

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL EN**  
**MONITOREO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL**



**“CONTAMINACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS POR ACTIVIDADES SOCIOECONÓMICAS EN LA RIBERA DEL LAGO TITICACA DEL CENTRO POBLADO DE UROS-CHULLUNI, PUNO”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**  
**WILBER HUGO FLORES RODRIGUEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL EN MONITOREO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL**

**PUNO - PERÚ**

**2017**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS  
SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL EN  
MONITOREO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

“CONTAMINACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS POR ACTIVIDADES  
SOCIOECONÓMICAS EN LA RIBERA DEL LAGO TITICACA DEL  
CENTRO POBLADO DE UROS-CHULLUNI, PUNO”

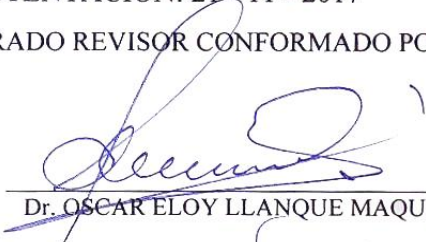

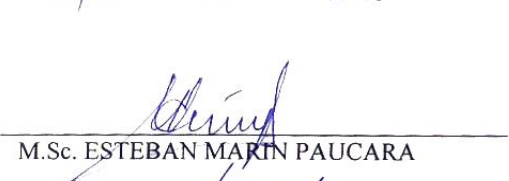
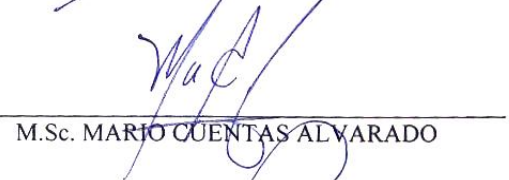

TESIS PRESENTADA POR:

WILBER HUGO FLORES RODRIGUEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN  
PROFESIONAL EN MONITOREO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21 - 11 - 2017

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE	:	 Dr. OSCAR ELOY LLANQUE MAQUERA
PRIMER MIEMBRO	:	 Dr. ROBERTO CHAVEZ FLORES
SEGUNDO MIEMBRO	:	 M.Sc. ESTEBAN MARTIN PAUCARA
DIRECTOR DE TESIS	:	 M.Sc. MARIO CUENTAS ALVARADO
ASESOR DE TESIS	:	 Dr. TEÓFILO DONAIRES FLORES

Área: Ambiental

Tema: Monitoreo y Evaluación Ambiental.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, y hermanos que son las personas responsables de todo lo que soy, y que siempre están ahí en los buenos y malos momentos.

A Srta. Doris Mamani Aza, por su gran apoyo y motivación para la culminación de este trabajo de investigación.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, mi agradecimiento y reconocimiento a la Escuela de Ingeniería de Minas, Programa de Segunda Especialización en Monitoreo y Evaluación Ambiental, y la Escuela Profesional de Ingeniería Química por su acogida y el apoyo recibido durante mi formación profesional.

Al M.Sc. Mario Cuentas Alvarado, docente de la Escuela Profesional de Ing. de Minas y al Dr. Teófilo Donaires Flores, docente de la Escuela Profesional de Ing. Química de la UNA- Puno, por su amable colaboración en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la Ing. Fanny Sonco Justo, encargada del laboratorio de la Segunda Especialización, de la Escuela Profesional de Ing. Minas, y al Tc. Benito Fernández Calloapaza, analista del Laboratorio de Análisis de Agua y Suelos de Ingeniería Agronómica; por su apoyo y cooperación en la realización en este trabajo de investigación.

A todos mis compañeros de la Segunda Especialización Profesional en Monitoreo y Evaluación Ambiental, por los que hemos compartido experiencias, por su apoyo y ánimo en cada etapa que pasa y viene a lo largo de estos años de estudio.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xi
NOTACIÓN, SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema .....	18
1.2. Enunciado del problema .....	21
1.2.1. Pregunta general.....	21
1.2.2. Preguntas específicas .....	21
1.3. Objetivos de la investigación.....	21
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivos específicos .....	21
1.4. Justificación .....	22
1.5. Hipótesis de la investigación .....	23
1.5.1. Hipótesis general.....	23
1.5.2. Hipótesis específicas .....	23

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes de la investigación.....	24
2.2. Marco teórico.....	26
2.2.1. El suelo: Formación, estructura y composición .....	26
2.2.2. Calidad y contaminación de suelo.....	30
2.2.3. Tipos de contaminación del suelo .....	31
2.2.4. Agentes contaminantes de los suelos .....	31
2.2.5. Residuos sólidos domésticos.....	32
2.2.6. Contaminación de los suelos por residuos solidos domésticos .....	33

2.2.7. Contaminantes químicos .....	34
2.2.8. Factores del suelo que facilitan la presencia y acumulación de los metales pesados.....	37
2.2.9. Importancia del muestreo y análisis de suelos .....	43
2.3. Marco conceptual.....	43
2.3.1. Medio ambiente.....	43
2.3.2. Calidad de suelos .....	44
2.3.3. Indicadores de calidad de suelo.....	46
2.3.4. Impacto ambiental .....	48
2.3.5. Suelo .....	49
2.3.6. Suelo agrícola.....	49
2.3.7. Contaminante .....	50
2.3.8. Environmental Protection Agency .....	50
2.3.9. Canadian Environmental Quart Guidelines.....	50
2.3.10. Software SoQI.....	51
2.3.11. Estándar de Calidad Ambiental (ECA) .....	52
2.3.12. Estándares de Calidad Ambiental para Suelos en el Perú .....	53
2.3.13. Caracterización de sitios contaminados .....	53
2.3.14. Contaminación del suelo .....	53
2.3.15. Metales pesados en suelos – contaminación .....	53
2.3.16. Contaminación visual.....	57
2.4. Marco espacial .....	57
2.4.1. Generalidades de la localidad geográfica.....	57
2.5. Población del centro poblado Uros-Chulluni.....	62
2.6. Descripción histórica del centro poblado Uros-Chulluni.....	64
2.7. Contaminación en el centro poblado Uros-Chulluni .....	65
2.7.1. Desarrollo de actividades económicas .....	66
2.7.2. Inadecuado manejo de residuos sólidos .....	66
2.7.3. Aguas residuales domésticas.....	67
2.8. Marco legal.....	67

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología.....	71
3.1.1. Tipo y diseño de la investigación.....	71
3.1.2. Población de estudio .....	72

3.1.3. Muestra.....	74
3.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	78
3.1.5. Procesamiento de los datos .....	78

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contaminación de los suelos agrícolas por actividades socioeconómicas.....	79
4.1.1. Actividades socioeconómicas .....	79
4.1.2. Impacto ambiental generado por las actividades socioeconómicas .....	84
4.2. Propiedades fisicoquímicas de los suelos agrícolas.....	85
4.2.1. Características de los suelos agrícolas .....	85
4.2.2. Determinación de concentración de metales .....	92
4.3. Contrastación de hipótesis .....	110
4.3.1. Verificación de la hipótesis general .....	110
4.3.2. Verificación de hipótesis específicas .....	110
4.4. Contracción de resultados .....	111
CONCLUSIONES .....	113
RECOMENDACIONES .....	114
BIBLIOGRAFÍA .....	115

ANEXOS

Anexo 1.	Guía de muestreo para suelos, en el marco del D. S. 002-2013-MINAM.
Anexo 2.	Ficha de muestreo de suelo.
Anexo 3.	Estándares de calidad de suelo canadiense
Anexo 4.	Estándares de calidad ambiental para suelos, normatividad peruana
Anexo 5.	Cadena de custodia- monitoreo de suelos
Anexo 6.	Resultados de los análisis de laboratorio propiedades fisicoquímicas
Anexo 7.	Resultados de los análisis de laboratorio de concentración de metales
Anexo 8.	Plano de ubicación de los suelos agrícolas de Palapaja y centro poblado Uros-Chulluni
Anexo 9.	Permiso de autorización para la toma de muestras de suelos agrícolas
Anexo 10.	Fotografías de lugar de estudio, centro poblado de Uros-Chulluni

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Proceso de formación del suelo .....	27
Figura 2.2 Estructura del suelo .....	28
Figura 2.3 Reacciones de intercambio catiónico en suelo. ....	37
Figura 2.4. Tabla Periódica de los elementos con anotaciones de relevancia en el estudio de los suelos .....	55
Figura 3.1. Ubicación de los suelos agrícolas, .....	73
Figura 3.2. Puntos de muestreo de nivel de fondo en los suelos de Palapaja. ....	76
Figura 3.3. Puntos de muestro en los suelos del centro poblado Uros-Chulluni.....	76
Figura 4.1. Suelo agrícola de Palapaja, puntos de muestra nivel de fondo (PMNF) .....	87
Figura 4.2. Suelos agrícolas de centro poblado Uros-Chulluni .....	87



**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 2.1.	Usos de los metales en la industria .....	35
Tabla 2.2.	Importancia de los metales para la agricultura .....	42
Tabla 2.3.	Distribución del número de familiar por barrios .....	63
Tabla 2.4.	Nivel de educación de los pobladores del centro poblado Uros-Chulluni.....	63
Tabla 3.1.	Puntos de muestreo en los suelos agrícolas en estudio .....	75
Tabla 4.1.	Características socioeconómicas del centro poblado Uros-Chulluni.....	80
Tabla 4.2.	Servicio de agua del centro poblado Uros-Chulluni.....	81
Tabla 4.3.	Generación de residuos sólidos domésticos .....	82
Tabla 4.4.	Disposición de los residuos solidos domésticos .....	83
Tabla 4.5.	Profundidad y hora de muestreo en los suelos agrícolas en estudio.....	86
Tabla 4.6.	Características fisicoquímicas de los suelos agrícolas de Palapaja y suelos agrícolas del centro poblado Uros-Chulluni, en la orillas del Lago Titicaca.....	88
Tabla 4.7.	Concentración de metales en suelos agrícolas en los puntos de muestreo .....	93

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Lugar de generación de residuos sólidos domésticos. ....	83
Grafico 4.2. Conductividad eléctrica de las muestras.....	90
Gráfico 4.3. Composición de materia orgánica de los suelos agrícolas.....	91
Grafico 4.4. pH de las muestras de los suelos agrícolas .....	92
Gráfico 4.5. Concentración de antimonio.....	95
Grafico 4.6. Concentración de arsénico.....	96
Gráfico 4.7. Concentración de bario.....	97
Gráfico 4.8. Concentración de berilio.....	97
Grafico 4. 9. Concentración de boro.....	98
Gráfico 4.10. Concentración de cadmio.....	99
Grafico 4. 11. Concentración de cobalto.....	100
Gráfico 4.12. Concentración de cobre.....	100
Gráfico 4.13. Concentración de cromo. ....	101
Grafico 4.14. Concentración de estaño. ....	102
Gráfico 4.15. Concentración de mercurio. ....	102
Gráfico 4.16. Concentración de molibdeno. ....	103
Grafico 4.17. Concentración de níquel. ....	104
Gráfico 4.18. Concentración de plata.....	104
Gráfico 4.19. Concentración de plomo. ....	105
Gráfico 4.20. Concentración de selenio. ....	106
Gráfico 4.21. Concentración de sodio.....	106
Gráfico 4.22. Concentración de talio. ....	107
Gráfico 4.23. Concentración de titanio. ....	108
Grafico 4.24. Concentración de vanadio.....	108
Gráfico 4.25. Concentración de zinc.....	109

## NOTACIÓN, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

°C	grados Celsius
Eh	potencial REDOX
g/cm <sup>3</sup>	gramos por centímetro cúbico
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
meq/100g	miliequivalente por 100 gramos
mg/kg	miligramo por Kilogramo
mm	milímetros
mS/Cm	micro Siems por centímetro
ppb	partes por billón
ppm	ppm partes por millón
tn/ha • año	tonelada por hectárea en un año
C.P.	Centro poblado
CCME	Canadian Environmental Quality Guidelines
CE	Comunidad Europea
CE	Conductividad eléctrica
CIC	Conductividad de Intercambio Catiónico
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
ECA	Estándar de Calidad Ambiental
ECA	Estándar de Calidad Ambiental para Suelos Agrícolas Peruano
ECS	Estándar de Calidad de Suelo Canadiense
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
Emp.	Empresa
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Organización de la Naciones Unidad para la Agricultura y Alimentación
GPS	Sistema de posicionamiento global
HAPs	Hidrocarburos Aromáticos policíclicos
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales
LGA	Ley General del Ambiente

LMP	Límite Máximo Permitido
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MINAM	Ministerio del Ambiente
Mun.	Municipalidad
OMS	Organización Mundial de la Salud
pH	Potencial Hidruro
PM	Punto de muestreo
PMNF	Punto de muestreo de nivel de fondo
RAMSAR	Convección sobre los humedales
REDOX	Potencial Oxido-Reducción
RNT	Reserva Nacional del Titicaca
RSD	Residuos sólidos domésticos
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
UTM	Universal Transversal de Mercator
WGS	The World Geodetic System

## RESUMEN

Los suelos agrícolas del centro poblado de Uros Chulluni, ubicados en las orillas de Lago Titicaca, son contaminados por la generación de residuos sólidos domésticos, aguas residuales, debido a las actividades socioeconómicas a las que se dedican los pobladores, principalmente el turismo en las islas de los Uros, artesanía, silvicultura, agricultura, ganadería y caza. Esta investigación pretende conocer el nivel de contaminación de estos suelos agrícolas por lo que se realiza un desarrollo sistemático desde la revisión bibliográfica, muestreo de suelos hasta el procesamiento de los resultados de las propiedades fisicoquímicas realizados por laboratorios acreditados; se realiza ocho puntos de muestreo en los suelos en estudio y dos puntos de muestreo de nivel de fondo en el lugar denominado Palapaja, siguiendo la metodología de la guía de muestreo para suelos, en el marco del D. S. 002-2013-MINAM; finalmente el análisis los resultados permite integrar todos los indicadores de la contaminación, que según la guía de calidad ambiental de suelos canadiense el nivel de contaminación en los suelos agrícolas en estudio es alto designándole 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 si es significativo para los residuos sólidos y aguas residuales.

**Palabra clave:** Aguas residuales domésticas, contaminación ambiental, ecosistema, metales pesados, sólidos residuales domésticos, Uros-Chulluni, suelos agrícolas.

## ABSTRACT

The agricultural soils of the Uros Chulluni Village Center, located on the shores of Lake Titicaca, are contaminated by the generation of domestic solid waste, wastewater, debris, etc., due to the socioeconomic activities that are mainly engaged in tourism in the Uros Islands, handicrafts, forestry, agriculture, livestock and game. This research intends to know the level of contamination of these agricultural soils, so that a systematic development is realized from the bibliographical revision, soil sampling to the processing of the results of the physicochemical properties realized by accredited laboratories; eight sampling points were carried out in the soils under study and two bottom-level sampling points at the Palapaja site, following the methodology of the sampling guide for soils, within the framework of D. S. 002-2013-MINAM; Finally, the results analysis allows the integration of all contamination indicators, which according to the Canadian Soil Environmental Quality Guide, the level of contamination in the agricultural soils under study is high, giving it a value of 40, due to the presence of heavy metals such as arsenic, boron, titanium, sodium; according to the environmental quality standards of agricultural soils of Peru is low level with a value of 70, in addition to comparing it with the background level there is not much significance concerning the concentration of metals but if it is significant for solid wastes and waste water.

**Key words:** Domestic sewage, environmental pollution, ecosystem, heavy metals, domestic waste solids, Uros-Chulluni, agricultural soils.

## INTRODUCCIÓN

El suelo, considerado desde la perspectiva de las actividades humanas dirigidas al aprovechamiento de su potencial productivo (agricultura, ganadería, explotación forestal), se ha definido tradicionalmente como “el conjunto de unidades naturales que ocupan las partes de la superficie terrestre que soportan las plantas, y cuyas propiedades se deben a los efectos combinados del clima y de la materia viva sobre la roca madre, en un periodo de tiempo y en un relieve determinado”.

Por otro lado, el suelo, como soporte de actividades de carácter urbano, se interpreta más en función de las características y propiedades que condicionan dichas actividades: capacidad portante, erosionabilidad, estabilidad, permeabilidad, facilidad de drenaje, etc. En este caso, el alcance del concepto suelo es más amplio, no limitándose al espesor afectado por las raíces de las plantas, sino incluyendo además todos los materiales no consolidados, meteorizados o alterados de su condición original y situados sobre un lecho rocoso, duro y consolidado.

El objetivo de la presente investigación es determinar la contaminación de los suelos agrícolas generados por las actividades socioeconómicas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno; para lo cual se hizo necesario: la identificación de las actividades socio económicas a las que se dedican los habitantes, comprobar la presencia y concentración de contaminantes específicos en los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni, con respecto a los estándares de la Guía para Suelos Agrícolas Canadiense, Estándares de Calidad Ambiental para Suelos Agrícolas del Perú, y con los niveles de fondo de los suelos agrícolas de Palapaja, finalmente determinar el impacto generado por las actividades socio-económicas a los suelos agrícolas estudiados.

Presenta los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se puntualiza el planteamiento del problema, el problema, objetivos, justificación, e hipótesis.

En el Capítulo II, se abordan los aspectos teóricos de los suelos agrícolas, medio ambiente, contaminación de suelos, se tratan los aspectos de contaminación del lugar de estudio, los índices de calidad, el marco espacial y el marco legal.

En el Capítulo III, se describe la metodología seguida.

En el Capítulo IV, se precisa los resultados, análisis y discusión.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas empleadas; como también en los anexos, se muestran las guías y fichas de monitoreo de suelos agrícolas, cadena de custodia, estándares de calidad de suelo canadiense para agricultura, y estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas en el Perú, resultados de análisis de laboratorio realizados, los planos de ubicación de los suelos agrícolas, permisos para la toma de muestras, fotografías del lugar de estudio y toma de muestras, etc.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Descripción del problema

La contaminación es un tema de dominio mundial, es una de las grandes causantes del deterioro de nuestro planeta, siendo la contaminación por residuos/desecho, muy reiterada debido a que somos los propios habitantes quienes infestamos nuestra habidad a causa del consumismo que practicamos, generando todo tipo de residuos sólidos; En centro poblado de Uros-Chulluni, es un referente de turismo ecológico, podemos encontrar gran cantidad y variedad de residuos sólidos domésticos, aguas residuales domésticas, desde la entrada al pueblo hasta la llegada a las zonas de frecuente visita, por parte de los turistas. Causando contraste con el turismo de naturaleza, que se ofrece en este sitio e interfiriendo con las expectativas del visitante y privándolo de tener una buena apreciación estética del lugar, anulando o disminuyendo el grado de satisfacción afectiva del turista a la hora de visitar el sitio.

El suelo, es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal o de construcciones civiles. Antes de establecerse cualquier uso es necesario conocer sus características. Cuando se quiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones forestales se debe evaluar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas.

La importancia que ha alcanzado la protección del medio ambiente en las últimas décadas ha generado una mayor preocupación y participación, por parte de la

mayoría de los países del mundo en generar y propiciar políticas de protección para el medio ambiente. Por otro lado, el crecimiento de la población incrementa el volumen de materiales residuales, lo cual constituye un grave problema ya que dichos materiales se van acumulando sin que los agentes naturales puedan estabilizar o destruir toda esa materia, debido a la velocidad con que esta se genera. (Enkerlin, 1997).

Los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni, ubicados a la ribera del Lago Titicaca de Puno, son empleados como suelos agrícolas, para el cultivo de papa, cebada, avena, etc., donde también se realiza de pastoreo de ovinos y crianza de porcinos, aves domésticas (Anexos fotografías 1-5); además se tiene la existencia de la flora y fauna propia del lugar.

Estos suelos, en parte es usado como botadero de residuos sólidos domésticos, desmonte, escombros, etc. (Enríquez, 1999), como relleno para ganar área al Lago; actualmente el centro poblado, no cuenta con una adecuado manejo de los residuos sólidos, por lo que son depositados en las áreas cercanas, sin ningún tipo de tratamiento, por lo que los fenómenos meteorológicos llevan estos residuos a las áreas de cultivo, generando una contaminación por plásticos, papeles, latas, embaces, metales pesados, etc. alterando las propiedades físicos químicas y biológicas, de la misma forma también se tiene una contaminación visual. El sistema de alcantarillado tiene conexiones clandestinas de las aguas residuales domésticas, que estas se dirigen al Lago, donde no existe una circulación de las aguas, por lo que se depositan en la ribera junto a los totorales de la Reserva Nacional del Titicaca. Por lo que en época de lluvia cuando el Lago sube de nivel, inundando los suelos agrícolas, y se deposita directamente en los suelos agrícolas ubicado en la ribera, por lo que existiría materia fecal, fenoles, metales pesados, etc. En otra zona se expide combustibles para la embarcaciones que se dedican a la actividad turística; por lo que existiría una posible contaminación por hidrocarburos como la gasolina, petróleo diésel, aceites y grasas, también se realiza el mantenimiento y reparación de estas embarcaciones por lo que habría alteración de la composición del suelo por derrame de hidrocarburo residual, pintura, aserrín, vidrios, etc.; al no contar con factores externos que renueven las aguas, la contaminación irá aumentando si se siguen depositando residuos sólidos urbanos.

El problema de los residuos sólidos domésticos, aguas residuales domesticas e hidrocarburos en el centro poblado de Uros-Chulluni, tiene un efecto directo sobre su desarrollo. La falta de una gestión del manejo adecuado de residuos conlleva a la proliferación de focos infecciosos, riesgo de salud, ambiente y contaminación visual del centro poblado. Al no contar con factores externos que renueven las aguas, la contaminación irá aumentando si se siguen depositando residuos sólidos urbanos, en parte es usado como botadero de residuos sólidos domésticos, desmonte, escombros, etc. (Enríquez, 1999)

La medición de la calidad ambiental del suelo agrícola abarca los componentes físicos, químicos y sus interacciones. Por esto, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud del suelo, deberán ser medidos todos los parámetros. Sin embargo, no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los suelos, o situaciones. Los indicadores del equipo de calidad del suelo. El equipo es usado es usado como un instrumento de análisis para detectar la tendencia o dirección general de la calidad del suelo, su adecuado uso y la correcta interpretación de los resultados dependen de lo bien que sean interpretados los indicadores con relación a uso de las tierras y objetivos ecológicos.

En la presente investigación se realizar un monitoreo y evaluación ambiental de la calidad de suelo del centro poblado de Uros-Chulluni, debido a que son usados como suelos agrícolas para el cultivo de papa, quinua, cebada, avena, etc. Donde también se realiza de pastoreo de ovinos y crianza de porcinos, avícolas.

Un suelo saludable, es uno de los recursos más preciados de la Tierra, es vital para mantener un alto nivel de producción y beneficios a largo plazo, para la integralidad ambiental de plantas, animales y personas. El monitoreo de los efectos que las prácticas de manejo tienen sobre el suelo, puede contribuir a mejorar y mantenerlo. Desde el punto de vista racional y real; es decir, no podemos pensar que la contaminación se puede eliminarse.

## **1.2. Enunciado del problema**

### **1.2.1. Pregunta general**

¿Cuál es el nivel de contaminación de los suelos agrícolas que se ha generado por las actividades socioeconómicas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno?

### **1.2.2. Preguntas específicas**

¿Cuáles son las actividades socioeconómicas que contaminan los suelos agrícolas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado Uros-Chulluni, Puno?

¿Existe presencia y concentración de contaminantes específicos en los suelos agrícolas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado Uros-Chulluni, Puno?

¿Cuál es el impacto ambiental generado por las actividades socioeconómicas en los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar el nivel de contaminación de los suelos agrícolas que se ha generado por las actividades socioeconómicas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar las actividades socioeconómicas que contaminan los suelos agrícolas del centro poblado Uros-Chulluni ubicados en la ribera del Lago Titicaca, Puno.
- Comprobar la presencia y concentración de contaminantes específicos, con respecto los estándares de calidad de suelo canadiense y estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas en el Perú y los niveles de fondo de Palapaja.

- Determinar el impacto ambiental generado por las actividades socioeconómicas a los suelos agrícolas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno.

#### 1.4. Justificación

La contaminación de suelos como producto de la actividad del hombre y la depuración natural, es un tema que aún se viene estudiando a lo largo de los años en los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni es un problema que viene afectando al medio ambiente y es muy urgente reducir su contaminación y realizar un estudio para su recuperación.

La razón de formular la presente investigación es que en la actualidad los habitantes del centro poblado de Uros-Chulluni enfrentan riesgos potenciales hacia su salud y bienestar físico, debido a la contaminación y degradación de la calidad ambiental de su entorno natural del mencionado sector. La limitada capacidad para prevenir y solucionar los problemas ambientales del centro poblado, que ocasionan la contaminación de los suelos y pérdida de flora y fauna además de la pérdida de cobertura vegetal; la dispersión de residuos sólidos domésticos en vías y espacios públicos y el surgimiento de riesgos para la salud de los habitantes del centro poblado. También la contaminación generada por los aceites y grasas producidos en el mantenimiento del motor de las lanchas, por lo que es necesario saber cómo es el nivel de contaminación de estos suelos ya que son utilizados para la agricultura y pastoreo de animales. Ver anexos, fotografía 1, 2.

Es por este motivo se determinó la contaminación ambiental de los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni Puno, que se encuentra a ribera de Lago Titicaca, y compararlo con el suelo agrícolas de Palapaja que no tiene un impacto ambiental por residuos sólidos ni aguas residuales, lo que servirá para proponer acciones concretas que permitan reducir la contaminación.

Desde el punto de vista académico el proyecto de investigación permitirá conocer la calidad ambiental del suelo agrícola del centro poblado de Uros-Chulluni en

la orilla del Lago Titicaca, utilizando metodologías para la evaluación, identificación y valoración de los impactos ambientales.

El estudio nos brindará información que se empleará para la toma de decisiones que repercutan en el mejoramiento de la calidad ambiental de estos suelos y mayor cantidad en las visitas de los turistas, incidiendo en la economía del centro poblado, también aportará información actualizada generada en el sitio de interés sobre la situación problemática.

## **1.5. Hipótesis de la investigación**

### **1.5.1. Hipótesis general**

El nivel de contaminación de los suelos agrícolas que se ha generado por las actividades socioeconómicas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno es alto.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- Las actividades socioeconómicas que contaminan los suelos agrícolas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado Uros-Chulluni, Puno son: El comercio, turismo, construcción, pesca, actividades agrícolas y ganaderas.
- Existen contaminantes específicos (metales pesados) en los suelos agrícolas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado Uros-Chulluni, Puno, cuya presencia y concentración sobrepasa el estándar de calidad ambiental de suelos agrícolas canadiense, y estándares de calidad de suelos agrícolas en el Perú.
- El impacto ambiental generado por las actividades socioeconómicas en los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno es alto, puesto que la presencia de residuos sólidos domésticos, aguas residuales, uso de fertilizantes etc., generados por dichas actividades se han estado incrementando, emitiéndose hacia los suelos agrícolas grandes cantidades de metales pesados.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Gian Franco (2015), manifiesta en su trabajo de investigación del centro poblado de Uros-Chulluni, la capacidad de uso de los suelos con el uso actual observa que por lo menos una tercera parte de las tierra del sistema Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa (TDPS) esa siendo sobre explotada por encima de su capacidad de uso, esta sobre explotación se lleva a cabo sobre todo en la tierra marginales y no aptas para cultivos anuales, permanentes, la perdida de estos suelos agrícolas está determinada básicamente por la erosión y salinización, se ha estimado que el 30 % de estos suelos presenta erosión severa por las actividades agrícolas y pastoriles.

Hernández Picazo (2014), en la tesis de la determinación del cadmio (Cd) en suelos agrícolas dedicados a la producción de alfalfa *Medicago Sativa* irrigado con aguas residuales, los resultados analizados tanto para bloques como para las diferentes profundidades muestran que la distribución de cadmio en el sitio, los resultados de laboratorio a ser analizados estadísticamente a una profundidad de 30-60 cm dan una media de 11.88 mg/kg, lo que se determina que este valor está por debajo de los límites máximos permisibles con respecto al cadmio, la norma mexicana, nos indica 37 mg/kg y en relación a la EPA (USA) están por encima de los LMP es de 10 mg/kg.

Vargas Onofre (2014), en su trabajo de la contaminación de la zonas rurales Puno-Perú; manifiesta que el nivel de contaminación ambiental es un problema de salud

pública ya que actualmente ya no hay producción en la agricultura, los animales cada vez mueren, los peces en los ríos desaparecieron por la contaminación, el consumo de agua no apto para el consumo humano, no se conoce con precisión el nivel de contaminación por sustancias orgánicas tóxicas que puedan estar presentes en el ambiente a causa de la industria, agrícola y doméstica, dado que son muy variadas y provienen de distintas fuentes, tanto puntuales como difusas. Sin descuidar el control de metales y sustancias inorgánicas tóxicas, es necesario promover tanto una mayor demanda de este tipo de análisis en la región, y a la vez un mayor desarrollo de la capacidad de análisis de compuestos orgánicos.

El MINAM, (2013); elaboro una caracterización denominada: “Línea Base Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca”, en la que realizo un diagnóstico de la situación vital de la Cuenca del Lago Titicaca, que proporciona un panorama del estado de los ecosistemas en función de sus recursos físicos, bióticos y socioeconómicos, para establecer los lineamientos y orientar acciones para la recuperación de la calidad ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca, en articulación con los actores directos e indirectos constituidos a través de la Comisión Multisectorial para la Prevención y Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca y sus afluentes.

Chambi, Orsag, & Niura (2012), en el informe de evaluación de la presencia de metales pesados y arsénico en suelos agrícolas y cultivos en tres microcuencas del municipio de Poopó, se muestrearon suelos de parcelas agrícolas y cultivos fracción comestible (papa, haba, cebada y alfalfa), en puntos previamente seleccionados, las muestras con pequeñas concentraciones se determinaron mediante el espectrofotómetro de absorción atómica en llama y horno de grafito; Los resultados muestran que los suelos agrícolas de las tres Micro-cuencas en estudio se encuentran contaminados por arsénico, superando el nivel peligroso de (55 mg/kg de suelo) propuesto por Holanda, presenta mayor acumulación de (Pb y Cd) en sus suelos, manifestándose un indicio de contaminación por plomo en el producto agrícola de haba, que superó el LMP (5 mg/kg), papa (1,7 mg/kg)

Hernández (2011), en la determinación de metales pesados en suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca, en la cual los resultados obtenidos señalan que los



suelos tienen un contenido muy variable de cadmio (Cd), pero en promedio hay una concentración natural de 1 mg/kg en el suelo. Lo cual indica que están contaminados por este metal, pero no rebasan los límites máximos permisibles que establece la NOM-147, 2014) que es de 37 mg/kg de cadmio para el suelo. Por lo tanto, es una región minera que esta propensa a la contaminación por metales pesados y en específico el cadmio, ya que es muy dañino para la salud del ser humano.

Apaza Cruz (2008), en el estudio de análisis del proceso de sedimentación e impacto ambiental en la bahía de Puno entre Chimú y Chulluni, se ha determinado un índice de erosión de 11.50 tn/ha.año, cifra extremadamente superior a las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), que es de 0.3 tn/ha·año debido al mal uso de las prácticas de cultivo y ausencias de prácticas de conservación de suelos.

El MINAGRI, (1996), en la propuesta para la designación de sitio RAMSAR, indica que la población rural que ocupa áreas ribereñas circundantes al Lago Titicaca se dedican, en su mayoría a la agricultura (papa, cebada, avena, quinua, cañihua) y a la ganadería en las pampas (ovinos, alpacas y llamas), favorecida por los extensos pastizales existentes en las planicies y la cosecha de forrajes naturales (llachos y totora) alternando con la pesca artesanal y la caza de subsistencia; en el área de influencia del sector de la Reserva nacional del Titicaca viven alrededor de 10-15 comunidades rurales, la más importante es el centro poblado de Uros-Chulluni (78.25 hectáreas), 500 de la cuales viven en la Reserva Nacional del Titicaca ocupando las islas flotantes de totora, manteniendo practicas ancestrales en el uso de los recursos naturales, como también las actividades de Turismo, transporte fluvial, comercio, pesca y caza de subsistencia.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. El suelo: Formación, estructura y composición**

El suelo es la base para el establecimiento de cualquier proyecto agrícola, pecuario, forestal o de construcciones civiles. Antes de establecerse cualquier uso del

suelo es necesario conocer sus características. Cuando se quiere establecer cultivos agrícolas, pasturas o plantaciones forestales se debe evaluar las propiedades físicas, químicas y/o biológicas del suelo. (Osorio, 2015)

**Formación**

El suelo se forma a través de un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos, que tienen lugar sobre el medio rocoso original, produciendo la meteorización del mismo. La meteorización, es la erosión producida en una roca por los agentes atmosféricos, los cambios de temperatura y en general por la intemperie. Se dice que es de tipo físico cuando se produce la disgregación de la roca por procesos mecánicos que las trituran mediante grietas o fisuras, y se dice que es de tipo químico cuando la descomposición de la roca se produce por procesos químicos (disolución, hidratación, hidrólisis, carbonatación y oxidación), que atacan los minerales que las constituyen transformándolos en otros. En la formación del suelo intervienen, igualmente, otros factores como son los geológicos (naturaleza de la roca madre, erosión, sedimentación, etc.), climatológicos (temperatura, lluvia, viento, humedad, etc.) y biológicos (vegetación, fauna, etc.) (Sabroso G. & Pastor E., 2004), Figura 2.1

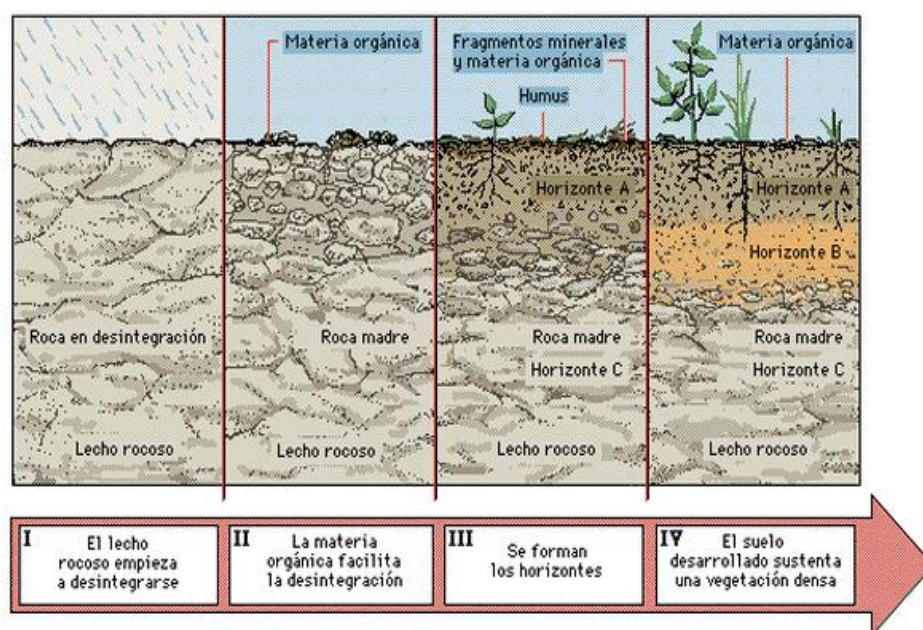


Figura 2.1. Proceso de formación del suelo

Fuente: Intagri, (2017)

### *Estructura*

Debido, sobre todo, a la infiltración del agua edáfica, que produce una cierta meteorización química, y a la actividad orgánica se desarrolla una estructura secuencial en capas distintas en el suelo según la profundidad. A estas capas se les denomina horizontes y constituyen el perfil del suelo, (Figura 2.2)

“*Horizonte A*” u orgánico y de lavado: compuesto por partículas minerales y materia orgánica (humus) que le confiere una coloración oscura.

“*Horizonte B*” o de acumulación: se produce la acumulación de los compuestos de lixiviación procedentes del horizonte A. En esta capa tiene lugar la oxidación de la materia orgánica y una lixiviación moderada.

“*Horizonte C*” o de transición hacia la roca madre: es una capa fronteriza que separa la roca en proceso de meteorización de la roca sin alterar.

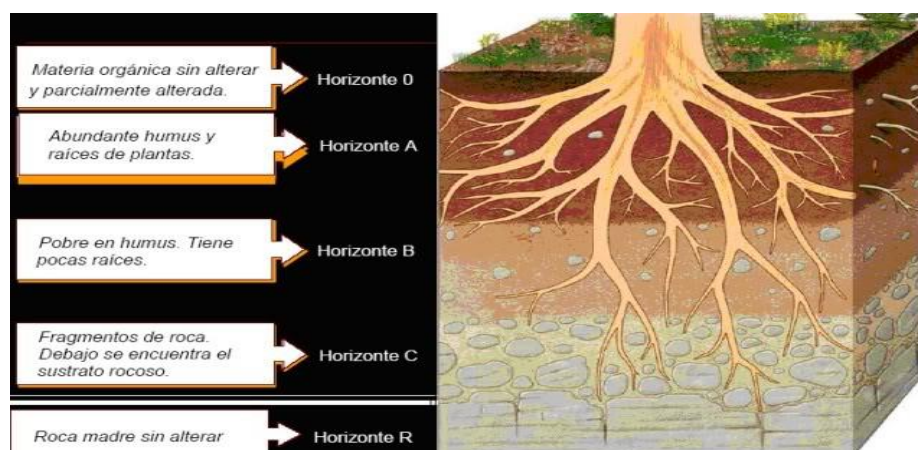


Figura 2.2 Estructura del suelo

Fuente: accm2002, (2016)

### *Composición*

La composición química de un suelo viene determinada, en buena parte, por el tipo de material originario (roca), puesto que es el material base a partir del cual se forma el suelo. Junto a este material se va añadiendo, en el transcurso

del tiempo que dura la formación de un suelo, materia orgánica procedente de organismos vivos. El contenido mineral de un suelo es el que determina su fertilidad.

Básicamente son tres los tipos de rocas, pueden ser material original del suelo:

*Ígneas*: formadas por solidificación de un material fundido (lava). Tienen como término medio un 50 % de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).

*Sedimentarias*: formadas por sedimentación de materiales depositados por el viento, el agua, el hielo o la gravedad (areniscas ( $\text{SiO}_2$ ), lutitas y arcillas), o por procesos químicos o bioquímicos (evaporitas y calizas).

*Metamórficas*: formadas por recristalización de rocas ígneas o sedimentarias en condiciones de elevada presión y/o temperatura. Por término medio, un suelo tiene la siguiente composición volumétrica: 50% de materia sólida: 45 % mineral y 5 % orgánica, 20-30 % disolución acuosa, 20-30 % aire.

Los constituyentes del suelo son de dos tipos:

*Componentes inorgánicos*, son los productos derivados de la meteorización y, según su tamaño y naturaleza, se clasifican en gravas, arenas y arcillas (la cantidad relativa de cada una de ellas constituye la textura). Están constituidos por partículas minerales. En los poros y cavidades que existen entre las partículas también hay agua y aire. Se puede considerar que existen dos componentes mayoritarios en todo tipo de suelos: los silicatos y los óxidos.

*Componentes orgánicos o humus*, son resultado de la descomposición de los restos de seres vivos por acción de las bacterias y los hongos. Su presencia da calidad al suelo, retiene el agua y sirve como fuente de alimento de microorganismos que fertilizan el suelo. (Sabroso G. & Pastor E., 2004)

### 2.2.2. Calidad y contaminación de suelo

La calidad del suelo se define como la capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar en ecosistemas naturales o intervenidos, calidad de suelos está relacionada con su uso, no puede ser medido directamente, pero puede ser inferida por mediciones de los atributos como indicadores (Andrews, Karlen, & Cambardella, 2004). Estos no son universales y se deben establecer un sistema de indicadores de calidad (e índice críticos), para cada condición o ambiente específico. (Sanchés-Marañón & Soriano, 2002)

El suelo es un componente esencial del ambiente en el que se desarrolla la vida; es vulnerable, de difícil y larga recuperación (tarda desde miles a cientos de miles de años en formarse), y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso natural no renovable. Este recurso se utiliza para fines muy diversos: agricultura, ganadería, extracción de minerales y de materiales para la construcción, soporte para las edificaciones, eliminación de residuos y actividades de ocio y recreo, entre otros. (Connell & Miller, 1984)

Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

Hemos de distinguir entre contaminación natural, frecuentemente endógena, y contaminación antrópica, siempre exógena.

Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo. Pero las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la actuación antrópica, que al desarrollarse sin la necesaria planificación producen un cambio negativo de las propiedades del suelo. (Inga, 2010)

### 2.2.3. Tipos de contaminación del suelo

La clasificación de agentes contaminantes según su efecto primario:

#### *Contaminación física*

Aquellos que originan variaciones en parámetros como temperatura y radiactividad.

#### *Contaminación química*

Aquellos que por su presencia o por su elevada concentración alteren la composición originaria del suelo. (Sabroso G. & Pastor E., 2004)

#### *Contaminación biológica.*

Aquellos que inducen a la proliferación de especies ajenas a los microorganismos.

En este estudio de investigación se refiere a la contaminación química, por ser la más predominante y estar directamente relacionada con las actividades económicas.

### 2.2.4. Agentes contaminantes de los suelos

El desarrollo intensivo de las actividades humanas ha provocado la degradación de los suelos. Entre las causas que influyen en la degradación a nivel mundial están la deforestación, el sobrepastoreo, las prácticas inadecuadas de agricultura y la contaminación originada por las industrias y zonas urbanas (SEMARNAT, 2005)

El equilibrio de un ecosistema puede quedar influenciado por un exceso de residuos de materia orgánica, sin embargo, la mayor amenaza de un biotopo reside en determinadas sustancias tóxicas o contaminantes, procedentes de actividades agrícolas, ganaderas, industriales o domésticas. (Gonzales, 2006)

La naturaleza diversa de los compuestos que se originan en estas áreas, son ecológicamente imprevisibles. La capacidad de difusión, disolución o reacción (por

exceso o por defecto) de las partículas emitidas es notable. De hecho, si los compuestos son solubles se incorporan a las plantas y a los animales que las ingieren; ejemplo de los metales como el mercurio, plomo, cadmio, níquel, etc. (en ciertas condiciones el mercurio puede permanecer en el suelo durante un largo periodo de tiempo). Por otro lado, si los compuestos no son solubles permanecen en el suelo retenidos sin poder ser procesados eficazmente por las redes tróficas, salvo en ciertas condiciones de acidez del terreno. Cuando la contaminación es efectiva y los mecanismos naturales de depuración quedan saturados, se produce una paulatina desaparición de las especies vegetales y animales, y en casos extremos a la transformación en un suelo totalmente estéril. (Gonzales, 2006)

#### **2.2.5. Residuos sólidos domésticos**

Los residuos sólidos domésticos (RSD), son un gran problema de todos los días y un drama terrible para las grandes ciudades que ya no saben qué hacer con tantos desperdicios que son fuente de malos olores, de infecciones y enfermedades, de contaminación ambiental y de alimañas, además de constituir un problema de recolección y almacenamiento que cuesta mucho dinero. (Pastraca, 2009)

En la actualidad se conoce como residuos sólidos domésticos a los residuos que no son aprovechables. Según su composición los residuos sólidos domésticos se pueden clasificar: Residuos orgánicos, inorgánicos, y peligrosos. Hay desechos que son orgánicos, pero para su reciclaje se tratan como inorgánicos, debido al proceso que requieren. En algunas ocasiones se utilizan las redes de saneamiento con algunos residuos orgánicos. En cuanto a su origen los residuos sólidos domésticos se pueden clasificar en: Residuo urbano, industrial, comercial, domiciliario, hospitalario. (Profesorenlinea, n.d.)

#### ***Tipos de residuos sólidos domésticos.***

Se pueden distinguir seis grupos de basura inorgánica producida en el hogar:

- Papel, cartón, envases de leche, periódico.
- Metal y latas, bolsas de tela plástica.

- Botellas y vidrio.
- Envases y botellas de plástico, etc.

Al tirarse todo de manera desordenada, mezclándolo además con desperdicios orgánicos, la basura se vuelve sucia, mal oliente y peligrosa para la salud. Su destino son los tiraderos, en donde los desechos inorgánicos pueden quedar enterrados sin descomponerse durante cientos de años. En algunos tiraderos, los productos inorgánicos son separados y clasificados para llevarse a las recicladoras industriales. (Ramirez, 2011)

Una clasificación que se realiza con los residuos sólidos son los biodegradables o no biodegradables; los biodegradables son aquellos que pueden descomponerse en unidades que pueden ser reabsorbidas por las plantas (productores primarios). Los residuos normalmente contienen el 6 % de latas de hojalata y de otros productos de acero. El porcentaje ha disminuido algo durante la última época porque estos recipientes para bebidas han sido sustituidos por aluminio y plástico. El uso de residuos plásticos se ha incrementado drásticamente durante los últimos 20 años y para en el año 2010 se incrementó del 90%. Como la mayoría de envases son desechables, estos se han incrementado del 3% a principios de los años 70 hasta el 7% (en peso) en 1990. El vidrio constituye aproximadamente el 8% de los residuos sólidos. (Canales, 2003)

#### **2.2.6. Contaminación de los suelos por residuos sólidos domésticos**

El recurso suelos es el que más directamente se ve afectado por el inadecuado manejo de los residuos sólidos, ya que el ser humano a través de los años ha dispuesto en el suelo los residuos sólidos que ha generado. La contaminación de los suelos ocurre a través de diferentes elementos, como los lixiviados que se filtran a través del suelo afectando su productividad y acabando con la microfauna que habita en ellos (lombrices, bacterias, hongos y musgos, entre otros). Esto cual lleva a la pérdida de productividad del suelo, incrementando así el proceso de desertificación del suelo. La presencia constante de basura en el suelo evita la recuperación de la flora de la zona afectada e incrementa la presencia de plagas y animales que causan enfermedades, como ratas, palomas, cucarachas, moscas y zancudos. (Rodriguez, s/f)



### 2.2.7. Contaminantes químicos

Hoy en día la cantidad y variedad de productos potencialmente contaminantes de un suelo es prácticamente inabarcable, por lo que a continuación se indicaran los grupos más característicos y peligrosos de contaminantes químicos.

#### *Metales*

Los metales se encuentran de forma natural como constituyentes del terreno en muy pequeñas cantidades (trazas), como consecuencia de la propia geoquímica de los materiales de los que proceden. Se consideran contaminantes cuando superan las cantidades naturales en el suelo, en la tabla 2.1. se muestra algunos usos donde se encuentra estos metales.

#### *Compuestos orgánicos*

Los contaminantes orgánicos constituyen un grupo formado por un elevadísimo número de sustancias, en su mayoría producidas por el hombre, siendo muchas de ellas altamente tóxicas. Entre ellos se encuentran: plaguicidas, que son sustancias que sirven para combatir parásitos de los cultivos, ganados de los animales domésticos, del hombre y de su ambiente. (Rodríguez, s/f)

#### *Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)*

Es el nombre genérico compuestos aromáticos con sistemas cíclicos condensados. Los HAPs son un grupo de compuestos presentes en el petróleo, y se consideran los más tóxicos de los hidrocarburos junto con los mono aromáticos.

Los HAPs son componentes naturales de materias primas orgánicas, como petróleos crudos, están generados por pirolisis de materia orgánica. Se emplea en la formación de algunos compuestos como el alquitrán de hulla (0,65%), el alquitrán para pavimento (0,51-1%), el aceite de motor (nuevo 0,008-0,27 mg/kg), así como en combustible, brea y en el petróleo crudo. Los derrames de hidrocarburos, aceites y grasas con o sin uso al ser vertidos en el

suelo producen la destrucción del humus y contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

**Tabla 2.1.**

**Usos de los metales en la industria**

<b>Metal</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Usos y/o empleos en la industria</b>
<b>Plata</b>	Ag	Fotografía, conductores eléctricos, soldadura, galvanotecnia, acuñación, baterías, catalizador
<b>Aluminio</b>	Al	Construcción, transporte, envases, industria eléctrica, farmacéutica.
<b>Arsénico</b>	As	Medicina, veterinaria, aleaciones, pirotecnia, esmaltes, insecticidas, pigmentos, pintura, productos electrónicos, tintes
<b>Cadmio</b>	Cd	Galvanización, pigmentos, baterías, aleaciones de bajo punto de ebullición
<b>Cobalto</b>	Co	Aleaciones, pigmentos, esmaltes, barnices, galvanización.
<b>Cromo</b>	Cr	Metalurgia, materiales refractarios, galvanización, curtidos, pinturas, conservación de madera, industria química.
<b>Cobre</b>	Cu	Industrias eléctrica y automovilística, construcción, fontanería, latón, plaguicidas, conservación de madera.
<b>Hierro</b>	Fe	Industrias del hierro y acero
<b>Mercurio</b>	Hg	Producción de cloruro y sosa cáustica, insecticidas, industrias farmacéutica y metalúrgica, odontología, catalizador en producción de polímeros sintéticos.
<b>Molibdeno</b>	Mo	Metalurgia, pigmentos, catalizador, fabricación de vidrio, aditivo en óleos lubricantes
<b>Níquel</b>	No	Metalurgia, baterías, equipos solares, galvanización, catalizador en la producción de aceite combustible
<b>Plomo</b>	Pb	Baterías, gasolina, pigmentos, munición, soldadura, pintura, industria automovilística
<b>Antimonio</b>	Sb	Plásticos, cerámica, vidrios, pigmentos, productos químicos incombustibles.
<b>Vanadio</b>	V	Metalurgia, catalizador, pigmentos
<b>Zinc</b>	Zn	Aleaciones, bronce y latón, galvanización, baterías, pintura, productos agrícolas, cosméticos y medicinales

Fuente: Sabroso G. & Pastor E., (2004)

En efecto, los hidrocarburos saturados que contiene el aceite usado no son degradables biológicamente, recubren las tierras de una película impermeable que destruye el humus vegetal y, por tanto, la fertilidad del suelo. (Depuril S.A., 1999)

### *Peligros que encierra el aceite usado*

Para determinar la peligrosidad de un lubricante, hay que tener en cuenta varios aspectos: Biodegradabilidad, Bioacumulación, Toxicidad, Ecotoxicidad, Emisión de gases, Degradación química, Tiempo requerido para ser eliminado del agua.

Los aceites vírgenes contienen o pueden contener cantidades pequeñas controladas de PHA's (compuestos aromáticos policíclicos) que, durante el funcionamiento del lubricante, mediante la descomposición de los distintos componentes, así como reacciones catalizadas por metales, incrementan su presencia en el aceite usado. Muchos de estos PHA's tienen un efecto marcadamente cancerígeno y plenamente demostrado, y de una forma u otra son arrojados a la atmósfera que respiramos. La eliminación por vertido de los aceites usados origina graves problemas de contaminación de tierras, ríos y mares. También se produce una acumulación importante en la atmósfera que respiramos, pensemos por ejemplo que un motor de dos tiempos (motos, motores fuera de borda, automóviles, etc.) expulsan aproximadamente con los gases, el 25 % del aceite lubricante que utilizan. (Depuril S.A., 1999)

Los hidrocarburos residuales afectan directamente el hábitat a causa de su toxicidad, lo cual afecta sus funciones, teniendo como consecuencia la disminución de cierta especie y al ecosistema en general. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), formados por dos o más anillos de benceno fusionado, son compuestos contaminantes de baja movilidad que ha sido reconocidos prioritarios por la EPA, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comunidad Europea (CE) por sus efectos cancerígenos. (Ortinez, Ize, & Gavilán, 2003)

Los aceites tienen tendencia en parar en el entorno todo aquel aceite que se pierde por las calles, montes, cuando llueve se arrastra a ríos, lagos, acumulándose en sus sedimentos. (Depuril S.A., 1999) El derrame de hidrocarburos de petróleo al suelo tiene impactos importantes en la actividad de los microorganismos y afecta el funcionamiento del ecosistema. (Zamora, Ramos, & Arias, 2012)

### 2.2.8. Factores del suelo que facilitan la presencia y acumulación de los metales pesados

La contaminación antrópica, es debida al efecto del hombre, la población genera residuos sólidos, aguas residuales, etc. el establecimiento de las características edáficas de un suelo resulta imprescindible a la hora de determinar la toxicidad de los metales pesados ya que de estas características depende el comportamiento del suelo frente a la acumulación del metal, por ello se considera:

#### *Textura*

Los suelos de textura tienen una capacidad de autodepuración.

#### *Estructura*

Los agentes contaminantes provocan la destrucción de la estructura, por dispersión, si contiene altos contenidos de sodio.

#### *Porosidad y permeabilidad*

La permeabilidad del suelo indica la velocidad de infiltración del agua en este, lo que es lo mismo, su capacidad para retener en reserva las aguas de lluvia y las aportaciones por el riego, la permeabilidad del suelo es crítica en la determinación de la calidad agronómica del suelo. (Intagri, 2016) Facilitan la circulación de los contaminantes en los suelos y pueden eliminar rápidamente los contaminantes y traspasarlos a los niveles freáticos.

#### *Capacidad de intercambio iónico de un suelo*

Todos los cationes adsorbidos en el complejo arcillo-húmico (complejo de cambio) pueden ser intercambiados por otros contenidos en la solución del suelo, de forma que entre ambos medios existe un permanente equilibrio de cationes. Una reacción típica de intercambio catiónico, entre el potasio y el calcio, podría ser la de la figura 2.3.



Figura 2.3 Reacciones de intercambio catiónico en suelo.

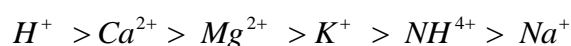
Refleja la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por los suelos, expresada en miliequivalentes/100 g de suelo, aunque en la actualidad se utiliza la unidad Cmol/kg. A medida que la CIC es más elevada la fertilidad del suelo aumenta. Sus valores pueden oscilar entre:

- Suelos arenosos : 5 meq/100 g de suelo
- Suelos francos : 5-15 meq/100 g de suelo
- Suelos arcillosos : 15-25 meq/100 g de suelo

Los cationes que integran la CIC deben estar comprendidos entre unos límites porcentuales establecidos, si se quiere que el suelo funcione adecuadamente. Estos límites son:

- Calcio : 60 - 80% de la CIC
- Magnesio : 10 - 20% de la CIC
- Potasio : 2 - 6% de la CIC
- Sodio : 0 - 3% de la CIC

Un exceso de calcio cambiante puede interferir la asimilación de magnesio y de potasio. La relación óptima Ca/Mg debe estar alrededor de 5. También, un exceso de potasio puede interferir la absorción de magnesio. La fuerza de retención de los cationes de cambio. No todos los cationes son adsorbidos con la misma intensidad. (s/a, 2013); la energía de fijación sigue el siguiente orden:



Determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

### ***Salinidad.***

Se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (CE). El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. A mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente. La

salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras y por lo mismo, un aumento en la CE traerá como consecuencia una disminución de rendimiento.

### *pH del suelo*

Es el principal factor de control de la disponibilidad de los metales para las plantas. La mayor parte de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, ya que al producirse un descenso del mismo se mejora tanto la solubilidad de los metales como su absorción por las raíces de las plantas. El pH puede variar desde 0 a 14 y de acuerdo con esta escala los suelos se clasifican en:

- Suelos ácidos : pH < 6.5
- Suelos neutros : pH 6.6 - 7.5
- Suelos básicos : pH > 7.5

Los suelos tienen tendencia a acidificarse. Primero se descalcifican, ya que el calcio es absorbido por los cultivos o desplazado del complejo de cambio por otros cationes y emigra a capas más profundas con el agua de lluvia o riego. Después, lo normal, es que los iones  $H^+$  ocupen los huecos que dejan el  $Ca^{2+}$  y el  $Mg^{2+}$  en el complejo.

Un suelo con fuerte acidez es pobre en bases (calcio, magnesio, potasio), la actividad de los microorganismos se reduce y el fósforo disponible disminuye, al precipitarse con el hierro y el aluminio. Los micronutrientes, excepto el molibdeno, se absorben mejor en este tipo de suelos. Un suelo con fuerte basicidad presenta un alto contenido de bases de cambio, pero la presencia de un elevado contenido de carbonato de calcio bloquea la posible absorción de fósforo y de la mayor parte de los micronutrientes. La neutralidad en su sentido más amplio ( $6.6 \leq pH \leq 7.5$ ) es una condición adecuada para la asimilación de los nutrientes y para el desarrollo de las plantas. El poder tampón de un suelo refleja la mayor o menor facilidad que tiene un suelo para modificar su pH, y en gran parte depende de la textura. Los suelos arcillosos presentan una elevada resistencia, es decir, tienen un fuerte poder tampón. (s/a, 2013)

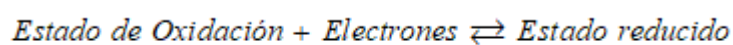
*Carbonatos.* La presencia de carbonatos garantiza el mantenimiento de los altos pH, y en estas condiciones tienden a precipitar los metales pesados. Los metales tienden a quedar adsorbidos por los carbonatos.

*Salinidad.* El aumento de la salinidad puede incrementar la movilización de metales y su retención por dos mecanismos. Primeramente, los  $Na^+$  y  $K^+$  pueden reemplazar a metales pesados en lugares de intercambio catiónico. En una segunda fase, los aniones cloruro y sulfato pueden formar compuestos más estables con metales tales como Pb, Zn, Cu, Cd y Hg. Por otra parte, las sales normalmente dan pH alcalino.

Los contaminantes pueden acidificar el suelo, por vertidos o por oxidación de sulfuros y óxidos nitrosos, con lo que aumenta la vulnerabilidad de suelo.

### ***Potencial REDOX***

Las condiciones de oxidación-reducción (*Eh*) del suelo son de gran importancia para procesos de meteorización, formación de diversos suelos y procesos biológicos, también están relacionadas con la disponibilidad de ciertos elementos nutritivos. La formulación química de las reacciones de oxidación-reducción es la siguiente:



En el suelo existe un equilibrio entre los agentes oxidantes y reductores. La materia orgánica se encuentra reducida y tiende a oxidarse, es reductora, ya que al oxidarse tiene que reducir a otro de los materiales del suelo. Por el contrario, el oxígeno es oxidante. Por otra parte, hay muchos elementos químicos que funcionan con valencias variables, pudiendo oxidarse o reducirse según el ambiente que predomine.

Los valores de pH y potencial REDOX (medidas Eh) delimitan los campos de estabilidad de los materiales del suelo. Los compuestos de Fe y Mn son muy sensibles a cambios de pH y Eh. El potencial REDOX el ambiente oxidante el poder depurativo al facilitar la actividad microbiana de descomposición. El pH y Eh delimitan los campos de estabilidad de los materiales del suelo. (Massol, n.d.)

### *Materia orgánica*

La materia orgánica del suelo está constituida por residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, un nivel adecuado de materia orgánica beneficia al suelo por mejorar las condiciones físicas, mejora de infiltración de agua, facilita la labranza del suelo, reduce las perdidas por erosión, es una reserva abundante de N, P, s y menos abundante de Ca, Mg, K, y micronutrientes; la materia orgánica presenta una elevada afinidad por ciertos metales (Co, Cu, Mo, Ni, Pb y Zn), reaccionando con ellos e influyendo en su disponibilidad. La materia orgánica, reacciona con los metales formando complejos de cambio o quelatos. La adsorción puede ser tan fuerte que queden estabilizados, como el caso del Cu, o formen quelatos también muy estables, como puede pasar con el Pb y Zn. En muchos casos se forman complejos organometálicos lo que facilita la solubilidad del metal, la disponibilidad y dispersión porque pueden degradarse por los organismos del suelo. Esto conduce a una persistencia de la toxicidad.

### *Especies químicas inorgánicas*

De las especies químicas inorgánicas presentes en el suelo son de importancia para la calidad del suelo es especial para la agricultura (Tabla 2.2.), y las que mayor relevancia poseen como contaminantes posiblemente sean los metales pesados, por lo que se en esta tesis de investigación se centrara en su determinación.



Tabla 2.2.

**Importancia de los metales para la agricultura**

<b>Metal</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Importancia para los suelos agrícolas</b>
Azufre	S	En suelos agrícolas existe como parte de los compuestos orgánicos (aminoácidos como cistina, cisteína, metionina proteínas), es móvil en el suelo y fácilmente lixiviables, la mayor parte de los suelos son deficientes es este nutrimento, inmóvil dentro de la planta.
Boro	B	Involucrado en la formación de yemas, flores germinación, crecimiento del tubo polínico y del fruto, nutriente inmóvil dentro de la planta.
Calcio	Ca	Elemento estructural formando parte de la pared celular, involucrado en la división mitótica, importante para la fecundación y un desarrollo uniforme del fruto, muchas de la respuesta a aplicación del Ca se deben al efecto que este tiene sobre el pH del suelo, inmóvil dentro de la planta.
Fosforo	P	Importante para el proceso metabólico de respiración y fotosíntesis, almacenamiento y transferencia de energía división y crecimiento celular, en el suelo es fijado por compuestos de Al, Fe, Mn en suelos ácidos y Ca, en suelos alcalinos, la cantidad y tipo de arcilla del suelo influye en la fijación y absorción del fosforo, elemento móvil dentro de la planta.
Hierro	Fe	Indispensable para la formación de clorofila aun cuando no forma para de ella, importante para la transferencia de energía, es poco móvil.
Magnesio	Mg	Ocupa el centro de la molécula de la clorofila, activas enzimas necesarias para el proceso de respiración, incrementa la producción de azúcares, la deficiencia de Mg en los niveles de este elemento en el suelo sino también con altos contenidos de Ca y K, la deficiencia de Mg, se reporta en suelos ácidos, móvil dentro de la planta.
Manganeso	Mn	Activa ciertas enzimas respiratorias, importante para la formación de clorofila, aunque no forma parte de ella, interviene en el metabolismo del azúcar, elemento inmóvil dentro de la planta.
Molibdeno	Mo	Importante en la fijación y utilización de nitrógeno de las plantas leguminosas, componente de enzimas, elemento inmóvil en las plantas.
Potasio	K	Interviene en la fotosíntesis, transporte de fotosintatos, reserva de almidones y en la activación de procesos enzimáticos, alta movilidad en la planta.
Sodio	Na	No se considera un elemento esencial para la nutrición vegetal a pesar de que sustituye al K en algunas funciones, este elemento causa condiciones fitotoxicas, en los suelos sódicos salinos
Zinc	Zn	Importante para el crecimiento en la elongación de la planta y síntesis de auxinas, elemento poco móvil.

Fuente: Arévalo, Castellanos, &amp; Cruz, (2010)

### **2.2.9. Importancia del muestreo y análisis de suelos**

La contaminación ambiental es un problema que viene afrontando nuestra región desde hace décadas, las concentraciones de los contaminantes a las cuales a diario no exponemos se están incrementando en forma exponencial según recientes estudios. El monitoreo y análisis de suelos son herramientas de vital importancia para la gestión ambiental, que permite evaluar las tendencias temporales y espaciales de la calidad o estado del ambiente.

Estas herramientas permiten implementar acciones a priori evitando que la degradación ambiental adquiera un carácter mitigador, evaluar los efectos de la introducción de contaminantes al ambiente, identificar las fuentes de contaminación y desarrollar criterios de calidad ambiental con fines regulatorios. (Tejada, 2014)

El muestreo y análisis de los suelos para determinar si están contaminados o no pueden resultar muy caros; pero, “más costosa aún puede resultar la restauración de suelos con daño ambiental o su eliminación cuando el daño excede a las concentraciones aceptables. El muestreo podría ahorrar mucho trabajo en la restauración de tierra o eliminación del suelo si se establecen fronteras y límites precisos de las áreas contaminadas” (Sabroso G. & Pastor E., 2004).

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Medio ambiente**

El ambiente es el conjunto de elementos sociales, económicos, culturales, bióticos y abióticos que interactúan en un espacio y tiempo determinados; lo cual podría graficarse como la sumatoria de la Naturaleza y las manifestaciones humanas en lugar y tiempo concretos. El ambiente es el conjunto de elementos sociales, económicos, culturales, bióticos y abióticos que interactúan en un espacio y tiempo determinados; lo cual podría graficarse como la sumatoria de la Naturaleza y las manifestaciones humanas en lugar y tiempo concretos. (Derecho Ambiental, 2012). Para la Ley General del Ambiente (LGA), el ambiente comprende a los elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénico que, en forma individual o asociada, conforman el medio en que se desarrolla la vida, siendo los factores que aseguran la

salud individual y colectiva de las personas y la conservación de los recursos naturales, la diversidad biológica y el patrimonio cultural asociado a ellos. (Andaluz, 2012)

### 2.3.2. Calidad de suelos

El concepto de “calidad del suelo” abarca las propiedades del suelo que pueden cambiar en periodos de tiempo relativamente cortos en respuesta al uso y manejo del recurso y que están fuertemente influenciadas por prácticas agronómicas, teniendo en cuenta además el componente productivo, económico, social y ambiental de los sistemas de uso de la tierra y la habilidad del suelo para cumplir funciones específicas (Ditzler & Tugel, 2002).

Superficialmente el impacto del uso inadecuado de las tierras se evidencia en campo por el avance de los procesos de erosión y arrastre, la degradación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, limitando cada vez más la productividad agropecuaria (Hamza, 2005). La degradación del suelo registra pérdida de contenido de materia orgánica, aumento en la compactación, salinización, acidificación, alcalinización, pérdida de nutrientes, contaminación química, pérdida de la biodiversidad y actividad de los organismos del suelo (Bredja, Moorman, Karlen, & Dao, 2000). Calidad es la capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar en ecosistemas naturales o intervenidos (NRCS, 2001). Determina su capacidad para sostener productivamente plantas y animales, mantener o incrementar la calidad del agua y del aire, proveer salud y hábitat a humanos. La “calidad del suelo” es un concepto que permite valorar la capacidad del mismo para aceptar, almacenar y reciclar agua, nutrientes y energía, sostener la actividad biológica, mantener la calidad ambiental y salud de plantas y animales.

La definición específica de calidad para un suelo en particular depende de sus propias capacidades, la intención de uso de la tierra y las prácticas de manejo específicas (Andrews, Karlen, & Cambardella, 2004). El concepto de calidad de suelo ha evolucionado sin llegar a una definición única. La calidad del suelo, aunque describe una parte objetiva o condición medible también incluye una parte subjetiva evaluada sobre la base de determinaciones personales y sociales (Carter, 2002).

La calidad del suelo es una ciencia aplicada dirigida a lograr un mejor manejo del suelo (Carter, 2002), se ha sugerido como una herramienta para evaluar la sostenibilidad del suelo y de las prácticas de manejo de cultivos (Sharma, y otros, 2005). Debido a la variabilidad natural de los suelos la calidad es específica para cada tipo de suelo (NRCS, 2001). La calidad del suelo incluye la capacidad productiva y ambiental del recurso. Aspectos como la capacidad de regular el ciclo hídrico, de producir alimentos, su resistencia para soportar obras de ingeniería, pueden ser aspectos tenidos en cuenta para determinar calidad con base en un propósito específico (Wander, Walter, Nissen, Bollero, & Andrews, 2002). En cuanto a la influencia del suelo en el medio ambiente se considera la “calidad del suelo” como la capacidad de realizar sus funciones de manera óptima, la protección del medio ambiente y la sostenibilidad de la salud humana (Sanchés-Marañón & Soriano, 2002). Algunas funciones (o servicios) del suelo dentro del ecosistema incluyen: retención y flujo de agua, retención y transporte de solutos, estabilidad y soporte físico, disponibilidad y ciclaje de nutrientes, capacidad “buffer” y filtrado de potenciales materiales tóxicos y mantenimiento de la biodiversidad y el hábitat (Sanchés-Marañón & Soriano, 2002; Andrews, Karlen, & Cambardella, 2004). Con un enfoque productivo se considera la “calidad del suelo” y su monitoreo como el efecto integrado del manejo sobre varias propiedades edáficas que determinan la productividad y sostenibilidad de cultivos (Sharma, y otros, 2005), es una herramienta confiable para evaluar y definir las prácticas de cultivos y su sostenibilidad (Carter, 2002). Altas tasas de erosión, pérdidas de material orgánica, reducción de la fertilidad y productividad, contaminación química y con metales pesados, degradación de la calidad de agua y aire son matices interesantes en el concepto de calidad del suelo (Andrews, Karlen, & Cambardella, 2004). Los suelos presentan variaciones naturales de sus propiedades. Esto hace que cambie también su capacidad de funcionamiento. “La calidad es específica a cada tipo de suelo” (NRCS, 2001) y se compone de calidad inherente y calidad dinámica.

La calidad inherente del suelo está determinada por características estables del mismo (ej. textura, mineralogía, densidad real) generadas a través de un proceso evolutivo por la interacción de los factores (clima, relieve, material parental, organismos, tiempo) y procesos de formación (ganancias, pérdidas, transformaciones, translocaciones) de suelos (NRCS, 2001)

### 2.3.3. Indicadores de calidad de suelo

La dinámica de las fracciones de materia orgánica o aspectos biológicos y físicos de los suelos que responden al manejo son posibles candidatos a indicadores de calidad (Wander, Walter, Nissen, Bollero, & Andrews, 2002). Con base en diversos estudios algunos investigadores han concluido que la estructura, porosidad, materia orgánica del suelo, y las fracciones de materia orgánica lábil del suelo son, entre otras, variables importantes que permiten evaluar su calidad (Carter, 2002)

La estructura del suelo hace referencia al tamaño, forma y arreglo de los sólidos y vacíos, regula la continuidad de los poros y huecos, la capacidad de retener y transmitir fluidos y sustancias orgánicas e inorgánicas y la habilidad para soportar el crecimiento y desarrollo vigoroso de raíces, presenta una fuerte influencia sobre las condiciones edáficas y sobre el medio ambiente. La habilidad para regular el movimiento del agua es un aspecto importante de la calidad del suelo, casi tan importante como la capacidad de soportar cultivos (Wander, Walter, Nissen, Bollero, & Andrews, 2002). La agregación de las partículas del suelo y el grado de estabilidad de dichos agregados interviene en los procesos de infiltración, regulación de aire y agua, resistencia del suelo a agentes destructivos (ejm. mecanización) y pueden servir como un indicador asociado con procesos de permeabilidad, degradación de materia orgánica y erosión de suelos (Carter, M. 2002). Es un factor clave en el funcionamiento del suelo y su capacidad para soportar vida vegetal y animal y un factor importante en la calidad del medio ambiente y del agua. La adecuada caracterización de la estabilidad de los agregados es necesaria para evaluar los sistemas de manejo y estimar los problemas erosivos más probables. Se ha considerado la estabilidad estructural como un indicador de la estructura del suelo (Six, Paustian, Elliott, & Combrink, 2005) que permite cuantificar el grado de vulnerabilidad del suelo al efecto de las fuerzas externas destructivas. La estabilidad de los agregados es una medición de esta vulnerabilidad que expresa “la resistencia de los agregados al rompimiento cuando son sujetos a potenciales procesos de distribución”. La estabilidad de agregados es usada como un indicador del grado de estructura del suelo, es una medida del grado de vulnerabilidad del suelo a fuerzas externas destructivas, principalmente la acción destructiva del agua (Hillel, 1998). La disminución de la estructura es identificada como una forma de degradación, es afectada por el uso de la tierra y prácticas de manejo de los cultivos

(Six, Paustian, Elliott, & Combrink, 2005). La pérdida de la estructura del suelo a pesar de ser un proceso físico tiene grandes repercusiones económicas y sociales ya que afecta la productividad, la disponibilidad de alimentos y la posibilidad de mejorar directa e indirectamente la calidad de vida de las familias involucradas. Es importante generar condiciones para el almacenamiento y disponibilidad de agua en el suelo. Porosidades muy bajas inhiben la absorción y transporte de agua en el suelo. Porosidades excesivamente altas facilitan el movimiento de agua a través del perfil y pérdida de nutrientes por escorrentía (Nissen & Wander, 2003)

Altos valores de densidad aparente se relacionan con baja porosidad y compactación del suelo. Esto restringe el crecimiento de raíces y movimiento de agua en el suelo, limita la exploración eficiente del suelo por las raíces, disminuye la posibilidad de cobertura vegetal

El desarrollo de nuevos sistemas productivos por los profesionales del área muestra beneficios en la productividad, por lo que es necesario desarrollar indicadores confiables para monitorear su impacto sobre el suelo (Tomer & James, 2004). Estos indicadores deben proveer información efectiva respecto al impacto que el uso y manejo ejerce sobre las características del suelo y que puedan explicar cambios en las condiciones ecológicas asociadas al uso a través del tiempo (Dale et al., 2008). La pregunta que surge es: ¿qué propiedades del suelo pueden ser utilizadas como indicadores de calidad del suelo? Un indicador de calidad del suelo para evaluar el uso eficiente de la tierra debe cumplir con las siguientes características: (Shi-yin, Yao-lin, & Cui-fang; Shukla, Lal, & M., 2006)

- Científico: Los indicadores y su selección deben tener una base científica sólida y confiable.
- Entendible: el uso eficiente de la tierra debe ser entendible y objetivamente representado.
- Comparable: la medición de los indicadores debe ser lo más uniforme posible.

- **Obtenible:** los datos de los indicadores deben ser accesibles y creíbles.
- **Preciso:** El uso de la tierra debe estar reflejado de forma clara en los indicadores seleccionados.
- **Dinámico:** los indicadores deben poder reflejar proyecciones a futuro y acomodar los cambios necesarios en uso de la tierra para mantener la óptima funcionalidad del suelo en el ecosistema.
- **Válidos analíticamente:** deben ser susceptibles de utilizarse en sistemas estadísticos con alta confiabilidad.
- **Relevantes para mecanismos de control:** reflejar en real el efecto de las prácticas de uso y manejo de suelos.

Para seleccionar los indicadores de calidad del suelo es necesario identificar la función, vocación e interés particular del suelo y las tierras comprendidas en el estudio. En la actualidad los límites críticos para la definir indicadores de calidad de suelos son seleccionados utilizando un valor de referencia comúnmente aceptado basado en relaciones empíricas entre las propiedades del suelo y una función o proceso específico, por ejemplo, fertilidad del suelo y productividad (Carter, 2002). Estos indicadores deben ser fácilmente observables, cualificables, y comparables con mediciones cuantitativas (Ditzler & Tugel, 2002)

#### **2.3.4. Impacto ambiental**

Se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. El concepto puede extenderse, con poca utilidad, a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales. Las acciones humanas, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos. La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el análisis de las consecuencias predecibles de la acción. La declaración de impacto ambiental (DIA) es la comunicación previa, que las leyes

ambientales exigen bajo ciertos supuestos, de las consecuencias ambientales predichas por la evaluación. Una consecuencia del impacto ambiental en los efectos económicos de las acciones suele ser positivos desde el punto de vista de quienes los promueven, pueden llevar aparejadas consecuencias negativas, que pueden alcanzar a ser predominantes sobre segmentos de población desprovistos de influencia. Suelen consistir en pérdida de biodiversidad, en forma de empobrecimiento de los ecosistemas, contracción de las áreas de distribución de las especies e incluso extinción de razas locales o especies enteras.

La devastación de los ecosistemas produce la degradación o pérdida de lo que se llama sus servicios naturales. Son de gran importancia las evaluaciones sobre el impacto ambiental, las cuales se pueden estudiar y predecir consecuencias que pongan en riesgo la salud del ser humano, así como a aquellas que podrían provocar alteraciones del ambiente. Una de las consecuencias es la destrucción de nuestros recursos naturales por medio de la explotación económica, que muchas veces no son renovables y sus desechos son muy perjudiciales para el medio ambiente. (Gomez, 2010)

### **2.3.5. Suelo**

Se define el suelo, desde el punto de vista medioambiental, como la fina capa superior de la corteza terrestre (litosfera), situada entre el lecho rocoso y la superficie. Está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. El suelo es uno de los componentes fundamentales del medio ya que constituye la parte de la superficie terrestre sobre la que se asienta la vida vegetal y sobre la cual se implanta la mayor parte de las actividades humanas, siendo, además, la interfaz entre la tierra, el aire y el agua lo que lo confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso. (Sabroso G. & Pastor E., 2004)

### **2.3.6. Suelo agrícola**

Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna. (MINAMa, 2013)



### **2.3.7. Contaminante**

La contaminación es la introducción de sustancias u otros elementos físicos en un medio que provocan que éste sea inseguro o no apto para su uso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. El contaminante puede ser una sustancia química, energía (como sonido, calor, luz o radiactividad). (Wikipedia, 2017)

Son las sustancias introducidas en el medio ambiente que causan un efecto en los seres vivos y en el medio ambiente, o que si bien no causan un efecto directo tienen la capacidad potencial de causarlo. (FSG, 2016).

Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente. (MINAMa, 2013)

### **2.3.8. Environmental Protection Agency**

La Agencia de Protección del Medio Ambiente (más conocida por las siglas EPA) es una agencia del gobierno federal de Estados Unidos encargada de proteger la salud humana y proteger el medio ambiente: aire, agua y suelo. (EPA, 2017)

### **2.3.9. Canadian Environmental Quart Guidelines**

El Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CUME) es el principal foro intergubernamental, dirigido por los Ministros de Medio Ambiente acción concertada en los temas ambientales de interés nacional e internacional; CCME se compone de los ministros de Medio Ambiente de los gobiernos federal, provinciales y territoriales. Estos 14 ministros normalmente se reúnen al menos una vez al año para discutir las prioridades ambientales nacionales y determinar el trabajo a llevar a cabo bajo los auspicios del CCME. El Consejo busca lograr resultados ambientales positivos, centrándose en temas que son de todo el Canadá en su alcance y que requieren atención colectiva por varios gobiernos. (CCME, 2017)

El Consejo Canadiense del Ministerio Medioambiental (1991), en relación con los criterios de calidad medioambiental para suelo y agua planteó la necesidad inmediata de manejar la evaluación y remediación de lugares contaminados en Canadá. Las nuevas directivas de calidad de suelo se han desarrollado para manutención y mejora en relación con los usos específicos de suelo (Anexo 4) y el agua. Las directivas de calidad de suelo se desarrollaron para diferentes usos del suelo con un escenario definido: agrícola, residencial/parques, comercial e industrial. Las directivas son aplicadas en la identificación y clasificación de lugares, para evaluar el grado general de contaminación del lugar y determinar la necesidad de una acción futura, y como una base para los objetivos de la remediación. (EPA, 2017; CCME, 2017)

### **2.3.10. Software SoQI.**

El Software SoQI es una herramienta complementaria que se centra más en la evaluación de un sitio comparando las concentraciones de contaminantes con sus respectivas pautas de calidad del suelo que no da valores del Índice de Calidad del Suelo (CCME, 2017)

El SoQI propuesto tiene tres factores, es decir, el ámbito de aplicación (% de contaminantes que no sus respectivas directrices), la frecuencia (% de pruebas individuales de contaminantes que no respectivas directrices), y amplitud (la cantidad por la cual los contaminantes no cumplen con sus respectivas directrices) para sus cálculos.

Los requisitos básicos para calcular el nivel de contaminación son la concentración de todos los contaminantes relevantes y sus directrices establecidas sobre la calidad del suelo. Hay numerosas jurisdicciones que han desarrollado pautas de calidad del suelo, como las directrices canadienses y ECAs de Perú sobre la calidad del suelo.

Desarrollado por el Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME) y están destinados a Nacional, con modificaciones específicas del sitio pueden ser considerados para el cálculo del índice de calidad del suelo. Sin embargo, esto debe

hacerse con precaución, ya que las directrices de los Estados Unidos se desarrollan utilizando procedimientos diferentes y diferentes niveles de protección que las directrices canadienses sobre la calidad de los suelos. Las pautas de calidad del suelo también han sido publicadas por varios países europeos, que también son accesibles si es necesario.

El Índice proporciona una evaluación cuantitativa de los sitios contaminados con un valor final entre 0 y 100. Usando los valores finales de SoQI, los sitios contaminados fueron divididos en cinco diferentes clases basadas en el nivel de su preocupación por la salud pública o del ecosistema. Las clases propuestas son:

- Muy Bajo : 90 - 100
- Bajo : 70 - 90
- Medio : 50 - 70
- Alto : 30 - 50
- Muy Alto : 00 - 30

Cada del sitio contaminado identificará los contaminantes que exceden las directrices y también describen brevemente la necesidad de remediar el suelo y el suelo disponible opciones de gestión. Información más detallada sobre el cálculo del índice de calidad del suelo y una la descripción se encuentra en el informe técnico sobre calidad de suelos. (CCME, 2017)

### **2.3.11. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)**

El artículo 31 de la Ley Nro. 28611, la define como “la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos” (MINAMc, 2014).

### **2.3.12. Estándares de Calidad Ambiental para Suelos en el Perú**

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo son medidas que establecen el nivel de concentración de contaminantes en los suelos, aprobadas por Decreto Supremo Nro. 002-2013-MINAM, “son aplicables a todo proyecto y actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia”, Anexo 4. (MINAMa, 2013).

### **2.3.13. Caracterización de sitios contaminados**

Determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación. (MINAMa, 2013)

### **2.3.14. Contaminación del suelo**

“La contaminación del suelo se define por la presencia de determinado nivel de partículas, sustancias o materiales contaminantes sólidos o líquidos que deterioran la superficie terrestre o la pérdida de una o más de sus funciones. Se considera que un suelo está contaminado cuando hay presencia de sustancias químicas o sintéticas, u otros tipos de alteraciones en el ambiente natural del suelo. Los contaminantes pueden estar física o químicamente enlazados a las partículas del suelo o atrapados entre éstas. Cualquier suelo contaminado puede provocar daños a los seres humanos y al medio ambiente en general.” (BioEnciclopedia, 2014)

Suelo cuyas características químicas, han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, según lo establecido en el D. S. Nro. 002-2013-MINAM. (MINAMc, 2014)

### **2.3.15. Metales pesados en suelos – contaminación**

El término “metal pesado” se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a  $5 \text{ g/cm}^3$  o que tienen un número atómico por encima de 20, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinotérreos

(Breckle, 1991; Tiller, 1989). El término resulta algo impreciso si se tienen en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los elementos, especialmente las propiedades iónicas que definen la capacidad de complejación y las propiedades biológicas. Se han utilizado otros términos como “metal tóxico” o “elemento traza”, sin que ninguno de ellos se refiera a los mismos elementos, resultando igualmente poco satisfactorios. En cualquier caso, de acuerdo con Tiller (1989), parece que el término de “metal pesado” puede ser utilizado de una forma globalizadora para referirse a aquellos metales clasificados como contaminantes ambientales. Los metaloides, por su parte, poseen características intermedias entre los metales y los no metales de acuerdo con sus propiedades de enlace e ionización. Metaloides como el As, Se o Sb también pueden constituir importantes contaminantes ambientales.

Entre los metales pesados hay elementos esenciales y no esenciales para los seres vivos (Figura 2.4.), aunque el límite entre estos dos grupos no está claramente delimitado y la lista de elementos biológicamente importantes aumenta con el tiempo. Normalmente se reconocen como elementos esenciales al Fe, Mn, Zn, Cu, Co y Mo, como elementos benéficos al Ni y Cr, y se considera que no tienen ninguna función biológica elementos como el Cd, Hg, Pb y As. Los metales pesados, ya sean esenciales o no, pueden llegar a ser tóxicos cuando su aporte es excesivo y afectar negativamente al crecimiento y reproducción de los organismos, pudiéndoles causar incluso la muerte. El incremento de metales pesados en los suelos inhibe además la actividad enzimática microbiana y reduce la diversidad de las poblaciones de flora y fauna, provocando infertilidad e incrementando los procesos erosivos. La transferencia de metales al hombre puede ocurrir a través del suelo (inhalación e ingestión de polvo), alimentos, agua, aire o piel (resultado de la absorción dérmica de contaminantes del suelo y el agua). Los efectos toxicológicos de los metales hacia los humanos, particularmente de Cd, Zn, Hg y Pb y de metaloides como el As, que representan algunos de los más peligrosos, han sido bien documentados y existen referencias donde se puede obtener información al respecto. (Diez, 2008)

En ese sentido, se clasifican como metales traza aquellos que pertenecen a la clase B o a la categoría límite, según Nieboer y Richardson (Phillips y Rainbow, 1993). Estos iones metálicos tienen alta afinidad por moléculas conteniendo átomos de

nitrógeno y azufre, enlazándose con relativa facilidad a proteínas y macromoléculas celulares. Así, su toxicidad se debe principalmente a su capacidad de interferir en reacciones enzimáticas (bloqueando, desplazando el ion esencial o modificando la conformación activa de las biomoléculas como proteínas y enzimas) y también a su baja movilidad, en virtud de las pequeñas dimensiones y de las cargas dobles y triples (número de oxidación). Esta movilidad débil hace que se acumulen, modificando profundamente el metabolismo del organismo. (Connell & Miller, 1984)

- Elementos nutrientes para animales o plantas, también son tóxicos en cantidades excesivas
- Elementos tóxicos en pequeñas cantidades, sin funciones biológicas conocidas
- Otros elementos estudiados por sus implicaciones en el medio edáfico, el Bromo se usa como trazador de solutos aniónicos como nitrato: isótopo de rubidio y titanio se usan como trazadores de procesos geológicos, como erosión del suelo

1	H																			He
2	Li	Be										B	C	N	O	F				Ne
3	Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl				Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br			Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I			Xc
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At			Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs												

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Hg	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	No	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw

Figura 2.4. Tabla Periódica de los elementos con anotaciones de relevancia en el estudio de los suelos

Fuente: Brady, (2002)

Inadecuadamente llamados metales pesados o metales traza, estos metales constituyen parte integrante del ambiente y de la materia viva, ocurriendo naturalmente en pequeñas concentraciones, en el orden de partes por billón (ppb) a partes por millón (ppm). Entre estos, el zinc, el hierro, el manganeso, el cobre, el cobalto y el molibdeno son algunos que se destacan por ser esenciales a los organismos, aunque en cantidades mínimas, pues participan de procesos fisiológicos como la cadena respiratoria (Fe y Cu

integran los citocromos); otros elementos, como el mercurio, el plomo y cadmio, cuando se encuentran en concentraciones más elevadas pueden causar toxicidad a los organismos. (Esteves, y otros, 1997)

Los metales también pueden enlazarse covalentemente a átomos de carbono en un grupo orgánico, como el grupo metilo ( $-CH_3$ ), originando los llamados compuestos organometálicos. Los compuestos organometálicos neutros tienden a ser liposolubles, propiedad que facilita su movimiento a través de membranas biológicas, permaneciendo intactos durante ese paso y permitiendo su distribución en esos sistemas. Este proceso de mutilación ocurre naturalmente y es responsable de gran parte de la movilidad ambiental de algunos metales pesados, entre los elementos para los cuales son encontradas formas metiladas en el ambiente, se destacan el mercurio y el plomo.

Se conoce que de los metales pesados el cadmio junto al arsénico son los metales que presentan una mayor toxicidad y tendencia a la bioacumulación. El cadmio primero es transportado hacia el hígado por la sangre, luego se une a proteínas formando complejos que son transportados hacia los riñones acumulándose y causando daño en los mismos. Se trata de un metal altamente tóxico a diferentes formas de vida, acumulándose en microorganismos, tejidos vegetales y animales. Ensayos de bioconcentración con peces, utilizando cloruro de cadmio como sustancia de ensayo, permitieron constatar que la acumulación de este metal aumenta en función de su concentración en el agua; con todo, la transferencia de los organismos para el agua no contaminada promovió el rápido decaimiento del cadmio acumulado, aunque un residual significativo haya permanecido hasta los 42 días, cuando se compararon con organismos control. (ATSDR, 2015)

Cadmio, está presente en suelos contaminados, residuos en algunas tuberías antiguas, pinturas (sobre todo de color rojo, amarillo y naranja) y en algunos plásticos; Arsénico, son las principalmente las pinturas de color verde; Plomo, no es biodegradable y persiste en el suelo, en el aire, en el agua y en los hogares. Nunca desaparece, sino que se acumula en los sitios en los que se deposita y puede llegar a envenenar a generaciones de niños y adultos a menos que sea retirado. La exposición al plomo, aún a niveles bajos, afecta a niños y a adultos. (Váldez Perezgasga, 1999)

Las diferentes clases de cromo que difieren de sus efectos sobre los organismos. El cromo entra en el aire, agua y suelo en forma de cromo (III) y cromo (VI) a través de procesos naturales y actividades humanas. Las mayores actividades humanas que incrementan las concentraciones de cromo (III) son el acero, las peleterías y las industrias textiles, pintura eléctrica y otras aplicaciones industriales del cromo (VI); El cobre puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica, puede interrumpir la actividad en el suelo, su influencia negativa en la actividad de microorganismos y lombrices de tierra. (Webeco, s.f.)

### **2.3.16. Contaminación visual**

Es un tipo de contaminación que parte de todo aquello que afecte o perturbe la visualización de algún sitio o rompan la estética de una zona o paisaje, y que puede incluso llegar a afectar a la salud de los individuos o zona donde se produzca el impacto ambiental que nos está afectando a todos. (Visual, 2015)

## **2.4. Marco espacial**

El estudio de investigación se ubica en el centro poblado de Uros-Chulluni, distrito de Puno, dentro de la unidad geográfica de sierra y en la sub unidad geográfica del altiplano y de acuerdo con la clasificación de Pulgar Vidal, (1938), está ubicada en la región Suni o Jalca (3500 - 4100 msnm). (anexos 10, fotografía 4.)

### **2.4.1. Generalidades de la localidad geográfica**

#### *Ubicación geográfica*

El centro poblado de Uros-Chulluni se encuentra ubicado en la Región de Puno, provincia de Puno, distrito de Puno, en las coordenadas UTM 393627.83 E, 8251651.31 O, zona 19L, 3820 msnm, se encuentran ubicados dentro de la Reserva Nacional del Titicaca. A 7 km de la ciudad de Puno, el centro poblado está dividido en dos sectores: sector tierra y sector agua, la segunda está ubicada en el interior de la bahía del Lago Titicaca, conformada por 77 islas flotantes de los Uros, sólo se trabajará el sector tierra, la cual está conformada por 5 barrios y



está localizado al oeste del Lago Titicaca, y al noreste de la ciudad de Puno, delimitado por:

- Por el norte : Comunidad de Huerta Huaraya y distrito de Paucarcolla
- Por el sur : Comunidad de Chimú y Ojerani
- Por el este : Lago Titicaca. Península de Capachica y Chucuito
- Por el oeste : Barrio San José, Puno.

### ***Accesibilidad***

La accesibilidad al centro poblado es por vía terrestre desde la ciudad de Puno, acceso vehicular principal es por la Av. Floral y consecutivamente se enlaza con la Av. Sesquicentenario a la altura del barrio San José, y finalmente empalma a la Av. Uros Chulluni y todas estas avenidas principales están completamente asfaltadas; y por vía pluvial desde las Islas Flotantes de los Uros. El tiempo estimado de viaje promedio es de 15 minutos.

### ***Aspectos físicos, meteorológicos, biológicos***

*Geomorfología*, el área de estudio forma parte de la morfoestructura de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales, específicamente en la Cadena Volcánica del Sur del Perú y conforma el límite de la divisoria de aguas de las cuencas, endorreica del Lago Titicaca e Hidrográfica del Pacífico.

*Geología regional*, la geología regional del área de estudio se conoce por los estudios realizados por los trabajos del “Proyecto integrado del Sur” de la Serie “A” Bol. 42. de la Carta geológica Nacional, publicada en 1993

*Geología local*, las características litológicas que presenta la zona de Esquilache están asociadas al centro volcánico Huancarane, el que posteriormente fue afectado por actividad freatomagmatica dando como resultado que gran parte del cono volcánico haya desaparecido, exponiendo de esta manera rocas explosivas

y efusivas de emplazamiento posterior, en la zona se describe áreas de Crestón y Mamacocha.

### ***Ecosistema***

*El clima*, pertenece al Sub-Tipo de Clima "A" de acuerdo al sistema de clasificación de climas de W. Thorntwaite, debido a la presencia del algo que actúa como termorregulador, que disminuye los rigores climáticos, mejorando las condiciones de temperatura y humedad principalmente.

El clima es frío y semiseco: la temperatura promedio es de 9 °C, con un mínimo de 3 °C. Y un máximo de 19 °C., siendo los meses con temperaturas más bajas junio y julio. Se identifica un período de lluvias y un período seco, la precipitación promedio es de 700 mm al año, los meses más lluviosos entre enero y marzo y el período seco generalmente de mayo hasta agosto. La humedad relativa es de 60%.

*Fauna*, la Reserva Nacional del Titicaca, tiene en la totora (*Schoenoplectus totora*) el recurso de mayor importancia ecológica y económica. Los totorales que ocupan casi el 70% de la superficie de la reserva, albergan gran número de especies de avifauna, les proporciona alimento, refugio contra la depredación y el clima, hábitat para la nidificación y constituyen el sustrato y medio de protección de huevos y estadios juveniles de peces y anfibios.

Los "Ilachales" son asociaciones de plantas acuáticas superiores sumergidas de los géneros *Elodea*, *Myriophyllum* y *Potamogeton* "Ilachus", que también proporcionan hábitat y refugio a peces nativos del género *Orestias* principalmente, además resultan muy apetecibles como forraje para el ganado.

Entre otros componentes de la flora se tienen algas microscópicas (fitoplancton) importantes como estructura de la red trófica del Lago Titicaca y macro algas como el "Lako" (algas filamentosas) y la "Puruma" (*Carofíceas*). En total se tiene 21 especies de plantas acuáticas y semiacuáticas, sin considerar la flora algal; y cerca de 150 especies en la zona de amortiguamiento. En la zona

ribereña (tierra firme) existe gran variedad de flora nativa y que los habitantes de esas zonas las utilizan para la alimentación del ganado y otras especies las utilizan en la medicina tradicional

*Agu*, la Reserva Nacional del Titicaca tiene como estructura natural principal los totorales, conformando una inmensa alfombra verde que alberga más de 60 especies de aves y ofrecen sustrato a muchas formas de vida acuática entre las que destacan peces, anfibios e innumerables organismos invertebrados.

Los recursos pesqueros en el Lago Titicaca están representados por especies nativas de los géneros: *Orestias* "carachis", "ispis", *Trychomycterus* "suches y mauris" y las especies exóticas representadas por los géneros *Oncorhynchus* y *Basilichthys* "Truchas y pejerreyes", especies introducidas en los años 1942 y 1944 respectivamente. Estas especies contribuyen a la economía local y la alimentación humana de las poblaciones asentadas en las riberas del Lago Titicaca. (INRENA, 2005)

*Los anfibios*, entre los anfibios terrestres tenemos al "sapo común" *Bufo spinolosus* y sapitos de los géneros *Pleurodema* y *Gastrotheca*.

*Los reptiles*, habitantes de las riberas, están conformados por lagartijas de los géneros *Liolaemus* y *Proctoporus*. Además, se incluye la culebra andina *Tachymenis peruviana*.

*Los mamíferos*, en los alrededores de la Reserva Nacional del Titicaca predominan los roedores como ratones de campo de la familia Muridae; en laderas rocosas es posible apreciar cuyes silvestres *Cavia tschudi*, y "vizcachas" *Lagidium peruvianum* y en las planicies son comunes liebres al estado silvestre *Sylvilagus brasiliensis*. Eventualmente cuando los niveles del Lago están bajos suelen ingresar al totoral zorros andinos *Pseudalopex culpaeus* y algunos zorrinos.

*Las aves*, siendo estas residentes y migratorias. Se tienen cerca de 70 especies, las que de una u otra manera están ligadas al área protegida, estimaciones de la

población de aves en el sector Puno indican que sobrepasan los 160 000 individuos. Entre las especies más representantes tenemos: Keñola, los rallinos, parihuanas, los totoros.

*Los invertebrados*, insectos acuáticos, crustáceos, moluscos, el zooplancton y otros invertebrados constituyen la base de la estructura de la cadena trófica y las cadenas alimentarias del Lago, siendo el principal alimento de peces, anfibios y aves. (INRENA, 1997)

*Suelos*, los suelos aledaños son del tipo aluvial con una edafización lenta y en algunas partes con gran contenido de materia orgánica, perteneciendo a la Asociación Limnos y Asociación Titicaca.

El fondo lacustre posee una gran cantidad de materia orgánica cuyo aporte provienen principalmente por la descomposición permanente de la totora y otras macrófitas. Debajo de dicho estrato es frecuente encontrar un estrato arcilloso de coloración plumiza. Los suelos aledaños son aprovechados para la agricultura y el pastoreo.

*Edafología*, son de características blandas con 1% de contenido orgánico y suelos hidromórficos de horizontes cálcicos, gleysoles mólicos en los terrenos llanos, solonets y solonshack en las depresiones. Edáficamente el anillo del Lago Titicaca, presenta un patrón entremezclado de suelos de mal drenaje (Cambisol gleico), orgánicos (Histosoles), de morfología estratificada (Fluvisoles gleicos: mal drenaje), así como de naturaleza volcánica (Andosoles) y de delgados sobre roca coherente (Leptosoles). Las tierras son de aptitud agrícola limitada, reducida a 3-4 cultivos criofílicos asociados a pastos para la actividad pecuaria.

*Fisiografía*, la Reserva Nacional del Titicaca presenta una fisiografía muy variada, está formada por la parte acuática y continental; la acuática está constituida por el espejo de agua con zonas pelágicas, sublitorales y litorales, en las dos últimas zonas se encuentra una vegetación sumergida, anfibia y flotante. La parte continental está conformada por las islas, penínsulas y playas, terrenos

circunlacustres, presentándose así mismo una fisiografía muy variada que va desde planas hasta zonas que fluctúan de 10 – 45° de declive, donde se encuentran las comunidades y centros poblados.

*Geología*, las formaciones geológicas pertenecen al Terciario Medio Superior, siendo mayormente las rocas de origen metamórficas y sedimentarias. A la ribera del Lago Titicaca se encuentran piedras calizas del grupo Copacabana con abundantes fósiles que serían parte de la transgresión marina del Pérmico, hace 280 millones de años.

*Relieve*, el Lago Titicaca, cuenca lacustre septentrional del Altiplano, es una planicie endorréica peruano-boliviana de altura elevada, es la superficie navegable más alta del mundo, ubicada a 3809 msnm, siendo la profundidad media de 100 m y máxima de 281 m cerca de la isla de Soto. La cuenca del Lago Titicaca conforma en sí una región, única en el Neotrópico. La altiplanicie circundante al Lago, es conocida como meseta del Collao. (INRENA, 2005)

## **2.5. Población del centro poblado Uros-Chulluni**

La población total del centro poblado de Uros-Chulluni está distribuida en cinco barrios (Tabla 2.3), El acceso a los servicios de educación son de condiciones inadecuadas para la gran mayoría de los pobladores del área urbana, rural, y lacustre (Tabla 2.4), determinado por bajos niveles de calidad educativa, infraestructura no adecuada, carencia de material educativo, subsistencia de la economía familia, etc. a población del centro poblado el 44.61% tiene educación primaria, y un 18.40% es analfabeta que implica que no recibió la educación básica regular, y el 28.017% de la población tiene una educación secundaria, y el 4.28% de la población tiene una educación superior no universitaria y universitaria completa e incompleta.

La densidad poblacional, según el municipio de centro poblado de Uros Chulluni en cuanto a la extensión territorial, tiene 136206.16 Has de superficie, y una densidad poblacional de 6.9 hab/Ha, situación que tiene que ver con el desarrollo socioeconómico de la población.

Tabla 2.3.

## Distribución del número de familias por barrios

Núm.	Barrio	Familias
1	Nueva Esperanza	125
2	Mirador Parque	153
3	Villa Santa María Ccucho	102
4	Capujjra	122
5	Viscachuni	133
<b>Total</b>		<b>783</b>

Fuente: Municipalidad de Uros-Chulluni, (2016).

Tabla 2.4.

## Nivel de educación de los pobladores del centro poblado Uros-Chulluni

Categorías.	Casos	Porcentaje, %
Sin nivel de educación	266	18.40
Educación inicial	30	2.07
Primaria	645	44.61
Secundaria	405	28.01
Superior no universitaria incompleta	38	2.63
Superior no universitaria completa	22	1.52
Superior universitaria incompleta	21	1.45
Superior universitaria completa	19	1.31
<b>TOTAL</b>	<b>1446</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Municipalidad de Uros-Chulluni

## 2.6. Descripción histórica del centro poblado Uros-Chulluni

Los orígenes del pueblo Uro, se remontan a épocas anteriores a los incas. De acuerdo con varios investigadores, los uros serían un grupo de los pobladores más antiguos de la meseta del Collao, (Delgadillo, 1998) Sostiene que existe evidencia arqueológica para estimar que los antepasados del pueblo Uro ocuparon el área en el año 1200 a.C. Por su parte, otros investigadores han relacionado los orígenes del pueblo Uro al denominado periodo pre-cerámico, entre los años 3000 y 2000 a.C. (DRC - Puno, 2012)

El Collao es una región que ha pasado por sucesivas ocupaciones. Entre el siglo I y siglo XIII fueron los Tiawanaku quienes habrían habitado esta zona, los cuales serían los portadores de la lengua puquina, posiblemente la lengua originaria de los Uros (Bouysson-Bey, 1987). Luego de la desaparición de los Tiawanaku, esta zona fue ocupada por varios reinos aimaras, quienes habrían sometido a los pobladores originarios, entre ellos los uros, arrinconándolos a un hábitat más propio del Lago (Prada, 2008).

Luego de la conquista del Collao, por parte de los Incas, los uros habrían sido incorporados al imperio a través del pago de tributos, los cuales eran de pescado y la confección de petacas de paja (Delgadillo, 1998)

Los primeros informes coloniales que refieren a este pueblo se remontan a la década de 1570, durante el gobierno del virrey Francisco de Toledo. Tras un viaje a la provincia de Charcas, hoy parte del territorio boliviano.

Durante las últimas décadas del siglo XVI, se tuvo diversas referencias al pueblo Uro; relacionadas a la tributación, la ubicación del pueblo en la meseta del Collao, sus relaciones con población aimara y quechua, su evangelización, su lengua y sus costumbres. Los cronistas Martín de Murúa y Baltasar Ramírez, en los años 1590 y 1597 respectivamente, hicieron mención a este pueblo y a la manera en que vivían en casas construidas sobre totora que flotaban en el agua (Delgadillo, 1998). En el siglo XVII, las menciones al pueblo uro serían cada vez más escasas; sin embargo, los

documentos de viajeros que visitaron la zona del Altiplano (siglo XIX), volverían a referirse a este pueblo, a su ubicación y a la población estimada de indígenas Uro. (DRC - Puno, 2012)

En las últimas décadas el sector turístico empezó a crecer en Puno y con esto empezaron a visibilizarse nuevamente los uros como pueblo originario. Si bien actualmente los uros no cuentan con idioma propio pues la mayoría de ellos habla aymara como lengua materna, se conoce que la población de la Comunidad Campesina Uros-Chulluni conservó el uro como idioma nativo hasta la década de 1920 (DRC - Puno, 2012).

A mediados de la década de 1980, la región Puno se vio afectada por una serie de inundaciones, estas afectaron a la población uro que habitaba las islas flotantes, pues tuvieron como resultado el desplazamiento de una importante cantidad de islas desde la parte norte hacia la parte sur de la Reserva Natural del Titicaca. Actualmente, el pueblo Uro habita principalmente en el centro poblado de Uros-Chulluni, distrito de Puno y en las islas flotantes de la bahía de Puno, sobre el lago Titicaca. El centro poblado de Uros-Chulluni ha sido identificado como el lugar en tierra firme, donde habita la mayor parte de la población que se reconoce como parte del pueblo Uro.

## **2.7. Contaminación en el centro poblado Uros-Chulluni**

“En el centro poblado de Uros-Chulluni el proceso de contaminación se está incrementando debido a la pérdida de las condiciones naturales físicas y químicas del suelo y al desarrollo de actividades inducidas por el hombre debido al inadecuado uso del suelo, generando un desequilibrio físico, químico y biológico.” (Gian, 2015)

La contaminación de los suelos que están por debajo del agua y que son el sostén de la reproducción vegetal de la totora y del llacho; pero que, en lugar de estar limpios, están contaminados y transmiten enfermedades a toda la vida vegetal y animal, especialmente en la bahía de la ciudad puneña. Si bien no presenta mayores contrariedades tiene que ver también con las inundaciones, las sequías, que afectan directamente a los totorales y a otras especies vivas, así como también con la afluencia



de residuos sólidos. Por otro lado, en lo que concierne a la parte seca, Puno presenta marcados indicios de depredación de los recursos naturales y la desertificación de las zonas alto grado de salinidad, los que en los últimos años han ocasionado la lesión en el perfil del suelo y la vegetación, debido a la contaminación observada en la superficie del altiplano. Las consecuencias se traducen en la interrupción de los drenajes naturales, causada, en alguna forma, por las industrias aludidas arriba; por los botaderos de residuos sólidos domésticos y desmontes que alteran perniciosamente el cauce en las zonas ribereñas de la cuenca circunlacustre. (INRENA, 2002) Entre las principales fuentes generadoras en el centro poblado figuran las siguientes:

### **2.7.1. Desarrollo de actividades económicas**

La dinámica económica que caracteriza del centro poblado, así como los modos productivos se encuentra de manera dispersa en el territorio, las condiciones socio económico no permite dotar a los locales donde se desarrollan actividades al servicio del público con las condiciones técnicas sanitaria y de seguridad ambiental, por ser en su mayor parte de tipo informal, esto comprende a: Mecánica automotrices (mantenimiento de las lanchas empleadas para el turismo), motivo se identifica y observa a lo largo de la ribera del lago Titicaca y de la avenida principal del centro poblado, presencia de residuos sólidos domésticos.

### **2.7.2. Inadecuado manejo de residuos sólidos**

Es una fuente generadora de la contaminación del suelo debido a la mala disposición de los residuos sólidos, que al encontrarse expuesto a agentes ambientales externos pasan por una etapa de transformación, liberando toxinas, gases y lixiviados que además de cambiar las condiciones naturales del suelo generan la proliferación de roedores que son agentes transmisores de enfermedades, también ocasiona emisiones de olores desagradables y de dar mal aspecto. La transferencia informal de residuos sólidos de tipo desmonte y/o material excedente de construcción, hace que áreas destinadas para zona agrícola, parques, y jardines, la pierdan sus condiciones naturales y del uso adecuado del suelo, convirtiéndose en botaderos clandestinos de los residuos sólidos domésticos y de desmonte proveniente muchas veces de zonas alejadas del centro poblado. (Gian, 2015) (Anexo 10, fotografías 1,2)

### 2.7.3. Aguas residuales domésticas

Producto del lavado de prendas de vestir, utensilios de cocina, entre otros a las avenidas no asfaltadas, áreas libres disponibles y al uso de las aguas residuales sin tratamiento. El centro poblado no cuenta con el sistema de servicio de desagüe; los silos solo benefician aproximadamente al 80% de la población. (Gian, 2015)

#### *Disposición de excretas al aire libre*

Las condiciones geográficas físicas del centro poblado y el tipo de crecimiento urbano han generado déficit de servicios básicos de agua y desagüe, donde la población afectada opta por aprovechar los recursos naturales disponibles, como lo es el suelo, desarrollando hábitos sanitarios inadecuados como la disposición de excretas al aire libre, fuente generadora de la contaminación del suelo, se debe mencionar que la no-existencia de programas de saneamiento ni alcantarillado lo que contribuye al incremento. (Gian, 2015)

### 2.8. Marco legal.

Para la realización del monitoreo y evaluación ambiental de suelos, se han tomado en cuenta los dispositivos legales vigentes, considerado como marco legal y normativo; y son los siguientes:

- Constitución Política del Perú - Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales.
- Decreto Supremo N.º 056-97-PCM:
- Resolución Ministerial Nro. 085-2014-MINAM, Guía para el muestreo de suelos y guía para la elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos.
- Decreto Supremo Nro. 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

- Ley Nro. 28611- Ley General del Ambiente, Política Nacional del Ambiente y demás normas, políticas, planes, estrategias, programas.
- Ley Nro. 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Ley Nro. 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley Nro. 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Ley Nro. 27314, Ley General de Residuos Sólidos.
- Ley Nro. 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.
- Ley Nro. 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- Decreto Legislativo Nro. 997, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura.
- Decreto Legislativo Nro. 1059, aprueba la Ley General de Sanidad Agraria.
- Decreto Supremo Nro. 008-2005-PCM, Reglamento de la Ley Nro. 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
- Decreto Supremo Nro. 012-2009-MINAM, que aprueba la Política Nacional del Ambiente.
- Decreto Supremo Nro. 019-2009-MINAM, Reglamento de la Ley Nro. 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

- Decreto Supremo Nro. 057-2004-PCM, Reglamento de la Ley Nro. 27314, Ley General de Residuos Sólidos.
  
- Decreto Supremo Nro. 002-2009-MINAM, Reglamento sobre transparencia, acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales.
  
- Decreto Supremo Nro. 031-2008-AG, Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura.
  
- Decreto Supremo Nro. 017-2009-AG, Aprueban Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor.
  
- Decreto Supremo Nro. 018-2008-AG, Aprueban Reglamento de la Ley General de Sanidad Agraria.
  
- Decreto Supremo Nro. 016-2000-AG, Aprueban el Reglamento para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola.
  
- Resolución Ministerial Nro. 0433-2001-AG, Aprueban la “Guía para el Usuario: Elaboración del Estudio del Riesgo Ambiental para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola.
  
- Resolución Ministerial Nro. 270-2011 MEN/DM Evaluación de instrumentos de gestión.
  
- Decreto Supremo 002-2013-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
  
- Ley del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM Ley Nro. 26410).

- Reglamento de Organización y Funciones del CONAM, Decreto Supremo Nro. 022-2001-PCM.
  
- Decreto Supremo Nro. 016-93-EM, Aprueban Reglamento de Guías Ambientales.
  
- Ley General de Salud (Ley Nro. 26842).
  
- Título del Código Penal - Delitos Contra la Ecología.
  
- Ley Nro. 29325- Ley del Sistema Nacional de Evaluación y fiscalización Ambiental
  
- Ley Orgánica de Municipalidades (Ley Nro. 27972 del 26.05.03) y sus normas modificatorias y complementarias.
  
- Directiva Nro. 003-2010/OEFA/PCD.
  
- Ordenanza Nro. 22-2011-MPJ

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Metodología

La metodología del presente trabajo de investigación es en realizar un diagnóstico de la línea base del centro poblado de Uros-Chulluni, para ello se recaba información cualitativa y cuantitativa de la municipalidad, se realizara los análisis fisicoquímicos cuyos resultados se comparados con los estándares de calidad de suelos agrícolas canadiense, estándares de calidad ambiental para suelo agrícolas peruanos (Anexo 4, 5), y los niveles de fondo de Palapaja, para establecer la magnitud e importancia logrando identificar las fuentes e impactos ambientales, por lo que es necesario realizar este trabajo en campo y en gabinete.

El método de investigación es inductivo, se toma muestras puntuales de los suelos agrícolas en estudio, que permite el razonamiento que se analiza una porción de un todo; es analítico, se realiza la división de un todo para estudiarlas en forma individual (análisis), con la reunión racional de elementos dispersos para estudiarlos es su totalidad.

##### 3.1.1. Tipo y diseño de la investigación

###### *Tipo de investigación*

El presente trabajo se ajusta al tipo de estudio según su estrategia, es descriptivo (Muñoz Razo, 2011), donde se evalúa el grado de contaminación de

suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni, provocado por los residuos sólidos domésticos, y aguas residuales, etc.; de acuerdo a los estándares de calidad de suelo canadiense y peruana, y a la vez comparándolos con los puntos de muestreo de nivel de fondo de los suelos agrícolas de Palapaja.

La investigación se ajusta a un nivel de investigación correlacional.

$$VI \xrightarrow{R} VD$$

Dónde:  $VI$  = Variable independiente: muestra,  $VD$  = Variable dependiente: Información de la(s) variable(s),  $R$  = Tipo y grado de relación existente.

Siendo la correlación positiva entre las variables, porque tiene lugar cuando un aumento en una variable conduce al aumento en la otra variable y una disminución en una conduce a una disminución en la otra.

### ***Diseño de la investigación***

Es de tipo de diseño no experimental, transeccional, se recolectará muestras de suelos agrícolas de centro poblado De Uros-Chulluni, en un solo momento y tiempo, para luego determinar sus propiedades físicas y químicas, y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, para compararlo con la Guía Canadiense para Suelos de Uso Agrícola (EPA, 2017) y los Estándares de Calidad Ambiental de Suelos Agrícolas de normatividad peruana. (El Peruano, 2013) y con muestras de los suelos agrícolas de Palapaja que no tiene impacto ambiental.

#### **3.1.2. Población de estudio**

El área (población) de estudio a muestrear son los suelos agrícolas centro poblado de Uros-Chulluni, ubicados en la ribera del Lago Titicaca, que son directamente influenciados por las actividades socioeconómicas de los pobladores, conformada por los puntos de muestreo (PM) y puntos de muestreo de nivel de fondo (PMNF) que no tiene influencia de contaminación por los residuos sólidos domésticos, ni aguas residuales domésticas, ubicado en los suelos agrícolas de Palapaja, (Figura 3.1)

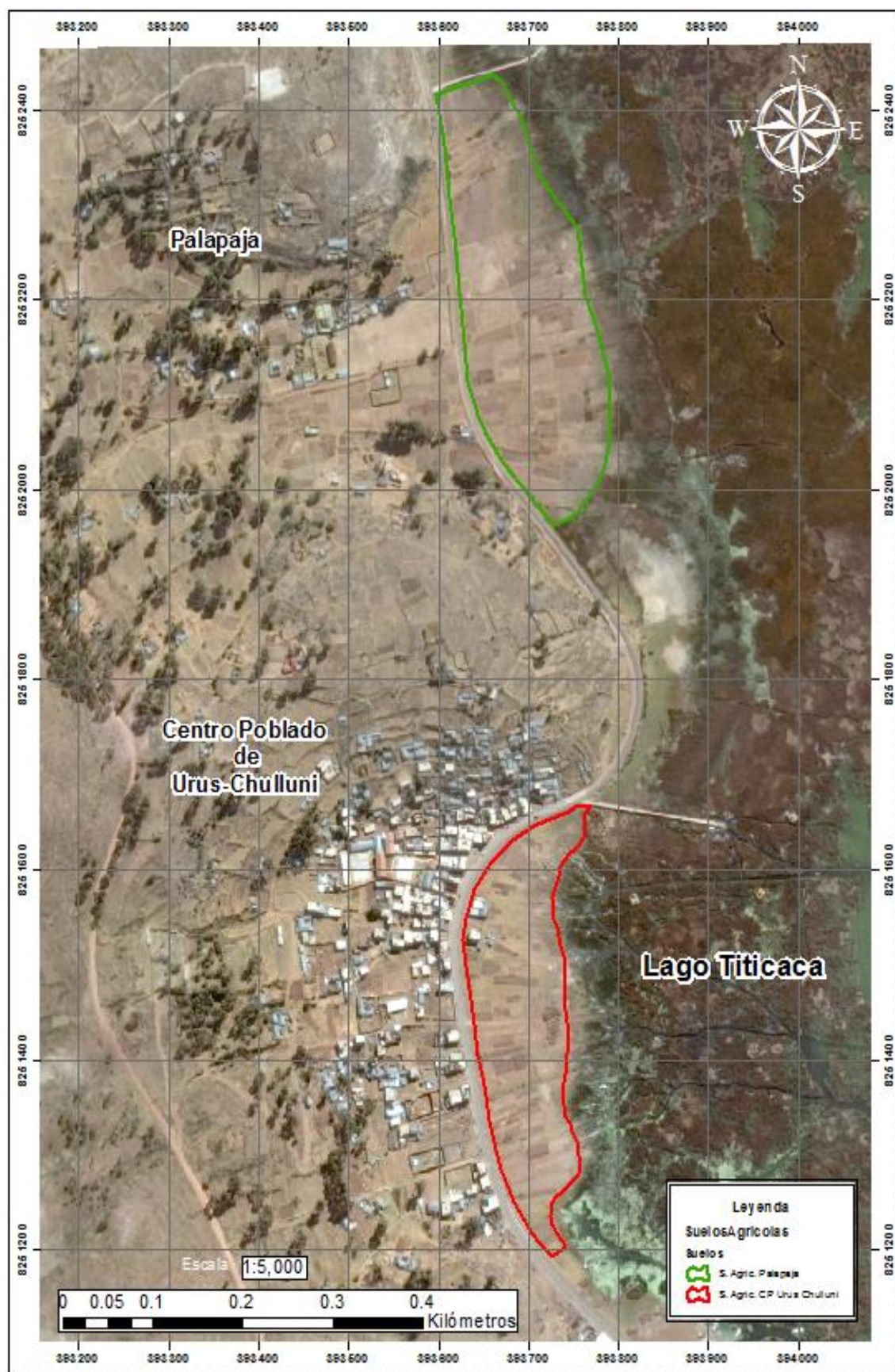


Figura 3.1. Ubicación de los Suelos Agrícolas,

Fuente: Google Earth Pro, 10/2016



### 3.1.3. Muestra

#### *Tamaño de muestra*

El muestreo es aleatorio estratificado, cada tipo de muestreo la población en estudio se sub-divide en estratos o subgrupos que tienen cierta homogeneidad en el terreno y en cada estrato se realiza un muestreo aleatorio simple.

#### *Selección de muestra*

El muestreo es compuesto está conformado por dos muestras simples que se emplea en casos en los que se dispone de poca información acerca de las características de la población a medir; se basa en la teoría de probabilidades y siempre requiere de un análisis estadístico. Este tipo de muestreo permite todas las combinaciones posibles de unidades de muestras a seleccionar. (Mason, 1992)

#### *Puntos de muestreo*

En este estudio se consideraron los puntos de muestreo como un factor fijo, puesto que fueron escogidos a priori por sus condiciones, y porque serían el resultado de la interacción de la población por las actividades socio económicas sobre los suelos y con el medio ambiente (Figura 3.1., Anexo 8).

Los puntos de referencia son georreferenciados con GPS, entre la superficie y profundidad, estas profundidades se definen en campo por apreciación visual y organoléptica determinándose el número de muestras, dos muestras de nivel de fondo y ocho muestras de detalle del lugar del área de estudio (Tabla 4.1.), según la Guía Para Muestreo de Suelos Agrícolas. (MINAMc, 2014) en el marco del D.S. 002-2013-MINAM, Estándar de Calidad Ambiental para Suelos. (El Peruano, 2013)

#### *Recolección de muestras*

Se recoge con los procedimientos establecidos en la Guía Para Muestreo de Suelos (MINAMc, 2014). En cada estación se colectan las muestras tratando de cubrir la zona no contaminada (Figura 3.2.), y contaminada (Figura 3.3.), para

cada muestra se recolecta muestras compuestas, es decir dos sub muestras de suelos distribuidos cada una a un punto norte y sur, a partir del punto de referencia del GPS (Tabla 3.1.) a una distancia de un metro; estas muestras se tomaron desde la capa superficial hasta una profundidad de treinta centímetros (profundidad de aradura para suelos agrícolas), para esto se cuartea la muestra mezclada y se repite el proceso hasta llegar a la cantidad deseada, con lo anterior se obtuvo una única muestra compuesta en cada estación y que es representativa del ecosistema; codificándose la muestra sin contaminación de los suelos agrícolas de Palapaja como punto de muestreo de nivel de fondo PMNF1 y PMNF2 (Figura 3.2.), y la muestras de detalle para los suelos agrícolas contaminados del centro poblado de Uros-Chulluni como PM1, PM2, PM3, PM4, PM5, PM6, PM7, y PM8, (Figura 3.3.), según el D.S. 002-2013-MINAM, estas se preparan para su transporte al laboratorio en frascos y bolsas de polietileno previamente rotuladas.

**Tabla 3.1.**

**Puntos de muestreo en los suelos agrícolas en estudio**

<b>Numero</b>	<b>Código</b>	<b>Coordenadas UTM: Este, Sur, m; WGS 84 Zona 19L</b>	
<b>1</b>	PMNF1	393700.00	8252203.00
<b>2</b>	PMNF2	393721.00	8252104.00
<b>3</b>	PM1	393732.00	8251632.00
<b>4</b>	PM2	393668.00	8251582.00
<b>5</b>	PM3	393707.88	8251516.20
<b>6</b>	PM4	393651.00	8251474.00
<b>7</b>	PM5	393711.74	8251435.73
<b>8</b>	PM6	393674.00	8251368.00
<b>9</b>	PM7	393720.25	8251333.43
<b>10</b>	PM8	393689.02	8251275.21

Fuente: Elaborado por el investigador.

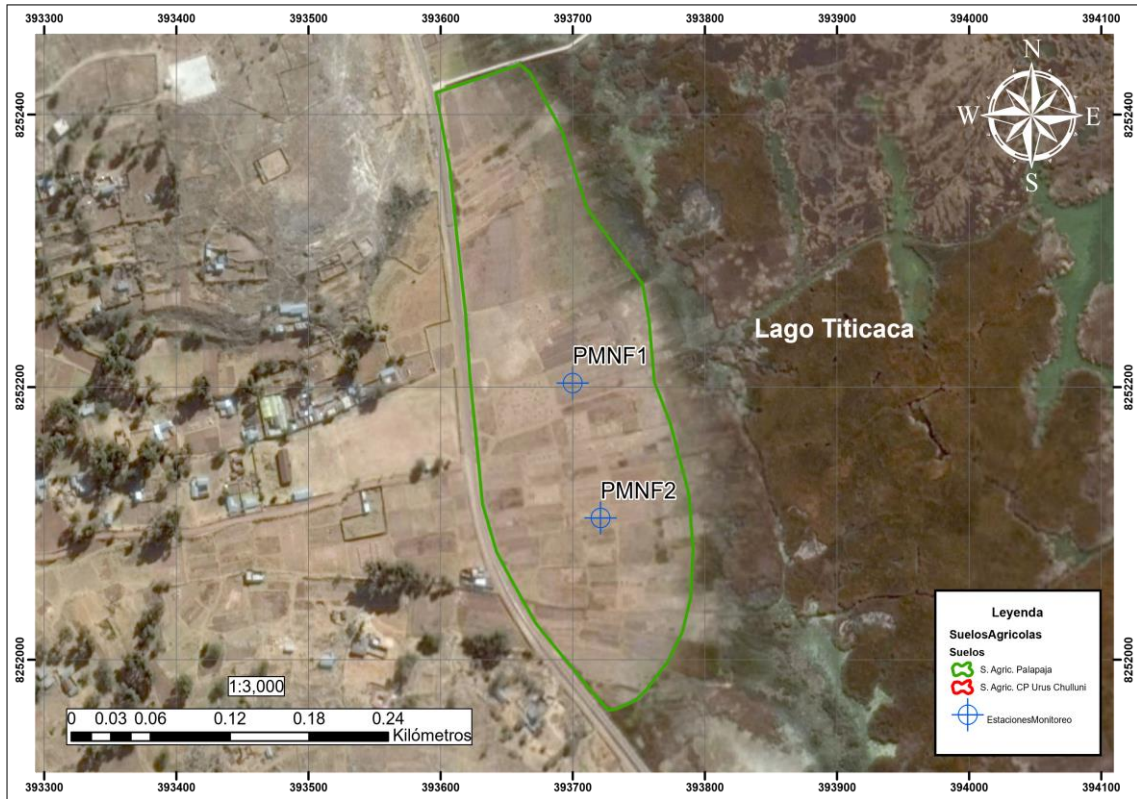


Figura 3.2. Puntos de muestreo de nivel de fondo en los suelos de Palapaja.

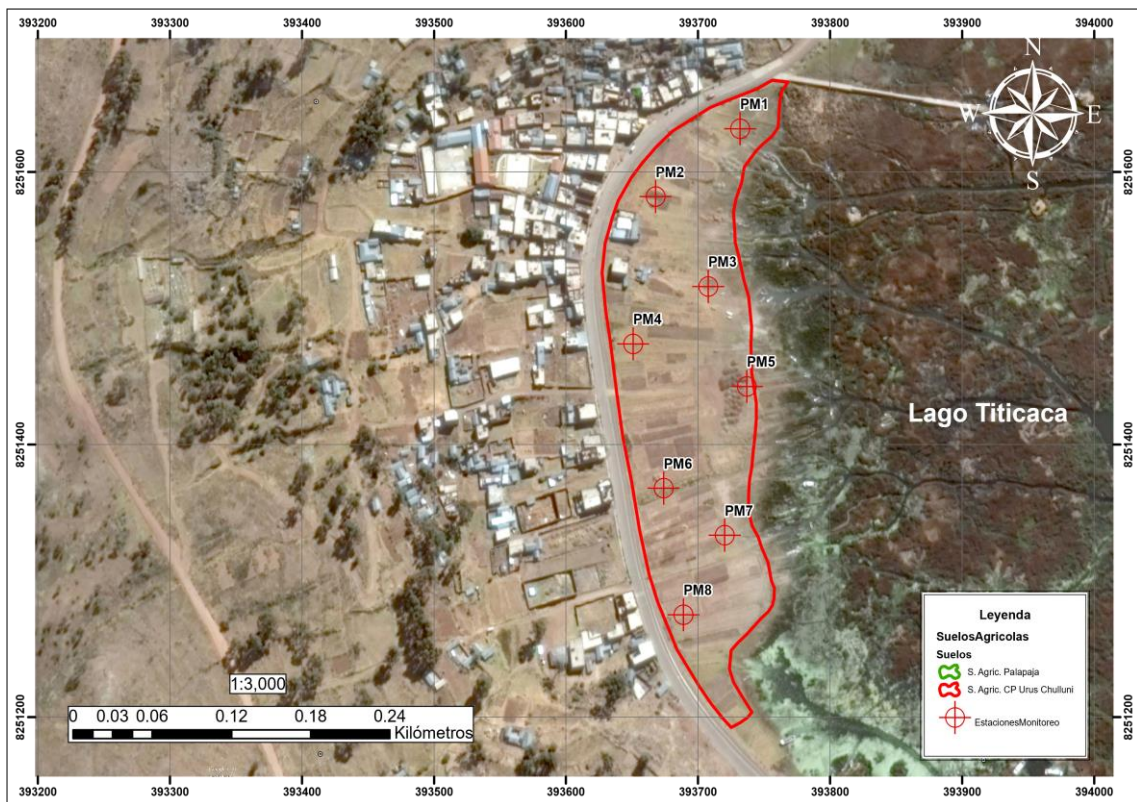


Figura 3.3. Puntos de muestro en los suelos del centro poblado Uros-Chulluni

Fuente: (Google Earth Pro, 10/2016)

*Instrumentos de recolección de muestras:*

- Etiquetas para identificación de muestras.
- Ficha de muestreo de suelo.
- Bitácora de muestreador
- Cinta métrica.
- Barrenos.
- Cuchara de acero inoxidable.
- Charola de acero inoxidable.
- GPS.
- Bolsas de polietileno.
- Cámara fotográfica.
- Guantes de nitrilo.
- Cinta adhesiva.
- Plumón de tinta indeleble.
- Bolígrafo de tinta negra.
- Pilas para GPS.
- Cepillos cubetas.
- Información del sitio.
- Información legal,
- Cartas de presentación
- Permiso de muestreo
- Otros materiales de gabinete

*Pretratamiento de muestras en laboratorio.*

Se desarrollaron siguiendo las técnicas y las metodologías descritas la Guía Para Muestreo de Suelos (MINAMc, 2014)(anexo 1), las fichas de muestreo para suelos en el marco del Decreto Supremo 002-2013 MINAN (Anexo 2) cadena de custodia, los protocolos del Laboratorio de Análisis de Agua y Suelos de Ingeniera Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano, y el protocolo Inspectorate Services Perú S.A.C, acreditado ante el INDECOPI. (Anexo 7)

#### **3.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Primeramente, se utiliza la técnica de la observación, esta técnica nos permitirá identificar, conocer la contaminación visual (MINAMc, 2014), que se dan los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni en las orillas del Lago Titicaca y en Palapaja; mediante el cual se recopila datos e información necesaria para desarrollar y sustentar este estudio.

Las técnicas de ubicación y recolecciones de las muestras son en base a la “Guía para muestreo de suelos” (MINAMc, 2014), y estos son georreferenciados con el software de Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS, versión 10.4)

#### **3.1.5. Procesamiento de los datos**

El procesamiento de datos es sistemático, y se presenta gráficos simples y compuestos, lo que permite realizar el análisis e interpretación de los resultados de los puntos de muestreo (PM1-PM8 y PMNF) compararlos los estándares de calidad de suelos agrícolas canadiense (CCME, 2017), y los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas peruanos; (MINAMa, 2013), mediante el software SoQI versión 1.0, y office Excel versión 2013, aplicado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2017).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Contaminación de los suelos agrícolas por actividades socioeconómicas

##### 4.1.1. Actividades socioeconómicas

Según la Municipalidad Uros-Chulluni, (2016) se observa en que los 1294 habitantes del centro poblado en mención, en su gran mayoría se dedican a la actividad económica del turismo, artesanía y silvicultura el 47.45%; seguido por la actividad económica de agricultura, ganadería y caza 26.82%; así sucesivamente tal como se puede notar en la siguiente tabla 4.1.

La dinámica económica que caracteriza del centro poblado, así como los modos productivos se encuentra de manera dispersa en el territorio, las condiciones socio económico no permite dotar a los locales donde se desarrollan actividades al servicio del público con las condiciones técnicas sanitaria y de seguridad ambiental, por ser en su mayor parte de tipo informal, esto comprende a: Mecánica automotrices (mantenimiento de las lanchas empleadas para el turismo), motivo por el que identificamos y observamos a lo largo de la ribera del Lago Titicaca y de la avenida principal del centro poblado, el derrame de residuos sólidos, de tipo liquido como aceites, grasas, gasolina, petróleo y otros residuos.

El nivel de ingreso económico, según la información brindada por las autoridades del centro poblado Uros Chulluni a través de sondeos directos a los vecinos de los barrios y anexos, durante los periodos del mes de abril del 2015 se ha estimado que el promedio mensual de las familias es de S/. 800.00.

**Tabla 4.1.**

**Características socioeconómicas del centro poblado Uros-Chulluni**

<b>Actividades</b>	<b>Casos</b>	<b>Porcentaje, %</b>
Turismo, Artesanía y Silvicultura	614	<b>47.45</b>
Agricultura, Ganadería y Caza	347	<b>26.82</b>
Industria Manufacturera	25	<b>1.93</b>
Construcción	65	4.25
Venta, mantenimiento. y reparación., Vehículos, lanchas, Automóviles, y Motocicletas	6	0.46
Comercio por Mayor	3	0.23
Comercio por Menor	35	2.70
Hoteles y Restaurantes	22	1.70
Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	12	0.93
Intermediación Financiera	1	0.08
Actividades Inmobiliarias Empresas y Alquileres	18	1.39
Administración Pública y Defensa, planes de Seguridad Social de Afiliación	27	2.09
Enseñanza	15	1.16
Servicios Sociales y de Salud	13	1.00
Otras Actividades Servicio Comunicación, Social y Personales	5	0.39
Hogares Privados y Servicio Domestico	10	0.77
Actividad Económica no Especificada	86	6.65
<b>TOTAL</b>	<b>1294</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Municipalidad de Uros-Chulluni (2016)

Debido a que los pobladores se dedican a la actividad de turismo y que cuentan con lanchas a motor estos son abastecidos de combustible en zona inadecuadas, contribuyen a la contaminación del suelo por derrames de gasolina, petróleo diésel, aceites, entre otros,

ubicados entre los suelos agrícolas y la orilla del Lago Titicaca, generando también impactos negativos referidos a la estética. (Anexos 10, Fotografía 2)

Los pobladores del centro poblado de Uros Chulluni tienen un buen porcentaje del 75 % dedicado al aspecto turístico los cuales se realizan en las islas flotantes de los Uros, y en un menor porcentaje a la pesca en un 15 %, y de un porcentaje de 7 % en otras actividades como el comercio y el campo de la construcción, etc., y por último en el campo de la agricultura solo se dedican en un porcentaje mínimo del 3% y solo es para el consumo propio. (INEI, 2007)

Los servicios básicos de agua potable en la parte del centro poblado el agua se tiene en forma entubada el 63%, de los riachuelos y otros el 37% de la población. Esto debido al crecimiento de nuevas viviendas en las partes de los barrios urbanos marginales; La población, sobre todo del ámbito rural consume agua directamente de los riachuelos que discurren por las comunidades, estas están contaminadas por los mismos pobladores y por otra parte por los ganados (Tabla 4.2.) Esto hace que las personas contraigan enfermedades infecciosas intestinales y enfermedades de la cavidad bucal.

**Tabla 4.2.**

**Servicio de agua del centro poblado Uros-Chulluni**

<b>Categorías</b>	<b>Casos</b>	<b>Porcentaje, %</b>
Red pública centro (agua potable)	946	98.60
Red pública fuera (manantial)	65	4.71
Uso de pilón publico	283	20.52
Pozo	59	4.28
Rio, acequia	9	0.65
Vecino	5	0.36
Otros	12	0.87
<b>Total</b>	<b>1379</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Municipalidad de Uros-Chulluni. (2016)

En el centro poblado no cuenta con el sistema de servicio de desagüe; el sistema de silos solo beneficia aproximadamente a un 80% de la población, en cuanto al resto de los



pobladores; en algunos casos cuentan con letrinas rústicas en mal estado esto incluye a los centros educativos. Disposición de excretas al aire libre. por condiciones geográficas físicas del centro poblado y el tipo de crecimiento urbano han generado déficit de servicios básicos de agua y desagüe, ya que el centro poblado de Uros-Chulluni no cuenta con los servicios de desagüe, por lo que la población afectada opta por aprovechar los recursos naturales disponibles, como lo es el suelo, desarrollando hábitos sanitarios inadecuados como la disposición de excretas al aire libre, fuente generadora de la contaminación del suelo.

### *Producción de residuos sólidos*

La población de centro poblado de Uros-Chulluni tiene una generación per cápita de residuos sólidos promedio de 0.65 kg/hab día, Tabla 4.3. y gráfico 4.1. la producción de sólidos orgánicos e inorgánicos se genera en las islas flotantes con un 59.39 %, dicha producción se debió a la actividad turística, un 14.92 % en las instituciones como el municipio, postas medidas, un 8.28 en las viviendas, el 11.52 de las instituciones educativas y el 5.889 % en las calles, además se puede deducir que hay poca diferencia entre los residuos generados en las viviendas y en las calles con un 2.39% lo que nos indica no se tienen una cultura ambiental.

**Tabla 4.3.**

#### **Generación de residuos sólidos domésticos**

Descripción	Residuos sólidos domésticos		Total
	Orgánicos	Inorgánicos	
<b>Producción de Residuos Sólidos (kg)</b>	<b>134.14</b>	<b>188.78</b>	<b>322.92</b>
Islas (%)	29.15	30.24	59.39
Viviendas (%)	2.27	6.02	8.29
Centros educativos (%)	3.02	8.49	11.51
Instituciones (%)	4.78	10.14	14.92
Calles y plazas (%)	2.33	3.56	5.89
<b>Total (%)</b>	<b>41.55</b>	<b>58.45</b>	<b>100.00</b>
<b>Producción per cápita (Kg/hab día)</b>	<b>0.27</b>	<b>0.38</b>	<b>0.65</b>

Fuente: Condori, (2013)

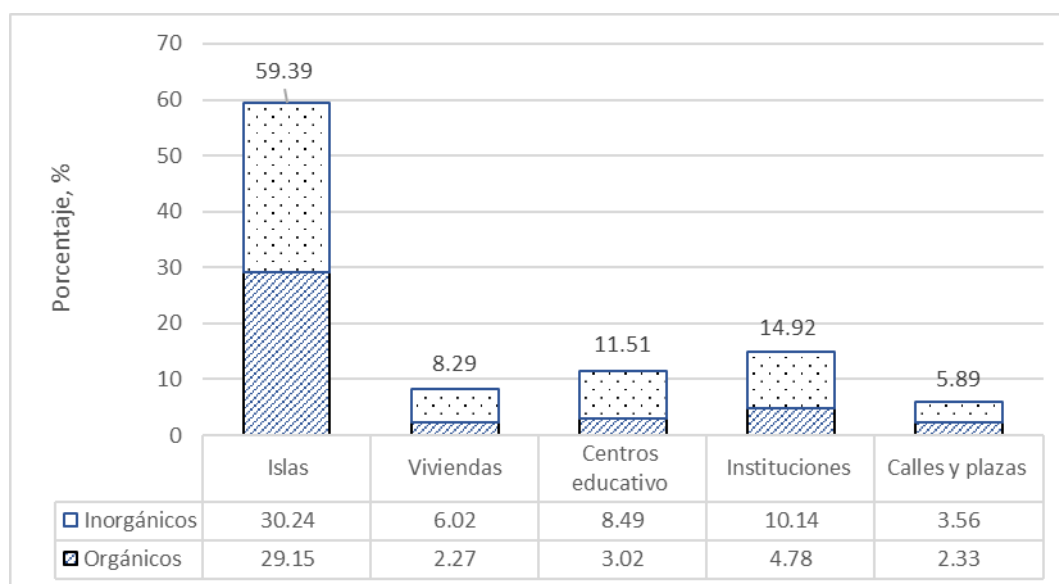


Gráfico 4.1. Lugar de generación de residuos sólidos domésticos.

Fuente: Tabla 4.3, Condori, (2013)

**Tabla 4.4.**

**Disposición de los residuos solidos domésticos**

Nro.	Interrogantes		%		%		%
1	¿Quién recoge los residuos sólidos domésticos?	Mun. de Puno	100.00	Emp. Privada	0.00	Triciclos informales	0.00
2	¿Qué hace con los residuos sólidos acumulados?	Quema	10.00	bota a la calle	28.75	Sigue acumulando	31.25
3	¿Qué haces en tu casa con las botellas vacías	Se botan	6.25	Se venden	50.00	otros	43.75
4	¿Qué hacen con las bolsas plásticas?	Se botan	10.00	Se venden	0.00	Se Reúsan	90.00
5	¿Qué hacen con las latas?	Se botan	81.25	Se venden	18.75	Se regalan	0.00
6	¿Qué se hacen con el periódico y el cartón?	Se botan	35.00	Se queman	36.25	otros	28.75
7	¿Ha participado en alguna actividad o campaña de limpieza?	Si	86.25	No	13.75		
8	¿Participaría en un programa de reciclaje entregando sus desechos?	Si	93.75	No	6.25		

Fuente: Condori, (2013); Municipalidad de Uros-Chulluni, (2016)

El servicio de saneamiento a esta parte de la población presta el servicio de parte de la municipalidad Provincial de Puno, realizando la recolección dos veces por semana los días lunes y jueves, sin embargo, cuando se acumulan el 40% de la población indica que los quema, un 31.25 % los sigue acumulando y el 28.75 % indica que los dejan en la calle y a la ribera del Lago. En lo referente sobre la segregación y reúso de las botellas de PET, uso de papel latas, periódicos, se detallan en la tabla 4.4. y además indican que han participado y participarían en una campaña de limpieza.

#### **4.1.2. Impacto ambiental generado por las actividades socioeconómicas**

Los sitios de disposición final de los residuos sólidos se ubican cerca de la viviendas y, por no operarse en forma técnica en la mayoría de los casos, se presentan olores, generación de polvo, dispersión de plásticos, botellas descartables y papeles en los alrededores de los suelos agrícolas, también contaminando el recurso agua, y deterioro general del entorno, de otra parte, el fuego producido por auto ignición en ciertos tipos de residuos producidos intencionalmente para disminuir el volumen, genera humo en forma continua causando contaminación atmosférica y generación de olores molestos.

El manejo incorrectos de los sitios de disposición final también generan presencia de moscas, ratones y animales domésticos que se comportan como vectores hacia el centro poblado, a menudo sucede que las moscas a través del vehículos de recolección alcanzan áreas residenciales de la ciudad de Puno, otro riesgo presente en los sitios de disposición de los residuos sólidos domésticos es el causado por el metano y bióxidos de carbono que se producen en el proceso de descomposición, debe tenerse en cuenta que el metano es explosivo cuando alcanza ciertos niveles de concentración en la atmosfera y que se mueve fácilmente en suelos de alta permeabilidad, la descomposición también produce amoniaco y ácido sulfúrico, aunque en pequeñas cantidades comparadas con el metano. De igual manera la presencia de animales domésticos, tanto en calles como en los sitios de disposición, en busca de alimentos, complica el manejo sanitario de los desechos y a la vez se convierten en vectores de transmisión de enfermedades, aumentando el riesgo para la comunidad, además del deterioro de las condiciones estéticas y paisajistas. Finalmente, el material orgánico el principal componente de los residuos sólidos son causantes de la generación de olores desagradables, estos olores facilitan la aparición y proliferación.

La transferencia informal de residuos sólidos de tipo desmonte y/o material excedente de construcción, hace que estas áreas de suelos agrícolas hacen pierdan sus condiciones naturales y del uso adecuado, convirtiéndose en botaderos clandestinos de desmonte proveniente muchas veces de zonas alejadas del centro poblado (Anexo 10, Fotografía 1 y 3)

Arrojo de aguas residuales domésticas, producto del lavado de prendas de vestir, utensilios de cocina, entre otros a las avenidas no pavimentadas, áreas libres disponibles y al uso de las aguas residuales sin tratamiento

A esta parte de la población presta el servicio de saneamiento la Municipalidad Provincial de Puno, sin embargo, aún no se cuenta con una planta de tratamiento de residuos sólidos domésticos, por otra parte, no se tiene la cultura de limpieza por parte de la población quienes arrojan por las calles, y algunos prefieren el relleno sanitario. Esto se puede observar bastante en el contorno urbano donde existen desechos y excretas al aire libre que no solo da una mala imagen a la población, sino que es un verdadero foco de infección, que atrayendo insectos como las moscas y otros tipos de insectos transmisores de enfermedades; y los más afectados son los niños y ancianos.

## **4.2. Propiedades fisicoquímicas de los suelos agrícolas**

### **4.2.1. Características de los suelos agrícolas**

Las áreas de estudio son los suelos agrícolas de Palapaja con 5.53 hectáreas (55300 m<sup>2</sup>), y suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni con 3.86 hectáreas (38600 m<sup>2</sup>) (Gráfico 3.1.), donde se toman las muestras que se detallan en la tabla 4.5. como son los puntos, profundidad y hora de muestreo.

Los suelos aludados son del tipo aluvial con una edafización lenta y en algunas partes con gran contenido de materia orgánica, perteneciendo a la Asociación Limnos y Asociación Titicaca. El fondo lacustre posee una gran cantidad de materia orgánica cuyo aporte proviene principalmente por la descomposición permanente de la totora y otras macrófitas. Debajo de dicho estrato es frecuente encontrar un estrato arcilloso de coloración plomiza.

Tabla 4.5.

## Profundidad y hora de muestreo en los suelos agrícolas en estudio

Numero	Código	Coordenadas UTM Este, Sur,m; WGS 84, Zona 19L);		Profundidad (cm)	Hora de muestreo
1	PMNF1	393700.00	8252203.00	0 - 30	9:00 h
2	PMNF2	393721.00	8252104.00	0 - 30	09:15 h
3	PM1	393732.00	8251632.00	0 - 30	09:45 h
4	PM2	393668.00	8251582.00	0 - 28	09:55 h
5	PM3	393707.88	8251516.20	0 - 30	10:10 h
6	PM4	393651.00	8251474.00	0 - 30	10:20 h
7	PM5	393736.90	8251442.85	0 - 30	10:30 h
8	PM6	393674.00	8251368.00	0 - 30	10:40 h
9	PM7	393720.25	8251333.43	0 - 30	10:50 h
10	PM8	393689.02	8251275.21	0 - 30	11:00 h

Fuente: Elaborado por el investigador, (17/10/2016)

Los suelos del centro poblado de Uros-Chulluni y Palapaja son de características blandas con 1% de contenido orgánico y suelos hidromórficos de horizontes cálcicos, gleysoles mólicos en los terrenos llanos, solonets y solonshack en las depresiones. Edáficamente el anillo del Lago presenta un patrón entremezclado de suelos de mal drenaje (Cambisol gleico), orgánicos (Histosoles), de morfología estratificada (Fluvisoles gleicos: mal drenaje), así como de naturaleza volcánica (Andosoles) y de delgados sobre roca coherente (Leptosoles).

Las tierras son de aptitud agrícola limitada, reducida a 3-4 cultivos criofílicos asociados a pastos para la actividad pecuaria. (Figura 4.1. y 4.2. y anexos 10, fotografías 1, 2, 3)



Figura 4.1. Suelo agrícola de Palapaja, puntos de muestra nivel de fondo (PMNF), 15/12/2015



Figura 4.2. Suelos agrícolas de centro poblado Uros-Chulluni, 15/12/2015

En la tabla 4.6, se presentan los resultados correspondientes a los análisis de los parámetros físicos y químicos de las áreas de estudio, que son los factores que afectan la disponibilidad de la calidad de los suelos agrícolas.

Tabla 4.6.

Características fisicoquímicas de los suelos agrícolas de Palapaja y suelos agrícolas del centro poblado Uros-Chulluni, en la orilla del Lago Titicaca

Núm.	Código.	Textura			Estructura <sup>(1)</sup>	Porosidad %	Permeabilidad Cm/h <sup>(2)</sup>	C. E., mS/Cm	M. O., %	pH
		Arena, %	Arcilla, %	Limo, %						
1	PMNF1	58.20	19.88	21.92	Franco arenosa	50.39	2.50	0.42	9.9	7.75
2	PMNF2	64.60	12.40	23.00	Franco arenosa	47.73	2.50	0.28		7.43
3	PM1	42.20	22.10	35.70	Franco	61.14	1.30	3.45		7.62
4	PM2	59.80	13.80	26.70	Franco arenosa	52.09	2.50	0.62	4.8	7.57
5	PM3	23.72	24.80	26.40	Franco limosa	64.66	0.25	2.62	9.2	7.46
6	PM4	29.40	24.52	52.24	Franco limosa	51.95	0.25	1.28	8.6	7.84
7	PM5	30.40	15.60	46.08	Franco limosa	55.21	0.25	4.08		8.87
8	PM6	63.70	15.60	54.00	Franco arenosa	48.66	2.50	0.45	7.9	7.91
9	PM7	35.08	22.28	20.70	Franco	58.30	1.30	2.77		8.00
10	PM8	75.00	8.36	42.64	Franco arenosa	48.24	2.50	1.50	9.8	8.15

CIC: Capacidad de intercambio catiónico.

C.E. Conductividad Eléctrica.

M.O. Materia Orgánica.

pH: Potencial de Hidrogeno.

Eh: Potencial de Oxido-Reducción (REDOX), Eh = 1,234 - 0,058 pH + 0,0145 log (10) Po; Po: presión parcial de Oxígeno (atm).

(1) Análisis granulométrico para suelos agrícolas, de según el esquema triangular de las texturas del Depto. de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2017)

(2) Permeabilidad que relaciona textura y estructura (FAO, 2017)

Fuente: Resultado de los análisis de Laboratorio (Anexo 6)

**Textura**

Análisis granulométrico determina que los suelos agrícolas centro poblado Uros-Chulluni y de Palapaja son de la clase de textura, franco arenoso, franco y franco limoso, según el esquema triangular de las texturas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2000) como se observa en el gráfico 4.1; los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de metales y puede contaminarse el nivel freático.

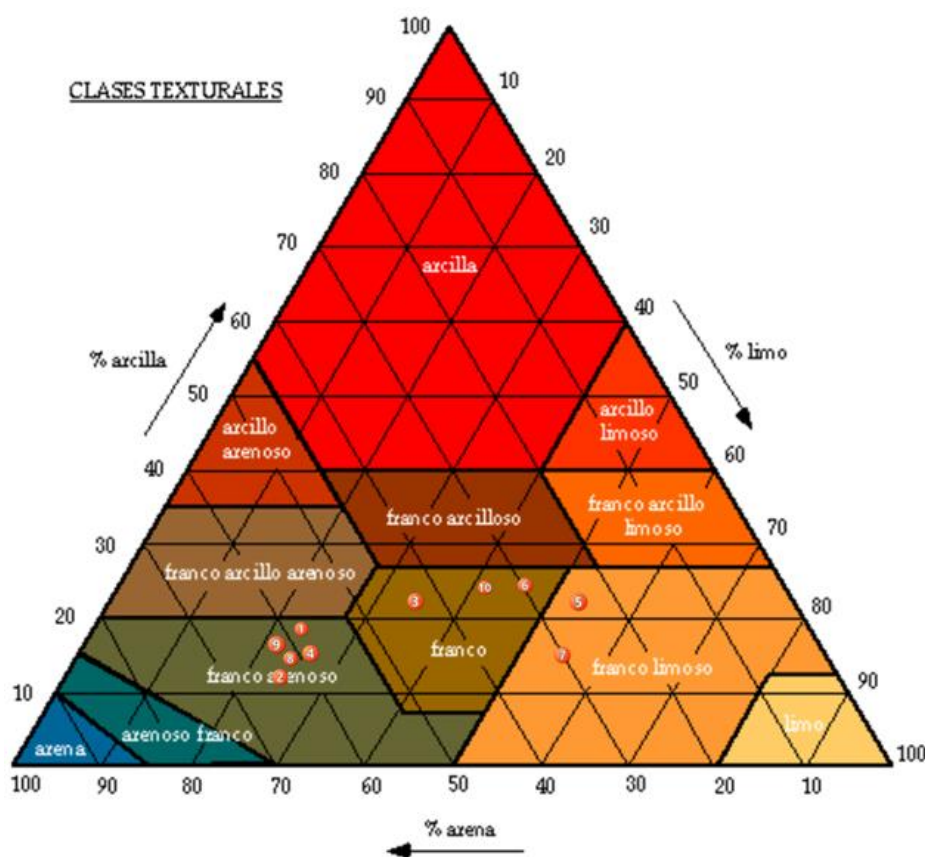


Gráfico 4.1. Ubicación de las muestras en el esquema triangular de las texturas.

Fuente: USDA, (2000)

**Conductividad eléctrica**

La conductividad o salinidad sobrepasa los valores según la normatividad de la guía estándares de calidad de suelo agrícolas canadiense (CE: 2 mS/cm, Anexos 6) siendo los valores altos en los PM5 con 4.08 Ms/cm, PM1 3.45 mS/cm, PM5 con 2.62 mS/cm y PM7 con 2.77 mS/cm. (Tabla 4.6. y Gráfico 4.1.), estos puntos de muestreo se encuentran muy próximos a la orilla de Lago, además presenta altas



concentraciones de sodio, magnesio y potasio, y a la vez hay valores muy por debajo en los PM2 0.62, PM4, PM6 y PM8 que tienen una conductividad muy baja y estas están ubicada lejos de la orilla; se tiene en los PMNF1 y PMNF2 con 0.42 y 0.28 mS/cm, (anexo 6); también valores muy bajos, lo que tiene una influencia en los cultivos; es decir habría que tomar precauciones con la clase o tipo de cultivos.

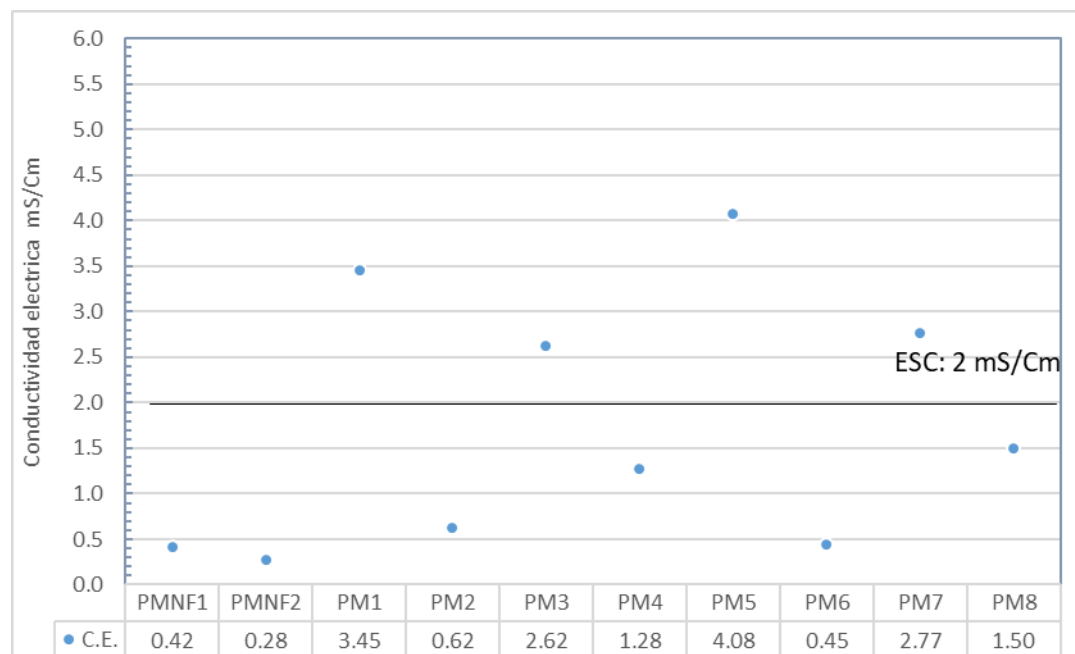


Gráfico 4.2. Conductividad eléctrica de las muestras

Fuente: Tabla 4.6.

***Materia orgánica.***

Los suelos alledaños son del Tipo Aluvial con una edafización lenta y en algunas partes con gran contenido de materia orgánica, perteneciendo a la Asociación Limnos y Asociación Titicaca. El fondo lacustre posee una gran cantidad de materia orgánica cuyo aporte provienen principalmente por la descomposición permanente de la totora y otras macrófitas. Debajo de dicho estrato es frecuente encontrar un estrato arcilloso de coloración plomiza.

En las muestras analizadas presentan un aproximado de 10% (Gráfico 4.3.), lo que indica que tiene elevada afinidad por ciertos metales (Co, Cu, Mo, Ni, Pb y Zn), reaccionando con ellos e influyendo en su disponibilidad que generalmente asociada con la formación de complejos de los metales con las sustancias húmicas y con otros compuestos de elevado peso molecular que pueden migrar más fácilmente

a las capas profundas o mantenerse en la solución del suelo como complejos orgánicos solubles.

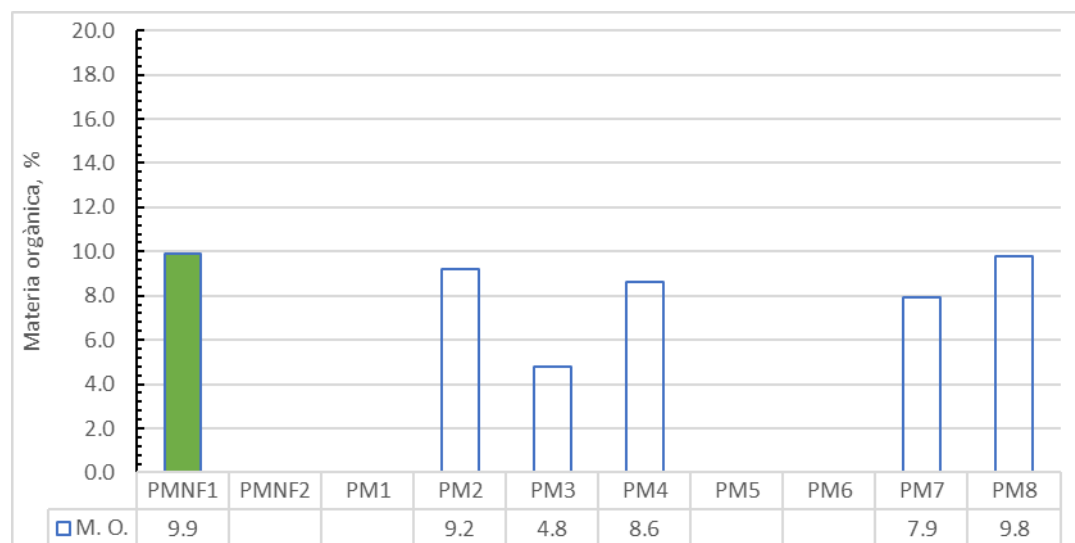


Gráfico 4.3. Composición de materia orgánica de los suelos agrícolas

Fuente: Tabla 4.6.

**pH.**

El pH los suelos muestreados son moderadamente alcalinos (Gráfico 4.4.) pero que mayormente se encuentra dentro del rango de los estándares de calidad de suelos canadiense (pH: 6-8), a excepción de los PM7 con pH= 8.87 y PM8 con pH= 8.15, (anexo 6) debido a la presencia de carbonatos de Calcio y Magnesio (anexo 8), lo que nos indica que se produce la precipitación como hidróxidos, Sin embargo, en medios muy alcalinos estos hidróxidos pueden pasar de nuevo a la solución como hidroxicomplejos.

Por otra parte, algunos metales como Se, V, As y Cr pueden estar en la disolución del suelo en forma de aniones solubles, suele ocurrir que un incremento del pH del suelo no provoca necesariamente una disminución en la disponibilidad de los metales como ocurre con el As, Mo, Se y Cr. De manera que, el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión.

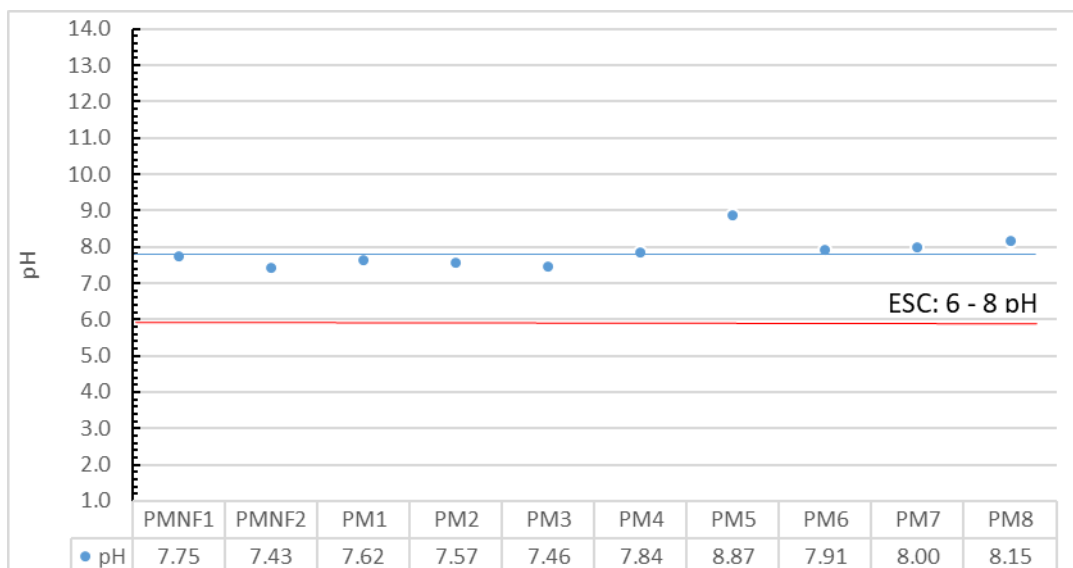


Grafico 4.4. pH de las muestras de los suelos agrícolas

Fuente: Tabla 4.6

**Especies químicas inorgánicas.**

La movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes inferiores en muy pequeñas cantidades. Esto sucede precisamente porque la disponibilidad de un elemento depende también de las características del suelo en donde se encuentra. Los parámetros geoedáficos llegan a ser esenciales para valorar la sensibilidad de los suelos a la agresión de los contaminantes, que a continuación de detalla la distribución espacial de cada uno de ellos.

**4.2.2. Determinación de concentración de metales**

Para observar la variación espacial de los metales pesados en los puntos de muestreo, se elaboraron gráficos de distribución, representando las concentraciones de los metales con barras proporcionales, cabe resaltar que la dinámica de metales pesados entre las estaciones está sujeta a la variación espacial, como resultado de los cambios en la magnitud de la escorrentía terrestre, erosión del suelo, fuentes de contaminación de los residuos sólidos domésticos, y usos de los suelos agrícolas.

A continuación, en la tabla 4.7., se detalla el comportamiento de los metales en el área de estudio.



Tabla 4.7. Concentración de metales en suelos agrícolas en los puntos de muestreo

Núm.	Código	Aluminio Al, (mg/kg)	Antimonio Sb, (mg/kg)	Arsénico As, (mg/kg)	Bario Ba, (mg/kg)	Berilio Be, (mg/kg)	Bismuto Bi, (mg/kg)	Boro B, (mg/kg)	Cadmio Cd, (mg/kg)	Calcio Ca, (mg/kg)	Cobalto Co, (mg/kg)
1	PMNF1	12485.83	0.43	17.92	114.41	0.97	0.13	22.22	0.15	8091.84	7.18
2	PMNF2	9755.34	0.23	14.70	89.23	0.76	0.10	11.47	0.20	3327.36	7.23
3	PM1	9828.35	1.18	84.20	251.37	0.65	0.27	110.37	0.57	141428.42	12.48
4	PM2	9356.77	0.85	12.87	203.57	0.91	0.32	11.29	0.29	14428.42	7.02
5	PM3	11784.01	0.63	28.58	211.44	0.71	0.18	94.03	0.23	121007.81	6.82
6	PM4	14203.22	0.32	17.20	27.17	0.82	0.20	38.89	0.23	34731.35	6.80
7	PM5	9248.87	0.60	21.11	163.58	0.87	0.16	40.93	0.19	42279.07	7.00
8	PM6	5177.03	0.40	8.38	76.90	0.53	0.11	16.03	0.08	3766.35	3.89
9	PM7	7198.60	0.59	36.94	225.45	0.51	0.10	80.88	0.06	108065.83	3.30
10	PM8	4113.37	0.98	7.49	84.67	0.35	0.10	15.54	0.09	3859.70	2.20
	ECS <sup>(1)</sup>		20	12	750	4		2	1.4		40
	ECA <sup>(2)</sup>			50	750				1.4		

Núm.	Código	Cobre Cu, (mg/kg)	Cromo Cr, (mg/kg)	Estaño Sn, (mg/kg)	Estroncio Sr, (mg/kg)	Fosforo P, (mg/kg)	Hierro Fe, (mg/kg)	Magnesio Mg, (mg/kg)	Mercurio Hg, (mg/kg)	Molibdeno Mo, (mg/kg)	Níquel Ni, (mg/kg)
1	PMNF1	18.72	10.73	3.90	58.96	514.12	17281.64	3609.89	<0.03	0.05	11.02
2	PMNF2	15.30	6.61	3.42	28.14	447.62	15062.61	2541.59	<0.03	0.06	8.79
3	PM1	18.23	5.25	2.82	735.51	1334.20	21201.71	10764.03	<0.08	1.07	14.20
4	PM2	22.75	7.07	3.26	34.98	1454.45	15741.53	4466.08	0.06	0.44	11.16
5	PM3	17.38	9.50	3.52	796.87	1072.79	18122.92	7924.63	0.05	0.58	13.00
6	PM4	18.60	8.22	4.04	136.24	864.93	17091.64	11596.73	<0.03	0.05	12.02
7	PM5	13.03	5.59	3.98	249.72	661.15	16698.64	5347.86	0.05	0.37	9.03
8	PM6	9.09	7.02	3.23	32.56	280.26	9610.90	1226.72	0.15	0.84	7.56
9	PM7	10.82	8.17	2.87	831.79	484.48	13410.03	5411.61	0.10	0.83	7.12
10	PM8	7.29	4.91	3.31	34.12	234.58	6118.96	949.05	<0.03	0.19	3.40
	ECS <sup>(1)</sup>	63	64	5					6.6	5	50
	ECA <sup>(2)</sup>								6.6		

(1) ECS: Estándares de Calidad de Suelo canadiense; (2) ECAs: Estándares de Calidad Ambiental para Suelos Agrícolas peruano.



Continuación de la tabla 4.7.

Núm.	Código	Plata	Plomo	Potasio	Selenio	Sodio	Talio	Titanio	Torio	Uranio	Vanadio	Zinc
		Ag, (mg/kg)	Pb, (mg/kg)	K, (mg/kg)	Se, (mg/kg)	Na, (mg/kg)	Tl, (mg/kg)	Ti, (mg/kg)	Th, (mg/kg)	U, (mg/kg)	V, (mg/kg)	Zn, (mg/kg)
1	PMNF1	0.11	13.23	1934.83	<0.09	114.86	0.15	278.06	.83	0.09	16.95	81.86
2	PMNF2	0.09	9.57	1193.80	<0.09	73.24	0.11	264.44	0.87	0.12	16.27	71.09
3	PM1	0.12	28.03	2660.83	<0.09	1603.84	0.30	216.36	0.51	1.54	18.57	311.24
4	PM2	0.39	31.43	2084.44	<0.09	241.24	0.33	289.55	0.55	0.16	17.14	125.72
5	PM3	0.11	18.63	2745.56	<0.09	1320.85	0.20	292.20	0.58	0.35	13.97	106.17
6	PM4	0.09	19.94	2597.40	<0.09	475.68	0.22	315.64	0.28	0.18	20.05	91.3
7	PM5	0.10	15.36	2035.00	<0.09	1810.11	0.17	242.80	0.73	0.26	17.32	72.62
8	PM6	0.06	11.14	1107.08	0.47	86.49	0.13	185.32	<0.13	0.32	6.89	50.81
9	PM7	0.13	10.25	2116.07	0.16	2164.14	0.12	224.19	<0.13	0.37	6.98	40.95
10	PM8	0.07	5.89	775.71	0.24	81.78	0.07	149.44	<0.13	0.09	2.59	34.5
	ECS <sup>(1)</sup>	20	70		1	5	1	5			130	200
	ECA <sup>(2)</sup>		70									

(1) ECS: Estándares de Calidad de Suelo canadiense (EPA, 2017) (Anexo 3)

(2) ECA: Estándares de Calidad Ambiental para Suelos Agrícolas (El Peruano, 2013) (Anexo 4)

Fuente: Resultado de los análisis de Laboratorio. (Anexo 6)

**Antimonio**

Los niveles de antimonio obtenido en los puntos de muestreo (Gráfico 4.5.) se encuentran muy por debajo del valor guía canadiense para suelos de uso agrícola (20 mg/kg), Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 con 0.43 mg/kg, y PMNF2 con 0.23 mg/kg; El mayor valor se obtuvo en el punto PM1 con 1.18 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM4 con 0.32 mg/kg, se puede observar que las áreas de centro poblado de Palapaja tienen menor concentración de Antimonio que en el área del centro poblado de Uros-Chulluni, además que las concentraciones son mayores en los PM1, PM8, PM2 y PM5.

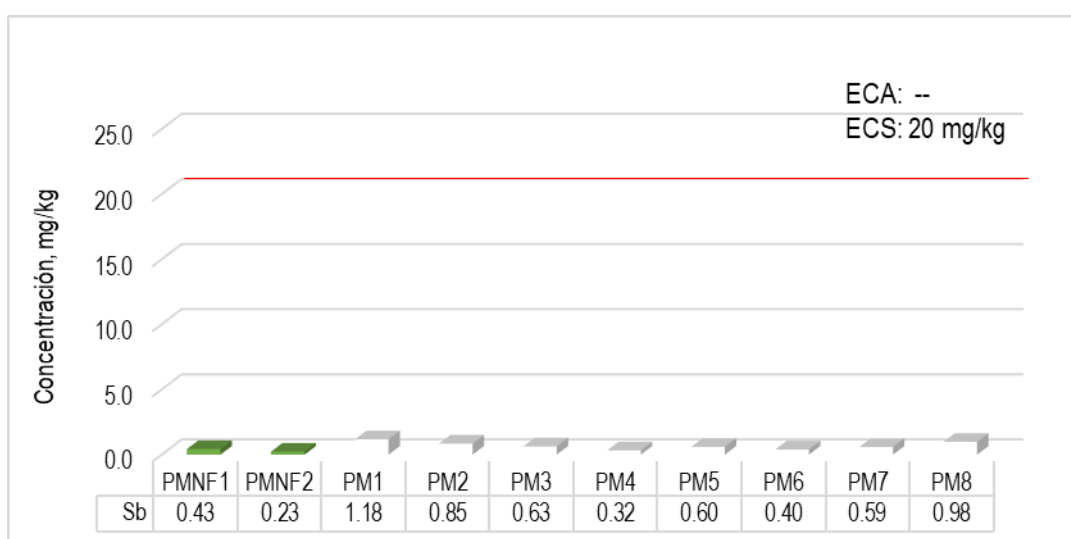


Gráfico 4.5. Concentración de antimonio.

Fuente: Tabla 4.7.

**Arsénico**

Los niveles de arsénico obtenido en los puntos de muestreo (Gráfico 4.6.) exceden el valor de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (12 mg/kg). El mayor valor se obtuvo en la estación PM1 con 84.20 mg/kg seguido de PM7 con 36.94 mg/kg, PM3 con 28.58 mg/kg y PM5 con 21.11 mg/kg, estos se encuentra más próximos a la orilla del Lago Titicaca (Figura 3.3.); los PM2, PM4 y PM6 tienen menores valores con 12.87, 17.20, y 8.38 mg/kg respectivamente, comparando estas concentraciones con los PMNF1 con 17.92 mg/kg y PMNF2 con 14,70 mg/kg, siendo 7 veces en el PM1, 3.08 veces en el PM7, 2.38 veces en el PM3, al igual que 1.5 veces en el PMNF1, 1.22 veces en el PMNF2, los valores son

muy próximos; para los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas en el Perú (50 mg/kg), sólo el PM1 sobre pasa en 1.68 veces la concentración de arsénico por lo tanto estas se encuentra en los rangos normales.

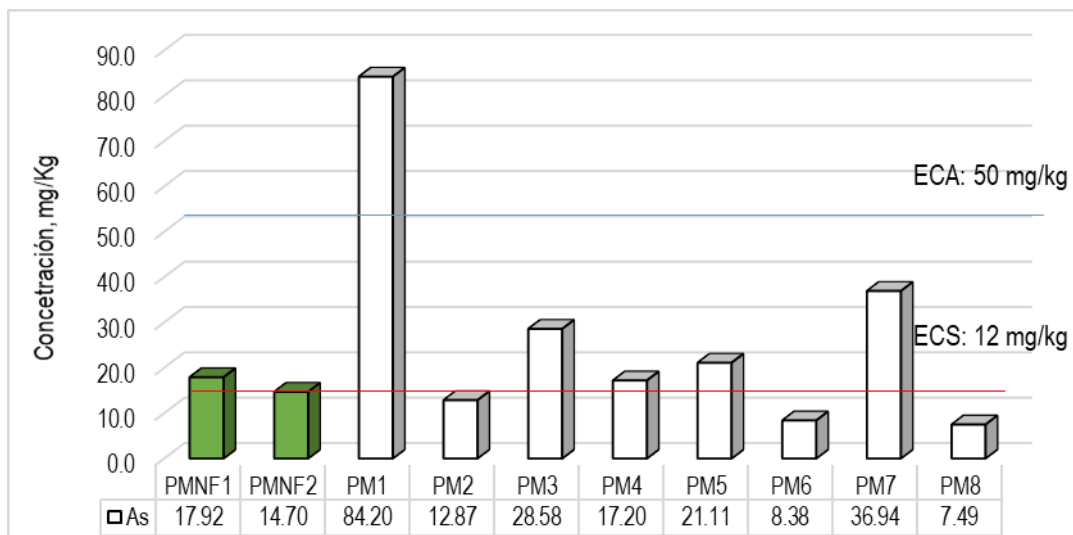


Grafico 4.6. Concentración de arsénico.

Fuente: Tabla 4.7.

**Bario**

Los niveles de bario obtenido en los puntos de muestreo (Gráfico 4.7.) se encuentran muy por debajo del valor de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (750 mg/kg) y estándares de calidad ambiental para suelos del Perú (750 mg/kg), Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 y PMNF2, se obtuvieron los valores de 114.41 mg/kg y 89.23 mg/kg; El mayor valor se obtuvo en el punto PM1 con 251.37 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM6 con 76.90 mg/kg, se puede observar que las áreas de centro poblado de Palapaja tienen menor concentración de bario que en el área del centro poblado de Uros-Chulluni, además que las concentraciones son mayores en los PM1, PM3, PM5 y PM7 ya que estas se encuentran próximas a las orillas del Lago (Figura 3.3.); Los niveles de bario en las áreas evaluadas son considerados normales de acuerdo a la normatividad peruana.

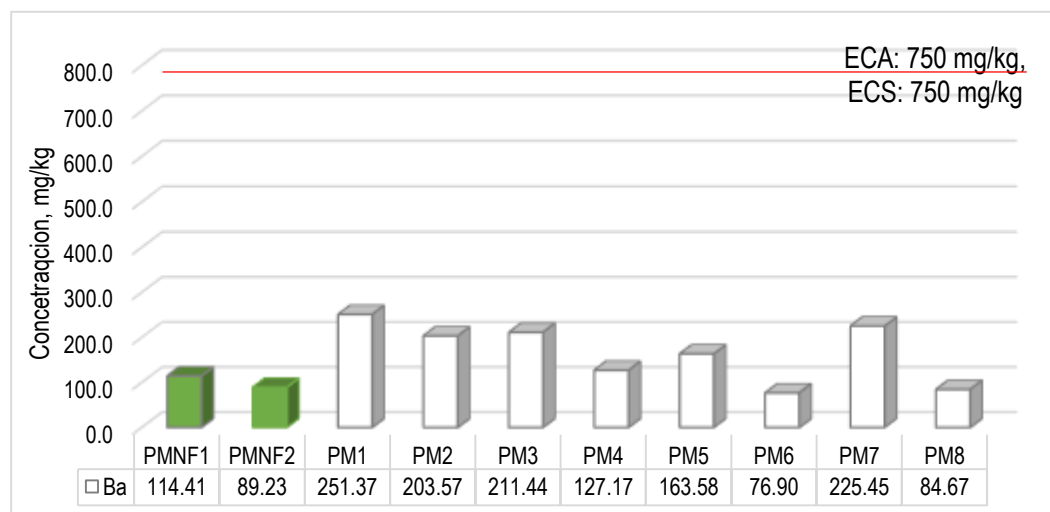


Gráfico 4.7. Concentración de bario.

Fuente: Tabla 4.7.

**Berilio**

En los puntos de muestreo (Figura 3.3.), los niveles de concentración para el berilio se encuentran muy por debajo del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (4 mg/kg); Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 con 0.95 mg/kg y PMNF2 con 076 mg/kg.

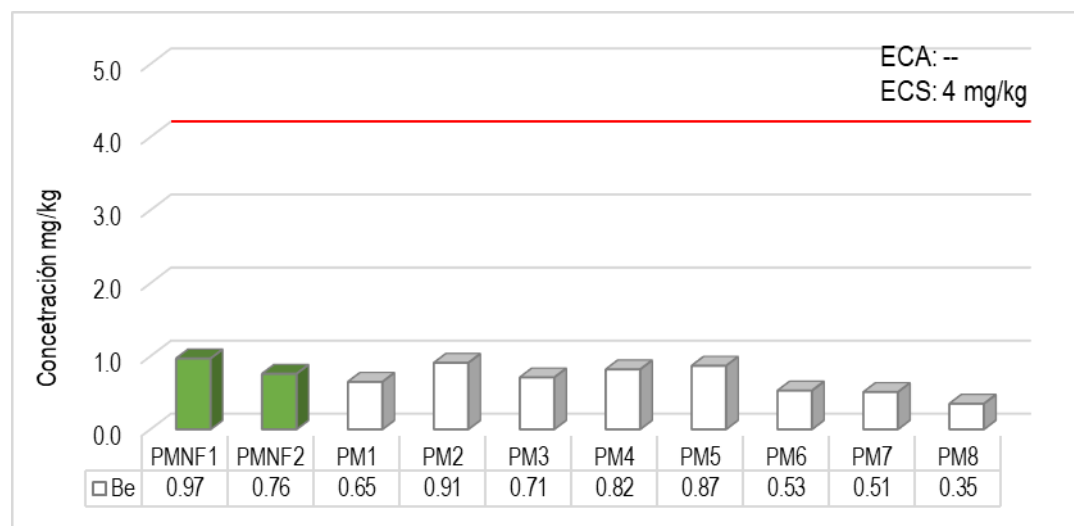


Gráfico 4.8. Concentración de berilio.

Fuente: Tabla 4.7.

El mayor valor se obtuvo en el punto PM2 con 0.91 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM8 con 0.35 mg/kg, se puede observar que las áreas de



centro poblado de Palapaja tienen concentraciones de berilio similares a el área del centro poblado de Uros-Chulluni. (Gráfico 4.8)

**Boro**

Los niveles de concentración para el boro, se encuentra muy por encima de los valores de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (2 mg/kg). En los puntos de muestreo PM1 con 110.37 mg/kg, PM3 con 94.03 con 1360.85 mg/kg, PM7 80.88 mg/kg, y PM5 con 40.93 mg/kg (Gráfico 4.9.). cabe resaltar que este punto se encuentra muy próximos a la orilla del Lago y que estas concentraciones ascienden del sur a norte en los suelos de centro pobaldo Uros-Chulluni (Figura 3.3.); mientras que los PMNF1 con 22.22 con mg/kg y PMNF2 con 11.47

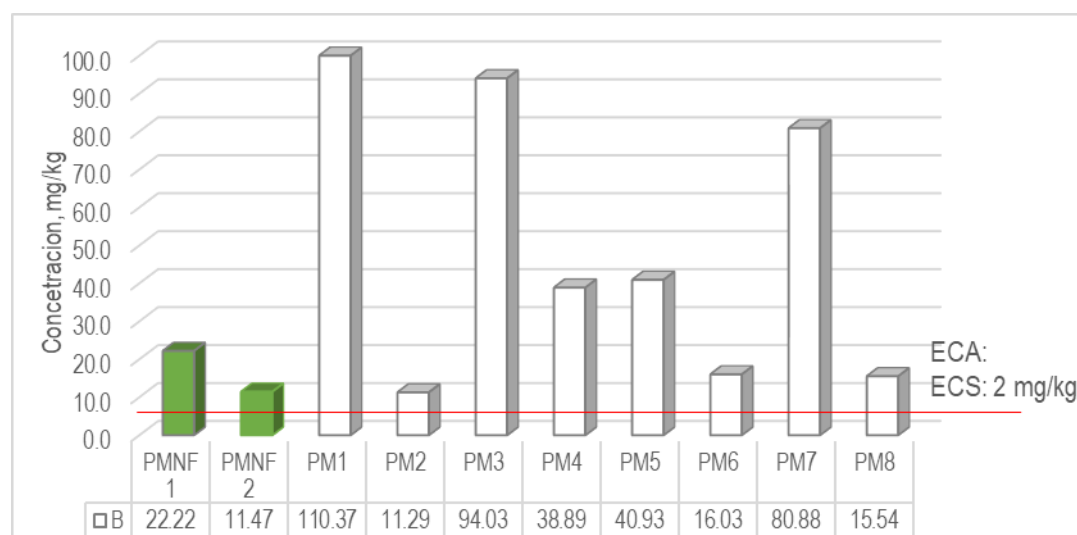


Grafico 4. 9. Concentración de boro.

Fuente: Tabla 4.7.

**Cadmio**

Las concentraciones de cadmio en los puntos de muestreo se encuentran por debajo del valor de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (1.4 mg/kg) y estándares de calidad ambiental para suelos (1.4 mg/kg). Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF2 y PMNF1, se obtuvieron los valores de 0.20 mg/kg y 0.15 mg/kg respectivamente; en los suelo del centro poblado se obtuvo el mayor valor para el PM1 con 0.57 mg/kg siendo el más alto, y el menor valor se obtuvo en el punto PM7 con 0.06 mg/kg, se puede observar que las áreas de centro poblado de Palapaja tienen menor concentración de cadmio que en el área del

centro poblado de Uros-Chulluni, además que las concentraciones son mayores en los PM1, PM2, PM3, PM4 y PM5 (Gráfico 4.10) y estas se encuentran próximas al norte (Figura 3.3.); Los niveles de cadmio obtenidos en áreas evaluadas son considerados normales de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas según la normativa peruana.

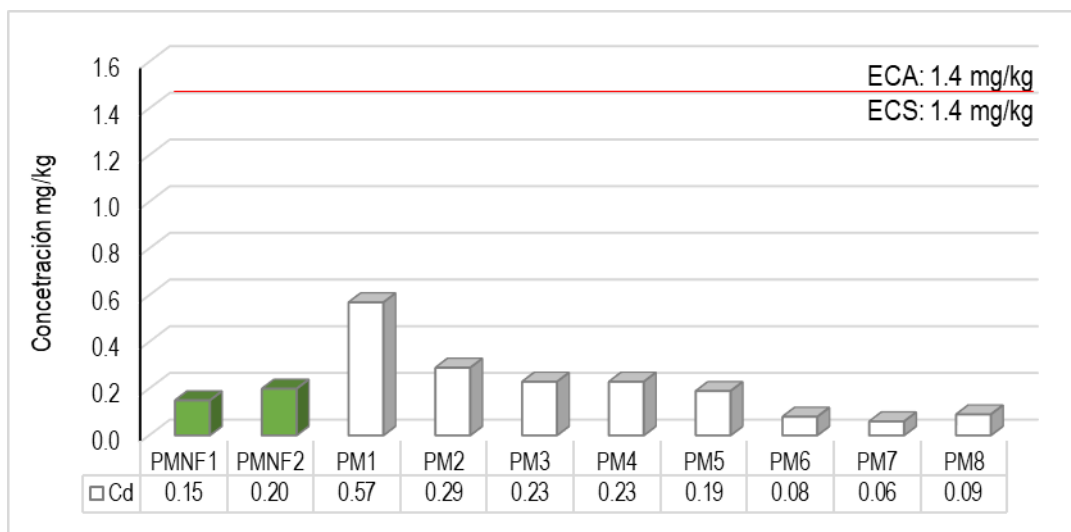


Gráfico 4.10. Concentración de cadmio.

Fuente: Tabla 4.7.

### Cobalto

Los niveles de concentración para el cobalto se encuentran muy por debajo del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (40 mg/kg); Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF2 es 7.23 mg/kg y PMNF1 es 7.18 mg/kg, mientras que los suelos del centro poblado de Uros-Chulluni el mayor valor se obtuvo en el punto PM1 con 12.48 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM8 con 2.20 mg/kg, se puede observar que las áreas de centro poblado de Palapaja tienen concentraciones similares al el área del centro poblado de Uros-Chulluni, a excepción de los PM6, PM7 y PM8 que son de menor concentración. (Gráfico 4.11.)

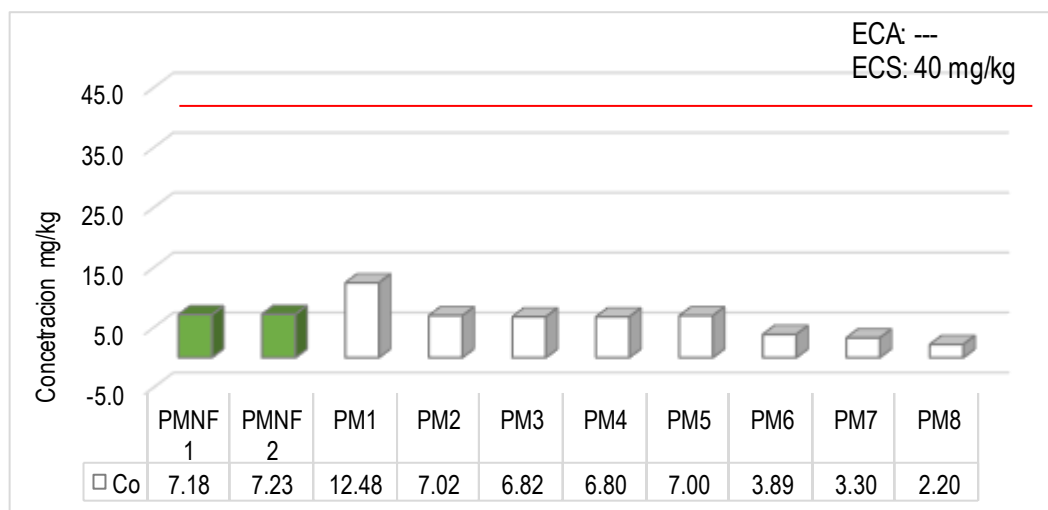


Grafico 4. 11. Concentración de cobalto.

Fuente: Tabla 4.7.

**Cobre**

El cobre se encuentra en niveles por debajo del valor de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (63 mg/kg). Se encuentra muy próximos en los valores de concentración en los suelos agrícolas de Uros-Chulluni donde PM2 se obtuvo el valor máximo de 22.75 mg/kg; seguido PM4 con 18.60 mg/kg, siendo estos puntos los más alejado de la orilla del Lago, y el valor mínimo en el PM8 con 7.29 mg/kg al igual que PMNF1 con 18.72 mg/kg y PMNF2 con 15.30 mg/kg (Gráfico 4.12).

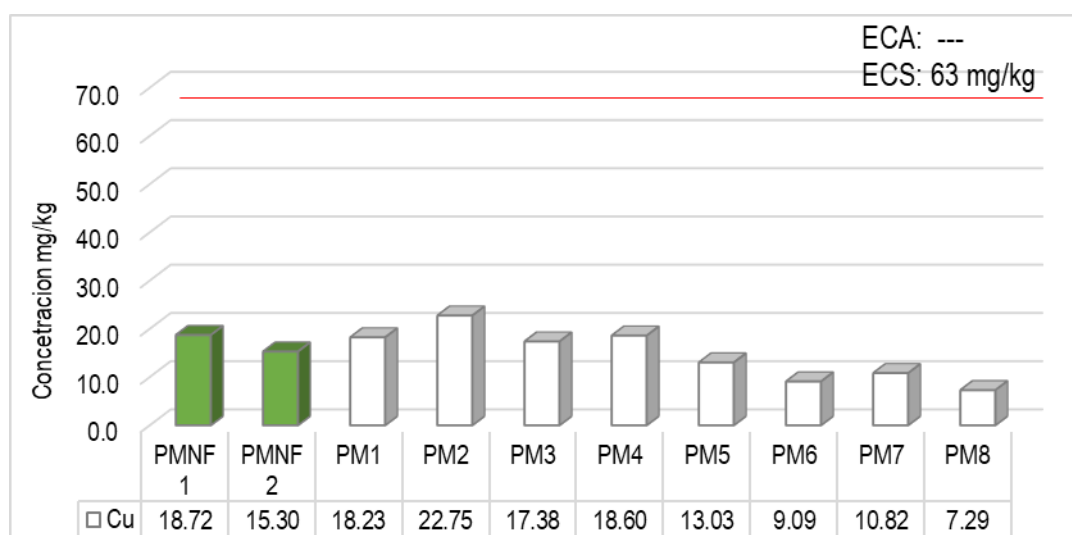


Gráfico 4.12. Concentración de cobre.

Fuente: Tabla 4.7.

**Cromo**

El cromo se encuentra en niveles por debajo del valor de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (64 mg/kg). Obteniéndose el valor más alto en PMNF1 con 10.73 mg/kg y PMNF2 con 6.61 mg/kg (Figura 3.2.), las concentraciones en los suelos agrícolas de Uros-Chulluni son menores donde se obtuvo el mayor valor en el PM3 con 9.50 mg/kg seguido del PM4 con 8.22 mg/kg, mg/kg; seguido PM4 con 18.60 mg/kg, como se indica en el gráfico 4.13. y a la normatividad canadiense las áreas evaluadas están dentro del rango normal

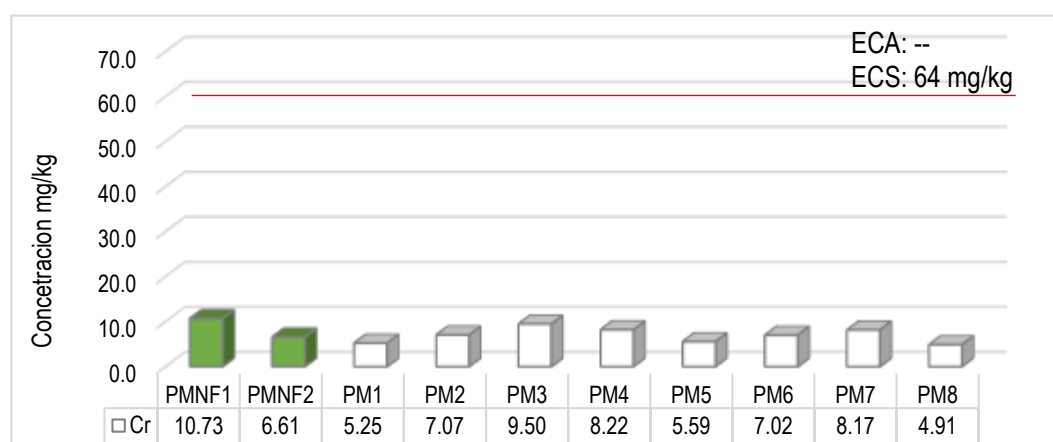


Gráfico 4.13. Concentración de cromo.

Fuente: Tabla 4.7.

**Estaño**

Los niveles de concentración para el estaño se encuentran por debajo del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (5 mg/kg); Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 con 3.90 mg/kg y PMNF2 es 3.42 mg/kg, mientras que los suelos del centro poblado el mayor valor se obtuvo en el punto PM4 con 12.48 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM1 con 2.82 mg/kg, se puede observar que las áreas de centro poblado de Palapaja tienen concentraciones similares al el área del centro poblado de Uros-Chulluni. (Gráfico 4.14).

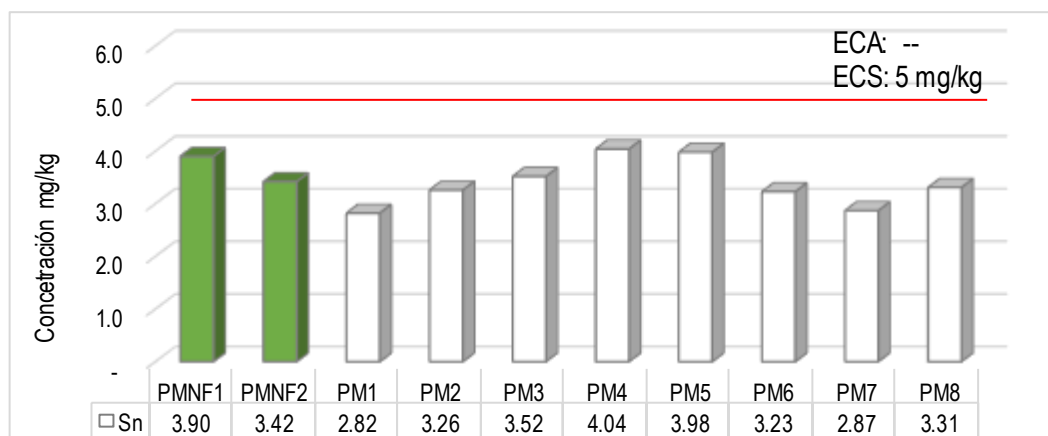


Gráfico 4.14. Concentración de estaño.

Fuente: Tabla 4.7.

### Mercurio

Las concentraciones de para el mercurio en las muestras de suelo reportaron valores no detectables (concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método empleado). En los informes del laboratorio, sólo se detectan en los PM6 y PM7 con 0.15 y 0.10 mg/kg, respectivamente (Gráfico 4.15.) y que está muy por muy debajo del valor de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (5 mg/kg) y estándares de calidad ambiental para suelos en el Perú, por lo que se considera que esta dentro del rango normal.

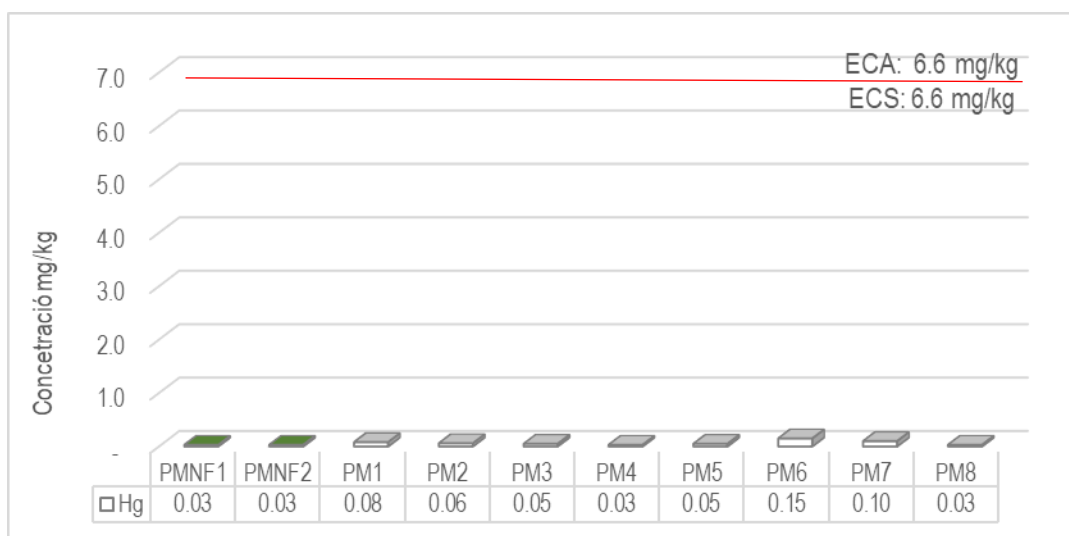


Gráfico 4.15. Concentración de mercurio.

Fuente: Tabla 4.7.

**Molibdeno**

En los puntos de muestreo (Figura 3.3.), los niveles de concentración para el Molibdeno se encuentran muy por debajo del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (4 mg/kg); Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF2 con 0.06 mg/kg y PMNF1 no detectado (concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método empleado), El mayor valor se obtuvo en el punto PM1 con 1.07 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM8 con 0.19 mg/kg, (Gráfico 4.16.), se puede observar que los suelos de Palapaja tienen concentraciones de molibdeno muy bajas en comparación a los suelos de centro poblado de Uros-Chulluni.

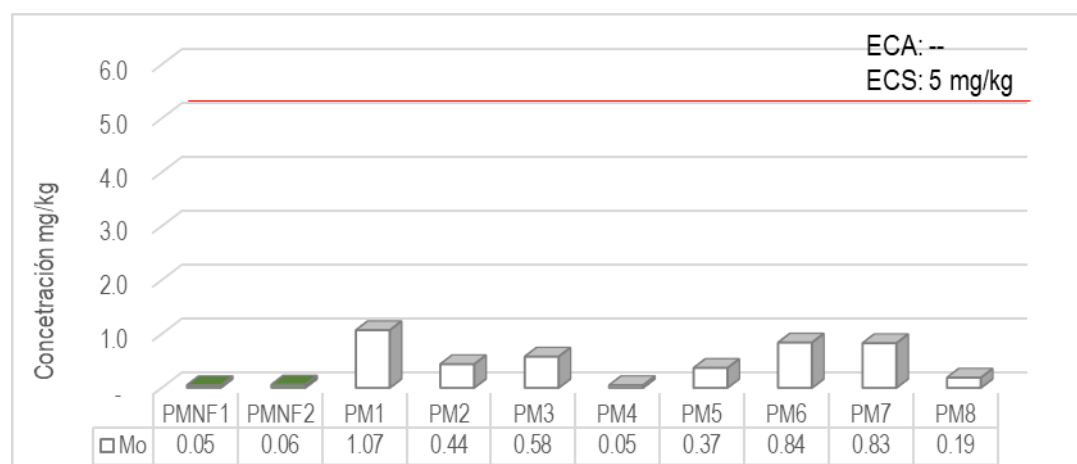


Gráfico 4.16. Concentración de molibdeno.

Fuente: Tabla 4.7.

**Níquel**

Los niveles de concentración para el níquel, se encuentran muy por debajo del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (50 mg/kg); Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 con 11.02 mg/kg y PMNF2 con 8.79. mg/kg. El mayor valor se obtuvo en el punto PM1 con 14.20 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM8 con 3.40 mg/kg (Gráfico 4.17.), Se puede observar las concentraciones de níquel en los suelos de centro poblado de Uros-Chulluni (Figura 3.3.) van decreciendo de norte a sur y que estas mayores que los suelos de Palapaja, estas áreas evaluada se encuentran dentro del rango normal en suelos agrícolas.

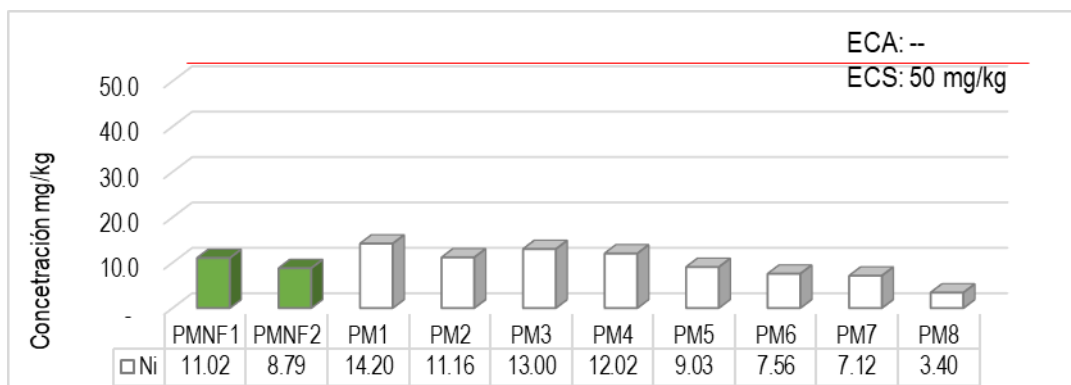


Gráfico 4.17. Concentración de níquel.

Fuente: Tabla 4.7.

### Plata

Los niveles de concentración para la plata, se encuentran muy por debajo del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (20 mg/kg); Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 con 0.11 mg/kg y PMNF2 con 0.09. mg/kg. El mayor valor se obtuvo en el punto PM2 con 0.39 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM8 con 0.07 mg/kg (Gráfico 4.17.) se puede observar las concentraciones de plata en los suelos de centro poblado de Uros-Chulluni (Figura 3.3.) son similares a los suelos de Palapaja (Gráfico 4.18.), estas áreas evaluada se encuentran dentro del rango normal en suelos agrícolas.

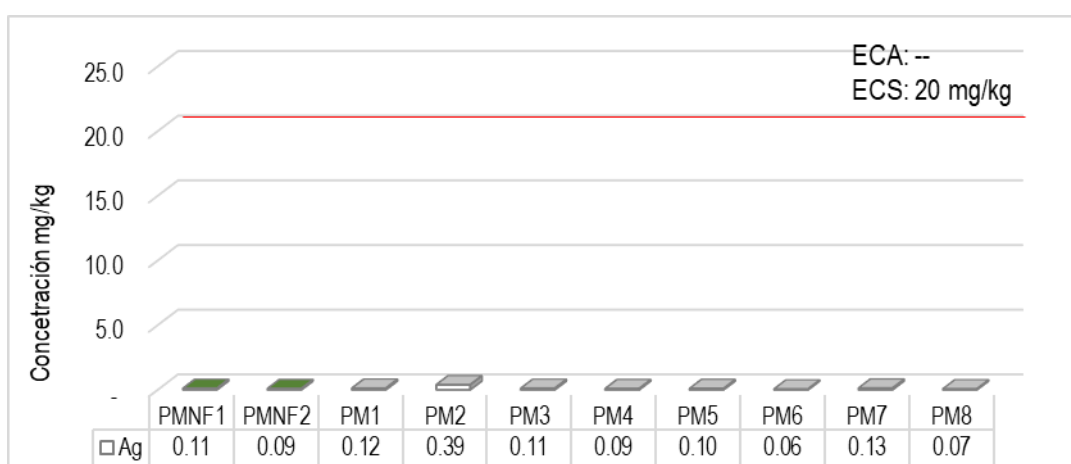


Gráfico 4.18. Concentración de plata.

Fuente: Tabla 4.7.

**Plomo**

Las concentraciones de plomo en los puntos de muestreo (Gráfico 4.19.) se encuentran por debajo del valor de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (70 mg/kg) y estándares de calidad ambiental para suelos (70 mg/kg), Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 y PMNF2, se obtuvieron los valores de 13.23 mg/kg y 9.57 mg/kg respectivamente; en el suelo del centro poblado. Se obtuvo el mayor valor para el PM2 con 31.43 mg/kg siendo el más alto, y el menor valor se obtuvo en el punto PM8 con 5.89 mg/kg, se puede observar que las concentraciones descienden de norte a sur (Figura 3.3.), las áreas de centro poblado de Palapaja tienen menor concentración de plomo que en el área del centro poblado de Uros-Chulluni. Los niveles de plomo obtenidos en áreas evaluadas son considerados normales según los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas según la normativa canadiense y peruana.

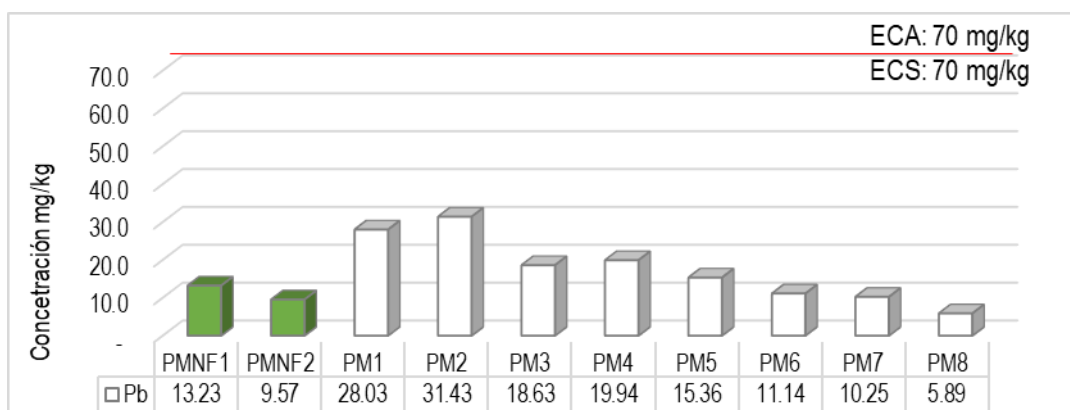


Gráfico 4.19. Concentración de plomo.

Fuente: Tabla 4.7.

**Selenio**

Las concentraciones de selenio en las muestras de suelo reportaron valores no detectables, (Tabla. 4.5.), (concentraciones por debajo del límite de cuantificación del método empleado, que indica <0.09 mg/kg, para las muestras de PMNF1 y PMNF2, y PM1, ..., PM5, siendo en el PM6 con 0.47 mg/kg el de más alta concentración seguido del PM8 con 0.24 mg/kg, y PM7 0.16 mg/kg (Gráfico 4.20.), que están muy por debajo de la norma canadiense para suelos de uso agrícola (1 mg/kg), esto de acuerdo a los informes del laboratorio.



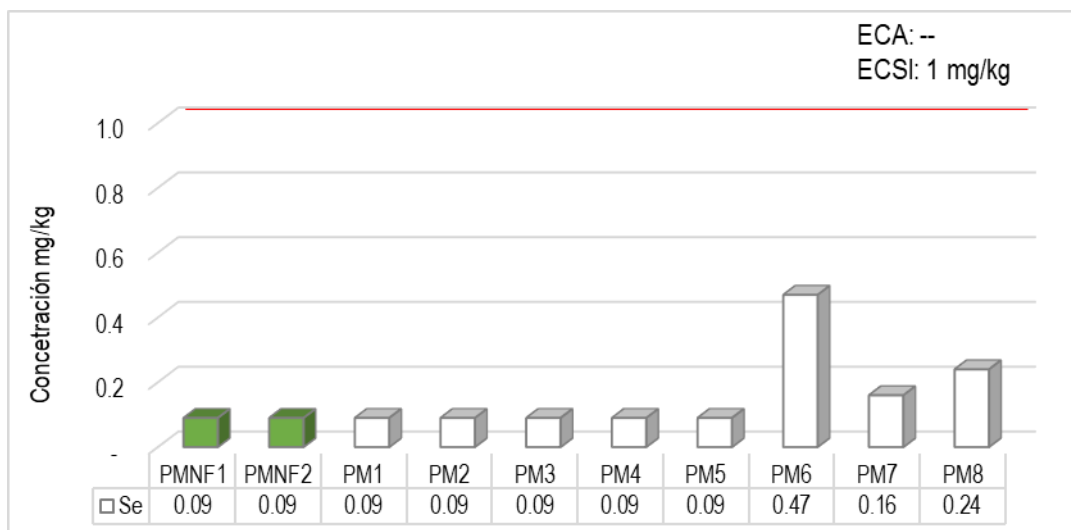


Gráfico 4.20. Concentración de selenio.

Fuente: Tabla 4.7.

**Sodio**

Los niveles de concentración para el sodio, se encuentra muy por encima de los valores de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (5 mg/kg). En los puntos de muestreo PM1 con 1603.84 mg/kg, PM3 con 1320.85 con 1360.85 mg/kg, PM5 1810.11 mg/kg, y PM7 con 2164.14 mg/kg (Gráfico 4.21.), sobrepasan 320, 264, 362 y 432 veces respectivamente los valores normales, cabe resaltar que estos puntos se encuentran muy próximos a la orilla del Lago y que estas concentraciones ascienden

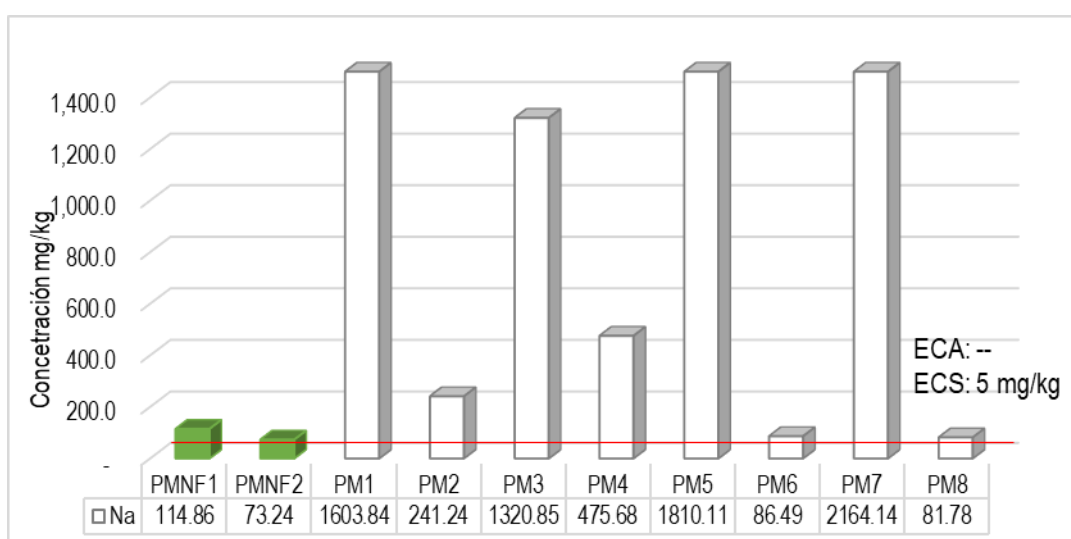


Gráfico 4.21. Concentración de sodio.

Fuente: Tabla 4.7.

del sur a norte en los suelos de centro poblado de Uros-Chulluni (Figura 3.3.); mientras que los PMNF1 con 114.86 con mg/kg y PMNF2 con 73.24 mg/kg, PM2 con 241.24 mg/kg, PM4 475.68 con mg/kg, PM6 con 86.49 mg/kg y PM8 con 81.78 mg/kg; también sobrepasan los valores normales, solo siendo 23, 48, 95, 17 y 16 veces respectivamente.

**Talio**

Los niveles de concentración para el talio, se encuentran por debajo del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (1 mg/kg); Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 con 0.15 mg/kg y PMNF2 con 0.11 mg/kg en los suelos de Palapaja. El mayor valor se obtuvo en el punto PM2 con 0.33 mg/kg y el menor valor se obtuvo en el punto PM8 con 0.07 mg/kg en los suelos de Uros-Chulluni (Gráfico 4.22.) estas van decreciendo de norte a sur (Figura 3.3.), pero que son ligeramente mayores a los suelos de Palapaja, además estas áreas evaluadas se encuentran dentro del rango normal en suelos agrícolas

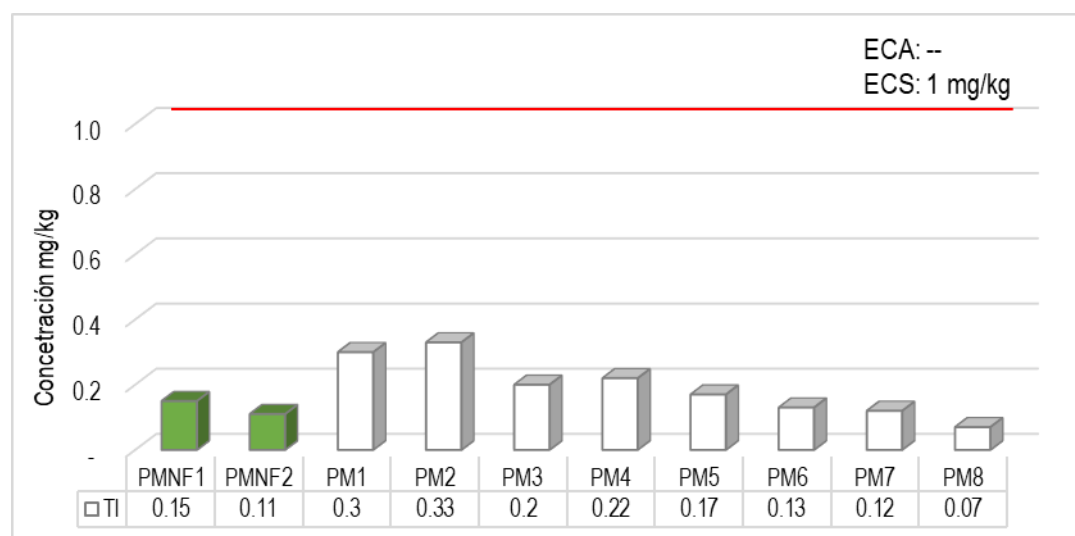


Gráfico 4.22. Concentración de talio.

Fuente: Tabla 4.7.

**Titanio**

Los niveles de concentración para el titanio se encuentran muy por encima del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (5 mg/kg); Los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 con 278.06 mg/kg y PMNF2 con 264.44 mg/kg sobrepasando en 56 y 53 veces la concentración permitida. El mayor

valor se obtuvo en el PM4 con 315.64 mg/kg y el menor valor en el PM8 con 149.44 mg/kg (4.23.) sobre pasan entre 63 a 30 veces los valores normales para suelos agrícolas.

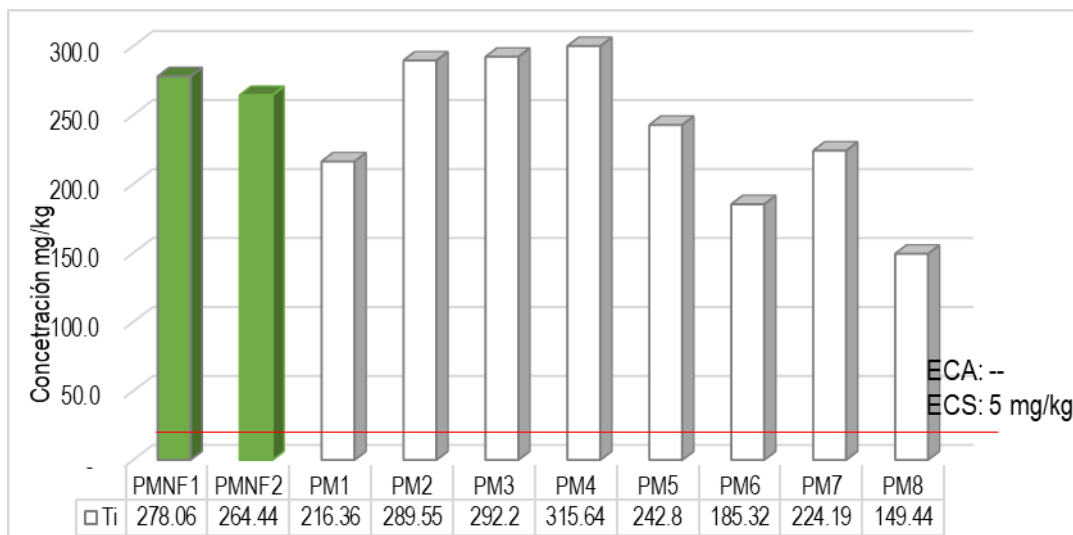


Gráfico 4.23. Concentración de titanio.

Fuente: Tabla 4.7.

**Vanadio**

El vanadio se encuentra en niveles por muy debajo del valor de la guía canadiense para suelos de uso agrícola (130 mg/kg). Obteniéndose el valor los valores en el PMNF1 con 16.95 mg/kg y PMNF2 con 16.27 mg/kg (Gráfico 4.24.) en los suelos de Palapaja.

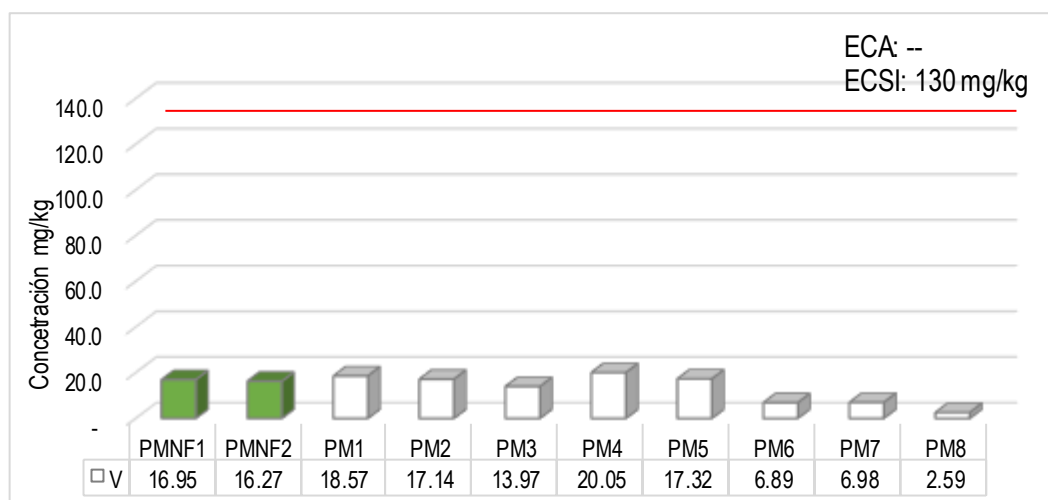


Gráfico 4.24. Concentración de vanadio.

Fuente: Tabla 4.7.

Las concentraciones en los suelos agrícolas de Uros-Chulluni se encuentran entre el PM4 con 20.05 mg/kg al PM8 2.59 mg/kg, según a la normatividad estas áreas evaluadas están dentro del rango normal

**Zinc**

Los niveles de concentración para el zinc, se encuentran por debajo del valor de guía canadiense para suelos de uso agrícola (200 mg/kg); en los valores de los puntos de muestreo de nivel de fondo PMNF1 con 81.86 mg/kg y PMNF2 con 71.09 mg/kg en los suelos de Palapaja (Figura 3.2). y las concentraciones desde el PM2 con 125.72 mg/kg al PM8 con 34.5 mg/kg se encuentran dentro del rango normal en suelos agrícolas; descendiendo la concentración de norte a sur (Figura 3.3.), sólo en el PM1 con 311.24 mg/kg sobrepasa en 1.55 veces la concentración permitida (Gráfico 4.25.)

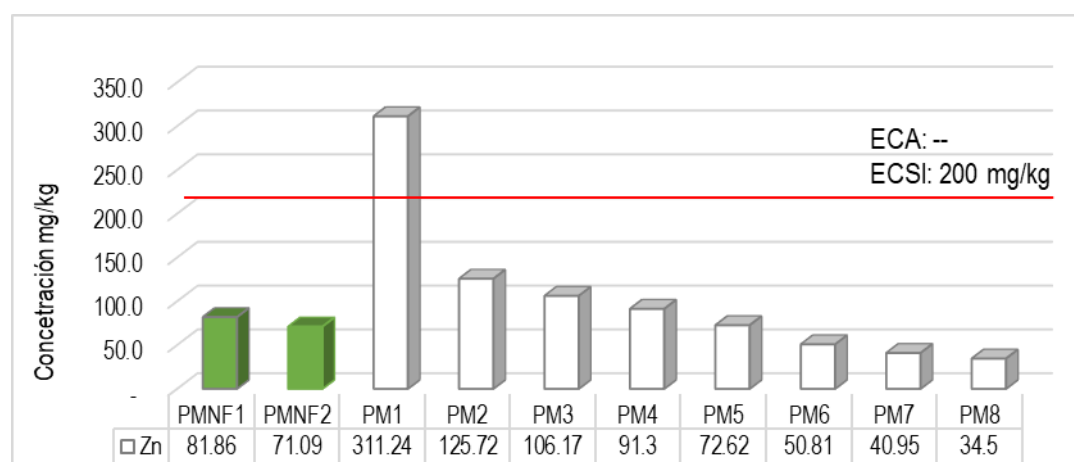


Gráfico 4.25..Concentración de zinc.

Fuente: Tabla 4.7.

De acuerdo a la normatividad de la guía la calidad de los suelos agrícolas canadiense (EPA, 2017) los suelos agrícolas de centro poblado de Uros-Chulluni, en el rango de categoría según la EPA, se considera en un nivel de concentración alto asignándole un valor de 40 (anexo 7.), teniendo como contaminantes peligrosos que sobrepasan las concentraciones al arsénico, titanio, sodio, boro, y propiedades fisicoquímicas de conductividad alto y pH ligeramente alcalino; con respecto los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas de la normatividad peruana (MINAMa, 2013), se considera en un nivel de concentración bajo asignándole el valor de 70 (Anexo 7), sólo considerando al arsénico como metal contaminante.

### 4.3. Contrastación de hipótesis

#### 4.3.1. Verificación de la hipótesis general

- El nivel de contaminación de los suelos agrícolas, que se ha generado por las actividades socioeconómicas en la ribera del Lago Titicaca, del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno, es alto.

Según el análisis realizado con la guía de calidad ambiental de suelos canadiense, esta hipótesis resulta verdadera, es decir que el nivel de contaminación de los suelos agrícolas de dicho centro poblado es alto (con un valor de 40).

Por otro lado, según el análisis realizado con los estándares de calidad ambiental de suelos agrícolas del Perú, esta hipótesis resulta falsa, es decir que el nivel de contaminación de los suelos agrícolas de dicho centro poblado es bajo (con un valor de 70).

#### 4.3.2. Verificación de hipótesis específicas

- Las actividades socioeconómicas que contaminan los suelos agrícolas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado Uros-Chulluni, Puno son: El comercio, turismo, construcción, pesca, actividades agrícolas y ganaderas.

Según los datos obtenidos en la revisión documentaria esta hipótesis es verdadera, es decir que las principales actividades socioeconómicas causantes de la contaminación de los suelos agrícolas del centro poblado de Uros Chulluni son las actividades relacionadas a las actividades turísticas, artesanía silvicultura (47.45%); a la agricultura, ganadería y caza (26.82 %).

- Existen contaminantes específicos (metales pesados) en los suelos agrícolas en la ribera del Lago Titicaca del centro poblado Uros-Chulluni, Puno, cuya presencia y concentración sobrepasa el estándar de calidad ambiental de suelos agrícolas canadiense, y estándares de calidad de suelos agrícolas en el Perú.

Según el análisis realizado con la guía de calidad ambiental de suelos canadiense, esta hipótesis resulta verdadera. Es decir que, los principales contaminantes de los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni son los metales pesados, que sobrepasan son el arsénico 2 veces, titanio 96 veces, sodio 195 veces, y boro 26 veces la concentración permitida.

Por otro lado, según el análisis realizado con los estándares de calidad ambiental de suelos agrícolas del Perú, esta hipótesis resulta verdadera, sin embargo, sólo se considera como contaminante al arsénico, cuya presencia y concentración sobrepasa sólo en el punto de muestro 1 con 1.68 veces los valores de los estándares, sodio, boro. por lo que se le considera normal; los valores de propiedades fisicoquímica y concentración de metales son ligeramente superiores a los de nivel de fondo de los suelos de Palapaja.

- El impacto ambiental generado por las actividades socioeconómicas en los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni, Puno es alto, puesto que la presencia de residuos sólidos domésticos, escombros, aguas residuales, uso de fertilizantes etc., generados por dichas actividades se han estado incrementando, emitiéndose hacia los suelos agrícolas grandes cantidades de metales pesados.

Esta afirmación resulta moderadamente falsa, puesto que el uso intensivo e indiscriminado de las tierras agrícolas que está generando un fuerte impacto ambiental es bajo en la calidad del suelo según la norma canadiense y norma peruana, a esto se suma el inadecuado tratamiento de los residuos sólidos domésticos, aguas residuales, los cuales generan un desequilibrio fisicoquímico.

#### **4.4. Contracción de resultados**

Se observa las características socioeconómicas en su mayoría se dedican a la actividad económica del turismo, artesanía y silvicultura en 47.45 %, seguido de la actividad agrícola, ganadería y caza 26.82 %.; según a Gian Franco (2015) quien determinó que el 30 %, está en erosión y salinización; Apaza Cruz (2008) indica que el índice de erosión de 11.5 tn/ha·año; Por lo que se puede afirmar que la erosión de los suelos

agrícolas que se encuentran ubicados a orillas del Lago se incrementara al pasar los años al incrementarse las actividades socio económicas.

Lo manifestado Vargas Onofre (2014) quién afirma que no se conoce con precisión el nivel de contaminación por sustancias orgánicas tóxicas que puedan estar presentes en el ambiente a causa de la industria, agrícola y doméstica, se puede afirmar con el presente trabajo de investigación se obtuvieron datos de la generación de residuos sólidos domésticos y las concentraciones de los metales en los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni, los metales pesados que sobrepasan en promedio según la guía de calidad ambiental de suelos canadiense, el arsénico, titanio, sodio, y boro; y según la normatividad peruana solo el sodio y boro.

## CONCLUSIONES

Las principales fuentes de contaminación de los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni, ubicados en la orilla de Lago Titicaca, son debido a las actividades socioeconómicas, de los 1294 pobladores, el 47.45% se dedican principalmente al turismo, artesanía y silvicultura, el 26.82 % a la agricultura, ganadería y caza; generando residuos sólidos domésticos de 332.92 kg/día, el 59.39 % por la actividad turística, 14.92 % instituciones, 11.51 % centros educativos, 8.29% viviendas y 5.89 % otras actividades; conformado por el 51.55% de origen orgánico y 58.45 % inorgánico; y aguas residuales domésticas que no se cuenta con información. Los recursos naturales son vitales para el desarrollo de las actividades socioeconómica, pues intervienen de diversas formas en sus relaciones y son esenciales para el logro de satisfacción social, que permiten generar una mejora en la calidad de vida de las personas. En este sentido, y haciendo énfasis en el recurso suelo, puede decirse que existe una relación directa entre las actividades socioeconómicas y el recurso natural como tal.

Los principales contaminantes de los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni son los metales pesados; que sobrepasan en promedio según la Guía de Calidad Ambiental de Suelos Canadiense, son el arsénico 2 veces, titanio 96 veces, sodio 195 veces, y boro 26 veces la concentración permitida; las propiedades fisicoquímicas de conductividad son en promedio 2.10 mS/cm por la presencia de sodio, ligeramente alcalino con pH 7.9 por los carbonatos, designándole un valor de 40 (alto) del rango de calidad ambiental; con respecto los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas peruano, sólo se le considera como contaminante al arsénico, sobrepasando en el punto de muestro 1 con 1.68 veces, el sodio con 95 veces, boro 55 veces; designándole un valor de 70 (normal o bajo); finalmente, las propiedades fisicoquímicas y concentración de metales son ligeramente superiores a los suelos agrícolas de nivel de fondo de Palapaja.

El uso intensivo e indiscriminado del suelo está generando un fuerte impacto ambiental negativo, de tal forma que, si no se propende por su protección y conservación, puede llegar a perder sus características y, por ende, su capacidad para ser empleado dentro de procesos productivos agrícolas, además estos suelos pertenecen al interés paisajístico que están siendo alterado principalmente por la disposición de residuos plásticos.



## RECOMENDACIONES

Realizar una limpieza paulatina y decidida recolección de residuos sólidos ya existentes, por parte del municipio y otras instituciones, empeñadas en salvar de la contaminación de la bahía interior del Lago Titicaca, sector del centro poblado de Uros-Chulluni para mejorar la condición actual.

Necesidad de un mayor esfuerzo por atender periódicamente el recojo de residuos sólidos domésticos de la comunidad; así como la vigilancia y prohibición de disponer desechos domésticos y desmonte en los suelos agrícolas de centro poblado, ubicado en ribera del Lago Titicaca.

Clasificar los residuos sólidos domésticos, como inorgánicos: las latas, botellas descartables, cartones, etc.; y orgánicos como: cáscaras de frutas o verduras, restos comidas en general, etc., de modo que se llevaría a plantas de procesamiento o reciclaje, y una la segunda clasificación se utilizaría como abono.

Realiza un estudio correlativo de las variaciones de las concentraciones, propiedades fisicoquímica y concentración de metales, de los suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni.

**BIBLIOGRAFÍA**

- accm2002. (27 de enero de 2016). *El Suelo, Textura y Esctructura de Suelo*. Obtenido de <https://elsueloaccm.wordpress.com/2016/01/27/textura-y-estructura-del-suelo/>
- Andaluz, W. C. (2012). *Manual de Derecho Ambiental*.
- Andrews, S., Karlen, L., & Cambardella, C. (2004). The Soil Managenement Assessment Framework: A Qinatitative Soil Quality Evaluation Method. *Soil Sci Soc. Am J.*, 1945-1962.
- Apaza Cruz, I. C. (2008). *Analisis del Proceso de Sedimentación e Impacto Ambiental en la Bahía de Puno entre Chimu y Chulluni*. Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Puno.
- Arévalo, G., Castellanos, M., & Cruz, E. (29 de 8 de 2010). *Interpretación de los Resultados de un Analisis de Suelo*. Recuperado el 5 de 1 de 2017, de [https://es.slideshare.net:https://es.slideshare.net/MyFert2010/interpretacion20de20los20resultados20de20un20 analisis20de20suelo](https://es.slideshare.net/https://es.slideshare.net/MyFert2010/interpretacion20de20los20resultados20de20un20 analisis20de20suelo)
- ATSDR. (15 de Enero de 2015). *Agency for Toxic Substances & Disease Registry*. Obtenido de <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=115&tid=24>
- BioEnciclopedia. (17 de 04 de 2014). *BioEnciclopedia*. Recuperado el 15 de 02 de 2016, de <http://www.bioenciclopedia.com/contaminacion-del-suelo/>
- Bouysse-Cassagne, T. (1987). *La Identidad Aymara: Aproximación Histórica, s. XV- XVI*. Lima, Perú: IFEA.
- Bowen, H. J. (1979). *Environmental Chemistry of the Elements*. London: Academic Press.
- Brady, N. C. (2002). *The Nature and Properties of Soils* (13th ed.). Upper Saddle River,.
- Bredja, J., Moorman, T., Karlen, D., & Dao, T. (2000). Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains. *Soil Sci. Soc. Am. J.*(64), 2115-2124.
- Canales, A. (2003). *Evaluación de Impacto Ambiental del Relleno Sanitario de Puno*. Maestría Post grado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Escuela de Postgrado, Maestría en Salud Pública.

- Carter, M. (2002). Soil Quality for Sustainable Land Management: Organic Matter and Aggregation Interactions that Maintain Soil Functions. *Agronomy Journal*.(94), 38 – 47.
- CCME. (2017). *Canadian Council of Ministers* . Obtenido de <http://www.ccme.ca/>
- Chambi, L. J., Irsag, V., & Niura, A. (2012). *Evaluación de la Presencia de Metales Pesados y Arsénico en Suelos Agrícolas y Cultivos en tres microcuencas del Municipio de Poopo*. Tesis, Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomía, Insitituto de Invetisgaciones Químicas, La Paz, Bolivia.
- Condori, I. (2013). *Gestión de Resoduos Sólidos en el Centro Poblado de Uros Chulluni*. Tesis pre grado, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ing. Agrícola, Puno.
- Connell, D. W., & Miller, G. J. (1984). *Chemistry and Ecotoxicology of pollution*. New York: John Wiley & Song.
- Delgadillo, J. (1998). *La Nación de los Uros-Chipaya. Oruro: CEDIPAS, Centro de Diocesano de Pastoral Social*.
- Depuril S.A. (1999). *Depuril S .A*. Recuperado el 9 de Julio de 2015, de Control, Reciclaje y Mantenimiento de Aceites industriales: <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html#E>
- Diez, F. J. (2008). *Fitocorrección De Suelos Contaminados Con Metales Pesados: Evaluación de Plantas Tolerants y Optimixzación Del Proceso Medainte Prácticas Agrnómicas*. Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostrela, Departaeemnto de Edafología y Química Agrícola.
- Ditzler, C., & Tugel, A. (2002). oil Quality Field Tools: Experiences of USDA-NRCS. *Soil Quality Institute, Agron J.*(94), 33.
- Ditzler, C., & Tugel, A. (2002). Soil Quality Field Tools: Experiences of USDA-NRCS Soil Quality Institute. *Agron. J.*(94), 33-36.
- DRC - Puno. (2012). *Expediente: Declaración de la Tecnología Ancestral de Construcción de Islas Flotantes Uros, Patrimonio Cultural de la Nación*. Puno.
- El Peruano. (25 de Marzo de 2013). Ambiente. *Normas Legales*, págs. 491497-491500 y 491600.

- Enkerlin, H. E. (1997). *Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible*. Mexico: Edit. Internacional S.A.
- Enríquez, P. (1999). *Revista Universitaria*(08), 73-85.
- EPA. (2017). *U.S. Environmental Protection Agency*.
- Esteves, J. L., Gil, M., Commendatore, M., Santinelli, N., Sastre, V., Solís, M., . . . González Raie, C. (1997). *valuación de la contaminación urbana de la bahía de San Antonio (Provincia de Río Negro)*. *Informes técnicos del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica*. Informe Técnico, Madryn, Argentina.
- FSG. (2016). *Fundación para la Salud Geoambiental*. Obtenido de Toxico ambientales: <http://www.saludgeoambiental.org/toxicos-ambientales?gclid=CLm8rauTttQCFYePswodoUQEsA>
- Gian, Y. T. (2015). *Centro Poblado Uros Chulluni*. Puno.
- Gomez, L. (9 de noviembre de 2010). *Educación Ambiental*. Obtenido de <http://educacionambiental12.blogspot.pe/2010/11/actividades-humanas-que-incidenten-en-el.html>
- Gonzales, S. (2006). *Contaminacion*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=3472>.
- Hamza, M. A. (2005). Soil Compaction in Cropping Systems: A Review of the Nature, Causes and Possible Solutions. *Soil & Tillage Research*(82), 121-145.
- Hernández Picaso, F. J. (2014). *Determinación del Cadmio (Cd) en Suelos Agrícolas Dedicados a la Producción de Alfalfa Medicagositiva Irrigado con Aguas Residuales*. Tesis, Torreón, Coahuila, México.
- Hernández, A. H. (2011). *Determinación de Metales Pesados en Suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca*. Tesis, Universidad de la Sierra de Juárez, Oaxaca, México.
- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*". En London.
- INEI. (2007). *Censo Nacional 2007 (XI de Población y VI de vivienda)*. Puno.
- Inga, A. F. (25 de abril de 2010). *Monografías*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos31/contaminacion-suelo/contaminacion-suelo.shtml>

- INRENA. (1997). *Flora y Fauna Silvestre*. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Puno.
- INRENA. (2002). Puno.
- INRENA. (2005). *Plan Estratégico Turístico de la Reserva Nacional del Titicaca*. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Intendencia de Areas Naturales Protegidas, Puno.
- Intagri. (12 de 12 de 2016). Recuperado el 5 de 1 de 2017, de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-permeabilidad-del-suelo-para-el-cultivo-de-frutales#sthash.qI0JtF7c.dpbs>
- Intagri. (2017). *Intagri*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/los-factores-de-formacion-del-suelo>
- Mason, B. (1992). Preparation of Soil Sampling Protocols Sampling Techniques and Strategies. *US EPA*(EPA/600/R-92/128), 169.
- Massol. (n.d.). *Parametros Físico-químicos: Potencial Oxi-Reducción*. Recuperado el 5 de Octubre de 2015, de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-redox.pdf>
- Medio Ambiente*. (30 de Noviembre de 2012). Recuperado el 02 de 11 de 2015, de <http://derecho-y-ambiente.blogspot.pe/>
- Mendoza, C., & Gallardo, A. (2007). *Tratamiento y Gestión de Residuo Sólidos* (Vol. 333.715C71). UPV. Obtenido de [https://www.academia.edu/15744429/RESIDUOS\\_SOLIDOS](https://www.academia.edu/15744429/RESIDUOS_SOLIDOS)
- MINAGRI. (1996). *Propuestas Para la Desiganción como Sitio RAMSA*. Puno, Perú.
- MINAMa. (2013). Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. En *El Peruano* (págs. 491497- 491500). Lima, Perú.
- MINAMb. (2013). *Linea de Base Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca*. Puno, Perú.
- MINAMc. (2014). *Guía para el Muestreo de Suelos*. Lima, Perú: Mavet Impresiones EIRL.
- Mun. Uros-Chulluni. (2016). Puno.
- Muñoz Razo, C. (2011). *Como Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis* (2da. Edición ed.). México.

- Nissen, T., & Wander, M. (2003). Management and Soil-Quality Effects on Fertilizer-Use Efficiency and Leaching. *Soil Sci. Soc. Am. J.*(67), 1524-1532.
- NRCS. (2001). *Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning*. (Betty Joubert ed.).
- Orjuela, I. (2009). *Generacion de la Linea Base de Indicadores para el Monitoreo de Calidad de Suelo en el área de Influencia del sistrito de Riego del Alto Chicamocha*. Tesis de Maestro, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía.
- Ortinez, I., Ize, U., & Gavilán, A. (Octubre-Diciembre de 2003). La Restauración de Suelos Contaminados con Hidrocarburos en México. *Gaceta Ecológica*,(069), 83-92.
- Osorio, N. W. (2015). Muestreo de Suelos. Medellín, Colombia. Recuperado el 25 de Junio de 2015, de <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos.html>
- Pastraca, U. (2009). *El Reciclaje en Beneficio de la Comunidad del Barrio " Santiago Betancourt Infate", Municipio Valencia Edo, Carabobo*. Tesis, Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada, Nucleo Carabobo-extensión Guacara, Guácara. Obtenido de <http://med.se-todo.com/doc/19827/index.html>
- Prada, R. (2008). Poder, Saber y Subjetividad en los Movimientos Indígenas. *CLACSO*. Obtenido de en subversiones indígenas PRADA: <http://www.jornada.unam.mx/2009/11/07/raul.html>
- Profesorenlinea. (n.d.). *Profesor en Línea*. Recuperado el 2015 de Julio de 8, de <http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/ContaminacionBasura.htm>
- Pulgar Vidal, J. (1938). *Wikipedia, La Enciclopedia Libre*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Las\\_ocho\\_regiones\\_naturales\\_del\\_Per%C3%BA](https://es.wikipedia.org/wiki/Las_ocho_regiones_naturales_del_Per%C3%BA)
- Ramirez, J. (16 de Marzo de 2011). *Contaminación del suelo: Basura y Resiclaje de Residuos*. Obtenido de Blogspot: <http://quimicaii-jorge-ramirez.blogspot.com/2011/03/tema-6-contaminacion-del-suelo-basura-y.html>
- Rodriguez, M. (s/f). *Academia edu*. Recuperado el 15 de 07 de 2016, de [https://www.academia.edu/15744429/RESIDUOS\\_SOLIDOS](https://www.academia.edu/15744429/RESIDUOS_SOLIDOS)
- s/a. (22 de 2 de 2013). <http://www.tecnicoagricola.es/>. Recuperado el 5 de 1 de 2017, de <http://www.tecnicoagricola.es/capacidad-de-intercambio-cationico-de-un-suelo/>

- s/a. (22 de 2 de 2013). <http://www.tecnicoagricola.es/>. Recuperado el 5 de 1 de 2017, de <http://www.tecnicoagricola.es/ph-de-un-suelo/>
- Sabroso G., M. d., & Pastor E., A. (2004). *Guía Sobre Suelos Contaminados*. Zaragoza, España.
- Sanchés-Marañón, M., & Soriano, M. D. (2002). Soil Quality in Mediterranean Mountain Environments: Effects of Land Use Change. *Soil Sci Soc A, J.*(66), 968-958.
- SEMARNAT. (2005). *Situación del Medio Ambiente en México*. México. Recuperado el 28 de Junio de 2015, de <http://www.semarnat.gob.mx>.
- Sharma, K., Mandal, U., Srinivas, K., Vittal, K., Mandal, B., Grace, J., & Ramesh, V. (2005). Long-term Soil Management Effects on Crop Yields and Soil Quality in a Dryland Alfisol. *Soil & Tillage Research.*(83), 246–259.
- Shi-yin, C., Yao-lin, L., & Cui-fang, C. (s.f.). Evaluation of Land-Use Efficiency Based on Regional Scale. *China Univ Mining & Technol.*(17), 215-219.
- Shukla, M., Lal, R., & M., E. (2006). Determining Soil Quality Indicators by Factor Analysis. *Soil & Tillage Research.*(87), 194-204.
- Six, J., Paustian, K., Elliott, E. T., & Combrink, C. (2005). Soil Structure and Organic Matter: I. Distribution of Aggregate-Size Classes and Aggregate-Associated Carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.*(64).
- Tejada, s. (12 de Agosto de 2014). Monitoreo y Evaluación de la Calidad del Suelos. *Monitoreo y Evaluación de la Calidad Ambiental*. Lima, Perú.
- Tomer, M. D., & James, D. E. (2004). Do Soil Surveys and Terrain Analyses Identify Similar Priority Sites for Conservation? *Soil Sci. Soc. Am. J.*(68), 1905–1915.
- USDA. (2000). *Soil Test Kit Guide*. United States Department of Agriculture, EE.UU.
- Váldez Perezgasga, F. (1999). Contaminación por Metales Pesados en Torreón, Coahuila, México. *Texas Center for Policy Studies, CILADHAC*.
- Vargas Onofre, E. (2014). *Contaminación Ambiental en Zonas Rurales, Puno - Perú*. Tesis Doctoral, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Escuela de Posgrado, Doctorado en Salud Pública, Puno, Perú.

- Visual, W. (06 de Octubre de 2015). *Contaminación*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_visual](https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_visual)
- Wander, M., Walter, G., Nissen, T., Bollero, G., & Andrews, S. y.-G. (2002). Soil Quality: Science and Process. *Agron. Journal*(94), 23-32.
- Webeco. (s.f.). *Webeco.fq*. Recuperado el 16 de 06 de 2016, de [http://www.fq.uh.cu/webeco/efectos\\_ambientales.htm](http://www.fq.uh.cu/webeco/efectos_ambientales.htm)
- Wikipedia. (2017). *Wikipedia La enciclopedia libre*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n>
- Zamora, A., Ramos, J., & Arias, M. (2012). Efecto de la Contaminación por Hidrocarburos sobre Algunas Propiedades Químicas y Microbiológicas de un Suelo de Sabana. *Bioagro*, 24(1), 5-12. Recuperado el 6 de Octubre de 2015, de <http://www.scielo.org.ve/pdf/ba/v24n1/art02.pdf>



# ANEXOS

**Anexo 1. Guía de muestreo para suelos, en el marco del D. S. 002-2013-MINAM.**

<b>ÍNDICE</b>	<b>1</b>
<b>I. Glosario</b>	<b>3</b>
<b>II. Introducción</b>	<b>7</b>
<b>1. PLAN DE MUESTREO</b>	<b>9</b>
1.1. Consideraciones Generales	9
1.2. Estructura del Plan de Muestreo	10
1.3. Tipos de Muestreo	11
1.3.1. Muestreo de Identificación (MI)	11
1.3.2. Muestreo de Detalle (MD)	13
1.3.3. Muestreo de Nivel de Fondo (MF)	13
1.3.4. Muestreo de Comprobación de la Remediación (MC)	14
<b>2. TÉCNICAS DE MUESTREO</b>	<b>17</b>
2.1. Consideraciones Generales	17
2.2. Para Muestras Superficiales	18
2.3. Para Muestras en Profundidad	19
2.4. Para Muestras en la Fase Gaseosa del Suelo	21
<b>3. MANEJO DE LAS MUESTRAS</b>	<b>25</b>
3.1. Materiales para Guardar y Transportar Muestras	25
3.2. Etiquetado	26
3.3. Ficha de Muestreo	26
3.4. Cadena de Custodia	26
3.5. Condiciones de Seguridad de las Muestras	26
<b>4. MEDIDAS DE SEGURIDAD OCUPACIONAL DURANTE EL MUESTREO</b>	<b>29</b>
<b>5. DETERMINACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>31</b>
5.1. Consideraciones Generales	31
5.2. Número Mínimo de Puntos de Muestreo	31
5.2.1. Para el Muestreo de Identificación	31
5.2.2. Para el Muestreo de Detalle	32
5.2.3. Para el Muestreo de Nivel de Fondo	33
5.2.4. Para el Muestreo de Comprobación	34
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>35</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>37</b>

Fuente: MINAM, (2013)

**Anexo 2. Ficha de muestreo de suelo.**

**Datos generales:**

Nombre del sitio en estudio:	Departamento:
Razón social:	Provincia:
Uso principal:	Dirección del Predio:

**Datos del punto de muestreo:**

Nombre del punto de muestreo:	Operador: (empresa/persona):
Coordenadas: X: Y: (UTM, WGS 84)	Descripción de la superficie: (pe. asfalto, cemento, vegetación)
Temperatura (°C):	Precipitación (si/no, intensidad):
Técnica de muestreo: (p.e. sondeo manual/semi-mecánico/mecánico, zanja, etc.)	Instrumentos usados:
Profundidad final: (en metros bajo la superficie)	Napa freática: (si/no, profundidad en m)
Instalación de un pozo en el agujero: (si/no, descripción):	Relleno del agujero después del muestreo: (si/no, descripción):

**Datos de las muestras:**

Clave de la muestra:				
Fecha:				
Hora:				
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie)				
Características organolépticas:				
Color:				
Olor:				
Textura:				
Compactación/Consistencia:				
Humedad:				
Componentes antropogénicos:				
Estimación de la fracción > 2 mm (%):				
Cantidad de la muestra: (Volumen o peso)				
Medidas de conservación:				
Tipo de muestra: (simple/compuesta)				

**Para muestras superficiales compuestas:**

Área de muestreo (m <sup>2</sup> ):				
Número de sub-muestras:				

<b>Comentarios:</b>	<b>Croquis:</b>

Fuente: Guía para el muestreo de Suelos, en el marco del Decreto Supremo 002-2013, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. (MINAMa, 2013).

**Anexo 3. Estándares de calidad de suelo canadiense**

Name	Symbol	Units	Agricultura	Comercial	Residencial	Industrial
Arsenic (inorganic)	As	mg/kg	12	12	12	12
Barium	Ba	mg/kg	750	2000	2000	500
Cadmium	Cd	mg/kg	1.4	22	22	10
Chromium Total	Cr	mg/kg	64	87	87	64
Hexavalent chromium (VI)	Cr VI	mg/kg	0.4	1.4	1.4	0.4
Copper	Cu	mg/kg	63	91	91	63
Lead	Pb	mg/kg	70	260	600	140
Mercury (inorganic)	Hg	mg/kg	6.6	24	50	6.6
Nickel	Ni	mg/kg	50	50	50	50
Selenium	Se	mg/kg	1	3.9	3.9	1
Thallium	Tl	mg/kg	1	1	1	1
Vanadium	V	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	Zn	mg/kg	200	360	360	200
Conductivity		dS/m	2	4	4	4
pH			6-8	6-8	6-8	6-8
Sodium adsorption ratio		mg/kg	5	12	12	12
Antimony	Sb	mg/kg	20	40	40	40
Beryllium	Be	mg/kg	4	8	8	8
Boron (hot water soluble)	B	mg/kg	2	0	0	0
Cobalt	Co	mg/kg	40	300	300	300
Fluoride (total)	F	mg/kg	200	2000	2000	2000
Molybdenum	Mo	mg/kg	5	40	40	40
Silver	Ag	mg/kg	20	40	40	40
Sulphur (elemental)	S	mg/kg	500	0	0	0
Tin	Sn	mg/kg	5	300	300	300

Fuente: Canadian Council of Ministers of the Environment. 2006. Canadian Soil guidelines for protection of environmental and human health (EPA, 2017)

**Anexo 4. Estándares de calidad ambiental para suelos, normatividad peruana**

N°	Parámetros	USOS DEL SUELO			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo/Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/Extractivos	
<b>I Orgánicos</b>					
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B EPA 8021-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B EPA 8021-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B EPA 8021-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B EPA 8021-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1200	1200	5000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3000	3000	6000	EPA 8015-D
9	Benzo(a)pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) <sup>(1)</sup>	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrín (mg/kg MS) <sup>(1)</sup>	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) <sup>(1)</sup>	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) <sup>(1)</sup>	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
<b>II Inorgánicos</b>					
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA-WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cadmio total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

ión Ambiental de los Estados Unidos)

DIN: German Institute for Standardization

MS: Materia seca a 105 °C, excepto para compuestos orgánicos y mercurio no debe exceder 40 °C, para cianuro libre se debe realizar el secado de muestra fresca en una estufa a menos de 10 °C por 4 días. Luego de secada la muestra debe ser tamizada con malla de 2 mm. Para el análisis se emplea la muestra tamizada < 2 mm.

Nota 1: Plaguicidas regulados debido a su persistencia en el ambiente, en la actualidad está prohibido su uso, son Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

Nota 2: Concentración de metales totales

**Fuente: Decreto Supremo 002-2013. Anexo I, y disposiciones complementarias y DS 002-2014 MINAM. (El Peruano, 2013)**

Anexo 5. Cadena de custodia- monitoreo de suelos

**CADENA DE CUSTODIA - MONITOREO DE SUELOS, LODOS SEDIMENTOS**

Código: F-OMA-024  
Versión: 02  
Fecha: 03/08/2015

CC- N° 005929

DATOS DEL PRODUCTANTE		DATOS DEL CLIENTE		DATOS DEL SERVIDOR		TIPO DE SERVIDOR	
Nombre: <i>Yenny Hidrología</i> Direccion: <i>Yacolla y Zavalaga</i> Telefono: <i>051984833</i>		Nombre: <i>C.P. Yenny Hidrología</i> Direccion: <i>P. UN</i> Telefono: <i>PUNO</i> Ciudad: <i>PUNO</i>		Nombre: <i>Yenny Hidrología</i> Direccion: <i>Yacolla y Zavalaga</i> Telefono: <i>051984833</i>		Servidor: <i>Superficial</i> Ubicación: <i>No particular</i> Tipo: <i>Dir.</i>	
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: <i>SEDIMENTOS</i>							
FECHA DE MUESTREO	HORA	TIPO DE MUESTRA	COORDENADAS (UTM / UTM 11)	COORDENADAS (Latitud / Longitud)	CONDICIONES DE MUESTREO (ver protocolo)	ANÁLISIS	OTROS COMENTARIOS
17/10/16	7:00	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	7:15	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	7:45	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	7:55	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	10:10	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	10:20	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	10:30	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	10:40	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	14:50	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	
17/10/16	11:00	P	373700	8251513	<i>1</i>	<i>0-30</i>	

**PROCESAMIENTO DE MUESTRO UTILIZADO**

CONDICIONES DE RECEPCION DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO:

Envasado adecuado:  *Muestras envasadas en bolsas de conservación*

Mostrador dentro tiempo máximo de conservación:  *Condiciones de conservación (gel)*

Condiciones de conservación (T°):  *Condiciones de conservación (T°)*

C: Conforme      NC: No Conforme

**MUESTREADO POR INSPECTORATE**

Nombre: .....  
Fecha: ..... hora: .....

**MUESTREADO POR EL CLIENTE**

Nombre: *Yenny Hidrología*  
Fecha: *17/10/16* hora: *11:03*

Anexo 6. Resultados de los análisis de laboratorio propiedades fisicoquímicas



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



**ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS**

PROCEDENCIA : Centro Poblado Urus Chulluni  
 INTERESADO : Wilber Hugo Flores Rodríguez  
 MUESTRA : SUELO  
 FECHA DE MUESTREO : 17/10/2016  
 FECHA DE ANALISIS : 19/10/2016

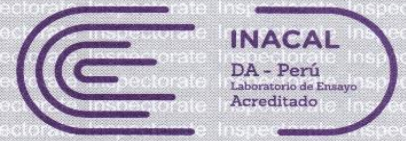
N°	pH	CE mS/cm	CEes mS/cm	Da gcm <sup>-3</sup>	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase textural	Dp gcm <sup>-3</sup>	% P
PMNF1	7.75	0.42	1.68	1.28	58.20	19.88	21.92	Franco arenosa	2.58	50.39
PMNF2	7.43	0.28	0.96	1.33	64.60	12.40	23.00	Franco arenosa	2.53	47.73
PM1	7.62	3.45	11.22	0.89	42.20	22.10	35.70	Franca	2.29	61.14
PM2	7.57	0.62	2.42	1.37	59.80	13.80	26.40	Franco arenosa	2.63	52.09
PM3	7.46	2.62	8.25	0.88	23.72	24.04	52.24	Franco limosa	2.49	64.66
PM4	7.84	1.28	5.10	1.23	29.40	24.52	46.08	Franco limosa	2.56	51.95
PM5	8.70	4.08	16.00	1.16	30.40	15.60	54.00	Franco limosa	2.59	55.21
PM6	7.91	0.45	2.42	1.35	63.70	15.60	20.70	Franco arenosa	2.63	48.66
PM7	8.00	2.77	8.62	1.03	35.08	22.28	42.64	Franca	2.47	58.30
PM8	8.15	1.50	5.80	1.32	75.00	8.36	16.64	Arena franca	2.55	48.24

CE: Conductividad Eléctrica en la relación suelo: agua 1:2,5  
 CEes: Conductividad Eléctrica del extracto de saturación.  
 Da: Densidad aparente.  
 Dp: Densidad de partículas.  
 P: Porosidad.

Anexo 7. Resultados de los análisis de laboratorio de concentración de metales



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 031**



Registro N° LE - 031

Pág. 1 / 4

**INSPECTORATE**

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 101272L/16-MA**

**CLIENTE** : YENNY MEDINA ROJAS

**DIRECCIÓN** : JR. URUBAMBA 190 - PUNO

**PRODUCTO** : Suelos

**MATRIZ** : Suelos

**NÚMERO DE MUESTRAS** : 10

**PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS** : Frascos de plástico (boca ancha)

**PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS** : Muestras enviadas por el cliente

**PROCEDIMIENTO DE MUESTREO** : No Aplica

**FECHA DE MUESTREO** : 2016-10-17

**LUGAR DE MUESTREO** : Puno - Puno - Puno

**REFERENCIA DEL CLIENTE** : C.P Uros-Chulluni

**FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS** : 2016-10-20

**FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO** : 2016-10-20

**FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO** : 2016-10-27

**ORDEN DE SERVICIO** : 10032-16/LMA

Inspectorate Services Perú S.A.C.  
A Bureau Veritas Group Company

**ING. EVELYN P. QUISPE LOROÑA**  
C.I.P. 98232  
LABORATORIO MEDIO AMBIENTE

Callao, 28 de Octubre de 2016

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin autorización de Inspectorate Services Perú S.A.C.  
Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.  
No deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
<valor> significa no cuantificable inferior al límite de certificación indicado.  
>valor> significa no cuantificable superior al límite máximo de cuantificación indicado, cuando sea aplicable.





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 031



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 001

Fig. 2,4

INSPECTORATE

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 101272L/16-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Estación de Muestreo	PMP1	PMP3	PM1	PM2	PM3	PM4
Fecha de Muestreo	2016-09-17	2016-10-17	2016-10-17	2016-10-17	2016-09-17	2016-10-17
Hora de Muestreo	08:00	08:18	08:45	08:55	10:10	10:28
Código de Laboratorio	00045	00045	00045	00045	00045	00045
Metro	00001	00002	00003	00004	00006	00004
Matr.	SU	SU	SU	SU	SU	SU

Parámetro	Unidades	LC	LD
-----------	----------	----	----

Metales en suelos

Elemento	Unidades	LC	LD	PMP1	PMP3	PM1	PM2	PM3	PM4
Li	mg/kg	0.08	0.08	30.41	19.82	58.63	12.12	36.53	31.40
B	mg/kg	0.12	0.07	22.22	11.47	110.37	11.29	94.33	38.89
Be	mg/kg	0.03	0.03	0.97	0.78	0.93	0.91	0.71	0.82
Al	mg/kg	2.08	1.39	12 485.83	8 755.34	8 828.35	9 356.77	11 746.31	14 203.22
P	mg/kg	1.66	1.36	514.12	447.62	1 334.20	1 454.45	1 072.78	864.93
Ti	mg/kg	0.20	0.18	378.58	264.44	219.36	206.66	202.28	315.94
V	mg/kg	0.50	0.33	16.86	18.27	18.57	17.14	13.97	20.06
Cr	mg/kg	0.08	0.04	10.73	8.81	3.25	7.37	8.00	8.22
Mn	mg/kg	0.70	0.40	418.78	595.22	1 867.00	688.56	632.81	583.73
Co	mg/kg	0.03	0.02	7.18	7.23	12.48	7.02	6.82	8.80
Ni	mg/kg	0.07	0.04	11.00	8.79	14.20	11.18	13.30	12.02
Cu	mg/kg	0.23	0.13	18.72	15.30	18.13	22.78	17.39	18.60
Zn	mg/kg	0.50	0.33	81.80	71.09	311.24	125.72	108.17	91.30
As	mg/kg	0.60	0.27	17.92	14.70	64.20	12.87	28.58	17.20
Se	mg/kg	0.06	0.06	+0.00	+0.09	+0.00	+0.68	+0.09	+0.09
Br	mg/kg	0.38	0.18	38.90	30.14	735.51	34.88	706.67	136.34
Mb	mg/kg	0.08	0.03	+0.05	0.06	1.87	0.44	0.58	+0.05
Ag	mg/kg	0.08	0.03	0.11	0.08	0.12	0.39	0.11	0.08
Ca	mg/kg	0.08	0.03	0.18	0.20	0.97	0.29	0.23	0.23
Sr	mg/kg	0.08	0.04	3.91	3.42	2.82	3.30	3.62	4.04
Sb	mg/kg	0.07	0.04	0.43	0.23	1.18	0.85	0.63	0.32
Ba	mg/kg	0.08	0.03	114.41	89.23	251.37	203.57	211.44	127.17
Ce	mg/kg	0.08	0.03	25.22	22.17	17.43	30.69	18.30	22.17
Hg	mg/kg	0.03	0.02	+0.03	+0.23	0.88	0.36	0.04	+0.03
Tl	mg/kg	0.04	0.02	0.15	0.11	0.38	0.33	0.20	0.22
Pb	mg/kg	0.50	0.30	13.23	8.57	26.03	31.43	18.83	19.94
Bi	mg/kg	0.04	0.02	0.15	0.10	0.37	0.32	0.18	0.20
Th	mg/kg	0.13	0.07	0.85	0.87	0.81	0.55	0.58	0.28
U	mg/kg	0.03	0.02	0.09	0.13	1.84	0.36	0.36	0.18
Na	mg/kg	6.00	3.40	114.86	73.24	1 603.84	241.24	1 320.68	478.68
Mg	mg/kg	2.00	1.18	3 600.89	2 541.58	10 764.03	4 400.00	7 824.63	11 390.73
K	mg/kg	2.00	1.18	1 834.83	1 192.60	3 680.83	2 084.44	2 745.56	2 507.43
Ca	mg/kg	4.50	2.78	8 891.84	5 327.38	14 197.79	14 439.42	121 007.81	34 731.35
Fa	mg/kg	2.00	1.17	17 281.84	15 982.81	21 201.77	18 741.63	18 123.83	17 891.84



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 031



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

INSPECTORATE

Registro N° LE - 000

Pág. 3 / 4

### INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 101272L/16-MA

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Excepción de Muestreo	PM6	PM8	PM7	PM5
Fecha de Muestreo	2016-10-17	2016-10-17	2016-10-17	2016-10-17
Hora de Muestreo	10:30	10:40	10:50	11:00
Código de Laboratorio	08545 09007	08545 09008	08545 09009	08545 09010
Método	SU	SU	SU	SU

Parámetro	Unidades	LC	LD
-----------	----------	----	----

Métodos en análisis

Cd	mg/kg	0.09	0.09	59.62	11.81	29.94	10.84
Cr	mg/kg	0.12	0.07	40.89	19.69	90.89	15.54
Be	mg/kg	0.05	0.03	0.87	0.93	0.61	0.26
Al	mg/kg	1.00	1.04	9 245.87	9 177.05	7 198.00	4 113.37
P	mg/kg	1.66	1.04	661.15	280.26	484.48	234.58
Tl	mg/kg	0.28	0.18	242.89	185.32	224.16	148.44
V	mg/kg	0.09	0.05	17.30	6.89	6.98	2.50
Cu	mg/kg	0.08	0.04	8.88	7.02	8.17	4.01
Mn	mg/kg	0.38	0.40	632.89	247.00	475.68	121.29
Co	mg/kg	0.03	0.02	7.68	3.89	9.30	3.20
Ni	mg/kg	0.07	0.04	6.56	7.58	7.12	3.40
Pb	mg/kg	0.23	0.13	10.00	8.08	18.00	7.20
Zn	mg/kg	0.50	0.35	72.62	90.81	46.00	34.68
As	mg/kg	0.00	0.27	21.11	8.38	38.94	7.49
Se	mg/kg	0.06	0.06	40.00	6.47	0.18	0.24
Br	mg/kg	0.00	0.15	248.72	32.56	891.79	34.10
Mo	mg/kg	0.05	0.00	0.37	0.04	0.83	0.19
Ag	mg/kg	0.06	0.00	0.10	40.89	0.13	0.07
Ce	mg/kg	0.05	0.00	0.19	0.08	0.68	0.09
Ba	mg/kg	0.08	0.04	9.98	3.29	3.87	3.31
Bi	mg/kg	0.07	0.04	0.89	0.40	0.69	0.88
Ba	mg/kg	0.05	0.00	100.50	70.89	225.45	94.67
Ce	mg/kg	0.06	0.00	18.60	11.32	13.00	8.01
Hg	mg/kg	0.03	0.02	0.88	0.10	0.10	40.95
Tl	mg/kg	0.04	0.02	0.17	0.19	0.12	0.07
Pb	mg/kg	0.03	0.30	18.26	11.14	19.28	8.88
Bi	mg/kg	0.04	0.02	0.18	0.11	0.10	0.06
Th	mg/kg	0.13	0.07	0.73	40.13	40.13	40.13
U	mg/kg	0.03	0.02	0.38	0.32	0.37	0.08
Na	mg/kg	0.00	3.48	1 810.11	88.49	2 186.14	81.78
Mg	mg/kg	2.00	1.18	8 347.85	1 228.72	5 411.61	949.04
K	mg/kg	3.00	1.15	2 005.00	1 187.06	2 510.07	779.71
Ca	mg/kg	4.80	2.78	42 279.07	3 789.35	108 065.55	3 658.78
Fe	mg/kg	2.00	1.17	58 698.64	9 613.90	13 413.03	6 118.08

Este informe no podrá ser retransmitido parcialmente sin autorización de Inspectorate Servicios Perú S.A.C.

Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada.

No deberá ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 031



INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 031

Pág. 4 / 4

**INSPECTORATE**

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL No. 101272L/16-MA**

**METODOLOGIAS**

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Metales en azúcares	EPA 8000A, 2007. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry.

MATRU	DESCRIPCIÓN
501	5 azúcares

**NOTAS**

Las muestras ingresaron al Laboratorio en cooler, con refrigerante.

"L.C." significa Límite de cuantificación.

"L.D." significa Límite de detección.

Anexo 8: Resultados del Software SoQI v. 1.0.

- Home
- Data
- Guidelines
- Getting Started
- The SoQI

**Soil Quality Index 1.0**

Date the Index was Calculated:

File Used:

	Guidelines Used	ECA suelos
<b>Site SoQI Summary</b>	<b>Agricultural Coarse</b>	<b>Agricultura (Perú)</b>
SoQI	<b>40</b>	<b>70</b>
Rank	<b>High</b>	<b>Low</b>
F1 (Scope)	27.3	33.33333333
F2 (Frequency)	15.9	8.333333333
F3 (Amplitude)	98.1	38.60510806
Total Tests	220	60
Tests Failed	35	5
Sum of Non-Compliance	1809.9	3.144

**In-depth Report Options**

\_Calculatio  
Summar

Data\_Outliers

\_Indexed Test  
Data

**Site Name:**

Uros-Chulluni

**Site Description:**

Suelos Agrícolas

**Project Number:**

1

**Ranking Categories**

Level of Concern	Minimum Value
Very Low	90
Low	70
Medium	50
High	30
Very High	0

Fuente: CCME, 2017, EPA 2017.

Summary of Data Results

Guidelines Used	Agricultural Coarse	Agricultura (Peru)
Number of contaminants tested	22	6
Number of contaminants that failed	6	2
Contaminant(s) with most failed tests	Sodium absor	Conductivity
Contaminant(s) with highest mean degree of non-Compliance	Sodium absor	Conductivity

Contaminants that Failed the guidelines	Arsenic (inorganic)	Barium	Cadmium	Total chromium	Copper	Lead	Mercury (inorganic)
Agricultural Coarse	Had Failure(s)	No Failures	No Failures	No Failures	No Failures	No Failures	No Failures
Agricultura (ECA suelos Peru)	Had Failure(s)	No Failures	No Failures	N/A	N/A	No Failures	No Failures

Number of Tests (Number of Failures)	Arsenic (inorganic)	Barium	Cadmium	Total chromium	Copper	Lead	Mercury (inorganic)
Agricultural Coarse	10 (8)	10 (0)	10 (0)	10 (0)	10 (0)	10 (0)	10 (0)
Agricultura (Peru)	10(1)	10(0)	10(0)	N/A	N/A	10(0)	10(0)

Statistical Summary of Data	Arsenic (inorganic)	Barium	Cadmium	Total chromium	Copper	Lead	Mercury (inorganic)
Minimum	7.4900	76.9000	0.0600	4.9100	7.2900	5.8900	0.0300
Maximum	84.2000	251.3700	0.5700	10.7300	22.7500	31.4300	0.1500
Mean	24.9390	154.7790	0.2090	7.3070	15.1210	16.3470	0.0610
Median	17.5600	145.3750	0.1950	7.0450	16.3400	14.2950	0.0500
Standard Deviation	21.4991	61.3691	0.1395	1.7792	4.6758	7.8254	0.0373

Nickel	Selenium	Thallium	Vanadium	Zinc	Conductivity	pH	Sodium adsorption ratio
No Failures	No Failures	No Failures	No Failures	Had Failure(s)	Had Failure(s)	Had Failure(s)	Had Failure(s)
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Had Failure(s)	N/A	N/A
Nickel	Selenium	Thallium	Vanadium	Zinc	Conductivity	pH	Sodium adsorption ratio
10 (0)	10 (0)	10 (0)	10 (0)	10 (1)	10 (4)	10 (2)	10 (10)
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Nickel	Selenium	Thallium	Vanadium	Zinc	Conductivity	pH	Sodium adsorption ratio
3.4000	0.0900	0.0700	2.5900	34.5000	0.2800	7.4300	73.2400
14.2000	0.4700	0.3300	20.0500	311.2400	4.0800	8.8700	2164.1400
9.7300	0.1500	0.1800	13.6730	98.6260	1.7470	7.8600	797.2230
10.0250	0.0900	0.1600	16.6100	77.2400	1.3900	7.7950	358.4600
3.0429	0.1165	0.0794	5.6672	75.8222	1.3152	0.4032	789.8415

Antimony	Beryllium	Boron (hot water soluble)	Cobalt	Molybdenum	Silver	Tin
No Failures	No Failures	Had Failure(s)	No Failures	No Failures	No Failures	No Failures
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Antimony	Beryllium	Boron (hot water soluble)	Cobalt	Molybdenum	Silver	Tin
10 (0)	10 (0)	10 (10)	10 (0)	10 (0)	10 (0)	10 (0)
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Antimony	Beryllium	Boron (hot water soluble)	Cobalt	Molybdenum	Silver	Tin
0.2300	0.3500	11.2900	2.2000	0.0500	0.0600	2.8200
1.1800	0.9700	110.3700	12.4800	1.0700	0.3900	4.0400
0.6210	0.7080	44.1650	6.3920	0.4480	0.1270	3.4350
0.5950	0.7350	30.5550	6.9100	0.4050	0.1050	3.3650
0.2871	0.1880	35.3528	2.6999	0.3527	0.0900	0.4090

**Agricultural Coarse (canadiense)**

Stratum cm	Sample	Arsenic (inorganic)		Barium Ba (mg/kg)	Cadmium Cd (mg/kg)	Total chromium Cr (mg/kg)	Copper Cu (mg/kg)	Lead Pb (mg/kg)	Mercury (inorganic) Hg (mg/kg)	Nickel Ni (mg/kg)	Selenium Se (mg/kg)	Thallium Tl (mg/kg)	Vanadium V (mg/kg)
		As (mg/kg)	As (mg/kg)										
1	0-30	PMNF1	17.92	114.41	0.15	10.73	18.72	13.23	0.03	11.02	0.09	0.15	16.95
2	0-30	PMNF2	14.7	89.23	0.2	6.61	15.3	9.57	0.03	8.79	0.09	0.11	16.27
3	0-30	PM1	84.2	251.37	0.57	5.25	18.23	28.03	0.08	14.2	0.09	0.3	18.57
4	0-28	PM2	12.87	203.57	0.29	7.07	22.75	31.43	0.06	11.16	0.09	0.33	17.14
5	0-30	PM3	28.58	211.44	0.23	9.5	17.38	18.63	0.05	13	0.09	0.2	13.97
6	0-30	PM4	17.2	127.17	0.23	8.22	18.6	19.94	0.03	12.02	0.09	0.22	20.05
7	0-30	PM5	21.11	163.58	0.19	5.59	13.03	15.36	0.05	9.03	0.09	0.17	17.32
8	0-30	PM6	8.38	76.9	0.08	7.02	9.09	11.14	0.15	7.56	0.47	0.13	6.89
9	0-30	PM7	36.94	225.45	0.06	8.17	10.82	10.25	0.1	7.12	0.16	0.12	6.98
1													
0	0-30	PM8	7.49	84.67	0.09	4.91	7.29	5.89	0.03	3.4	0.24	0.07	2.59

**Agricultura (ECA Perú)**

Stratum cm	Sample	Arsenic (inorganic)		Barium Ba (mg/kg)	Cadmium Cd (mg/kg)	Total chromium Cr (mg/kg)	Copper Cu (mg/kg)	Lead Pb (mg/kg)	Mercury (inorganic) Hg (mg/kg)	Nickel Ni (mg/kg)	Selenium Se (mg/kg)	Thallium Tl (mg/kg)	Vanadium V (mg/kg)
		As (mg/kg)	As (mg/kg)										
1	0-30	PMNF1	17.92	114.41	0.15	10.73	18.72	13.23	0.03	11.02	0.09	0.15	16.95
2	0-30	PMNF2	14.7	89.23	0.2	6.61	15.3	9.57	0.03	8.79	0.09	0.11	16.27
3	0-30	PM1	84.2	251.37	0.57	5.25	18.23	28.03	0.08	14.2	0.09	0.3	18.57
4	0-28	PM2	12.87	203.57	0.29	7.07	22.75	31.43	0.06	11.16	0.09	0.33	17.14
5	0-30	PM3	28.58	211.44	0.23	9.5	17.38	18.63	0.05	13	0.09	0.2	13.97
6	0-30	PM4	17.2	127.17	0.23	8.22	18.6	19.94	0.03	12.02	0.09	0.22	20.05
7	0-30	PM5	21.11	163.58	0.19	5.59	13.03	15.36	0.05	9.03	0.09	0.17	17.32
8	0-30	PM6	8.38	76.9	0.08	7.02	9.09	11.14	0.15	7.56	0.47	0.13	6.89
9	0-30	PM7	36.94	225.45	0.06	8.17	10.82	10.25	0.1	7.12	0.16	0.12	6.98
1													
0	0-30	PM8	7.49	84.67	0.09	4.91	7.29	5.89	0.03	3.4	0.24	0.07	2.59

**Agricultural Coarse (Candense)**

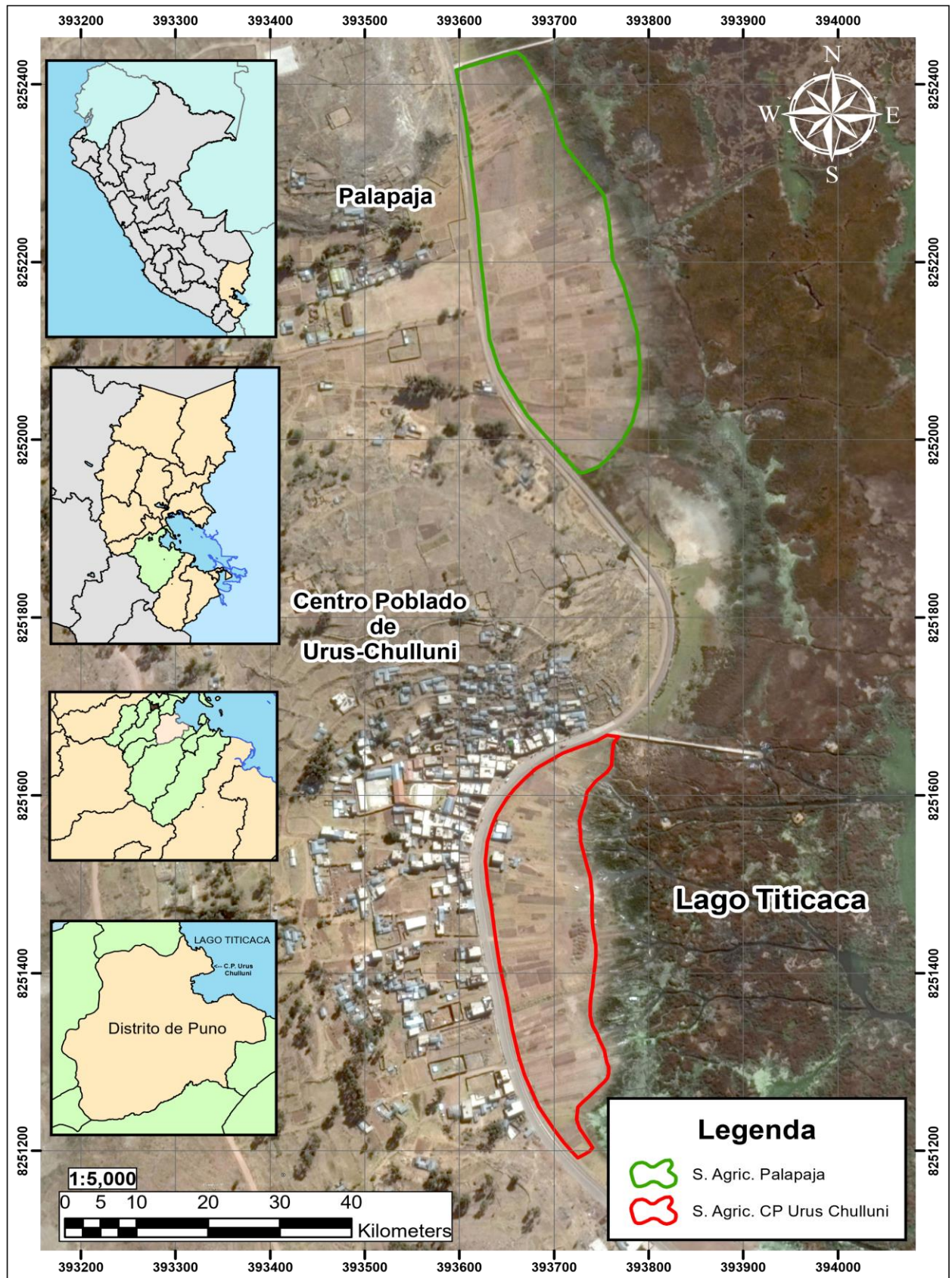
Zinc (mg/kg)	Conductivity (dS/m)	pH	Sodium adsorption ratio	Antimony Sb (mg/kg)	Beryllium Be (mg/kg)	Boron (hot water soluble)		Cobalt Co (mg/kg)	Molybdenum Mo (mg/kg)	Silver Ag (mg/kg)	Tin Sn (mg/kg)
						B (mg/kg)	B (mg/kg)				
81.86	0.42	7.75	114.86	0.43	0.97	22.22	7.18	0.05	0.11	3.9	
71.09	0.28	7.43	73.24	0.23	0.76	11.47	7.23	0.06	0.09	3.42	
311.24	3.45	7.62	1603.84	1.18	0.65	110.37	12.48	1.07	0.12	2.82	
125.72	0.62	7.57	241.24	0.85	0.91	11.29	7.02	0.44	0.39	3.26	
106.17	2.62	7.46	1320.85	0.63	0.71	94.03	6.82	0.58	0.11	3.52	
91.3	1.28	7.84	475.68	0.32	0.82	38.89	6.8	0.05	0.09	4.04	
72.62	4.08	8.87	1810.11	0.6	0.87	40.93	7	0.37	0.1	3.98	
50.81	0.45	7.91	86.49	0.4	0.53	16.03	3.89	0.84	0.06	3.23	
40.95	2.77	8	2164.14	0.59	0.51	80.88	3.3	0.83	0.13	2.87	
34.5	1.5	8.15	81.78	0.98	0.35	15.54	2.2	0.19	0.07	3.31	

**Agricultura (ECA Perú)**

Zinc (mg/kg)	Conductivity (dS/m)	pH	Sodium adsorption ratio	Antimony Sb (mg/kg)	Beryllium Be (mg/kg)	Boron (hot water soluble)		Cobalt Co (mg/kg)	Molybdenum Mo (mg/kg)	Silver Ag (mg/kg)	Tin Sn (mg/kg)
						B (mg/kg)	B (mg/kg)				
81.86	0.42	7.75	114.86	0.43	0.97	22.22	7.18	0.05	0.11	3.9	
71.09	0.28	7.43	73.24	0.23	0.76	11.47	7.23	0.06	0.09	3.42	
311.24	3.45	7.62	1603.84	1.18	0.65	110.37	12.48	1.07	0.12	2.82	
125.72	0.62	7.57	241.24	0.85	0.91	11.29	7.02	0.44	0.39	3.26	
106.17	2.62	7.46	1320.85	0.63	0.71	94.03	6.82	0.58	0.11	3.52	
91.3	1.28	7.84	475.68	0.32	0.82	38.89	6.8	0.05	0.09	4.04	
72.62	4.08	8.87	1810.11	0.6	0.87	40.93	7	0.37	0.1	3.98	
50.81	0.45	7.91	86.49	0.4	0.53	16.03	3.89	0.84	0.06	3.23	
40.95	2.77	8	2164.14	0.59	0.51	80.88	3.3	0.83	0.13	2.87	
34.5	1.5	8.15	81.78	0.98	0.35	15.54	2.2	0.19	0.07	3.31	



Anexo 8. Plano de ubicación de los suelos agrícolas de Palapaja y C.P. Uros-Chulluni.



Fuente: Google earth

## Anexo 9. Permiso de autorización para la toma de muestras de suelos

**MUNICIPALIDAD C. P. T. UROS CHULLUNI***Pueblo Originario - Indígena e Histórico del Perú*

REGION PUNO

"AÑO DE LA INTEGRACION NACIONAL Y EL RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"

**AUTORIZACION**


**EL QUE SUSCRIBE, LA ALCALDESA DE LA MUNICIPALIDAD DEL CENTRO POBLADO TURÍSTICA UROS CHULLUNI PUNO**

**AUTORIZA:**

A don Ing. **WILBER HUGO FLORES RODRIGUEZ**; identificado con DNI N° 01323134 y Bach. **DORIS MAMANI AZA**; realizar la REALIZAR la toma de muestras de suelo y agua en las orillas de la Municipalidad Centro Poblado Turística Uros Chulluni. los mencionados deberán presentar los resultados a esta municipalidad para realizar acciones.

Otorga la presente autorización, a solicitud verbal de los interesados para los fines que consideren por conveniente.

Uros Chulluni, 23 de diciembre del 2015.

MUNICIPALIDAD C.P.T. TURISTICA  
UROS CHULLUNI  
Hna. Rita Suarez Cotla  
ALCALDESA

**Anexo 10. Fotografías de lugar de estudio, centro poblado de Uros-Chulluni**



Fotografía 1. Residuos sólidos domésticos en el centro poblado de Uros-Chulluni (julio 2015)



Fotografía 2. Residuos Sólidos domésticos en el centro poblado de Uros-Chulluni (diciembre 2015)



Fotografía 3. Uso de suelos para agricultura y pastoreo (marzo 2016)



Fotografía 4. Centro poblado de Uros-Chulluni, distrito de Puno (Google Earth Pro: 5/01/2015)



Fotografía 5. Suelos agrícolas del centro poblado de Uros-Chulluni. (Google Earth Pro: 05/01/ 2015)



Fotografía 6 y 7. Puntos de muestreo de nivel de fondo de suelos agrícolas de Palapaja (17/10/2016)



Fotografías 8-13 Puntos de muestreo (PM1-PM6) en los suelos de centro poblado Uros-Chulluni



Fotografías 14,15 Puntos de muestreo (PM7-PM8) en los suelos de centro poblado Uros-Chulluni



Fotografías 16-20 Preparación de las muestras para su envío a los laboratorios de análisis de suelos.