 las observaciones obtenidas en la muestra de estudio de la Muestra 1

O2 las observaciones obtenidas en la muestra de estudio de la Muestra 2

La “r” hace mención a la posible relación existente entre la variable estudiada: abono artificial y degradación del suelo agrícola.

3.3.3. MÉTODO.

Deductivo - Cualitativo

3.3.4. METODOLOGÍA DE DESARROLLO.

a. Técnica de muestreo de suelo.

Se seleccionaron dos lugares de donde se obtuvieron dos tipos de suelos:

El primero fue un suelo donde también se cultivó papa, pero con el uso de fertilizantes químicos; a este suelo se le denominó “Suelo de cultivo” M1.

El segundo fue un suelo donde se cultivó papa y no se utilizaron fertilizantes químicos; a este suelo se le denominó “Suelo de cultivo” M2.

b. Toma de las muestras.

Para el análisis de suelo se delimitó el área de estudio y se extrajeron 10 muestras simples, que se mezclaron para formar una muestra compuesta. Esta, de entre 0.5 a 1 kg, fue enviada al laboratorio. Las muestras compuestas, formadas por varias submuestras bien mezcladas, fueron comúnmente utilizadas para la planificación de la fertilización. Se recomendó tomar entre 10 a 20 submuestras por parcela (Moreno et al., 2020). El sistema de muestreo simple fue al azar mediante el esquema de muestreo en ZIG ZAG, tal como se muestra en la figura siguiente.

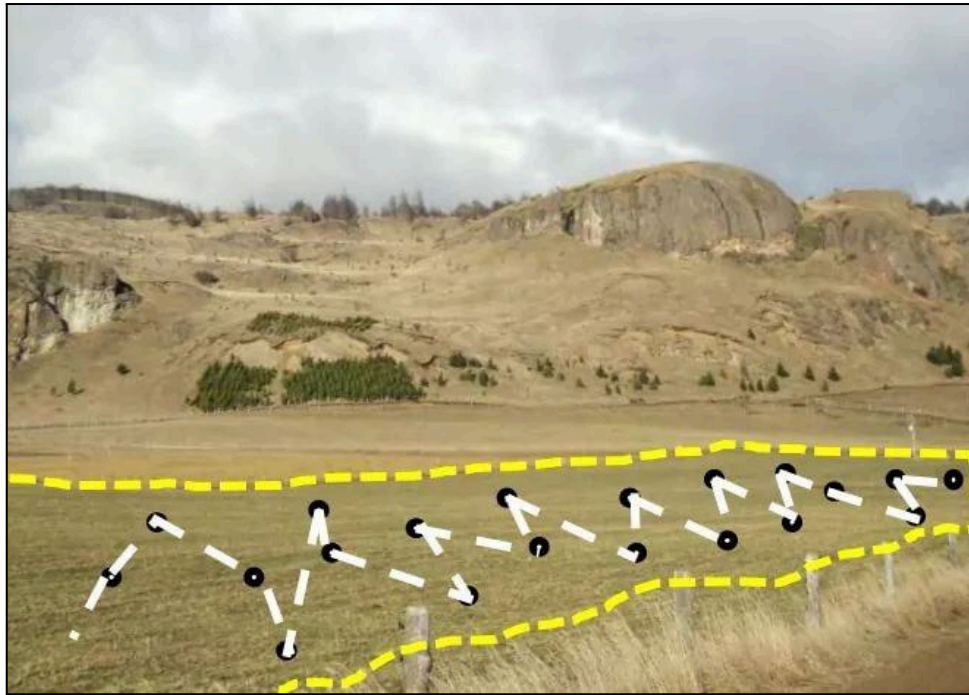


Figura 03: Muestreo de terreno con la técnica ZIG-ZAG.

Fuente: (Piedra, 2015).

La extracción de muestras de suelo se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido por Moreno (2020), el cual estableció una metodología estandarizada para la toma de muestras representativas en estudios de caracterización de suelos. La técnica empleada consistió en la apertura de calicatas o excavaciones manuales, con dimensiones definidas de 0.40 metros de largo por 0.40 metros de ancho y una profundidad de 0.30 metros, lo que permitió acceder a la capa superficial del suelo, considerada crítica para los análisis físico químicos relacionados con la fertilidad y el impacto del manejo agrícola.

De cada calicata se recolectaron muestras simples que, una vez extraídas, fueron mezcladas homogéneamente para conformar una muestra compuesta por cada punto de muestreo. La muestra compuesta tuvo un peso aproximado de 1 kilogramo y fue depositada en bolsas tipo Ziplock, que aseguraron una correcta conservación y aislamiento del contenido, evitando la contaminación cruzada o alteración de las propiedades del suelo. Posteriormente, estas muestras fueron etiquetadas, embaladas

adecuadamente y transportadas de forma segura al laboratorio especializado, donde se procedió con los análisis correspondientes.

Este procedimiento garantizó la representatividad de las muestras y la confiabilidad de los resultados, elementos clave para el diagnóstico y evaluación de la calidad del suelo en función del uso de insumos agrícolas y su posible efecto sobre la degradación del terreno.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de variables de la investigación.

Variable	Definición	Indicador o definición operativa	Escala de medición	Categoría y valores
Variable Independiente	Poseen concentraciones altas por lo que la cantidad que se usa es menor	Nitrógeno (mg/dl) Fósforo (mg/dl) Potasio (mg/dl)	Porcentaje	Numérico
Utilización de fertilizantes químicos.	la cantidad que se usa es menor	Textura (Arena, limo y arcilla) Densidad (Porosidad) Humedad (Contenido de H ₂ O) Conductividad eléctrica (CE Salinidad) Potencial de hidrógeno (pH) Materia orgánica (M.O.)		
Variable Dependiente	El suelo está constituido por capas degradación dominadas por	Variación	Diferencia	Numérico

de suelos dos tipos de
agrícolas fracciones:
mineral y
orgánica.

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se codificaron y organizaron los datos, de manera sistemática, pues los datos obtenidos del laboratorio se tabularon en una hoja de cálculo, las muestras fueron clasificadas en dos grupos:

- M-01: Suelos con fertilizantes químicos.
- M-02: Suelos sin fertilizantes químicos.

Las variables consideradas incluyeron: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros.

El análisis estadístico descriptivo se calculó para cada variable: Media aritmética, Mediana, Desviación estándar, Coeficiente de variación, Mínimos y máximos.

Este análisis permitió obtener una visión general del comportamiento de cada parámetro en ambos tipos de suelos.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO CON Y SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.

Con el propósito de evaluar el impacto del uso de fertilizantes químicos sobre las propiedades del suelo, se realizó un análisis físico químico a dos muestras representativas: una correspondiente a un suelo cultivado donde sí se han utilizado fertilizantes químicos (M1) y otra correspondiente a un suelo donde no se ha aplicado ningún tipo de fertilizante químico (M2). A partir de este análisis se identificaron y compararon distintos parámetros que permiten determinar el estado nutricional, la estructura física y la calidad general del suelo.

Tabla 05: Análisis de las muestras de suelo.

Parámetros	Unidad	M1 (Suelo con fertilizante químicos)	M2(Suelo sin fertilizante químicos)
pH	unid. pH	6.64	6.62
Conductividad E.	mS/cm	0.40	0.40
Fósforo (P)	ppm	12.02	11.95
Potasio (K)	ppm	120	110
Aluminio Cambiable	Al ³⁻	0.00	0.00
Carbonatos (CO ₃ ⁼)	%	0.00	0.00
Nitrógeno total	%	0.10	0.05
Análisis Mecánico			
Arena	%	60	68
Arcilla	%	15	10
Limo	%	25	20
Clase textural	%	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Materia orgánica	%	2.00	1.90

De acuerdo a la tabla 05, podemos observar que en cuanto al pH del suelo, los valores obtenidos fueron muy similares: 6.64 para M1 y 6.62 para M2. Ambos valores se encuentran en un rango ligeramente ácido, lo cual es común en suelos agrícolas. La diferencia entre ambas muestras es mínima, lo que indica que el uso de fertilizantes

químicos no ha generado cambios significativos en la acidez del suelo. Este comportamiento puede deberse a una adecuada capacidad de amortiguación del suelo o a una aplicación moderada de fertilizantes que no ha alterado el equilibrio ácido-base.

Respecto a la conductividad eléctrica (CE), ambos suelos presentaron un valor de 0.40 mS/cm, lo que indica una baja salinidad. Este resultado sugiere que, a pesar del uso de fertilizantes en M1, no se ha producido una acumulación de sales solubles en el suelo, lo cual es positivo desde el punto de vista agronómico, ya que la salinidad excesiva puede afectar la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

En el análisis de nutrientes, se evaluaron los niveles de fósforo (P), potasio (K) y nitrógeno total (N). El contenido de fósforo fue de 12.02 ppm en M1 y 11.95 ppm en M2. Aunque el valor en el suelo con fertilizante es ligeramente superior, la diferencia es mínima y no representa un impacto significativo atribuible a la fertilización. En el caso del potasio, M1 presentó 120 ppm frente a los 110 ppm de M2, lo que sí evidencia un ligero incremento en el contenido de este nutriente en el suelo fertilizado, posiblemente debido al uso de fertilizantes potásicos. Sin embargo, el cambio más significativo se observó en el contenido de nitrógeno total, que fue de 0.10% en M1 y de sólo 0.05% en M2, es decir, el doble en el suelo fertilizado. Este aumento sugiere una incorporación efectiva de fertilizantes nitrogenados, que se traduce en una mejora en la fertilidad del suelo, dado que el nitrógeno es uno de los nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas.

En cuanto al contenido de materia orgánica, M1 registró un 2.00% y M2 un 1.90%. Si bien la diferencia es pequeña, puede estar relacionada con un mayor crecimiento de biomasa vegetal en el suelo fertilizado, que posteriormente se incorpora como materia orgánica. Es importante destacar que los fertilizantes químicos no aportan materia orgánica directamente, por lo que este cambio podría deberse a un efecto indirecto del uso de fertilizantes que promueven un mejor desarrollo del cultivo.

Los resultados del análisis también indican que no se detectó aluminio cambiante (Al^{3+}) ni carbonatos (CO_3^{2-}) en ninguna de las dos muestras, lo cual es positivo, ya que la

presencia de estos elementos puede alterar la disponibilidad de nutrientes y afectar la estructura del suelo.

En el aspecto físico del suelo, se realizó un análisis mecánico para determinar la textura del suelo, expresada en porcentajes de arena, limo y arcilla. En la muestra M1, el contenido de arena fue del 60%, limo del 25% y arcilla del 15%. En cambio, en la muestra M2, el contenido de arena fue mayor (68%), mientras que el limo y la arcilla fueron menores, con 20% y 10%, respectivamente. A pesar de estas variaciones, ambas muestras fueron clasificadas dentro de la categoría franco arenoso, lo que indica una textura suelta, con buena permeabilidad y capacidad de aireación, aunque con limitada retención de agua y nutrientes. Las pequeñas diferencias en la composición textural probablemente se deban a variaciones naturales del suelo y no a la influencia directa de los fertilizantes químicos, ya que la textura es una propiedad física relativamente estable a corto plazo.

4.2. VARIACIÓN DE LOS COMPONENTES FÍSICO QUÍMICOS ENTRE UN SUELO CON Y SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.

Tabla 06: Variación de los parámetros de la muestra M2 (Suelo donde se ha utilizado fertilizantes químicos) respecto a la muestra M1 (Suelo donde no se ha utilizado fertilizantes químicos).

Parámetros	Unidad	Variación $(M1-M2)/M2*100$	Interpretación
pH	unid. pH	0%	NO VARÍA
Conductividad E.	mS/cm	0%	NO VARÍA
Fósforo (P)	ppm	1%	DISMINUYE
Potasio (K)	ppm	9%	DISMINUYE
Aluminio Cambiable	Al ³⁻	0%	NO VARÍA

Carbonatos ($\text{CO}_3^{=}$)	%	0%	NO VARÍA
Nitrógeno total	%	100%	DISMINUYE
Análisis Mecánico			
Arena	%	-12%	AUMENTA
Arcilla	%	50%	DISMINUYE
Limo	%	25%	DISMINUYE
Clase textural	%	Franco arenoso	NO VARÍA
Materia orgánica	%	5%	DISMINUYE

De acuerdo a la tabla 06, presenta la variación porcentual de diversos parámetros físico químicos y mecánicos del suelo sin fertilizantes químicos (M1) en comparación con el suelo que sí ha sido tratado con fertilizantes químicos (M2). Este análisis permite identificar los efectos que tiene el uso de fertilizantes sobre las propiedades del suelo.

En primer lugar, se observa que tanto el pH como la conductividad eléctrica no presentan variación entre ambas muestras (0%), lo que indica que la aplicación de fertilizantes químicos no ha alterado significativamente la acidez ni la salinidad del suelo. Este resultado es positivo, ya que un incremento de la salinidad o una acidificación marcada pueden afectar la salud del suelo y el desarrollo de los cultivos.

Respecto a los macronutrientes esenciales, se observa una ligera disminución en el fósforo (1%) y el potasio (9%) en la muestra M1. Esto indica que la fertilización química, aunque en pequeñas proporciones, ha contribuido a una mayor disponibilidad de estos nutrientes en el suelo M2. Sin embargo, la diferencia más notoria se presenta en el contenido de nitrógeno total, que disminuye en un 100% en el suelo sin fertilizantes (M1), lo que confirma que el uso de fertilizantes químicos ha incrementado de forma importante este nutriente, considerado clave para el desarrollo vegetativo de las plantas. Esta

diferencia marca una clara evidencia del impacto positivo de los fertilizantes nitrogenados sobre la fertilidad del suelo.

En cuanto a otros parámetros químicos, como el aluminio intercambiable y los carbonatos, no se registran diferencias entre las muestras (0%), lo cual sugiere que estos componentes no han sido afectados por el uso de fertilizantes en las condiciones de manejo observadas.

Por otro lado, al analizar los componentes físicos del suelo, se aprecia un cambio en la textura del suelo, aunque la clasificación final sigue siendo franco arenosa en ambas muestras. Específicamente, en M1 (sin fertilizantes) hay más arena (12% más) y menos arcilla (50% menos) y menos limo (25% menos). Esto puede deberse a variaciones naturales del sitio de muestreo o al efecto indirecto del uso de fertilizantes, que podrían alterar lentamente la estructura física del suelo, especialmente cuando influyen en la materia orgánica, la actividad biológica y la agregación del suelo.

Finalmente, se detectó una disminución del 5% en la materia orgánica en el suelo M1. Aunque esta diferencia es leve, puede reflejar un menor desarrollo de la biomasa vegetal en ausencia de fertilizantes, lo cual reduce los aportes orgánicos al suelo. Dado que la materia orgánica es fundamental para la retención de nutrientes, la estructura y la actividad microbiana del suelo, este descenso también es un indicador indirecto del menor dinamismo biológico en suelos no fertilizados.

4.3. RELACIÓN ENTRE EL SUELO CON Y SIN APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.

Para el logro de éste objetivo estableceremos las correlaciones entre las muestras de suelo no cultivado con fertilizante químico y suelo cultivado con fertilizante, es decir entre las muestras M1 y M2, para ello primero realizaremos un análisis de la normalidad de datos.

Tabla 07. Prueba de normalidad de los datos de las muestras.

				Shapiro-Wilk		
				Estadístico	gl	Sig.
M1	(Suelo con fertilizante			,663	11	,000
	químicos)					
M2	(Suelo sin fertilizante			,653	11	,000
	químicos)					

a. Corrección de significación de Lilliefors

De acuerdo a la tabla 07, podemos observar que el p-valor es < 0.05 , por lo que en ambos casos los datos **NO tienen distribución Normal**, por lo que se realizará la prueba no paramétrica de **Rho de Spearman** para correlacionar los datos de ambas muestras.

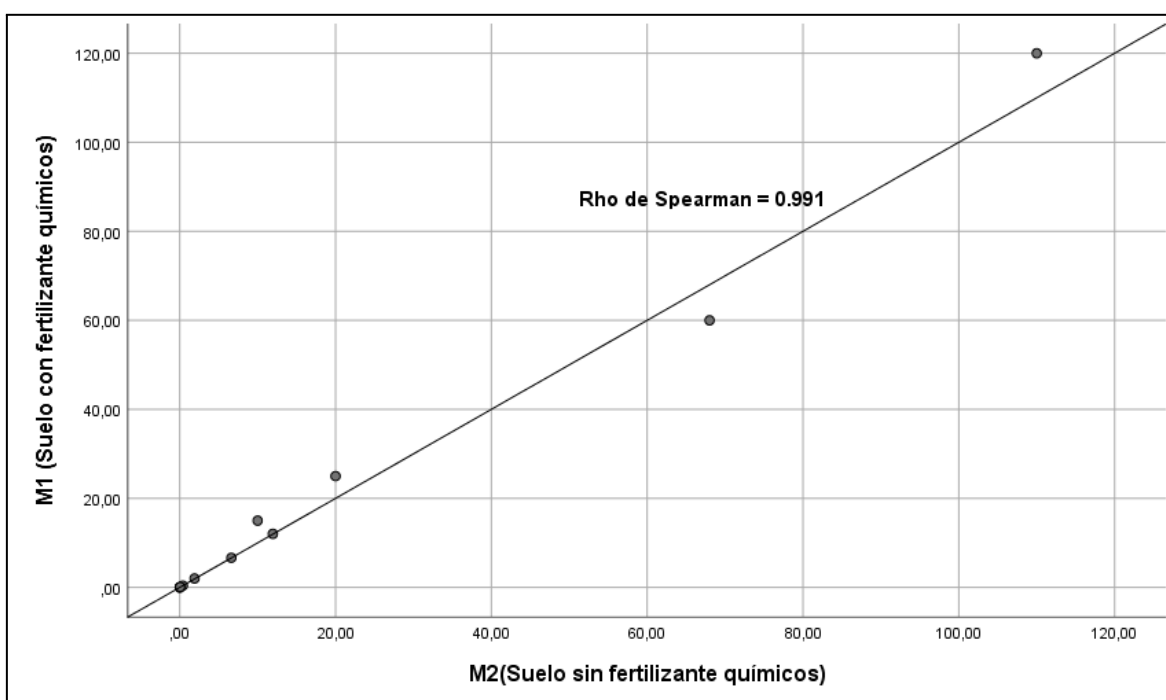


Figura 04: Diagrama de dispersión de los datos de las muestras M1 y M2, donde se aprecia el coeficiente de correlación.

De acuerdo a la figura 04, el diagrama de dispersión elaborado a partir de los valores físico químicos de las muestras M1 (suelo con fertilizantes químicos) y M2 (suelo sin fertilizantes químicos) muestra la relación existente entre ambos conjuntos de datos. En

esta figura, cada punto representa un par de valores correspondientes al mismo parámetro en las dos condiciones de suelo analizadas. Uno de los principales hallazgos del diagrama es el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que alcanza un valor de **0.991**, lo cual es sumamente significativo desde el punto de vista estadístico y analítico. evidencia que existe una relación positiva muy fuerte entre ambos conjuntos de datos. A pesar de que algunos parámetros, como el nitrógeno total, presentan diferencias importantes en valor absoluto, el orden de los valores se mantiene consistente. Esto sugiere que el comportamiento general del suelo no se ve drásticamente alterado por la aplicación de fertilizantes químicos, aunque sí existen mejoras puntuales en nutrientes clave.

Este tipo de análisis permite sostener que los suelos evaluados mantienen una estabilidad estructural y química general, pero con incrementos en elementos fertilizantes esenciales que podrían favorecer el rendimiento agrícola.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La primera contradicción identificada en relación con los resultados de nuestra investigación corresponde a los hallazgos de Kobza et al. (2017), quienes señalaron que la erosión del suelo constituye el principal problema ambiental y la forma de degradación más extendida en el territorio Eslovaco, ésta afirmación contradice parcialmente los hallazgos internacionales, así como los obtenidos en nuestra investigación, lo cual podría explicarse por el hecho de que, en nuestro caso, la degradación del suelo aún no ha alcanzado niveles críticos, posiblemente debido al tipo de fertilizante utilizado o al tiempo relativamente corto de uso del terreno.

En contraste, Moya y Farinango (2020) destacan que la aplicación combinada de abonos verdes y fertilizantes minerales mejora la fertilidad del suelo. Nuestros resultados, al mostrar cierta estabilidad en la mayoría de parámetros, podrían alinearse con este enfoque si se considerara que en Villa Socca se usan prácticas mixtas o que el uso de fertilizantes aún es moderado.

Gras y Mantuano (2024) encontraron que, pese al uso generalizado de fertilizantes químicos, los suelos conservaban condiciones adecuadas, aunque con altos niveles de metales y salinidad. En cambio, en Villa Socca, la salinidad y los metales pesados no fueron medidos, por lo que no se puede confirmar ni refutar dicha coincidencia, pero sí se comparte la observación de que el suelo, aunque intervenido, conserva propiedades aceptables.

Alvaro y Cárdenas (2020) informaron que los agroquímicos provocan acidificación y pérdida de nutrientes esenciales. Sin embargo, el pH en Villa Socca se mantiene ligeramente ácido pero dentro de límites normales, y no se observa una pérdida drástica de nutrientes, salvo un ligero descenso del nitrógeno total. Esto contradice parcialmente sus hallazgos, lo que podría explicarse por una menor intensidad o duración del uso de fertilizantes químicos en la zona estudiada.

Asencios (2023) destacó la tendencia positiva hacia el uso de fertilizantes orgánicos en Ancash, y aunque en Villa Socca predomina el uso de químicos, la estabilidad de varios parámetros sugiere que la aplicación no ha sido intensiva ni descontrolada, lo que puede estar alineado con una conciencia progresiva sobre el uso responsable de insumos agrícolas.

La investigación de Aduviri (2024) en la misma comunidad mostró resultados más alarmantes: un pH muy ácido (3.9), pérdida severa de materia orgánica (1.7%) y alteraciones físicas en la textura del suelo. Esto contrasta fuertemente con los resultados de este estudio, donde el pH es 5.4 y la materia orgánica se mantiene entre 3% y 4.5%. Esta contradicción puede deberse a diferencias en la metodología de muestreo, tipos de fertilizantes utilizados, condiciones de manejo agrícola, o el tiempo de exposición del suelo a productos químicos.

Lima (2024) contradictoriamente reportó altos niveles de contaminación por agroquímicos en Villa Sicata, donde la materia orgánica fue inferior al 2%. En comparación, los suelos de Villa Socca mantienen valores más altos, lo cual sugiere que las condiciones locales

varían notablemente, posiblemente por las prácticas de cultivo, rotación o condiciones edafoclimáticas distintas.

4.5. PROCESO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.5.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

En base a lo afirmado: Existe efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = No existe efecto significativo en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025.

La Hipótesis Alterna:

H_1 = Existe un efecto significativo en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025.

Aunque hay un aumento claro del nitrógeno total (100%) en el suelo con fertilizantes, lo cual puede indicar acumulación por fertilización química, no se observa un deterioro significativo en los demás parámetros: El pH se mantiene estable, sin tendencia a acidificación o alcalinización, la materia orgánica incluso es levemente superior en el suelo con fertilizantes, no hay aumento en la conductividad eléctrica, lo cual indicaría salinización (un signo de degradación), la textura no cambia: ambos suelos son franco arenosos, no hay presencia de elementos tóxicos o desequilibrios evidentes, además de acuerdo a la tabla 08 el alto grado de correlación estadística (Rho de spearman $[\rho] = 0.991$) entre ambas muestras sugiere que la composición general del suelo no ha sufrido alteración significativa por el uso de fertilizantes en este caso específico, por lo que se **rechaza la H_1** y se acepta la H_0 .

4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

En base a lo afirmado: El resultado del análisis físico químico del suelo cultivado donde se han utilizado fertilizantes químicos y otro donde no se ha utilizado, son diferentes.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = El resultado del análisis físico químico del suelo con y sin aplicación de fertilizantes, no son diferentes.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = El resultado del análisis físico químico del suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son diferentes.

Aunque se observan diferencias puntuales (notablemente en el nitrógeno total y en menor medida en el potasio), la mayoría de parámetros no muestran cambios significativos. Además de acuerdo a la tabla 08, la alta correlación (Rho de Spearman = 0.991) sugiere que el comportamiento general de los parámetros es similar entre M1 y M2, esto no apoya suficientemente la hipótesis alternativa (H_1) de que los suelos sean “diferentes” en conjunto desde el punto de vista físico químico, por lo que se rechaza la H_1 y se **acepta la H_0** .

4.4.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

En base a lo afirmado: La variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son elevados.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = La variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes, no son elevados.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = La variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son elevados.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 07: No todas las variaciones son elevadas, solo el nitrógeno total muestra una diferencia muy significativa (100%), mientras que los demás parámetros varían muy poco o nada, como es el caso del pH, la

conductividad, el fósforo o la materia orgánica. Además de acuerdo a la tabla 08, la alta correlación (Rho de Spearman = 0.991) sugiere que, en términos globales, las diferencias entre las dos muestras no son drásticas ni elevadas en conjunto; por lo que se rechaza la H_1 y se **acepta la H_0** .

4.3.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

En base a lo afirmado: La relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes, es significativa.

Planteamos la Hipótesis Nula:

H_0 = La relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes, no es significativa.

La Hipótesis Alternativa:

H_1 = La relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes, es significativa.

Tabla 08: Matriz de correlaciones de las muestras.

		M1 (Suelo con fertilizante químicos)	M2(Suelo sin fertilizante químicos)
Rho de Spearman	(Suelo con fertilizante químicos)	1,000	,991**
	Sig. (bilateral)	.	,000
	N	11	11
	M2(Suelo sin fertilizante químicos)	,991**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	.
	N	11	11

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La matriz de correlación mostrada en la Tabla 08 refleja la relación entre los valores de los distintos parámetros analizados en las muestras M1 y M2 mediante el coeficiente de correlación Rho de Spearman, que es una medida no paramétrica adecuada para evaluar la asociación entre variables cuando no necesariamente se distribuyen de forma normal o

no presentan una relación lineal estricta. El resultado más destacable es el alto valor de correlación ($\rho = 0.991$) entre las dos muestras, con una significación estadística bilateral de 0.000, es decir, con un nivel de confianza del 99%, lo que indica que la correlación es altamente significativa, por lo que se **acepta la H_1** y se rechaza la H_0 .

CONCLUSIONES

PRIMERA: El efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, **no es significativo**, pues si bien se observaron variaciones leves en algunos parámetros, como el aumento del nitrógeno total (100%) y del potasio (9%), estos no representan alteraciones negativas en la estructura ni calidad del suelo, ya que el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica y la textura se mantuvieron estables. Por tanto, no se confirma un efecto claro de degradación del suelo debido al uso de fertilizantes químicos.

SEGUNDA: El análisis físico químico del suelo cultivado donde se han utilizado fertilizantes químicos (M1) y otro donde no se ha utilizado (M2), fueron los siguientes: pH: M1 = 6.64 y M2 = 6.62, conductividad eléctrica: M1 = 0.40 mS/cm y M2 = 0.40 mS/cm, fósforo (P): M1 = 12.02 ppm y M2 = 11.95 ppm, potasio (K): M1 = 120 ppm y M2 = 110 ppm, nitrógeno total: M1 = 0.10% y M2 = 0.05%, materia orgánica: M1 = 2.00% y M2 = 1.90%, textura: ambos son franco arenosos, no se observan signos evidentes de degradación.

TERCERA: La variación de los componentes físico químicos entre un suelo donde se ha utilizado fertilizantes químicos y otro donde no se ha utilizado, ha sido la siguiente: Nitrógeno total mostró la mayor variación con un incremento del 100% en M1, potasio (K) aumentó en un 9%, y el fósforo (P) en un 1%, en la textura del suelo la arena aumentó en 12%, mientras que arcilla y limo disminuyeron en 50% y 25%, respectivamente, la materia orgánica también disminuyó levemente en un 5%, otros parámetros como el pH, conductividad eléctrica, carbonatos, aluminio cambiante y clase textural, no mostraron variación alguna.

CUARTA: La relación entre el suelo cultivado donde se ha utilizado fertilizantes químicos y otro donde no se ha utilizado, se ha medido mediante el coeficiente de correlación de Spearman obtenido ($\rho = 0.991$, $p < 0.01$) indica una relación positiva muy fuerte y significativa entre los parámetros de ambas muestras de suelo, ésta alta correlación refuerza la conclusión de que no existe una alteración importante en la composición del suelo atribuible al uso de fertilizantes en el contexto analizado.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: A la Municipalidad Distrital de Acora implementar programas de capacitación y asistencia técnica sobre manejo sostenible del suelo, promoviendo el uso de abonos orgánicos, la rotación de cultivos y el control técnico de fertilización, con el fin de prevenir la degradación del suelo agrícola en Villa Socca.

SEGUNDA: A los ingenieros agrónomos y técnicos agrícolas del sector realizar monitoreos periódicos de los suelos agrícolas, ajustando las dosis de fertilizantes en función de los análisis técnicos, para evitar desequilibrios nutricionales que afecten la calidad del suelo a mediano plazo.

TERCERA: A los agricultores del centro poblado de Villa Socca recibir orientación sobre el uso racional de fertilizantes químicos, y combinar su uso con insumos orgánicos (como compost o estiércol), para mantener el equilibrio de nutrientes y conservar la fertilidad de sus suelos.

CUARTA. Se recomienda a los investigadores y docentes de las instituciones educativas superiores continuar con estudios comparativos entre suelos fertilizados y no fertilizados, aprovechando la correlación existente para desarrollar estrategias de fertilización más sostenibles y adaptadas a las condiciones locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aduviri Anchapuri, M. A. (2024). Uso de fertilizantes artificiales y su impacto ambiental en la degradación de suelos agrícolas en la comunidad Villa Soca, distrito Acora—2023. Universidad Privada San Carlos. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/849>
- Altieri, M. Á., & Nicholls, C. I. (2012). Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7(2), Article 2. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182861>
- Alvaro Huayhuacuri, R., & Cárdenas Alarcón, M. G. (2020). Uso de agroquímicos en la producción de papa y su impacto en el suelo, en el Perú: Revisión Sistemática [Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61365>
- Andrade, K., Coaquira, I. C., & Bernedo, L. R. (2018). 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/>
- Apaza-Ticono, J., Alanoca-Arocutipa, V., Inquilla-Mamani, J., & Flores-Mamani, E. (2023). Uso de abonos naturales y biocidas en la agricultura campesina aymara de Puno (Perú). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 43(2), 291-308. <https://doi.org/10.5209/aguc.90576>
- Asencios Mateo, E. M. (2023). Problema de los fertilizantes sintéticos en la agricultura y el beneficio de fertilizantes orgánicos en el departamento de Áncash distrito de Mirgas enero – 2023 [Universidad María Auxiliadora]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UMAI_21178f676372cd2a39b8e0d0111614f8/Description#tabnav
- Asensio, R., Eguren, F., & Ruiz, M. (2018, julio 17). Perú: El Problema Agrario en Debate – SEPIA XIV – Piura - SEPIA. SEPIA - Seminario Permanente de Investigación Agraria. <https://sepia.org.pe/publicaciones/peru-el-problema-agrario-en-debate-sepia-xiv-pi>

ura-2011/

- Calva, C., & Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110-120. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.505>
- González-Rodríguez, G., Preciado-Rangel, P., Lizárraga-Bernal, C. G., & Espinosa-Palomeque, B. (2023). Análisis bibliométrico de la literatura científica sobre el abono orgánico Bokashi: Alternativa en la agricultura sostenible: Abono orgánico Bokashi: en la agricultura sostenible. *Biotecnia*, 25(2), 181-193. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i2.1848>
- Gras, R., & Mantuano, N. N. (2024). Uso de fertilizantes químicos y su efecto en la degradación de suelo agrícola en la finca Alejandro Ponce, Parroquia La América. [bachelorThesis, Jipijapa - Unesum]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6188>
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1527-1536. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00174-8)
- 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), Article 1. <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.376>
- Rojas, K., & Ortuño, N. (2007). Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova*, 3(4), 697-719. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1683-07892007000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Saucedo Aguiar, S. G., Arguello Nuñez, L. B., Vilema-Escudero, S. F., & Ruiz Martínez, M. (2024). Uso de Fertilizantes Químicos en el Fomento Productivo Agrícola de

Ecuador. Killkana Técnica, 8(1), 27-38.

<https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v8i1.1531>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia de la investigación

EFFECTOS EN LA DEGRADACIÓN DEL SUELO AGRÍCOLA POR APLICACIÓN INTENSIVA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS EN EL CENTRO POBLADO DE VILLA SOCCA DEL DISTRITO DE ACORA - PUNO, 2025.

PROBLEMA	OBJETIVOS		HIPÓTESIS		VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
¿Cuál es el efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025?	Evaluar el efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025.	Existente efecto en la degradación del suelo agrícola debido a la utilización de fertilizantes químicos en el centro poblado de Villa Socca del distrito de Acora, 2025.	VARIABLE INDEPENDIENTE: Utilización de fertilizantes químicos.		Nitrógeno (mg/dl) Fósforo (mg/dl) Potasio (mg/dl) Textura (Arena, limo y arcilla) Densidad (Porosidad) Humedad (Contenido de H ₂ O) Conductividad eléctrica (CE Salinidad) Potencial de hidrógeno (pH) Materia orgánica (M.O.) Variación	Herramientas de excavación. Instrumentos de laboratorio contratado para análisis.	Estadística Descriptiva. Estadístico de Correlación de Pearson	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS						
¿Cuál es el resultado del análisis físico químico de suelos con y sin aplicación de fertilizantes?	Realizar el análisis físico químico del suelo con y sin aplicación de fertilizantes.	El resultado del análisis físico químico del suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son diferentes.						
¿Cuál es la variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes?	Calcular la variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes.	La variación de los componentes físico químicos entre un suelo con y sin aplicación de fertilizantes, son elevados.	VARIABLE DEPENDIENTE: Efecto en la degradación de suelos agrícolas.					
¿Cuál es la relación entre el suelo cultivado con y sin aplicación de fertilizantes?	Determinar la relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes.	La relación entre el suelo con y sin aplicación de fertilizantes, es significativa.						

Anexo 02: Análisis de laboratorio.



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741.

INFORME DE ENSAYO 0042/MQA

ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS.

PROCEDENCIA : CENTRO POBLADO VILLA SOCCA – ACORA – PUNO.
SOLICITANTE : DARWIN TINTAYA COPACATI.
MOTIVO : ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE FERTILIDAD DE SUELOS.
MUESTREO : 19/03/2025 (por el interesado).
ANÁLISIS : 20/03/2025.
LABORATORIO : AGUA Y SUELO MQA LABS.

MUESTRA NO CULTIVADO.

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ²⁻ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	M-01	60	15	25	Franco Arenoso	0.00	2.00	0.10

# ORD	CLAVE DE CAMPO	pH	C.E. mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES
				P ppm	K ppm	Al ³⁺
01	M-01	6.64	0.40	12.02	120	0.00

MUESTRA CULTIVADO.

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ²⁻ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
02	M-02	68	10	20	Franco Arenoso	0.00	1.90	0.05

# ORD	CLAVE DE CAMPO	pH	C.E. mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES
				P ppm	K ppm	Al ³⁺
02	M-02	6.62	0.30	11.95	110	0.00

FArA = Franco arcillo arenoso
Ar = Arcilloso
FA = Franco arenoso
CIC= Capacidad Intercambio Cationico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiabile
A= Arena
Ca²⁺= Calcio cambiabile
Na⁺= Sodio cambiabile
CO₃²⁻ = Carbonatos
me = miliequivalente.

FAr = Franco arcilloso
M.O.=Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
mS/cm = milisiemens por centímetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiabile
NC= no corresponde



Benito Fernández Calloapaza
RUC: 20612800741
GERENTE

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pégola - Puno
Cel. 973296546 – 993449078 – 983003185

Anexo 03: Galería fotográfica.



Fotografía 01. Vista panorámica del centro poblado Villa Socca.



Fotografía 02. Selección del terreno para la toma de la muestra 01: Suelo no cultivado con fertilizante químico.



Fotografía 03. Extrayendo la muestra 01.



Fotografía 04. Etiquetando la muestra 01, en las bolsas Ziploc.



Fotografía 05. Seleccionando el terreno para muestra 02: suelo donde se ha utilizado fertilizantes químicos.



Fotografía 06. Extrayendo la muestra 02.



Fotografía 07. Etiquetando la muestra 02, en las bolsas Ziploc.



Fotografía 08. Preparando las muestras para el transporte al laboratorio.