

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



TESIS

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS COMO INDICADORES
DE FERTILIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ISLA TITINO -
PUNO 2023**

PRESENTADA POR:

JAVIER CHAMBI CASTRO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PUNO – PERÚ

2024



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/)



16.42%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 26 DEC 2023, 12:30 PM

Similarity report

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

● IDENTICAL
2.84%

● CHANGED TEXT
13.57%

Report #19220787

1 2 UNIVERSIDADPRIVADA SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERÍAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL TESIS EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS COMO INDICADORES DE FERTILIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ISLA TITINO - LAGO TITICACA - PUNO PRESENTADA POR: JAVIER CHAMBI CASTRO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL PUNO – PERÚ 2023 UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS FACULTAD DE INGENIERÍAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL TESIS EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS COMO INDICADORES DE FERTILIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ISLA TITINO - PUNO 2023 PRESENTADO POR: JAVIER CHAMBI CASTRO PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO AMBIENTAL APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO PRESIDENTE : _____ Dr.

9 JORGEABAD CALISAYA CHUQUIMIA PRIMER MIEMBRO : _____
 _____ Dr. RONNYALEXANDER GUTIERREZ
 CASTILLO SEGUNDO MIEMBRO : _____ MSc. 9
 KATIAELIZABETH ANDRADE LINAREZ ASESOR DE TESIS : _____
 _____ Mg. JULIOWILFREDO CANO OJEDA Área:

Ingeniería, Tecnología Sub Área: Ingeniería Ambiental Disciplina:
 Ingeniería Ambiental Especialidad: Ciencias ambientales Puno,13
 noviembre del 2023 DEDICATORIA A Dios Por darme la vida y
 estar siempre conmigo, guiando mi camino y por permitirme

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS COMO INDICADORES
DE FERTILIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ISLA TITINO -
PUNO 2023

PRESENTADA POR:
JAVIER CHAMBI CASTRO
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO

PRESIDENTE

: 

Dr. JORGE ABAD CALISAYA CHUQUIMIA

PRIMER MIEMBRO

: 

Dr. RONNY ALEXANDER GUTIERREZ CASTILLO

SEGUNDO MIEMBRO

: 

M.Sc. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESIS

: 

Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias ambientales

Puno, 03 enero del 2024

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiando mi camino y por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis Padres

A quienes les debo todo lo que soy. A mi madre Gregoria Castro Flores en el cielo, te dedico esta tesis con amor y gratitud, aunque ya no estas físicamente conmigo tu espíritu y tus enseñanzas me han guiado y me han fortalecido a lo largo de este camino. Esta tesis es un tributo a tu amor y mantener viva tu memoria en mi corazón. A mi Padre Luciano, por su apoyo moral y entusiasmo que me brindó a lo largo de todo este camino.

A mi esposa Corina

Mi compañera de vida y pilar fundamental a través de tus consejos, tu amor, tu paciencia y tu apoyo incondicional, es lo que me ha motivado a luchar y seguir adelante cada día.

A mis hijas

Micaela Luciana y Damarys Fernanda quienes son mi mayor tesoro y la motivación más grande para seguir adelante y de realizar muchas otras cosas más y siempre con la bendición de Dios.

A mis hermanos

Tengo la suerte de tener hermanos maravillosos que siempre están a mi lado en los momentos más difíciles y han celebrado conmigo los momentos de alegría
¡No puedo imaginar mi vida sin ellos!

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional.
- A la Facultad de Ingeniería; Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental; a todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, me motivaron a desarrollarme como persona y profesional.
- Al M.Sc. Julio Cano Ojeda, mi más profundo agradecimiento por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos; así como haber tenido toda la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.
- En el camino Dios nos pone a personas buenas que con el tiempo llegan a formar parte de tu vida, mi agradecimiento a mi amigo Cesar Efrain Huarachi Cruz, por los buenos consejos y brindarme el apoyo en cada momento estaré siempre muy agradecido.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------|------|
| DEDICATORIA | 1 |
| AGRADECIMIENTOS | 3 |
| ÍNDICE GENERAL | 4 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 8 |
| INDICE DE ANEXOS | 9 |
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |

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 | 14 |
| 1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL | 14 |
| 1.2.2. A NIVEL NACIONAL | 15 |
| 1.2.3. A NIVEL LOCAL | 17 |
| 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 19 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 19 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

4

| | |
|---|-----------|
| 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL. | 20 |
| 2.1.1. EL SUELO O LITÓSFERA | 20 |
| 2.1.2. FORMACIÓN | 20 |
| 2.1.3. LAS PROPIEDADES DEL SUELO | 21 |
| 2.1.4. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN DEL SUELO | 21 |
| 2.1.5. PLAN DE MUESTREO | 22 |
| 2.1.6. MUESTREO DE IDENTIFICACIÓN (MI) | 22 |
| 2.1.7. OBJETIVO DE MUESTREO | 22 |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL | 22 |
| 2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS | 22 |
| 2.2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS | 23 |
| 2.2.3. Metales pesados | 24 |
| 2.2.4. PROPIEDADES BIOLÓGICAS | 25 |
| 2.2.5. CONTAMINACIÓN DEL SUELO | 27 |
| 2.3. MARCO NORMATIVO | 28 |
| 2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN | 29 |
| 2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL | 29 |
| 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS | 29 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|---|-----------|
| 3.1. ZONA DE ESTUDIO | 30 |
| 3.2. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA | 32 |
| 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS | 32 |
| 3.3.1. Método | 32 |
| 3.3.2. Técnicas | 33 |
| 3.3.3. Materiales y | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 35 |
| 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO | 35 |
| 3.5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 35 |
| 3.5.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 35 |
| 3.5.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 36 |
| CAPÍTULO IV | |
| EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
| 4.1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS | 37 |
| 4.1.1. COLOR | 37 |
| 4.1.2. pH | 38 |
| 4.1.3. TEXTURA | 40 |
| 4.1.4. HUMEDAD | 42 |
| 4.1.5. CIC | 44 |
| 4.1.6. NITRÓGENO | 45 |
| 4.1.7. FÓSFORO | 47 |
| 4.1.8. POTASIO | 49 |
| 4.1.9. MATERIA ORGÁNICA | 51 |
| 4.2. METALES TÓXICOS | 53 |
| 4.2.1. ARSÉNICO | 53 |
| 4.2.2. CADMIO | 54 |
| 4.2.3. PLOMO | 55 |
| CONCLUSIONES | 57 |
| RECOMENDACIONES | 58 |
| BIBLIOGRAFÍA | 59 |
| ANEXOS | 64 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 01: Identificación de los puntos de muestreo | 32 |
| Tabla 02: Materiales | 33 |
| Tabla 03: Equipos | 34 |
| Tabla 04: Operacionalización de Variables | 35 |
| Tabla 05: Color del suelo (Tabla Munsell) | 37 |
| Tabla 06: Resultados de pH | 38 |
| Tabla 07: Media de pH | 38 |
| Tabla 08: Resultados de análisis textural del suelo | 40 |
| Tabla 09: Media de Textura | 40 |
| Tabla 10: Resultados de Humedad | 42 |
| Tabla 11: Humedad de le los suelos | 42 |
| Tabla 12: Resultados de CIC | 44 |
| Tabla 13: Media de CIC | 44 |
| Tabla 14: Resultados de Nitrógeno | 45 |
| Tabla 15: Media de Nitrógeno | 46 |
| Tabla 16: Resultados de Fósforo | 47 |
| Tabla 17: Contenido de Fósforo de los suelos. | 47 |
| Tabla 18: Resultados de Potasio | 49 |
| Tabla 19: Media de Potasio | 49 |
| Tabla 20: Resultados de Materia Orgánica | 51 |
| Tabla 21: Media de Materia Orgánica | 51 |
| Tabla 22: Media de Arsénico | 53 |
| Tabla 23: Media de Cadmio | 54 |
| Tabla 24: Media de Plomo | 55 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 01: Triángulo textural | 23 |
| Figura 02: Ubicación Satelital de la Isla Titino | 31 |
| Figura 03: Resultados de laboratorio de pH | 39 |
| Figura 04: Textura. de los suelos | 41 |
| Figura 05: Resultados de Laboratorio de Humedad | 43 |
| Figura 06: Capacidad de intercambio de cationes CIC de los suelos. | 45 |
| Figura 07: Resultados de laboratorio Nitrógeno | 46 |
| Figura 08: Resultados de Fósforo en suelos | 48 |
| Figura 09: Resultado de laboratorio Potasio | 50 |
| Figura 10: Contenido de Materia Orgánica de los suelos | 52 |
| Figura 11: Resultado de laboratorio de Arsénico | 53 |
| Figura 12: Contenido de Cadmio en suelos. | 54 |
| Figura 13: Contenido de Plomo en suelos. | 55 |

INDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Anexo 01: Matriz de Consistencia: | 65 |
| Anexo 02: Compromiso Ético | 66 |
| Anexo 03: ECA del suelo | 67 |
| Anexo 04: Resultados de Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos | 68 |
| Anexo 05: Resultados De Laboratorio De Análisis Fisicoquímicos agosto | 69 |
| Anexo 06: Toma de Muestras | 70 |
| Anexo 07: Elaborando la Ficha De Registro | 70 |
| Anexo 08: Rotulando la Muestra | 71 |
| Anexo 09: Caja hermética | 71 |
| Anexo 10: Observando la Muestra | 72 |
| Anexo 11: Etiquetado de la Muestra. | 72 |
| Anexo 12: Traslado de Muestras al Laboratorio. | 73 |
| Anexo 13: Georreferenciación con Gps Garmin 64 | 73 |
| Anexo 14: Extracción de la Muestra. | 74 |
| Anexo 15: Vista de la Isla Titino | 74 |

RESUMEN

El suelo de la Isla Titino - Lago Titicaca, presenta indicadores de baja fertilidad por su baja productividad y probable contaminación por la mala disposición de residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales al suelo, provocando su degradación. se planteó como objetivo, evaluar los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino durante los meses de julio y agosto del 2023; para ello se tomaron 12 muestras 06 por cada fecha de muestreo de suelos considerando el protocolo de muestreo para suelos, luego se enviaron debidamente identificadas con la correspondiente cadena de custodia para el análisis de los parámetros fisicoquímicos para determinar su fertilidad y nivel de contaminación por elementos traza en el laboratorio de Agua y Suelos de la facultad de Ciencias Agrarias de la UNA - Puno. se procedió con la sistematización de los datos, presentación e interpretación correspondiente; se obtuvieron los siguientes resultados: Color, marrón rojizo, Textura; franco arcilloso, pH: 8.38, Humedad: 75.41%, CIC: 16.92 meq/100, Nitrógeno: 3.64%, Fósforo: 32.13 ppm, Potasio: 51.75 ppm, Materia Orgánica: 3.16 %, Arsénico: 32.98 mg/kg, Cadmio: 0.28 mg/kg, Plomo: 21.14 mg/kg. concluyendo que; el suelo de la Isla Titino es moderadamente fértil, cumpliendo con la norma para suelo agrícola, a excepción de la Humedad, de acuerdo a la concentración de metales pesados estos no exceden los ECA para suelos según D.S 011-2017-MINAM.

Palabras clave: Contaminación, fertilidad, parámetros fisicoquímicos, suelo agrícola

ABSTRACT

The soil of Titino Island - Lake Titicaca, presents indicators of low fertility due to its low productivity and probable contamination due to the poor disposal of solid waste and discharge of wastewater into the soil, causing its degradation. The objective was to evaluate physicochemical parameters as indicators of soil fertility and contamination on Titino Island during the months of July and August 2023; To this end, 12 samples were taken, 06 for each Soil sampling date considering the sampling protocol for soils, then they were sent duly identified with the corresponding chain of custody for the analysis of the physicochemical parameters to determine their fertility and level of contamination by trace elements in the Water and Soils laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the UNA - Puno. the data were systematized, presented and interpreted; The following results were obtained: Color, reddish brown, Texture; clay loam, pH: 8.38, Humidity: 75.41%, CEC: 16.92 meq/100, Nitrogen: 3.64%, Phosphorus: 32.13 ppm, Potassium: 51.75 ppm, Organic Matter: 3.16%, Arsenic: 32.98 mg/kg, Cadmium: 0.28 mg/kg, Lead: 21.14 mg/kg. concluding that; the soil of Titino Island is moderately fertile, complying with the standard for agricultural soil, with the exception of Humidity, according to the concentration of heavy metals, these do not exceed the ECAs for soils according to D.S 011-2017-MINAM.

Keywords: Pollution, fertility, physicochemical parameters, agricultural soil

INTRODUCCIÓN

El suelo es un ser vivo, por lo tanto los suelos agrícolas constituyen la base fundamental para el desarrollo sostenible de la agricultura, las funciones esenciales de los ecosistemas y la seguridad alimentaria del ser humano, el suelo es de mucha importancia e indispensable para la subsistencia de la vida en la Tierra.

El Perú es un país con muchos recursos naturales, por actividades que contaminan aire agua y suelo, están disminuyendo los suelos fértiles. El Lago Titicaca en su diversidad tiene distintas islas una de ellas es la Isla Titino, ubicada al noreste de la ciudad de Puno, aproximadamente a dos horas del puerto muelle en la actualidad existe un alto índice de pobreza, uno de los problemas es que no existen áreas cultivadas, podría deberse a una falta de información adecuada sobre los niveles de fertilidad dentro de sus parámetros físicos, evaluar los parámetros químicos que podrían estar siendo alteradas por las excesivos contaminantes por residuos sólidos y el inadecuado manejo de aguas servidas. Finalmente el análisis y 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 D.S. N° 002-2013-MINAM. en la presente investigación se toma a consideración el siguiente contenido:

- En el capítulo I: Detallo el planteamiento del problema, antecedentes y objetivos de la investigación.
- En el capítulo II: Se detalla el marco teórico y conceptual de las dos variables del presente trabajo.
- En el capítulo III: Detallo lo que es la metodología de la investigación.
- En el capítulo IV: Análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La población mundial crece constantemente y todos quieren comer, tener un techo, utilizar las carreteras y nuevas infraestructuras. cada año las tierras fértiles disminuyen. A causa de inundaciones, extracción de recursos o sobreexplotación en la agricultura, por lo tanto se reduce la producción de alimentos y el PBI. (ONU, 2019).

Los suelos agrícolas constituyen la base fundamental para el desarrollo sostenible de la agricultura, las funciones esenciales de los ecosistemas y la seguridad alimentaria del ser humano, por lo tanto el suelo es indispensable para la subsistencia de la vida en la Tierra. La agricultura hoy en día intenta alcanzar su máxima productividad empleando inadecuadas técnicas del uso del suelo como: riegos en condiciones inadecuadas, malas técnicas de labranza, la dependencia de fertilizantes y pesticidas, químicos para poder mantener y mejorar el crecimiento y la producción de cultivos, que conlleva a una explotación indiscriminada de los recursos naturales (FAO, 2015).

El Perú teníamos alta producción de productos orgánicos, como también somos considerados como exportadores de principales productos, cada año se utiliza gran cantidad de pesticidas, herbicidas y productos químicos para la agricultura, trayendo consecuencias como; la pérdida de fertilidad de suelos, pérdida de los macro y

micronutrientes. El afán de productor, es tener mayor producción, sin preservar los suelos,

En la Isla Titino del Lago Titicaca - Puno en la actualidad existe un índice de pobreza del 61.2% según ENAHO 2022, dentro de su espacio territorial no se visualiza áreas cultivadas, por ende no hay producción de alimentos. Los pobladores de la isla Titino no cuentan con una adecuada información de los niveles de fertilidad del suelo, debido a la escasez de información y desconocimiento del uso del suelo, también existen diversos factores que influyen en la degradación fisicoquímica de los suelos reduciendo las áreas de cultivo, la excesiva acumulación de residuos sólidos, aguas residuales contaminando los suelos.

1.1.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el estado de los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino - Puno 2023?

1.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el estado de los parámetros físicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo para uso agrícola en la Isla Titino - Puno?
- ¿Cuál es el estado de los parámetros químicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo para el uso agrícola de la Isla Titino - Puno?
- ¿Cómo son los niveles de los parámetros físico-químicos comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos agrícolas de la Isla Titino - Puno?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Vistoso & Martínez (2022). En su artículo Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria, consideran que Cada suelo es único y está compuesto por diferentes elementos y componentes, como minerales, materia orgánica,

microorganismos, agua y aire. Estos componentes generan propiedades únicas que inciden en el crecimiento de las plantas, los requisitos de fertilizantes, la respuesta de los suelos al manejo, la capacidad de uso del suelo, la pérdida de nutrientes y la lixiviación y erosión del suelo.

Garrido & Licon (2017). En su investigación Caracterización fisicoquímica de los suelos agrícolas del distrito de riego del municipio de Repelón, Atlántico. Concluyen que la caracterización de los parámetros fisicoquímicos de los suelos agrícolas del Distrito de Riego de Repelón (textura, humedad, color, salinidad, pH, MO, N, CIC y P), se pudo evidenciar que la ausencia de actividad agrícola no afecta las propiedades fisicoquímicas del suelo, aumentando así el potencial del suelo en términos de fertilidad, de igual manera, los suelos ocupados con cultivos presentan buena calidad, esto es posible por el bajo grado de afectación de las prácticas agrícolas del sector hasta el momento no presentan un grado de afectación considerable al suelo.

Rayo et al, (2017). En su investigación “Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad”, los resultados Fueron: pH, MO, fósforo extraíble (Pex), base de intercambio (Ca, Mg y K), capacidad de intercambio catiónico efectiva (ECEC); excepto el biocarbón en biomasa microbiana (CBM). Estas características se utilizan para determinar los indicadores de calidad, sus valores y clases de calidad del suelo en las áreas agrícolas y degradadas de las cinco regiones del MAO (Tonaltepec, Gavilera). Los valores de los indicadores obtenidos y los grados de calidad indican el estado de fertilidad del suelo MAO. Su uso permite recomendar medidas correctoras para mejorar la fertilidad actual del suelo y prevenir su degradación.

1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Según Chaparro & Najera (2022). En su investigación Caracterización de las propiedades físicas, químicas y rango de NPK. Región Pasco. Encontraron que dos categorías texturales, arcilla y limo, representaban el 70% y el 30%, respectivamente. El análisis

químico mostró: el suelo reaccionó de ligeramente ácido a neutro (pH). El contenido de materia orgánica es medio a alto, del 95% al 5%. Contenido de nitrógeno total: bajo, medio y alto, con proporciones del 60%, 35% y 5% respectivamente; el fósforo disponible se divide en cuatro grupos: muy bajo, bajo, medio y alto; El potasio disponible se divide en conductividad baja, media y alta, clasificado como sin sal, carbonato de calcio (CaCO_3), condiciones normales, capacidad de intercambio catiónico alta y media, rango NPK, bajo 93-107 kg/ha, medio 124-155 kg/ha. ha, alto 193 kg/ha, contenido de fósforo disponible Al 60, 35 y 5%: muy bajo 1-9 kg/ha, bajo 18-23 kg/ha, medio 55-64 kg/ha, alto 78-78 kg/ ha 115 kg/ha. Contenido de potasio, bajo 238 kg/ha, mediano 456-492 kg/ha, alto 715-1003 kg/ha.

Pinedo (2020), en su investigación "Determinación de la fertilidad de los suelos agrícolas en los centros poblados de Nuevo Celendín y Tarapotillo, 2019" concluye en la identificación de la incidencia de los parámetros químicos dentro de la fertilidad de los suelos agrícolas es significativa, pues estos valores permitieron conocer las características químicas que los suelos presentan tanto en el centro poblado de Nuevo Celendín.

Gomez (2019). En su investigación "Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la comunidad campesina tres de octubre – zanja, distrito de yungar – carhuaz – ancash, 2018.", concluye que en el diagnóstico de la fertilidad de suelos tenemos como resultado que el nivel de fertilidad es alto, pero según el análisis de caracterización muestra que la materia orgánica se encuentra entre el nivel bajo a medio y el potasio se encuentran en un nivel bajo, pero las 06 variables edafológicas restantes como son el pH, CIC, saturación de bases y saturación de ácido, bases totales y potasio disponible muestran la condición óptima y como consecuencia hacen referencia a que el suelo se encuentra en un nivel de fertilidad alta, absorbiendo los valores representativos de la materia orgánica y el potasio disponible, la textura de los suelos estudiados fue variada predominando los

suelos franco arenoso con un 65% del total y franco arcillo arenosos con 30% y en menor cantidad el suelo franco con 5%, sabiendo que el suelo de tipo franco es un suelo ideal para la producción de los cultivos lo cual favorece a que el nivel de fertilidad sea alto.

Huamaní (2018). En su investigación “determinación del efecto de las aguas servidas sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de regadío de las salinas bajo – Chancay – Lima” concluye que; los suelos son salinos, moderadamente a fuertemente básicos, bajos de materia orgánica, alto en P y medio en K, respectivamente, se debe tomar en cuenta ya que algunos de ellos son bioacumuladores con el tiempo. La presencia de coliformes totales, coliformes fecales y Escherichia Coli fueron encontrados en niveles medios.

1.2.3. A NIVEL LOCAL

Según Durand et al. (2023). En su investigación estudió parámetros físicos y químicos del suelo del botadero Cancharani Puno. Los resultados fueron: temperatura 16,1°C, pH promedio 7, las propiedades del suelo se pueden decir que son neutras; la conductividad promedio registrada es 278 uS/cm y los valores promedio de los parámetros son magnesio (Mg) 1,2 ppm, nitrógeno (N) 84,4 ppm y fósforo (P) 71,6 ppm, potasio (K) 32,4 ppm y sustancias orgánicas. Contenido material en promedio 0,52%

Según Ojeda (2021). En su investigación Metales pesados y fertilidad de los suelos de la irrigación Canal N, Puno, Perú , Los resultados fueron: mercurio de 259 y 249 mg/kg superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de 6,6 mg/kg D.S. N° 011-2017-MINAM, Los análisis de características se clasificaron de la siguiente manera: arcilla y composición arcillosa, materia orgánica, nitrógeno total y bajo contenido de carbonatos, pH moderadamente alcalino en suelos irrigados y pastos naturales, suelo seco de avena ligeramente ácido, conductividad sensorial. Medios del método Olson para suelos de cultivos perennes irrigados con fósforo, alto contenido de potasio, alto contenido de calcio, magnesio moderado, sodio normal, alta capacidad de intercambio

catiónico y medios de cultivo anuales de regadío y de secano. Conclusión: mercurio supera los valores de ECA en suelos de fertilidad moderada, esto es un peligro ambiental y para la salud, los productores consideran que la minería contamina los recursos hídricos y del suelo.

Según Ticona (2018). En su investigación de la recuperación de suelos de las riberas de la laguna choquene generados por la contaminación de pasivos ambientales mineros en el proyecto minero Sillustani - Minsur S.A. Los resultados fueron: que las concentraciones de metales pesados; Arsénico fue 326 ppm, Bario 640 ppm, Cadmio 1.91 ppm, Cromo 38 ppm, Mercurio 2.98 ppm y Plomo 851 ppm; siendo Arsénico y Cromo la que se encuentra por encima, mientras que Bario, Cadmio, Mercurio y Plomo se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental para suelos.

Según Mamani & Atencio (2019). En su investigación Valoración del grado de contaminación por actividades socioeconómicas en la bahía interior del Lago Titicaca - Puno, sector Chulluni, los resultados fueron, Arsénico 22.29 mg/kg, Plomo 20.14 mg/kg, Mercurio 0.08 mg/kg, Cadmio 0.53 mg/kg y Zinc de 95.240 mg/kg, concluye que los resultados no superan lo establecido en los ECA, por lo tanto el suelo en estudio no está contaminado por metales pesados.

Según Flores (2017). En su investigación "Contaminación de suelos agrícolas por actividades socioeconómicas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno". Los resultados fueron que según la guía de calidad ambiental de suelos canadiense el nivel de contaminación en los suelos agrícolas en estudio es alto asignándole un valor de 40, por la presencia de metales pesados como el arsénico, boro, titanio, sodio; y de acuerdo a los estándares de calidad ambiental de suelos agrícolas del Perú es de nivel bajo con un valor de 70, además comparándolo con el nivel de fondo no

se tiene mucha significancia concerniente a la concentración de los metales pero sí es significativo para los residuos sólidos y aguas residuales.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino - Puno 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros físicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino - Puno 2023.
- Analizar los parámetros químicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino - Puno 2023.
- Comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos con los estándares de calidad ambiental (ECA) DS:011-2017-MINAM en la Isla Titino - Lago Titicaca – Puno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

2.1.1. EL SUELO O LITÓSFERA

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, donde existen una amplia variedad de plantas. De él extraen el agua y las sustancias nutritivas que les permiten desarrollarse, también en el suelo las raíces encuentran el aire que necesitan para vivir (DGRN, 2019).

El suelo es vivo, complejo y dinámico que puede considerarse la capa viva de la tierra. Contiene elementos minerales y orgánicos, de aire y agua. En general, los elementos minerales están formados por arena, limo y arcilla, los cuales están compuestos por diversos componentes químicos, mientras que los componentes orgánicos provienen de organismos vivos, entre ellos plantas, bacterias, hongos, animales y sus restos. (Russell, 2019).

2.1.2. FORMACIÓN

Los suelos se desarrollan como resultado de las interacciones del clima, los organismos vivos y la posición del paisaje, ya que influyen en la descomposición del material parental con el tiempo. Las diferencias en el clima, el material parental, la posición del paisaje y los organismos vivos de un lugar a otro, así como la cantidad de tiempo que el material ha estado en su lugar, influyen en el proceso de formación del suelo (Marcano, 2020).

“Las rocas son importantes para la formación de los suelos, en un largo proceso llamado edafogénesis” (Nuñez, 2019).

El suelo es un cuerpo natural y dinámico que cambia con el tiempo y el espacio. Las actividades agrícolas, que son fuente de alimento para los humanos, dependen de la vegetación, que sustenta una variedad de seres vivos como las plantas a nivel mundial (Bautista & Estrada, 1998).

2.1.3. LAS PROPIEDADES DEL SUELO

Las proporciones de los componentes del suelo generan propiedades que le dan identidad. Al existir diferentes tipos de suelos, Existen diferentes tipos con cualidades diferentes para cada tipo de cultivo y uso, estos suelos son importantes estudiarlos, las propiedades son físicas, químicas y biológicas (Acosta, 2006).

2.1.4. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN DEL SUELO

El uso indiscriminado del suelo, tiene como consecuencia la alteración de sus propiedades, como consecuencia pierde su capacidad y su función, lo que se llama la degradación. La erosión es el proceso de degradación más grave y se define como la pérdida de las capas más fértiles del suelo, la gran parte de sus condiciones para producir puede ser provocada por el agua o el viento, otros tipos de degradación son: la deforestación, salinización, degradación física, biológica, pérdidas por lixiviación y asentamientos humanos, ante esta problemática, es importante mantener un desarrollo sustentable y conservación de los suelos por todos los beneficios que nos brinda (Montoya, 2021).

La Conservación de Suelos y Agua (CSA) ha evolucionado paulatinamente para dar respuesta a los graves problemas de degradación de tierras, y de sus componentes suelo y agua en particular, que ocurren en todos los continentes y en todas las latitudes (Rodríguez, 2018).

2.1.5. PLAN DE MUESTREO

Para los planes de muestreo de suelos, los objetivos deben definirse claramente para permitir el proceso óptimo de recopilación de la información necesaria para la descripción del sitio definiendo: Áreas donde se concentraron los esfuerzos de muestreo, propósito de la planificación. Se debe desarrollar el muestreo, el tipo de muestreo según los objetivos definidos, la determinación de la densidad y ubicación de los puntos de muestreo, los procedimientos in situ, los métodos de conservación de las muestras y los requisitos analíticos. (MINAM, 2014).

2.1.6. MUESTREO DE IDENTIFICACIÓN (MI)

El muestreo de identificación tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 002 - 2013 - MINAM (MINAM, 2014).

2.1.7. OBJETIVO DE MUESTREO

El objetivo de este muestreo es determinar la incidencia de los parámetros físico químicos regulados por el ECA suelo en sitios contaminados, los que se encuentran en el área de estudio, estos son generados por diferentes actividades manera natural o fueron generados por alguna fuente antropogénica ajena a la considerada. (MINAM, 2014).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. PROPIEDADES FÍSICAS

2.2.1.1. Textura

Es la proporción de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. Esta propiedad explica las diferencias en el comportamiento de cada suelo. Cuanto más pequeñas sean las partículas, la textura será de tipo arcilloso y cuanto más grandes, la textura será de tipo arenoso (Vistoso & Martínez, 2022).

Las condiciones físicas del suelo determinan la firmeza y soporte, la enraizabilidad, la aireación, el drenaje, la retención de agua y la capacidad de almacenamiento de nutrientes requeridas por quienes intervienen en el uso de la tierra. Conoce las propiedades físicas del suelo. (Rucks et al., 2004).

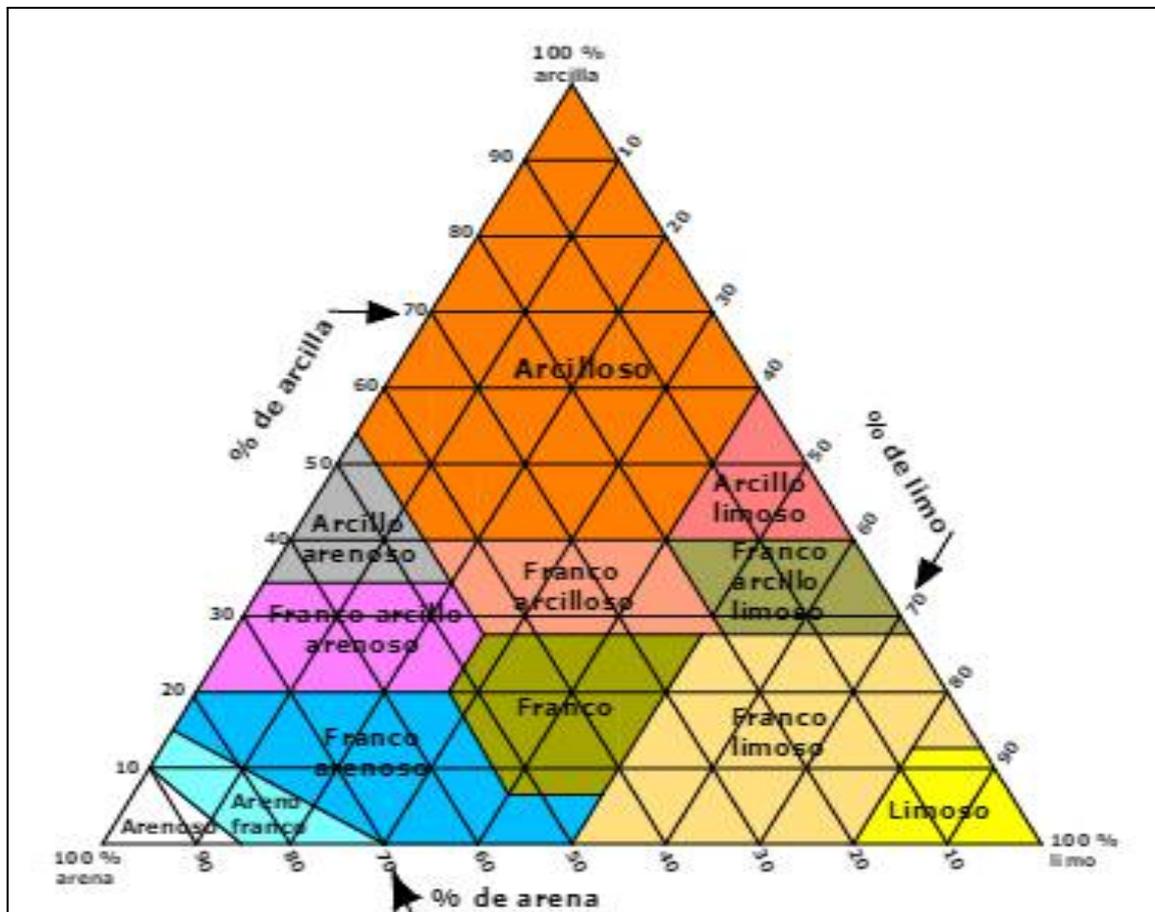


Figura 01: Triángulo textural

Fuente: USDA

2.2.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

2.2.2.1. Potencial hidrógeno (pH)

Se define a la cantidad de iones H^+ libres en la solución del suelo. Éste es el criterio más usado para determinar si un suelo es ácido o es alcalino. El pH se mide con una escala que va del 1 al 14 y donde el valor neutro es el 7, los valores menores de 7 son ácidos y los mayores son alcalinos en los suelos agrícolas se observan medidas entre 3 y 10. El pH óptimo para el crecimiento de las plantas está entre 6,0 y 7,5. Cada valor se calcula

como una relación logarítmica. Es decir, para pasar de un valor al siguiente, el número de iones debe aumentar en un factor de 10 respecto al valor anterior. Por ejemplo, a pH 6 hay 0,000001 gramos de hidrógeno por litro de agua, y a pH 7 hay 0,0000001 gramos de hidrógeno. Eso significa que contiene 10 veces más hidrógeno. (Acosta, 2006).

2.2.2.2. Capacidad de intercambio catiónico.

Se refiere a la capacidad que tiene un suelo de mantener una carga eléctrica. Cuantas más partículas pequeñas (0.002 mm) tenga un suelo, mayor capacidad de carga tiene. A mayor carga, mayor retención de partículas químicas para nutrir a las plantas (Acosta, 2006).

Las propiedades químicas del suelo pueden ser consideradas como posibles indicadores de su fertilidad, los suelos de la Altillanura poseen una baja fertilidad química debido principalmente a la alta acidez, con pH menores de 5,5, bajos contenidos de bases intercambiables y baja CIC; son propensos a la alta compactación de los suelos y a la erosión, que definen igualmente su degradación física (Delgado et al., 2018).

Según Delgado et al. (2018), En su estudio "Caracterización de la fertilidad química del suelo en sistemas de producción de Altiranula Plana en el Meta, Colombia", encontraron que los valores de pH de suelos principalmente ácidos en la región piedemonte de suelos con propiedades químicas medias a muy bajas, se concluye que . Los problemas pueden limitar la absorción de nutrientes.

2.2.3. Metales pesados

2.2.3.1. Plomo

El plomo es un elemento menor en el suelo, pero está ampliamente distribuido en sedimentos bajos y suelos no contaminados. El plomo es tóxico para los organismos acuáticos, pero el nivel de toxicidad varía mucho según la calidad del agua y las especies estudiadas. El análisis del ANA de los suelos mostró la presencia de plomo en exceso de las regulaciones de ECA - Suelo (ANA, 2018).

2.2.3.2. Cadmio

El cadmio es un metal pesado que reacciona con grupos biológicos. Larsson et al., (1981), señalan que el cadmio causa una variedad de daños a los peces óseos, incluyendo fracturas y deformidades de la columna vertebral, daños a los testículos, daños al desarrollo del huevo, consumo reducido de oxígeno y tejido branquial, cambios en los músculos patológicos de los riñones e intestinos, resultados hematológicos, deterioro del metabolismo de los carbohidratos.

2.2.4. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Se refieren al espacio donde viven una infinidad de macro y microorganismos vivos del suelo para determinar el potencial productivo del mismo, comprende de bacterias, hongos, actinomicetos, protozoos, algas y muchos invertebrados pequeños. El grupo más importante en número son las bacterias, ya que puede haber hasta 95 millones de individuos por gramo de suelo, otro grupo importante son los hongos, que cumplen funciones principalmente para la descomposición de la celulosa. Se ha cuantificado que existen entre 8 mil a 1 millón de individuos por gramo de suelo, sobre todo en aquellos con altos contenidos de materia orgánica en descomposición. El grupo más importante de los macroorganismos son las lombrices de tierra, de las que se pueden encontrar desde unas cuantas centenas, hasta más de 2 millones por hectárea, sobre todo en suelos húmedos y ricos en materia orgánica y calcio, las lombrices tienen la capacidad de pasar varias toneladas del suelo a través de su organismo, proceso en el cual degradan la materia orgánica y algunos minerales, dejando gran cantidad de nutrientes para la fertilidad del suelo y condiciones adecuadas para las plantas (Acosta, 2006).

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) mejoran la salud del suelo, lo cual se refleja en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya sea en sistemas agrícolas, hortícolas o forestales (Calderón et al., 2018).

2.2.4.1. Fertilidad de suelo

La fertilidad del suelo depende de: las condiciones ambientales (por ejemplo, propiedades del suelo y clima). Prácticas de manejo agronómico (por ejemplo, labranza, fertilización, mejoramiento, incorporación de residuos de cultivos, riego, etc.). Las prácticas de manejo agronómico determinan cómo se relacionan los sistemas suelo-planta y la producción en diferentes sistemas de producción agrícola. Por lo tanto, el manejo biológico del suelo y sus nutrientes es un aspecto importante de la producción agrícola basada en la agricultura orgánica, por lo que muchas tecnologías de agricultura orgánica utilizadas en la producción agrícola están diseñadas para la protección y el manejo del suelo. (Vistoso & Martínez, 2022).

Los suelos cumplen ciertas funciones exclusivas, como por ejemplo: poner disponibles los nutrientes, construir una estructura porosa estable facilitando la oxigenación, filtrar sustancias tóxicas, mantener las proporciones adecuadas en los niveles de fertilidad (Abecasis, 2017).

Los suelos saludables son capaces de sustentar la productividad biológica al mismo tiempo que contribuyen al equilibrio del medio ambiente, promueve la buena salud de las plantas, los animales y los seres humanos (Ecomandaga, 2018).

2.2.4.2. Fertilidad física

Está relacionada con las propiedades físicas del suelo (Densidad, textura, estructura, porosidad, retención de humedad, etc.) que influyen en el uso del recurso suelo, determinando el suministro de oxígeno, movimiento del agua, penetración de raíces y, el comportamiento químico y biológico del suelo, lo que permite la germinación de las semillas, desarrollo de la raíz y el anclaje y soporte de las plantas (Vistoso & Martínez, 2022).

Las propiedades físicas del suelo que determinan su fertilidad es su textura, estructura, color, composición mineralógica, densidad aparente y real en tanto que las propiedades

se refieren al comportamiento que exhibe el suelo, derivado de sus características (Noriega, 2011).

2.2.4.3. Fertilidad química

Esto corresponde a la capacidad del suelo para proporcionar nutrientes esenciales para el crecimiento, desarrollo y producción de cultivos y pastizales. Entre las propiedades químicas del suelo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la acidez (pH) son las que tienen el mayor impacto en la disponibilidad de nutrientes del suelo y la eficiencia en el uso de fertilizantes. (Vistoso & Martínez, 2022)

El suelo se crea cuando todos los elementos están en equilibrio. Los minerales son la base de la producción, por lo que la fertilidad química es sólo un factor de producción (Agrón, 2015).

2.2.5. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Se refiere a la presencia en el suelo, de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no está destinado (FAO & GTIS, 2015). Aunque la mayoría de los contaminantes tiene origen antropogénico, algunos contaminantes pueden ocurrir naturalmente en los suelos como componentes de minerales y pueden ser tóxicos en concentraciones altas (Rodríguez et al., 2019). La contaminación del suelo supone un riesgo para el medio ambiente y por ende para la salud del ser humano, considerándose uno de los grandes problemas y retos en la actualidad (Rusell, 2019).

La contaminación del suelo es una de las principales amenazas para la salud del suelo, aunque sus impactos van mucho más allá de la dimensión del suelo, y los contaminantes del suelo pueden tener consecuencias irreparables para la salud humana y el medio ambiente (FAO & PNUMA, 2022).

Esta alteración de la calidad de la tierra puede obedecer a diferentes causas y del mismo modo, sus variadas consecuencias provocan serios problemas de salubridad que afectan gravemente a la flora, fauna y a la salud humana (Juste, 2021).

2.2.5.1. Contaminación puntual

La contaminación del suelo puede ser causada por un evento específico o una serie de eventos en un área específica que libera contaminantes al suelo, y la fuente de la contaminación y su identidad pueden identificarse fácilmente, este tipo de contaminación se llama contaminación puntual. (Rodríguez et al., 2019).

2.2.5.2. Contaminación difusa

La contaminación difusa es la contaminación que está muy extendida, se acumula bajo tierra y no tiene una fuente única o fácilmente identificable. La contaminación difusa ocurre cuando los contaminantes son expulsados, transformados y diluidos en otros medios antes de llegar al suelo (FAO y GTIS. 2015). “La contaminación difusa implica el transporte de los contaminantes a través de aire, suelo y agua” (Rodríguez et al., 2019).

2.3. MARCO NORMATIVO

En la Constitución Política del Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida según la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. y Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM - Estándar de calidad ambiental del suelo El presente Decreto Supremo establece niveles de concentración de los elementos, sustancias, parámetros físicos y químicos y biológicos, presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente y tomamos en consideración la guía de muestreos de suelos según el decreto supremo 002-2013 - MINAM

2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo indican un estado de degradación en la Isla Titino - Puno.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los parámetros físicos como indicadores de fertilidad del suelo indican un estado de degradación en la Isla Titino - Lago Titicaca – Puno.
- Los parámetros químicos como indicadores de fertilidad y contaminación por elementos traza del suelo indican un estado de degradación en la Isla Titino - Lago Titicaca – Puno.
- Los parámetros físico-químicos de los suelos de la Isla Titino - Puno superan el ECA del suelo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en la Isla Titino del lago Titicaca-Puno, ubicada a 02 horas aprox. del puerto muelle de la ciudad de Puno. La Isla Titino ubicado en el distrito de Puno, provincia de Puno, y se delimita por el Norte distritos de Coata y Huata, por el Sur con la Comunidad de Chimu y Ojerani, por el Este con penínsulas de Capachica y Chucuito; y por el Oeste Isla Esteves y Uros Chulluni a una altitud de 3,810 msnm. Tiene un clima relativamente frío y seco, con una temperatura máxima de 20 °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 Titino se ubica en una zona circunlacustre agroecológica. Los pobladores de de la Isla Titino para su subsistencia realizan actividades caza, pesca y trabajos en artesanías, en la pesca recolectan especies como carachi, ispi y pejerrey; realizan la recolección de huevos y cazan aves silvestres como el pato y la choca para su consumo, también realizan trabajos en artesanía como aretes, adornos y tejidos representativos. Es probablemente una de las pocas comunidades Aymaras que aún mantienen sus costumbres ancestrales para su subsistencia, aún mantienen las costumbres como el trueque con comerciantes de Huata, Coata, Capachica, etc., a cambio de productos de primera necesidad como, arroz, azúcar, fideos, lentejas entre otros productos de primera

necesidad. Sin embargo; estos recursos de la Isla Titino que son de vital importancia para la subsistencia de los pobladores se ven severamente muy afectados por la constante contaminación del suelo y el medio ambiente, que afectan a los ecosistemas y recursos que se agotan cada año, a causa de incendios forestales, existe la desaparición de peces por la contaminación de las aguas y la sobrepesca cada vez más significativa.

En la Isla Titino del Lago Titicaca - Puno en la actualidad existe un alto índice de pobreza, dentro de su espacio territorial no se visualiza áreas cultivadas, por ende no hay producción de alimentos. Los pobladores de la Isla Titino no cuentan con una adecuada información de los niveles de fertilidad de sus suelos, debido a la escasez de información y desconocimiento del uso del suelo, existen diversos factores que influyen en la pérdida de fertilidad del suelo; como la excesiva acumulación de residuos sólidos, la aguas residuales vertidas en el mismo suelo que traen como consecuencia suelos sin cultivo.



Figura 02: Ubicación Satelital de la Isla Titino

Fuente: Google Maps

3.2. POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

La población está conformada por **04 hectáreas** de suelos agrícolas, donde habitan aprox. 50 familias, la única actividad de subsistencia es la pesca. El tipo de muestras fue instantáneo e integrado. Instantánea porque la muestra representó las condiciones del suelo en el momento en el que se recolectó, e integrada por que se tomó, muestras en 06 diferentes puntos de muestreo. Se tomaron **06 muestras** no probabilísticas de 500 gramos de suelo de acuerdo al plan del muestreo 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 seis 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.

Tabla 01: Identificación de los puntos de muestreo

| Puntos de Muestreo | Coordenadas UTM |
|--------------------|------------------|
| PM-01 | 8258125 - 404641 |
| PM-02 | 8225426 - 404682 |
| PM-03 | 8325445 - 412546 |
| PM-04 | 8424578 - 414632 |
| PM-05 | 8521155 - 425458 |
| PM-06 | 8624862 - 424251 |

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. Método

En la presente investigación, se tomaron muestras no probabilísticas de 500 gramos de suelo de acuerdo al plan del muestreo de suelos, 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 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.

3.3.2. Técnicas

Para la obtención de datos, se procedió con las siguientes técnicas:

- Se realizó el plan de muestreo de acuerdo a la guía de muestreos de suelos
- Se tomaron 06 muestras representativas de 500 gramos cada una en un transecto de 30 metros, con una profundidad de 20 cm, tomando en consideración el uso de material de plástico, para evitar la alteración de la muestra en estudio de los parámetros físicos, tomando en consideración las condiciones de seguridad de la muestra y el etiquetado respectivo, para luego trasladarlo al laboratorio de la UNA - PUNO. Se

tomaron en consideración los siguientes instrumentos:

- Cadena de custodia
- Ficha de muestreo
- Ficha de recolección de datos
- Ficha de datos generales (fecha, hora, lugar, nombre de la persona que ejecutó el muestreo).
- Ficha de datos climáticos (temperatura, presión atmosférica, precipitación antes y durante el muestreo).

3.3.3. Materiales y

Tabla 02: Materiales

| Materiales | Cantidad |
|----------------------------|-----------------|
| Recipiente para la muestra | 01 |
| Libreta de Campo | 02 |

| | |
|--|----|
| Frascos de vidrio transparente de 500 ml | 03 |
| Agua destilada 1L | 01 |
| Papel toalla | 01 |
| Cinta masking | 01 |
| Chaleco, casaca y/o impermeable | 01 |
| Botas y/o zapatos de seguridad | 01 |
| Gorro o casco | 01 |
| Lentes de protección | 01 |
| Guantes de látex | 10 |
| Mascarilla | 03 |
| Alcohol | 01 |
| Metro | 01 |
| Protector facial | 01 |

Tabla 03: Equipos

| Equipos | Cantidad |
|---------------------|-----------------|
| Laptop portátil | 01 |
| Cámara digital | 01 |
| GPS GARMIN 64SX | 01 |
| Ultrameter II 6 PFC | 01 |
| Grabadora | 01 |
| USB | 01 |

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 04: Operacionalización de Variables

| VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES |
|-------------------------------|---------------|---|
| Vi. Parámetros | Físicos | - Color - Textura - Humedad |
| | Químicos | - CIC - pH - Nitrógeno - Fósforo - Potasio - Materia orgánica - Arsénico - Plomo - Cadmio |
| Vd. Suelo agrícola | Fertilidad | - Alta - Media - Baja |
| | Contaminación | - Alta - Media - Baja - Nula |

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de investigación es cuantitativo y según su alcance es de tipo descriptivo, se usó la recolección, análisis e interpretación de datos recabados.

3.5.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación es de tipo no experimental porque no se ha manipulado o estimulado alguna variable, y ha sido longitudinal porque se analizó cambios de las muestras a través del tiempo de duración.

3.5.3. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O.E.1 y O. E. 2 Analizar los parámetros físicos y químicos como indicadores de fertilidad y contaminación por elementos traza del suelo en la Isla Titino - Puno 2023.

La metodología siguiendo los procedimientos especificados en el protocolo nacional para muestreo suelos. Para el primer muestreo realizado en el mes de de Julio se recogió una submuestra de cada punto de muestreo, haciendo un total de 6 submuestras equidistantes en zigzag recorriendo el campo de cultivo para lo cual se utilizó una pala, previa limpieza de la superficie a una profundidad de 20 cm de profundidad, cortando verticalmente el perfil, luego depositó en un balde de plástico, para evitar la alteración de la muestra, seguidamente se vació el contenido sobre una manta de plástico y mezcladas homogéneamente, cuarteando hasta obtener una muestras representativas de 500 gramos por cada punto de muestreo con el etiquetado de identificación respectivo, para su envío y su análisis al laboratorio de la UNA - PUNO.

Para el segundo muestreo realizado en el mes de Agosto se procedió a realizar de la misma manera que lo descrito en el párrafo anterior.

O.E.3 Comparar los resultados fisicoquímicos con los estándares de calidad ambiental (ECA) en la Isla Titino - Puno 2023.

Los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros estudiados se compararon con los ECA para suelos según el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

4.1.1. COLOR

Tomando a consideración la Tabla de Munsell, El color evaluado de los 06 puntos de muestreo son similares a todos los puntos de muestreo, según la tabla 05 y en referencia a la tabla Munsell, tenemos un color predominante que es el color Marrón Rojizo.

Tabla 05: Color del suelo (Tabla Munsell)

| Puntos de Muestreo | Colores |
|--------------------|----------------------------|
| PM 01 | Marrón rojizo (2.5 YR 5/4) |
| PM 02 | Marrón rojizo (2.5 YR 5/4) |
| PM 03 | Marrón rojizo (2.5 YR 5/4) |
| PM 04 | Marrón rojizo (5 YR 4/3) |
| PM 05 | Marrón rojizo (2.5 YR 5/4) |
| PM 06 | Marrón rojizo (5 YR 4/3) |

En la tabla 05 se observa los colores del suelo de acuerdo a la tabla de colores de Munsell donde, el color marrón rojizo se caracteriza por su capacidad de retener el agua, humedad, nutrientes y materia orgánica. Por lo tanto, el problema principal de este suelo es el encharcamiento del suelo, por el nivel freático próximo al que se encuentra.

Los resultados muestran que en este lugar se evidencia el color marrón rojizo provocando así la retención de agua, este resultado comparado con Garrido & Licona (2017) obtuvo

todo lo contrario a nuestro resultado, los suelos donde se realizó la investigación son moderadamente fértiles para cultivos.

4.1.2. pH

Tabla 06: Resultados de pH

| Puntos de Muestreo | pH | pH |
|--------------------|-------|--------|
| | Julio | Agosto |
| PM 01 | 8.72 | 8.74 |
| PM 02 | 8.65 | 8.56 |
| PM 03 | 8.37 | 8.32 |
| PM 04 | 8.22 | 8.10 |
| PM 05 | 8.3 | 8.35 |
| PM 06 | 7.9 | 8.18 |

Tabla 07: Media de pH

| Estadísticos | | | | |
|--------------|---|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 8.1 | 8.7 | 8.375 |
| Agosto | 6 | 7.9 | 8.7 | 8.393 |

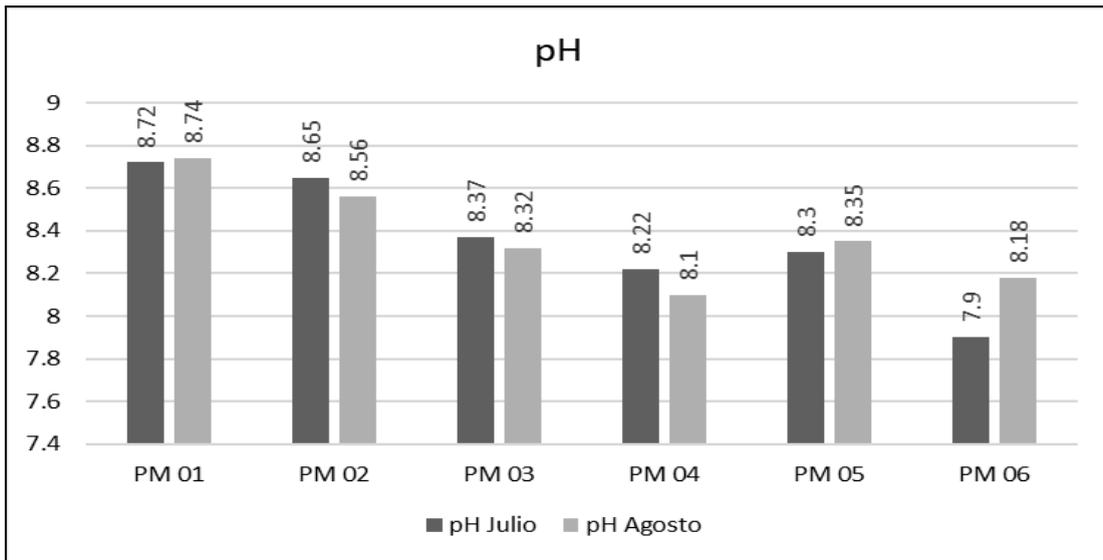


Figura 03: Resultados de laboratorio de pH

Según los resultados obtenidos en la tabla 06, el pH es ligeramente alcalino, el pH es indicador de la disponibilidad de nutrientes que se encuentran en el suelo de la Isla Titino, en consecuencia el pH, en la tabla 07, tenemos un mínimo de 7.9 y un máximo de 8.7 y un promedio de 8.39 en el mes de agosto esto conlleva a tener un pH ligeramente alcalino. Un rango aceptable sería de 6 y 7.5. También se observa en la Figura 03, la importancia del pH, porque a través de este parámetro se pueden adaptar los vegetales, nutrientes y microorganismos. Según los resultados obtenidos respecto al pH, concuerdan con Ojeda (2021), quien obtuvo un pH moderadamente alcalino, por lo contrario se difiere con los resultados de Durand et al. (2023), que menciona un suelo neutro con un pH de 7, lo que puede incidir es el lugar y el tipo de suelo y siendo ideal para la actividad agrícola. Recordando que, el pH es una de las variables más importantes en la fertilidad y la contaminación de suelos agrícolas en la absorción de los nutrientes por las plantas y el equilibrio de la actividad microbiológica.

4.1.3. TEXTURA

Tabla 08: Resultados de análisis textural del suelo

| Puntos de Muestreo | % Arena | % Limo | % Arcilla | Interpretación |
|--------------------|---------|--------|-----------|------------------|
| PM 01 | 41 | 32 | 27 | Franco Arcilloso |
| PM 02 | 39 | 40 | 21 | Franco |
| PM 03 | 37 | 36 | 27 | Franco Arcilloso |
| PM 04 | 41 | 34 | 25 | Franco |
| PM 05 | 43 | 34 | 25 | Franco Arcilloso |
| PM 06 | 47 | 33 | 18 | Franco |

Tabla 09: Media de Textura

| Estadísticos | | | | |
|--------------|---|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Arena | 6 | 37.0 | 47.0 | 41.33 |
| Limo | 6 | 32.0 | 40.0 | 34.83 |
| Arcilla | 6 | 18.0 | 27.0 | 23.83 |

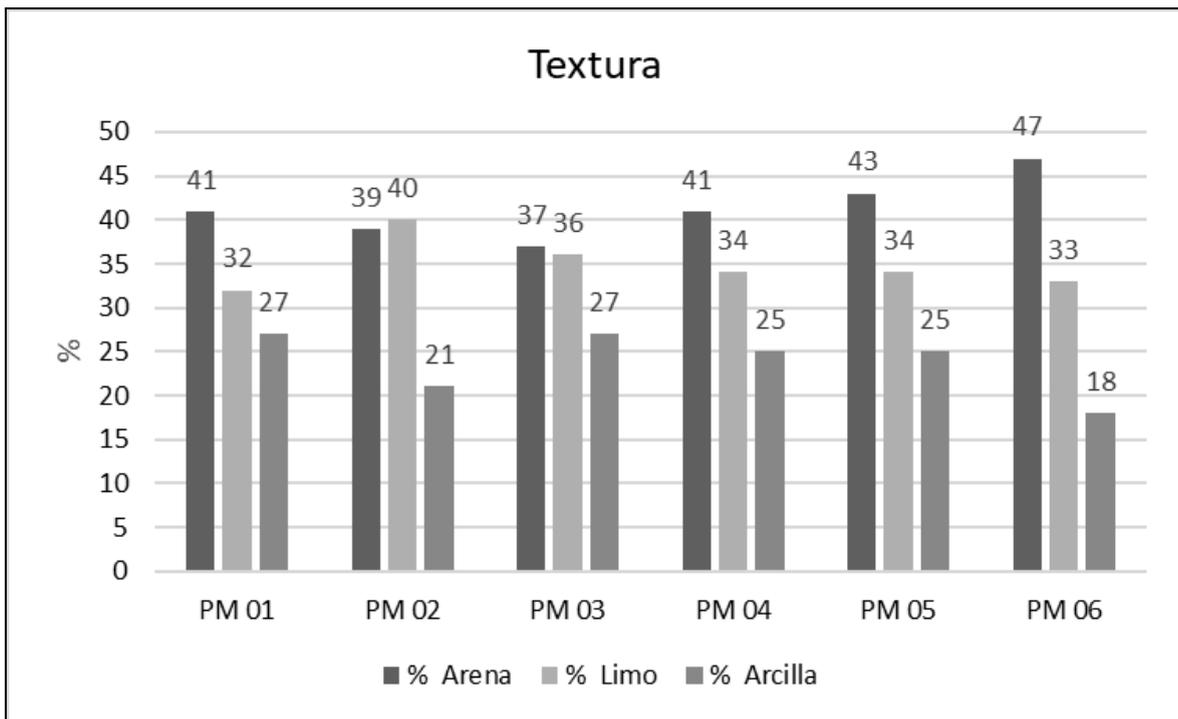


Figura 04: Textura. de los suelos

Según la clasificación textural de suelos como se muestra en la Tabla 06, la textura de los suelos de los diferentes puntos de muestreo, varía en sus clases texturales. Los suelos corresponden a un suelo franco, y en su mayoría a franco arcilloso, por consiguiente, el suelo de la Isla Titino es un suelo franco arcilloso. Como se observa en la tabla 09, la medias de arena, limo y arcilla es de 41,33%, 34,83 %, 23,83 % respectivamente, en el análisis del triángulo textural resulta que tenemos un suelo franco arcilloso; claramente se observa en la figura 04, en el punto de muestreo 04, hay un predominante porcentaje de arena, y en el PM 02 de limo.

Los resultados coinciden con los resultados de Ojeda (2021), el cual obtuvo también suelos con la caracterización de textura franca y franco limosa. Mientras que Gomez (2019), indica que predominó el suelo con textura franco arenoso y franco arcillo arenoso.

4.1.4. HUMEDAD

Tabla 10: Resultados de Humedad

| Puntos de muestreo | Humedad | |
|--------------------|---------|--------|
| | Julio | Agosto |
| PM 01 | 80 | 74 |
| PM 02 | 75 | 72 |
| PM 03 | 78 | 75 |
| PM 04 | 82 | 73 |
| PM 05 | 74 | 72 |
| PM 06 | 79 | 71 |

Tabla 11: Humedad de le los suelos

| | Estadísticos | | | |
|--------|--------------|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 74.0 | 82.0 | 78.00 |
| Agosto | 6 | 71.0 | 75.0 | 72.83 |

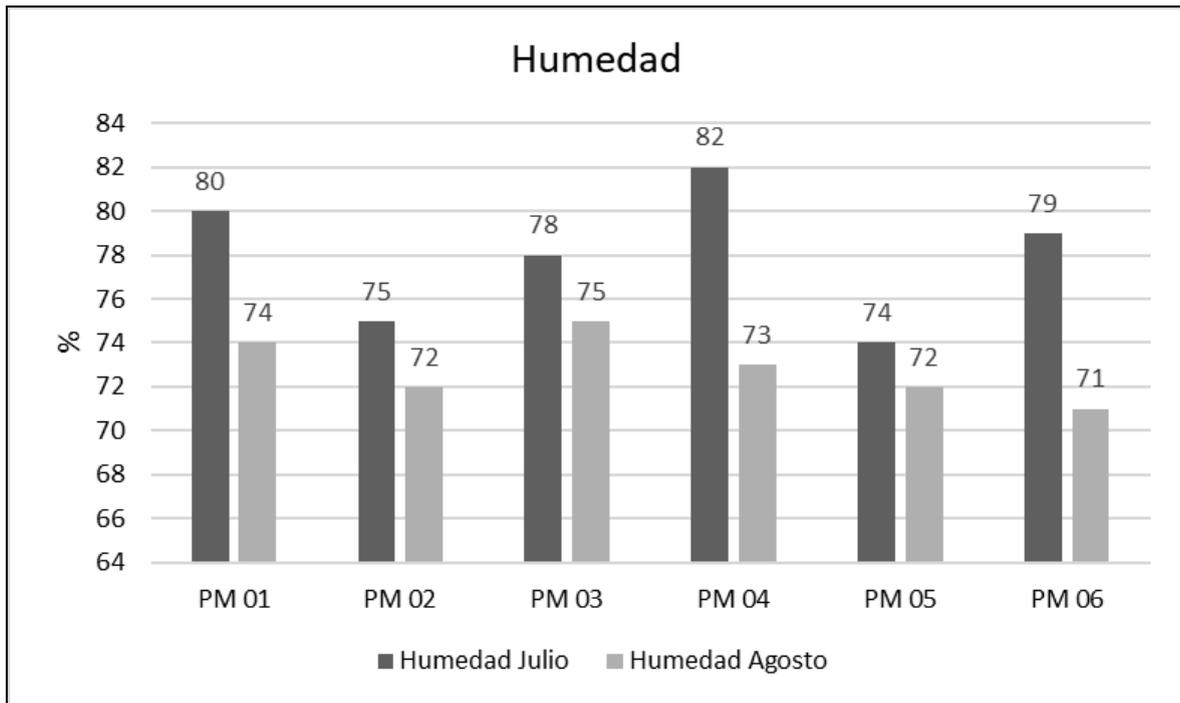


Figura 05: Resultados de Laboratorio de Humedad

La humedad en el suelo es un factor muy importante, por ello en los 6 puntos de muestreo según la Tabla 10, coincide en todos los puntos de muestreo una humedad excesiva, y en la Tabla 11, observamos que la media es mayor en julio y menor en el mes de agosto, debido a la fuerte radiación que se presentó en los meses de muestreo. Los resultados obtenidos exceden en comparación con el resultado de Garrido y Licon (2017), el cual obtuvo un nivel apto de humedad para los cultivos. Esto es debido por el nivel freático en el que se encuentra la zona circunlacustre que corresponde al Lago Titicaca, es por ello la excesiva humedad y según las propiedades no son aptas para el cultivo.

4.1.5. CIC

Tabla 12: Resultados de CIC

| Puntos de muestreo | CIC (meq/100) | |
|--------------------|---------------|--------|
| | Julio | Agosto |
| PM 01 | 20 | 17 |
| PM 02 | 18 | 14 |
| PM 03 | 17 | 15 |
| PM 04 | 16 | 16 |
| PM 05 | 18 | 17 |
| PM 06 | 17 | 18 |

Tabla 13: Media de CIC

| | Estadísticos | | | |
|---------------|--------------|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 16.0 | 20.0 | 17.67 |
| Agosto | 6 | 14.0 | 18.0 | 16.17 |

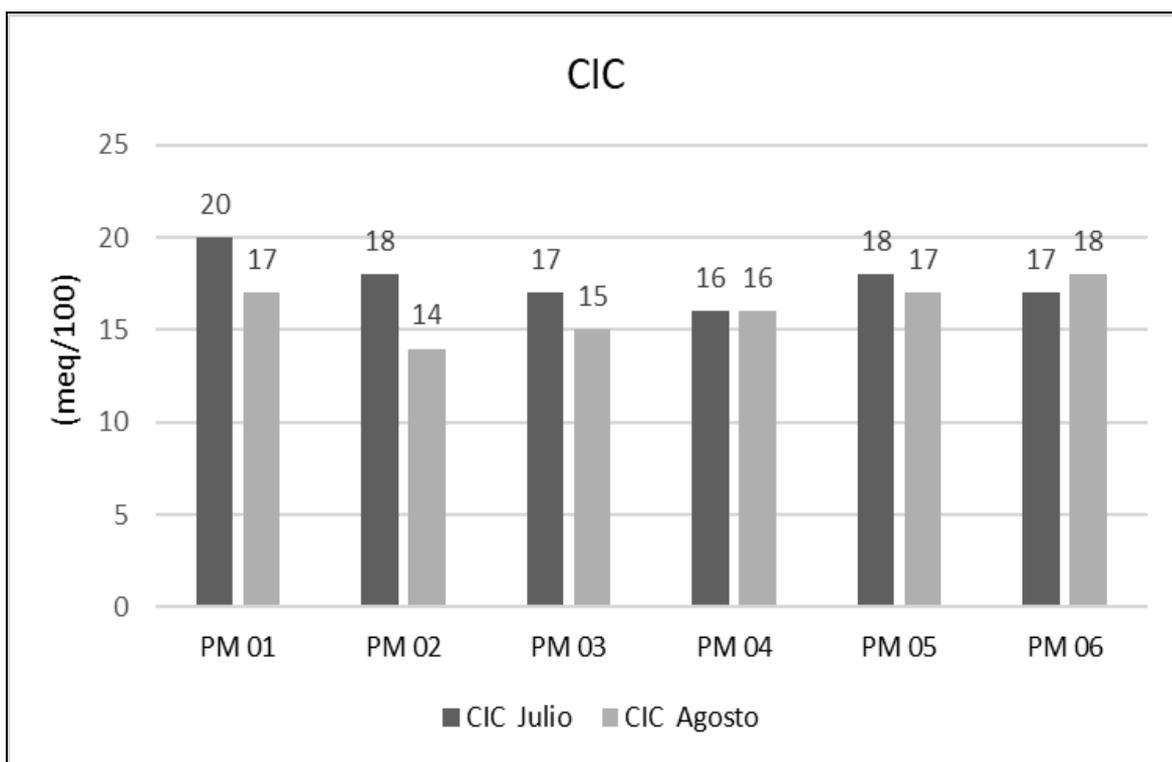


Figura 06: Capacidad de intercambio de cationes CIC de los suelos.

Según los resultados se tiene que, la CIC con un nivel medio, lo contrario reportó Ojeda (2021), con una CIC alta en suelos irrigados bajo cultivo perenne y, media en cultivos irrigados anuales y en los no irrigados. Los resultados exceden este nivel en comparación a los obtenidos por Gomez (2019), ya que obtuvo una CIC con condición óptima haciendo que el nivel de fertilidad del suelo sea alta. Concluyendo que las actividades mineras contaminan el agua y suelo en la zona investigada.

4.1.6. NITRÓGENO

Tabla 14: Resultados de Nitrógeno

| Puntos de muestreo | Nitrógeno | |
|--------------------|-----------|--------|
| | Julio | Agosto |
| PM 01 | 1.47 | 1.4 |
| PM 02 | 5.89 | 5.28 |

| | | |
|--------------|-------------|-------------|
| PM 03 | 5.52 | 5.32 |
| PM 04 | 3.68 | 3.6 |
| PM 05 | 3.68 | 3.61 |
| PM 06 | 2.21 | 2.02 |

Tabla 15: Media de Nitrógeno

| Estadísticos | | | | |
|---------------------|----------|---------------|---------------|--------------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 1.5 | 5.9 | 3.74 |
| Agosto | 6 | 1.4 | 5.3 | 3.54 |

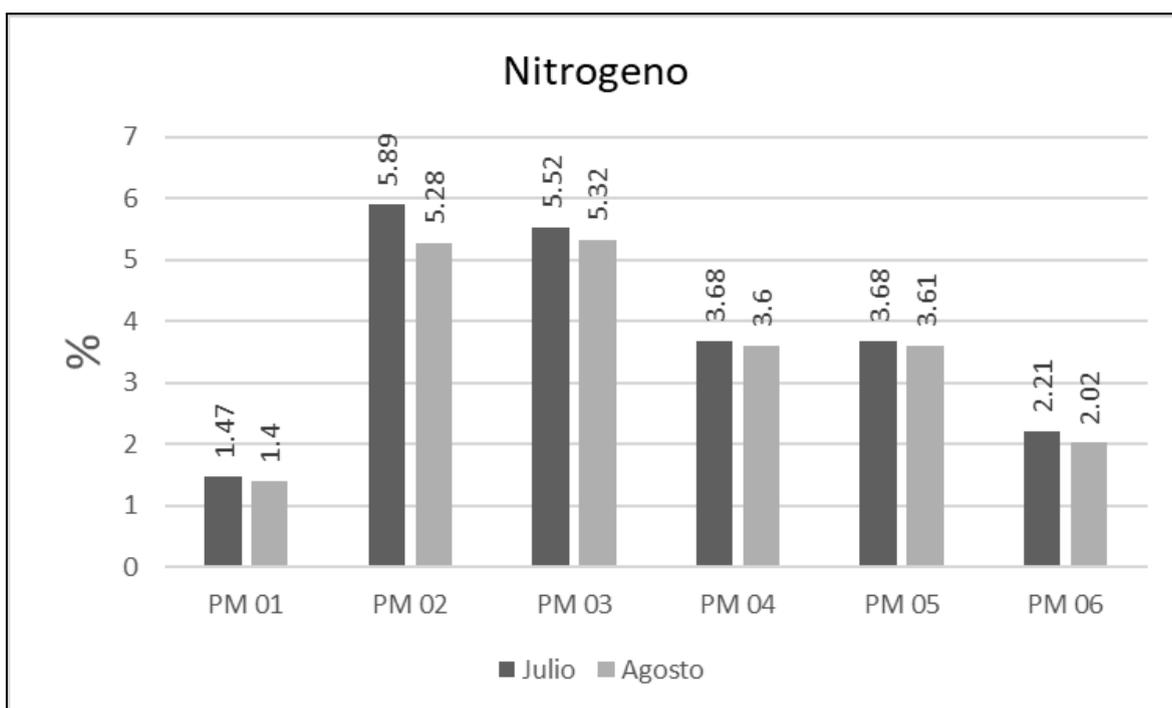


Figura 07: Resultados de laboratorio Nitrógeno

El Nitrógeno ayuda al desarrollo y formación del tejido en las plantas, es por ello su importancia en la fertilidad del suelo para uso agrícola, es responsable del crecimiento vegetativo de las plantas, según los resultados obtenidos la concentración de nitrógeno

fue de 3.74 y 3.54 %, según la FAO se encuentra en los niveles permitidos para suelos de uso agrícola. Según los resultados, es menor a los de Durand et al. (2023), quien obtuvo un pH neutro y un nivel de Nitrógeno de 84.4 ppm, se conoce que el pH es muy importante para la absorción de nutrientes y el contenido de nutrientes, por lo que ambos están relacionados en los resultados.

4.1.7. FÓSFORO

Tabla 16: Resultados de Fósforo

| Puntos de muestreo | Fósforo | |
|--------------------|---------|--------|
| | Julio | Agosto |
| PM 01 | 36.8 | 24.8 |
| PM 02 | 27.6 | 22.5 |
| PM 03 | 55.2 | 50.45 |
| PM 04 | 36.8 | 30.4 |
| PM 05 | 27.8 | 21.6 |
| PM 06 | 29.3 | 22.4 |

Tabla 17: Contenido de Fósforo de los suelos.

| | Estadísticos | | | |
|--------|--------------|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Agosto | 6 | 27.6 | 55.2 | 35.58 |
| Julio | 6 | 21.6 | 50.4 | 28.68 |

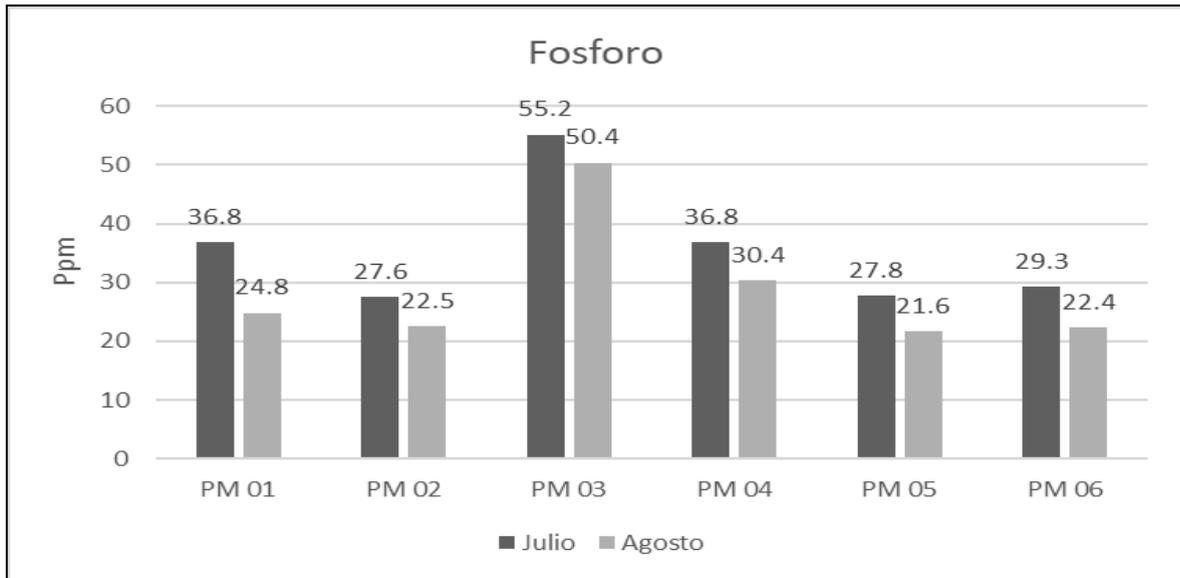


Figura 08: Resultados de Fósforo en suelos

El fósforo cumple un papel muy importante en los parámetros del suelo, esta propiedad transforma la energía del sol y los abonos en alimento para el cultivo o planta, según nuestros resultados en la tabla 17, la media de fósforo es de 35.58 y 28.6 ppm, estos resultados se encuentran en los niveles permitidos por la FAO. Los resultados obtenidos son comparados con los de Durand et. al. (2023), fueron menores, ya que dicho autor obtuvo en Fósforo 71.6, mientras que con Chaparro & Najera (2022) las condiciones del fósforo son favorables, lo que permite el crecimiento y desarrollo adecuado de cultivos.

4.1.8. POTASIO

Tabla 18: Resultados de Potasio

| Puntos de muestreo | Potasio | |
|--------------------|---------|--------|
| | Julio | Agosto |
| PM 01 | 66.24 | 56.20 |
| PM 02 | 27.6 | 55.10 |
| PM 03 | 80.96 | 72.8 |
| PM 04 | 66.24 | 50.20 |
| PM 05 | 44.16 | 36.2 |
| PM 06 | 35.8 | 29.5 |

Tabla 19: Media de Potasio

| | Estadísticos | | | |
|--------|--------------|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 27.6 | 81.0 | 53.50 |
| Agosto | 6 | 29.5 | 72.8 | 50.00 |

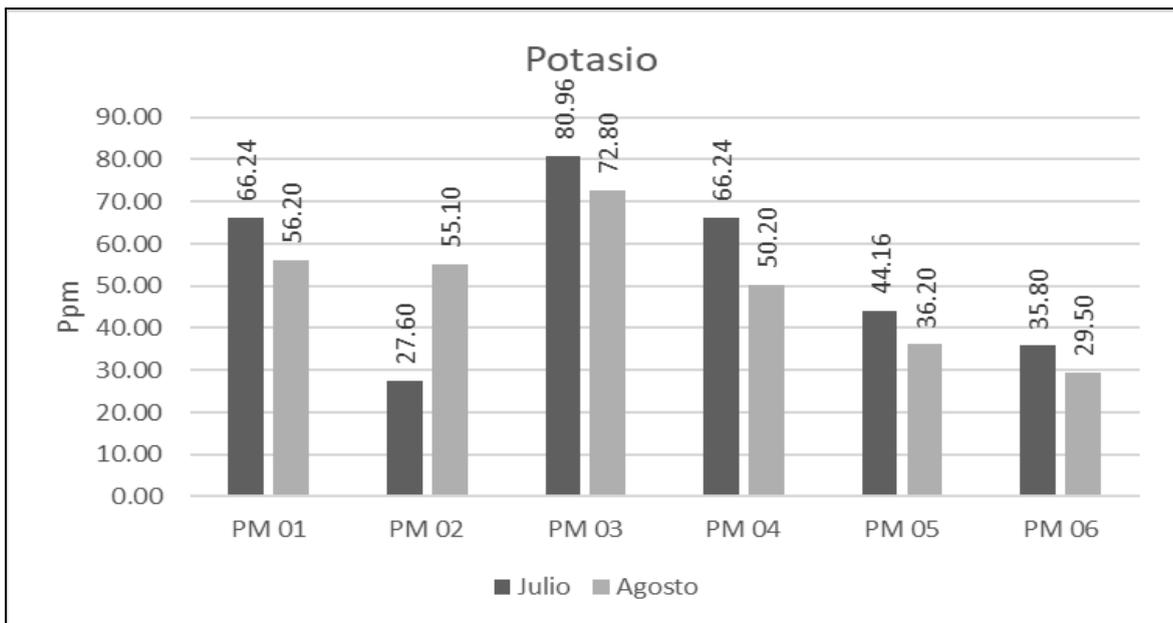


Figura 09: Resultado de laboratorio Potasio

Según los resultados y en la figura 09, el PM 03 se observa el valor más alto de 80.96 ppm y el valor más bajo es de 27.60 ppm. En consecuencia nuestros resultados en los diferentes puntos de muestreo y meses presentan diferencias significativas. Los resultados en comparación con los de Gomez (2019), quien obtuvo valores con un nivel bajo de Potasio, a diferencia del presente trabajo con una variedad diferencial de valores. Se debe tener en cuenta que el contenido de Potasio activa las reacciones enzimáticas de las plantas, por lo tanto es el responsable de la alimentación del fruto, este elemento otorga resistencia contra plagas y heladas, según nuestros resultados (tabla 18) varía en los puntos de muestreo, cabe recalcar que el potasio se encuentra mayormente en suelos alcalinos, el suelo de la Isla Titino tiene un pH alcalino.

4.1.9. MATERIA ORGÁNICA

Tabla 20: Resultados de Materia Orgánica

| Puntos de muestreo | Materia Orgánica | |
|--------------------|------------------|--------|
| | Julio | Agosto |
| PM 01 | 3.5 | 2.5 |
| PM 02 | 3.66 | 3.1 |
| PM 03 | 2.85 | 2.22 |
| PM 04 | 3.65 | 3.2 |
| PM 05 | 3.9 | 3.7 |
| PM 06 | 3.32 | 2.29 |

Tabla 21: Media de Materia Orgánica

| Estadísticos | | | | |
|--------------|---|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 2.85 | 3.9 | 3.48 |
| Agosto | 6 | 2.22 | 3.7 | 2.84 |

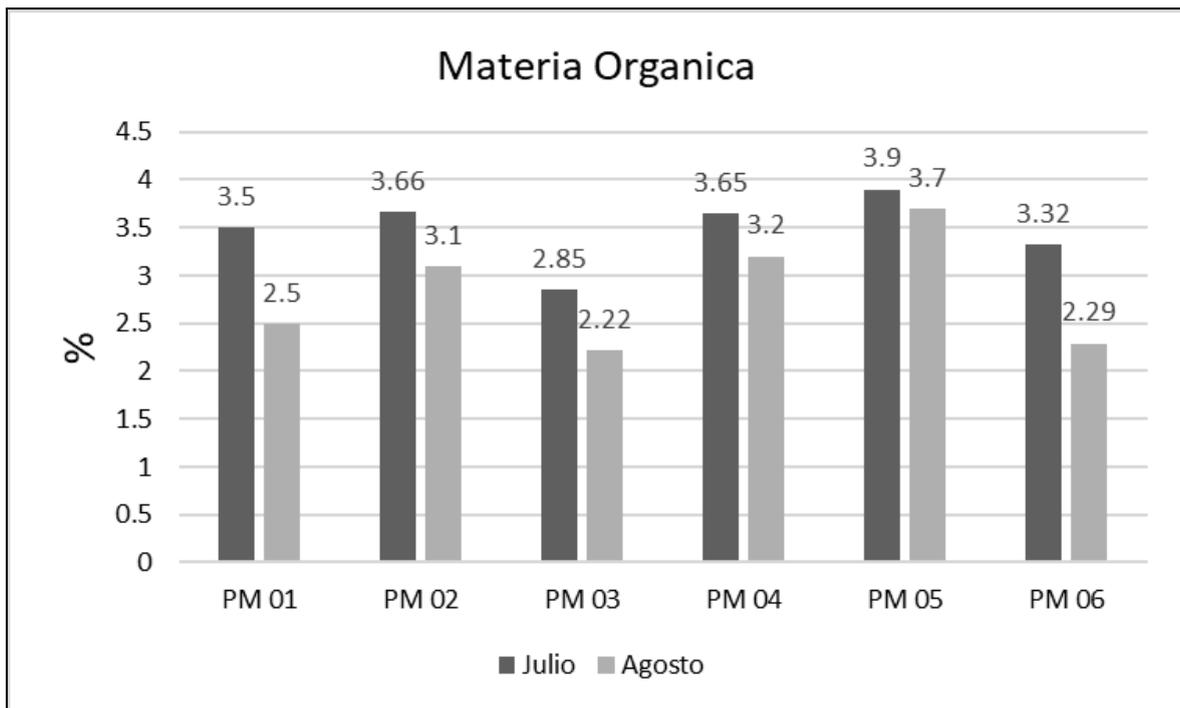


Figura 10: Contenido de Materia Orgánica de los suelos

Se puede observar en la Tabla 20, que el punto que obtuvo mayor valor de materia orgánica es el PM05, mientras que el PM06 es el que obtuvo los valores más mínimos. A través de la Tabla 21, podemos concluir que los valores de la materia orgánica están en nivel bajo a medio, lo cual nos favorece para los cultivos. Los resultados coinciden en cierto grado con los resultados de Gomez (2019), el cual obtuvo un nivel bajo a medio en materia orgánica. Hay que recalcar que la materia orgánica es uno de los componentes fundamentales para la fertilidad del suelo. Tiene la habilidad de retener cationes y los nutrientes pueden ser absorbidos y ser usados por la planta cuando lo necesite (Arca, 1984). Por lo que en el trabajo presente, los niveles son aptos.

4.2. METALES TÓXICOS

4.2.1. ARSÉNICO

Tabla 22: Media de Arsénico

| Estadísticos | | | | |
|---------------|---|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 8.4 | 84.2 | 32.74 |
| Agosto | 6 | 10.5 | 84.2 | 33.22 |

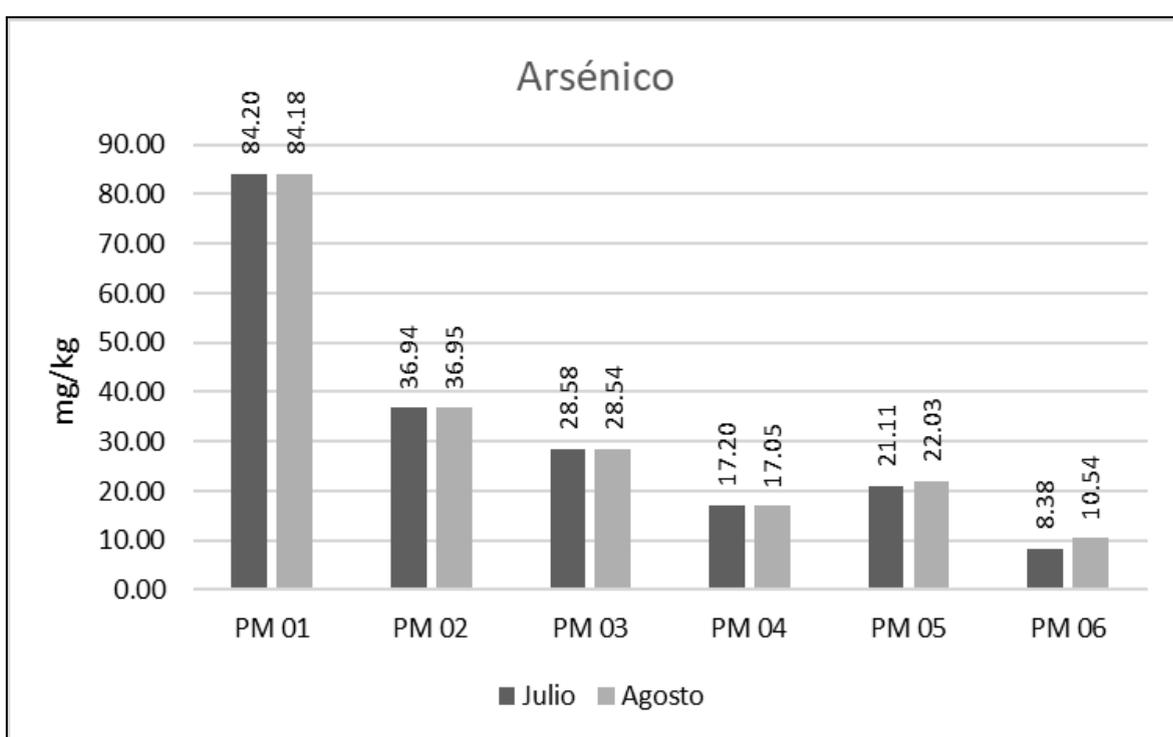


Figura 11: Resultado de laboratorio de Arsénico

La concentración de Arsénico en los puntos de muestreo (tabla 22). exceden el ECA para suelos. El mayor valor se obtuvo en la estación PM 01 con 84.20 y 84.18 mg/kg seguido del PM02 con 36.94 y 36.84 mg/kg, estos se encuentran próximos a la orilla del Lago Titicaca y PM 06 de 8.38 es el valor mínimo, este valor no excede el ECA del suelo. Según los resultados de Ticona (2018), la concentración máxima de Arsénico fue 326 ppm, este resultado excede el nivel permitido del ECA para suelo agrícola y se concuerda

nuestros resultados con los de Mamani & Atencio (2019) como también Flores (2017), que la presencia de Arsénico, no supera los niveles establecidos del ECA del Suelo.

4.2.2. CADMIO

Tabla 23: Media de Cadmio

| Estadísticos | | | | |
|--------------|---|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 0.08 | 0.57 | 0.27 |
| Agosto | 6 | 0.09 | 0.58 | 0.30 |

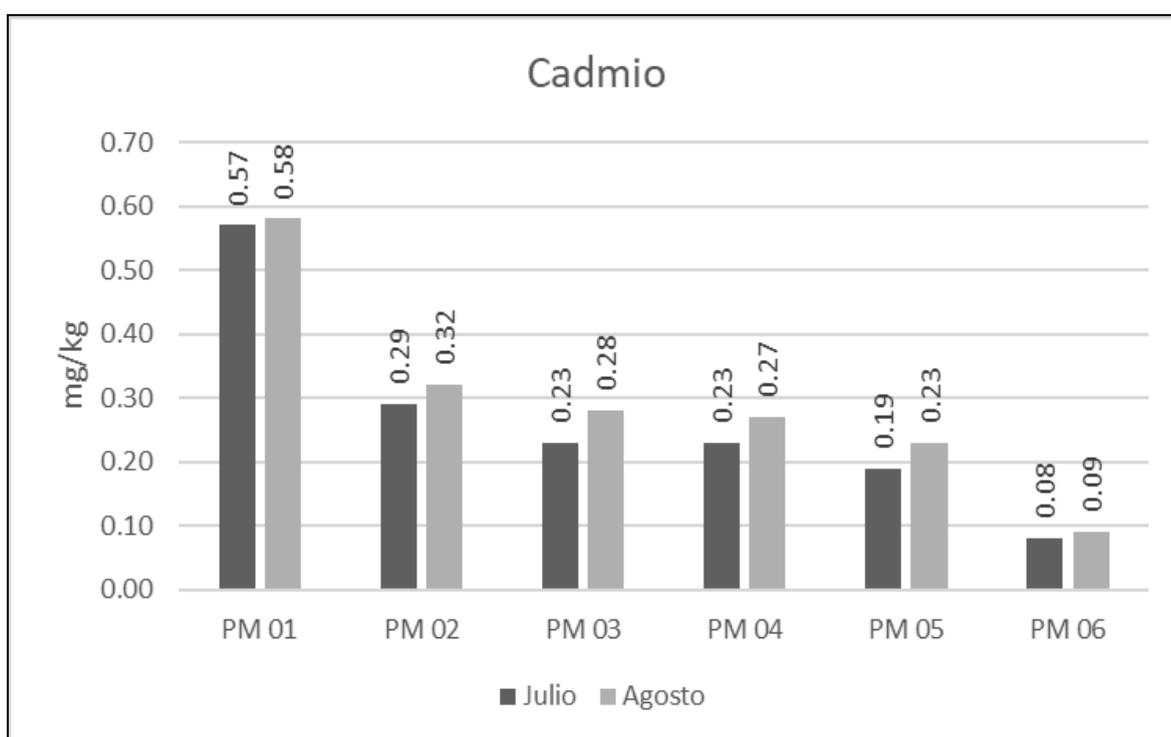


Figura 12: Contenido de Cadmio en suelos.

Las concentraciones de Cadmio, las medias son de 0.27 y 0.30 mg/kg respectivamente, los cuales están por debajo del ECA de suelos, se puede observar que los valores son menores en concentraciones de Cadmio. En los resultados de Flores (2017), que obtuvo 1.91 ppm, difieren a nuestros resultados debido a la zona donde han realizado las nuestras, pero coincidimos con los resultados Mamani & Atencio (2019), que obtuvo 0.55

mg/kg, que incluso es mayor a nuestros resultados, por lo tanto estos resultados no superan el límite permisible del ECA del Suelo.

4.2.3. PLOMO

Tabla 24: Media de Plomo

| Estadísticos | | | | |
|---------------|---|--------|--------|-------|
| | N | Mínimo | Máximo | Media |
| Julio | 6 | 11.14 | 31.43 | 20.76 |
| Agosto | 6 | 12.01 | 32.20 | 21.53 |

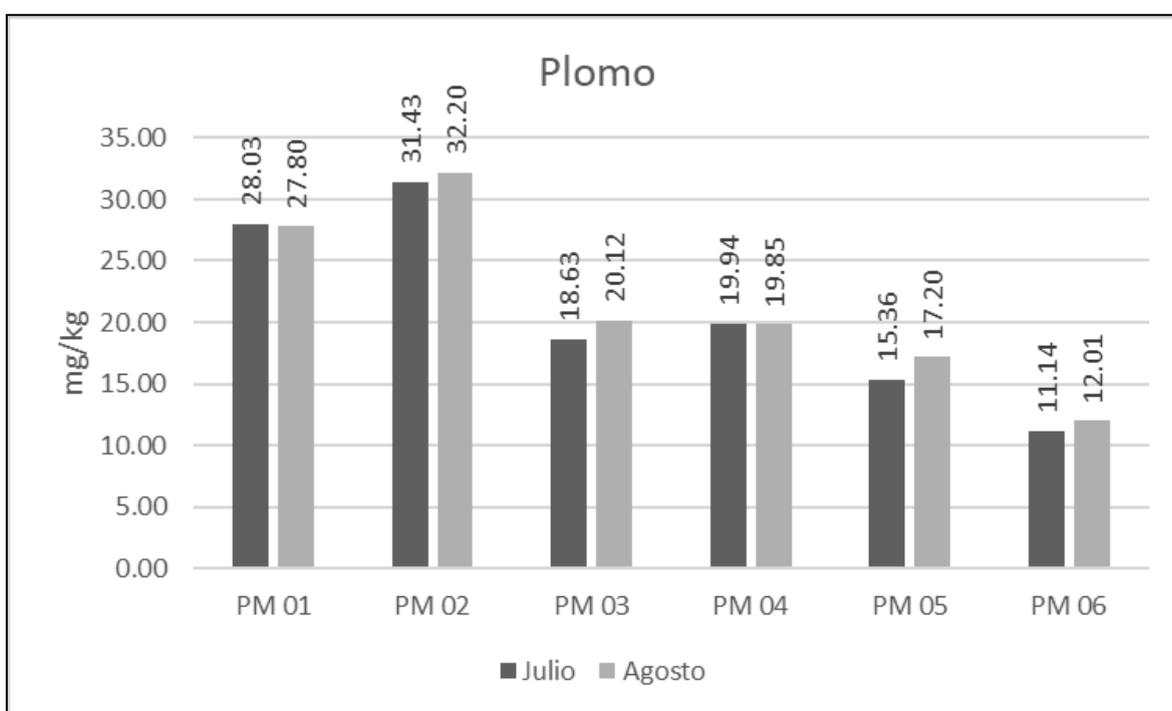


Figura 13: Contenido de Plomo en suelos.

Las concentraciones de Plomo en los puntos de muestreo (tabla 24), se encuentran debajo de los límites permitidos del estándar de calidad ambiental del suelo. El valor mínimo y máximo de los puntos de muestreo son: 20.76 y 21.53 mg/kg. la concentración de Plomo en los meses de estudio es inferior al ECA del suelo, por lo tanto el menor valor se obtuvo en el PM 06 de 11.14 mg/kg y valor máximo es de 32.20 mg/kg en el PM02.

Según nuestros resultados y los de Ticona (2018), como también Mamani & Atencio (2019), coinciden, por lo que la presencia de Plomo en el suelo de la Isla, no supera el nivel establecido del ECA del suelo.

CONCLUSIONES

Primera. Al evaluar los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación por elementos traza se concluye que. Los suelos de la isla Titino son de fertilidad media, y de acuerdo a los resultados obtenidos para elementos traza plomo y mercurio estos superan los ECAS para suelo, probablemente debido a la contaminación por residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales y agroquímicos utilizados por los agricultores.

Segunda. Al analizar los parámetros físicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino - Puno 2023, se concluye que estos se encuentran en los niveles adecuados a excepción de la humedad con un porcentaje de 82 % que es elevado, esto es debido al nivel freático del lago Titicaca.

Tercera. Realizados los análisis de los parámetros químicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo, se concluye que se encuentran en los niveles aceptables ,para fines agrícolas ya que se encuentran dentro de los ECA para suelos.

Cuarta. Al comparar los resultados fisicoquímicos con los estándares de calidad ambiental (ECA) DS. 011- 2017 MINAM en la Isla Titino se concluye que: el Arsénico y Cadmio no exceden los estándares de calidad ambiental del suelo, a excepción del plomo y mercurio que si excede el ECA para suelos. debido a la mala disposición de residuos sólidos y vertimiento de aguas residuales realizada por los pobladores de la Isla Titino.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. A la Dirección Regional Agraria brindar asistencia técnica para que los pobladores tengan las herramientas y el conocimiento para el cultivo de tubérculos y hortalizas, especies que pueden comportarse como acumuladoras de metales pesados reportados por investigaciones realizadas, constituyendo una amenaza para la salud de los consumidores de dichos productos.

SEGUNDA. A las autoridades locales y regionales, implementar biodigestores, proyectos agrícolas, capacitación para la adecuada segregación y disposición de los residuos sólidos y tratamiento de las aguas servidas, generando la práctica de las tres Rs. y una cultura de economía circular.

TERCERA. A la población de la Isla Titino, tomar conciencia ambiental para minimizar la generación de residuos sólidos, mediante la educación ambiental, para el cuidado del medio ambiente y la salud de la población de la Isla Titino.

CUARTA. A las autoridades locales, gestionar recursos económicos para la ejecución de proyectos como relleno sanitario o humedales para la disposición adecuada de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales con especies depuradoras, mitigando los impactos sobre los suelos y aguas de la isla Titino.

BIBLIOGRAFÍA

- Abecasis, C. (2017). *Un nuevo paradigma: El suelo visto como organismo vivo.* Biodiversidad en América Latina. https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Un_nuevo_paradigma_El_suelo_visto_como_organismo_vivo
- Acosta, C. (2006). *El suelo agrícola, un ser vivo.*
- Agrón, C. (2015). *Fertilidad Química.* https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/75204/mod_resource/content/1/UIDD%20D8.1%20Fertilidad%20Qu%C3%ADmica%20.pdf
- ANA. (2018). Metodología para la Determinación del Índice de Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales en el Perú ICA-PE. *Ediciones ANA*, 1-44.
- Arca, B. (1984). El suelo y la planta. 1984, *Tomo 4*. Biblioteca Agropecuaria del Perú.
- Bautista, F., & Estrada, H. (1998). *Conservación y manejo de los suelos* -. <https://www.revistacienciasunam.com/en/109-revistas/revista-ciencias-50/915-conservacion-y-manejo-de-los-suelos.html>
- Calderón, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., Rojas-González, S., Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas-González, S. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *ORINOQUIA*, 22(2), 141-157. <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
- Chaparro, J. C., & Najera, H. I. (2022). *Caracterización de las propiedades físicas, químicas y rango de NPK para establecer el nivel de fertilidad de los suelos agrícolas de la Comunidad Campesina de Chacayan – Provincia Daniel Alcides Carrión – Región* [Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3070>
- Delgado, H., Rangel, J. A., & Parra, A. S. (2018). Caracterización De La Fertilidad

Química De Los Suelos En Sistemas Productivos De La Altillanura Plana, Meta, Colombia. *Luna Azul*, 46, 54-69. <https://doi.org/10.17151/luaz.2018.46.5>

DGRN. (2019). *Nuestro Suelo*.

<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/noticias/Libro%20nuestro%20suelo%206-11-2019%20con%20corte.pdf>

Durand, E., Orna, E., & Vallenias, M. (2023). Estudio de parámetros físicos y químicos en el suelo del botadero de Cancharani – Puno 2018. *Investigación Universitaria UNU*, 13(1), 925-937. <https://doi.org/10.53470/riu.v13i1.104>

Ecomandaga. (2018). *El suelo, mucho más de lo que pisamos*. <https://ecomandaga.org/2018/07/12/el-suelo-mucho-mas-de-lo-que-pisamos/>

FAO. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible—Organización de las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/news/detail-news/es/c/277124/>

FAO, & GTIS. (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo*.

FAO, & PNUMA. (2022). *Evaluación mundial de la contaminación del suelo*. FAO; UNEP; <https://doi.org/10.4060/cb4827es>

Flores, W. H. (2017). *Contaminación de suelos agrícolas por actividades socioeconómicas en la ribera del Lago Titicaca del Centro Poblado de Uros-Chulluni, Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.

Garrido, J. J., & Licona, M. (2017). *Caracterización Fisicoquímica De Los Suelos Agrícolas Del Distrito De Riego Del Municipio De Repelón, Atlántico*. Universidad de la Costa.

Gomez, A. J. (2019). *Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la comunidad campesina tres de octubre – Zanja, distrito de Yungar – Carhuaz – Ancash, 2018* [Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo].

<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5047>

Huamaní, C. F. (2018). *Determinación del efecto de las aguas servidas sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de regadío de las Salinas Bajo—Chancay-Lima* [Universidad Católica Sedes Sapientiae].

<https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/572>

Juste, I. (2021). *Contaminación del suelo: Causas, consecuencias y soluciones*. ecologiaverde.com.

<https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-del-suelo-causas-consecuencias-y-soluciones-285.html>

Larsson, A., Bengtsson, B., & Haux, C. (1981). *Balance iónico alterado en lenguado, Platichthys flesus L. expuesto a niveles subletales de cadmio. Toxicología Acuática. 1:19-35.*

Mamani, D., & Atencio, V. (2019). *Valoración del grado de contaminación por actividades socioeconómicas en la bahía interior del Lago Titicaca – Puno, Sector Chulluni* [Universidad Nacional del Altiplano].

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3225958>

Marcano, J. (2020). *Formación del Suelo. Educación Ambiental En RD.*
<https://jmarcano.com/ciencias-tierra/ciencia-suelo/formacion-suelo/>

MINAM. (2014). *Guía-Para-El-Muestreo-De-Suelos.*

<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

Montoya, S. (2021). *Importancia de la conservación del suelo—Tecnicrop Ibérica S.L.*
<https://tecnicrop.com/blog/importancia-de-la-conservacion-del-suelo>

Noriega, V. (2011). *Manejo y Fertilidad de los Suelos.*
https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/cendoc/manuales-boletines/papa/manejo_fertil_suelos_feb11.pdf

- Núñez, J. (2019). ▷ *La formación del suelo y los procesos involucrados*. La huerta orgánica. <https://lahuertaorganica.com/suelo/formacion-del-suelo/>
- Ojeda, J. W. C. (2021). Metales pesados y fertilidad de los suelos de la irrigación Canal N, Puno, Perú. *Manglar*, 18(4), Article 4. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.054>
- ONU. (2019). *Unos 24.000 millones de toneladas de suelo fértil se pierden cada año por la desertificación*. <https://news.un.org/es/story/2019/06/1457861>
- Pinedo, J. A. (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/handle/20.500.12692/55274>
- Rayo, I., José, J., & Suárez, A. (2017). *Indicadores De Calidad De Suelo Para Evaluar Su Fertilidad*.
- Rodríguez, E., McLaughlin, M., Pennock, D., Pierzynski, G. M., Montanarella, L., Steffensen, J. C., Bazza, Z., Vargas, R., Ünlü, K., Kohlschmid, E., Perminova, O., Tagliati, E., Ugarte, O. M., Khan, A., Pennock, L., Sala, M., Verbeke, I., & Stanco, G. (2019). *La contaminación del suelo: Una realidad oculta*.
- Rodriguez, O. (2018). *Conservación de Suelos y Agua*.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades%20fisicas%20del%20suelo.pdf>
- Rusell, D. (2019). *El suelo: El tesoro que vive bajo nuestros pies—Agencia Europea de Medio Ambiente*. <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2019/articulos/entrevista-2014-el-suelo-el>
- Ticona, W. (2018). *Recuperación de suelos de las riberas de La laguna Choquene generados por la Contaminación de pasivos ambientales Mineros en el proyecto minero Sillustani—Minsur s.a.* 1-96.

Vistoso, E., & Martínez, J. (2022). *Importancia de la fertilidad del suelo en la producción agropecuaria.*

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia:

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS COMO INDICADORES DE FERTILIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ISLA TITINO - PUNO 2023

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLE | INDICADORES | INSTRUMENTOS | TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS |
|--|---|---|--|--|--|--|
| ¿Cuál es el estado de los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la isla Titino – Puno 2023? | Evaluar los parámetros fisicoquímicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la Isla Titino - Puno 2023. | Los físicos indicadores de fertilidad y contaminación del suelo expresan un estado de degradación en la isla Titino - lago Titicaca – Puno. | INDEPENDIENTE Parámetros físico químicos | <ul style="list-style-type: none"> - Textura - Color - Humedad - CIC - pH - Nitrógeno - Fósforo - Potasio - Materia orgánica - Arsénico - Plomo - Cadmio | <ul style="list-style-type: none"> - Plan de muestreo - Cadena de custodia - Ficha de muestreo - Ficha de recolección de datos - Ficha de datos generales (fecha, hora, lugar, nombre de la persona que ejecute el muestreo). - Ficha de datos climáticos (temperatura, presión atmosférica, precipitación | <p>Enfoque de investigación: Cuantitativo</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo</p> <p>Diseño de investigación: No experimental</p> <p>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: Software SPSS V23,</p> |
| ¿Cuál será el estado de los parámetros físicos como indicadores de la fertilidad y contaminación del suelo para el uso agrícola de la Isla Titino - Puno 2023? | Analizar los parámetros físicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la isla Titino - Puno 2023. | Los físicos indicadores de fertilidad y contaminación del suelo expresan un estado de degradación en la isla Titino - lago Titicaca – Puno. | DEPENDIENTE Suelo Agrícola | | | |



| | | | | | |
|---|--|---|--|--|--------------------------------------|
| <p>¿Cuál será el estado de los parámetros químicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo para el uso agrícola de la - Puno 2023?</p> | <p>Analizar los parámetros químicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo en la isla Titino - Puno 2023.</p> | <p>Los parámetros químicos como indicadores de fertilidad y contaminación del suelo expresan un estado de degradación en la Isla Titino - lago Titicaca - Puno.</p> | | | <p>antes y durante el muestreo).</p> |
| <p>¿Cómo serán los parámetros físico-químicos comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA) para suelos de la Isla Titino - Puno?</p> | <p>Comparar los resultados de los parámetros físicoquímicos con los estándares de calidad ambiental (ECA) DS:011-2017-MIN AM en la Isla Titino - Lago Titicaca - Puno.</p> | <p>Los parámetros físico-químicos de los suelos de la Isla Titino - Puno superan el ECA del suelo.</p> | | | |

Anexo 02: Compromiso Ético

| | | | | |
|---|---|---|-----------------|---------------|
|  | Manual de Presentación de Proyecto de Investigación e Informe Final | COD. DE DOC.: MAN COD. OF.: UI | VERSIÓN: 1.0 | PÁGINA: 44 |
|---|---|---|-----------------|---------------|

ANEXO N° 01

COMPROMISO ÉTICO PARA TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación titulado "EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS COMO INDICADORES DE FERTILIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA ISLA TITINO - PUNO 2023", ha sido elaborado y desarrollado por JAVIER CHAMBI CASTRO, planificado por el Centro de Investigación Científica para que sea realizado en estricto apego a la metodología de la investigación y a las normas éticas para investigación.

En vista de lo anterior, yo bachiller de la carrera profesional de **INGENIERIA AMBIENTAL** y/o estudiante de último año de la Carrera de....., con código número **160984**, me comprometo a realizar las siguientes acciones:

- He desarrollado esta investigación siguiendo las instrucciones brindadas por el CI, desde la elaboración del marco referencial y recolección de la información, hasta el análisis de datos y elaboración del informe final. En tal sentido la información contenida en el presente documento es producto de mi trabajo personal, apegándome a la legislación sobre propiedad intelectual, sin haber incurrido en falsificación de la información o cualquier tipo de fraude, por lo cual me someto a las normas disciplinarias establecidas por el CI- UPSC.
- Al respeto en circunstancias especiales y formas de vidas particulares con consideración a la perspectiva.
- A realizar el proceso de investigación con Integridad científica.
- A obtener la información consentida de los participantes en la investigación.
- A garantizar el bienestar de animales, en cualquier tipo de Investigación (No marque, si su proyecto no lo amerita).



Huella dactilar


.....
FIRMA DEL AUTOR

| | | |
|--|-----------------------|----------------------|
| REVISADO POR: V°B° | APROBADO POR: V°B° | FECHA DE APROBACIÓN: |
| Prohibida su reproducción sin autorización del Director de la Unidad de Calidad y Acreditación | | |

Anexo 03: ECA del suelo

| Uso del suelo | | | | |
|---|----------------|---------------------------|--|--|
| Parámetros mg/kg | Suelo Agrícola | Suelo residencial parques | Suelo comercial industrial /extractivo | Métodos de ensayos (7) y (8) |
| Orgánicos | | | | |
| Hidrocarburos aromáticos volátiles | | | | |
| Benceno | 0,03 | 0,03 | 0.03 | EPA8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021 |
| Tolueno | 0,37 | 0,37 | 0.37 | EPA 820 EPA 8021 |
| Etilbenceno | 0,082 | 0,082 | 0.082 | EPA 820 EPA 8021 |
| Xilenos ⁽¹⁰⁾ | 11 | 11 | 11 | EPA 820 EPA 8021 |
| Hidrocarburos policromáticos | | | | |
| Naftaleno | 0,1 | 0,6 | 22 | EPA 820 EPA 8021 EPA 8270 |
| Bezo (a) pireno | 0,1 | 0,7 | 0,7 | EPA 8270 |
| Hidrocarburos de petróleo | | | | |
| Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10) | 200 | 200 | 500 | EPA 8015 |
| Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28) | 1200 | 1200 | 5000 | EPA 8015 |
| Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40) | 3000 | 3000 | 6000 | EPA 8015 |
| Compuestos organoclorados | | | | |
| Bifenilos policlorados -PCB ⁽¹⁴⁾ | 0,5 | 1,3 | 33 | EPA 8082 EPA 8270 |
| Tetracloroetileno | 0,1 | 0,2 | 0.5 | EPA 8260 |
| Tricloroetileno | 0,01 | 0,01 | 0.01 | EPA 8260 |
| INORGANICOS | | | | |
| Arsénico | 50 | 50 | 140 | EPA 3050 EPA 3051 |
| Bario total ⁽¹⁵⁾ | 750 | 500 | 2000 | EPA 3050 EPA 3051 |
| Cadmio | 1,4 | 10 | 22 | EPA 3050 EPA 3051 |
| Cromo total | ++ | 400 | 1000 | EPA 3050 EPA 3051 |
| Cromo VI | 0,4 | 0,4 | 1.4 | EPA 3060/ EPA 7199 o DIN EN 1519 ⁽¹⁶⁾ |
| Mercurio | 6,6 | 6,6 | 24 | EPA 7471 EPA 6020 o 200.8 |
| Plomo | 70 | 140 | 800 | EPA 3050 EPA 3051 |

Anexo 04: Resultados de Laboratorio de Análisis Físicoquímicos



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE SUELOS

PROCEDENCIA : Isla Titino – Lago Titicaca
INTERESADO : Javier Chambi Castro
MUESTRA : SUELO
FECHA DE MUESTREO : 17/07/2023
FECHA DE ANALISIS : 19/07/2023

| Puntos de muestreo | pH | Humedad % | CIC (meq/100) | Nitrógeno % | Arena % | Arcilla % | Limo % | Clase Textural |
|--------------------|------|-----------|---------------|-------------|---------|-----------|--------|------------------|
| PM 01 | 8.72 | 80 | 20 | 1.47 | 41 | 32 | 27 | Franco Arcilloso |
| PM 02 | 8.65 | 75 | 18 | 5.89 | 39 | 40 | 21 | Franco |
| PM 03 | 8.37 | 78 | 17 | 5.52 | 37 | 36 | 27 | Franco Arcilloso |
| PM 04 | 8.22 | 82 | 16 | 3.68 | 41 | 34 | 25 | Franco |
| PM 05 | 8.3 | 74 | 18 | 3.68 | 43 | 34 | 25 | Franco Arcilloso |
| PM 06 | 7.9 | 79 | 17 | 2.21 | 47 | 33 | 18 | Franco |

| Fósforo (ppm) | Potasio (ppm) | Materia Orgánica % | Arsénico (mg/kg) | Cadmio (mg/kg) | Plomo (mg/kg) |
|---------------|---------------|--------------------|------------------|----------------|---------------|
| 36.8 | 66.24 | 3.5 | 84.20 | 0.57 | 28.03 |
| 27.6 | 27.60 | 3.66 | 36.94 | 0.29 | 31.43 |
| 55.2 | 80.96 | 2.85 | 28.58 | 0.23 | 18.63 |
| 36.8 | 66.24 | 3.65 | 17.20 | 0.23 | 19.94 |
| 27.8 | 44.16 | 3.9 | 21.11 | 0.19 | 15.36 |
| 29.3 | 35.80 | 3.32 | 8.38 | 0.08 | 11.14 |

OBSERVACIONES: La muestra se recibió en el laboratorio.



Anexo 05: Resultados De Laboratorio De Análisis Físicoquímicos agosto



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



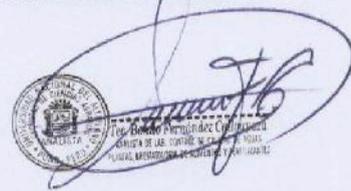
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DE SUELOS

PROCEDENCIA : Isla Titino – Lago Titicaca
INTERESADO : Javier Chambi Castro
MUESTRA : SUELO
FECHA DE MUESTREO : 14/08/2023
FECHA DE ANALISIS : 16/08/2023

| Puntos de muestreo | pH | Humedad % | CIC (meq/100) | Nitrógeno % | Arena % | Arcilla % | Limo % | Clase Textural |
|--------------------|------|-----------|---------------|-------------|---------|-----------|--------|------------------|
| PM 01 | 8.74 | 74 | 17 | 1.4 | 41 | 32 | 27 | Franco Arcilloso |
| PM 02 | 8.56 | 72 | 14 | 5.28 | 39 | 40 | 21 | Franco |
| PM 03 | 8.32 | 75 | 15 | 5.32 | 37 | 36 | 27 | Franco Arcilloso |
| PM 04 | 8.10 | 73 | 16 | 3.6 | 41 | 34 | 25 | Franco |
| PM 05 | 8.35 | 72 | 17 | 3.61 | 43 | 34 | 25 | Franco Arcilloso |
| PM 06 | 8.18 | 71 | 18 | 2.02 | 47 | 33 | 18 | Franco |

| Fósforo (ppm) | Potasio (ppm) | Materia Orgánica % | Arsénico (mg/kg) | Cadmio (mg/kg) | Plomo (mg/kg) |
|---------------|---------------|--------------------|------------------|----------------|---------------|
| 24.8 | 56.20 | 2.5 | 84.18 | 0.58 | 27.80 |
| 22.5 | 55.10 | 3.1 | 36.95 | 0.32 | 32.20 |
| 50.45 | 72.8 | 2.22 | 28.54 | 0.28 | 20.12 |
| 30.4 | 50.20 | 3.2 | 17.05 | 0.27 | 19.85 |
| 21.6 | 36.2 | 3.7 | 22.03 | 0.23 | 17.20 |
| 22.4 | 29.5 | 2.29 | 10.54 | 0.09 | 12.01 |

OBSERVACIONES: La muestra se recepcionó en el laboratorio.



Anexo 06: Toma de Muestras



Anexo 07: Elaborando la Ficha De Registro



Anexo 08: Rotulando la Muestra



Anexo 09: Caja hermética



Anexo 10: Observando la Muestra



Anexo 11: Etiquetado de la Muestra.



Anexo 12: Traslado de Muestras al Laboratorio.



Anexo 13: Georreferenciación con Gps Garmin 64



Anexo 14: Extracción de la Muestra.



Anexo 15: Vista de la Isla Titino

