

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



“METALES PESADOS EN SUELOS CULTIVADOS CON RIEGO Y SIN RIEGO EN LA COMUNIDAD DE ÑAUPAPAMPA DEL DISTRITO DE ASILLO - PUNO”

TESIS

PRESENTADA POR:

DELVI RICHARD VARGAS ESTOFANERO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

PROMOCIÓN 2014 - II

PUNO - PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
**“METALES PESADOS EN SUELOS CULTIVADOS CON RIEGO Y SIN RIEGO EN
LA COMUNIDAD DE ÑAUPAPAMPA DEL DISTRITO DE ASILLO - PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:
DELVI RICHARD VARGAS ESTOFANERO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

FECHA DE SUSTENTACION: 20 DE ENERO DE 2017



APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE



Ing. M.Sc. Elishán Uriel Huanca Quiroz

PRIMER MIEMBRO



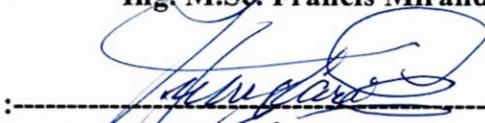
Ing. M.Sc. Flavio Ortiz Calcina

SEGUNDO MIEMBRO



Ing. M.Sc. Francis Miranda Choque

DIRECTOR DE TESIS



Ing. M.Sc. Ángel Cari Choquehuanca

ASESOR DE TESIS

Ing. Sandro Sardón Nina

Puno – Perú
2017

Área : Ciencias agrícolas

Tema : manejo y conservación de recursos de agua y suelo

DEDICATORIA

Con profundo cariño y gratitud a mis padres Ceferina y Beltrán, en reconocimiento por su apoyo incondicional y desmedido en mi formación profesional, por ser guía de mi camino en todo el momento de mi existir, Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

A Corina, la persona quien más me ha apoyado y a quien amo toda mi vida. A mi hermana Gloria y a mi cuñado David, por su apoyo y aliento brindado durante mi formación profesional y a mi sobrino Thiago.

A mi abuela Isabel, por el especial apoyo que me ha brindado toda la vida.

A mi mama Maura por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A todos los que me han apoyado, familiares amigos, compañeros y que no me es posible nombrar, gracias por esta realidad que le da mayor sentido a mi vocación.

AGRADECIMIENTO

- ❖ A Dios, por permitirme concluir una parte esencial de mi vida profesional, guiándome por el mejor camino y dirigiéndome mis pasos y mis pensamientos hacia la gratitud y sensibilidad del esfuerzo de mis padres.
- ❖ A la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y a su plana docente, quienes con sus conocimientos y experiencias contribuyeron en mi formación profesional.
- ❖ Al director del presente trabajo de investigación Ing. M.Sc. Ángel cari choquehuanca por su dirección en la ejecución de la presente tesis.
- ❖ A mi asesor de tesis Ing. Sandro Sardón Nina, por haberme apoyado constantemente en el asesoramiento del presente trabajo.
- ❖ Al técnico Laboratorista Benito Fernández Calloapaza de la Facultad de Ciencias Agrarias por el apoyo en la ejecución del presente proyecto de investigación.
- ❖ A todos mis amigos y compañeros de estudio que de una u otra manera me apoyaron en la ejecución del presente proyecto de investigación.
- ❖ Al laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia.
- ❖ A director regional de SENAMHI Puno, en especial al Ing. Sixto Flores Sancho, por facilitar la información de datos meteorológicos.

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.1 MARCO TEÓRICO	20
2.1.1 Contaminación de suelos	20
2.1.2 Contaminación por metales pesados.....	20
2.1.3 Metales pesados y su efecto contaminante	23
2.1.4 Fuentes de producción de los metales pesados.....	23
2.1.5 Movilidad de los metales pesados en el suelo	24
2.1.6 Movilización natural de los metales pesados.....	28
2.1.7 Toxicidad de metales pesados en el suelo	30
2.1.8 Fitotoxicidad de los metales pesados.....	30
2.1.9 Biodisponibilidad de los metales pesados	31
2.1.10 Relación del crecimiento vegetal con las características físico-químicas del suelo .	32
2.2 Nutrición vegetal	32
2.2.1 Mecanismos de absorción de metales pesados por las plantas	33
2.2.2 Cultivo de avena variedad Tayko	34
2.2.2.1 Origen	34
2.2.2.2 Descripción del cultivar.....	35
2.2.2.3 Rendimiento de la variedad Tayko Andenes	36
2.2.3 Cultivo de alfalfa variedad W- 350	36
2.2.3.1 Origen	36
2.2.3.2 Características de la variedad dormante W-350	36

2.2.3.4	Contaminación de aguas por metales pesados en la región puno	37
2.3	MARCO CONCEPTUAL	39
2.3.1	Efecto de los metales pesados a estudiar	39
2.3.1.1	Arsénico.....	39
2.3.1.2	Cadmio.....	40
2.3.1.3	Plomo.....	40
2.3.1.4	Zinc	40
2.3.1.5	Mercurio	41
2.4	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	41
2.4.1	Hipótesis general	41
2.4.2	Hipótesis específico	41
2.5	MARCO LEGAL	42
2.5.1	Estándares de calidad para suelos (ECAs).....	42
2.5.2	Estándares de calidad para agua	42
2.5.3	Estándares para cultivos	45
CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN.....		46
3.1	Muestreo y obtención de datos de suelos.....	46
3.1.2	Materiales y equipos para muestreo de suelos.....	46
3.1.3	Muestreo de suelos	46
3.1.4	Análisis de Suelos.....	47
3.1.4.1	Determinación de metales pesados.....	48
3.1.4.2	Metodología de espectrofotometría de absorción atómica.	48
3.1.4.3	Preparación de muestras de suelo en análisis químico de metales pesados.....	49
3.1.4.4	Análisis de metales pesados en suelos.....	49
3.2	Muestreo y análisis de Aguas.....	49
3.3	Siembra de cultivo de avena variedad Tayko.....	50
3.4	Muestreo y Análisis de cultivos.	50
3.5	Manipuleo y preparación de la muestra	51
3.5.1	Lavado de las muestras.....	51
3.5.2	Procedimiento.....	52
3.6	Secado de las muestras.....	52

3.7	Molido de la muestra.....	52
3.7.1	Material.....	52
3.7.2	Procedimiento.....	53
3.7.3	Almacenamiento.....	53
3.8	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	53
	CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	55
4.1	Ubicación del área de investigación.....	55
4.1.1	Ubicación política.....	55
4.1.2	Registros meteorológicos.....	55
4.1.3	Características del campo experimental	57
4.2	Características Químicas y Fertilidad de suelos.....	58
4.3	Análisis de agua para riego	60
	CAPITULO V: EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	61
5.1	Niveles de concentración de los metales pesados en dos tipos de suelos, serie Titicaca y Calapuja.....	61
5.2	Niveles de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego y evaluar la calidad de agua de riego.	64
5.3	Niveles de concentración de metales pesados en avena (var. Tayko) y Alfalfa (var. w – 350)	70
	CONCLUSIONES.....	83
	RECOMENDACIONES.....	84
	BIBLIOGRAFIA.....	85
	ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Emisiones naturales de metales pesados.	24
Tabla 2: Contenido de elementos metálicos en el suelo.	31
Tabla 3: Alteraciones fisiológicas que producen algunos metales pesados que contaminan a las plantas.	33
Tabla 4: Crecimiento y desarrollo del cultivo de avena Tayko.	35
Tabla 5: Estándares de evaluación para suelos contaminados por metales pesados. .	42
Tabla 6: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3: para riego de vegetales.....	44
Tabla 7: Concentración aproximada de trazas de elementos en tejidos.	45
Tabla 8: Puntos de control para la caracterización de suelos.	46
Tabla 9: Puntos de control para metales pesados en suelo.	47
Tabla 10: Métodos de análisis de suelos.....	47
Tabla 11: Métodos de análisis de metales pesados en suelos.....	48
Tabla 12: Métodos de análisis de Aguas para riego.	49
Tabla 13: Métodos de análisis de metales pesados en aguas.	50
Tabla 14: Puntos de control de cultivo de Avena Var. Tayko.....	51
Tabla 15: Puntos de control para cultivo de Alfalfa Var. W – 350.	51
Tabla 16: Métodos de análisis de metales pesados en cultivos de Avena Var. Tayko y Alfalfa Var. W-350.	53
Tabla 17: Esquema de análisis de varianza (ANVA), utilizado en la investigación. .	54
Tabla 18: Promedio mensual de temperatura máxima °C. : Co – Azángaro.....	56
Tabla 19: Promedio mensual de temperatura mínima °C. : Co – Azángaro.....	56
Tabla 20: Promedio mensual de temperatura media °C. : Co – Azángaro.....	56
Tabla 21: Precipitación total mensual mm. : Co – Azángaro.....	57
Tabla 22: Distribución de tratamientos.....	57
Tabla 23: Resultado de análisis de caracterización de suelos.....	58
Tabla 24: Resultado de análisis de agua para riego.....	60
Tabla 25: Niveles de concentración de metales pesados en suelos sin riego de la serie Titicaca.....	61
Tabla 26: Niveles de concentración de metales pesados en suelos de la serie Calapuja.	62

Tabla 27: Comparando los niveles de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego.	64
Tabla 28: Resultado de análisis de agua de riego.	67
Tabla 29: Análisis de variancia para As en plantas.	70
Tabla 30: Prueba de Tukey para el factor As entre cultivos.	70
Tabla 31: Análisis de varianza para Cd en plantas.	72
Tabla 32: Prueba de Tukey para el factor Cd entre cultivos.	73
Tabla 33: Cadmio para Suelos.	74
Tabla 34: Cadmio entre riegos.	74
Tabla 35: Cadmio entre cultivos.	75
Tabla 36: Cadmio interacción suelo x riego.	75
Tabla 37: Cadmio interacción suelo x cultivo.	75
Tabla 38: Cadmio riego x cultivo.	76
Tabla 39: Cadmio interacción Suelo x Riego x Cultivo.	76
Tabla 40: Análisis de varianza para Pb en plantas.	77
Tabla 41: Prueba de Tukey para el factor Pb entre cultivos.	77
Tabla 42: Análisis de varianza para Hg en plantas.	78
Tabla 43: Mercurio para la interacción suelo x cultivo.	80
Tabla 44: Mercurio para la interacción Riegos x cultivos.	80
Tabla 45: Mercurio para la interacción A x B x C.	81
Tabla 46: Análisis de varianza para Zn en plantas.	81
Tabla 47: Resumen de niveles de concentración de metales pesados en cultivo de Avena Var. Tayko.	93
Tabla 48: Resumen de niveles de concentración de metales pesados en cultivo de Alfalfa Var. W- 350.	94

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Dinámica de los metales pesados en el suelo. Modificado de García y Dorronsoro, 2005.	28
Figura 2: Movilización natural de metales pesados por acción del agua y del viento. .	29
Figura 3: Comportamiento de los metales pesados hacia los diferentes estratos ambientales (Frink, 1996).	32
Figura 4: Niveles de concentración de metales pesados en suelos sin riego de la serie Titicaca.....	62
Figura 5: Niveles de concentración de metales en la serie Calapuja.....	63
Figura 6: Comparación de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego	66
Figura 7: Metales pesados en aguas de riego de la comunidad de Ñaupapampa.	68
Figura 8: Concentración de As en cultivos.....	71
Figura 9: Concentración de Cd en cultivos	73
Figura 10: Concentración de Pb en cultivos.....	78
Figura 11: Concentración de Hg en cultivos	79
Figura 12: Concentración de Zn en cultivos.....	82
Figura 13: Vista panorámica del paisaje aluvial - fluvial en donde se localiza el Suelo Calapuja.....	110
Figura 14: Perfil edáfico del Suelo Calapuja, en donde se observa el Epipedón Umbrico y horizonte subsuperficial Cámbrico.....	110
Figura 15: Vista panorámica del paisaje aluvial - fluvial en donde se localiza el Suelo Titicaca.....	112
Figura 16: Perfil edáfico del Suelo Titicaca, suelo oscuro y al fondo se puede observar gleyzación.....	112

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
ECA	Estándares de calidad ambiental
LMP	Límites máximos permisibles
OMS	Organismo mundial de la salud
MINAM	Ministerio nacional del medio ambiente
DS	Decreto supremo
DIGESA	Dirección general de salud ambiental
MINSA	Ministerio nacional de la salud
CONAM	Consejo nacional del medio ambiente
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
EPA	Agencia de Protección Ambiental
UE	Estándares de la comunidad europea
INIA	Instituto nacional de información agraria
SENAMHI	Servicio nacional de meteorología e hidrología
ANA	Autoridad nacional del agua
ALA	Autoridad local del agua
INEI	Instituto nacional de estadística e informática
PELT	Proyecto especial binacional lago Titicaca
DHHS	Departamento de salud y servicios humanos
UMSA	Universidad mayor de San Andrés – La Paz Bolivia
UE	Comunidad europea
Cd	Cadmio
Pb	Plomo
Hg	Mercurio
Zn	Zinc
As	Arsénico
CE	Conductividad eléctrica
SB	Saturación de bases
mg	Miligramos
kg	Kilogramo
l	Litros
ppm	Partes por millón
S1R0A	Suelo Titicaca sin riego cultivo de avena
S1R0B	Suelo Titicaca sin riego cultivo de alfalfa
S1R1A	Suelo Titicaca con riego cultivo de avena
S1R1B	Suelo Titicaca con riego cultivo de alfalfa
S2R0A	Suelo Calapuja sin riego cultivo de avena
S2R0B	Suelo Calapuja sin riego cultivo de alfalfa
S2R1A	Suelo Calapuja con riego cultivo de avena
S2R1B	Suelo Calapuja con riego cultivo de alfalfa

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la comunidad de Ñaupapampa, Distrito de Asillo, Provincia de Azángaro, Departamento de Puno – Perú. A una altitud de 3,913 msnm, en la campaña agrícola 2014 – 2015, con el objetivo de evaluar el grado de contaminación de metales pesados en los suelos con riego y sin riego de la comunidad de Ñaupapampa del Distrito de Asillo – Puno. Y comparar con los estándares nacionales para calidad de suelo aprobada mediante Decreto Supremo N° 026-2013-MINAM, calidad de agua de riego para vegetales Decreto Supremo N°015-2015-MINAM y para cultivos de Alfalfa Var. W - 350 y Avena Var. Tayko. Los objetivos específicos fueron: **a)** Determinar los niveles de concentración de los metales pesados en dos tipos de suelo: Serie Titicaca y Calapuja. **b)** Comparar los niveles de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego. Y evaluar la calidad de agua de riego. **c)** Determinar los niveles de concentración de metales pesados en Avena variedad Tayko y Alfalfa variedad W-350. En el presente trabajo se ubicaron los puntos de control para muestreo de suelo, siembra de cultivo de avena en parcelas de 20m², se tomaron muestras al azar del tercio medio de cultivo de avena y alfalfa antes de la pre-floración las muestras se trasladaron al laboratorio para la determinación de los niveles de concentración de metales pesados en dos series de suelos, sin riego donde la serie Titicaca con resultados de As 5.00mg/kg, Cd 0.10 mg/kg, Hg, 0.05mg/kg, Pb 1.00mg/kg y Zn 17.00mg/kg y en la serie Calapuja con As 6.3mg/kg, Cd 0.12 mg/kg, Hg, 0.07mg/kg, Pb 1.7mg/kg y Zn 24.4mg/kg, no exceden los niveles permisibles de la norma técnica peruana ECA, y en suelos con riego de la serie Titicaca se obtuvieron de los análisis los siguientes resultados As 69 mg/kg, Cd, 1.0 mg/kg, Pb 21mg/kg, Hg 0.41 mg/kg y Zn 88 mg/kg de suelo, serie Calapuja, As 53 mg/kg, Cd, 0.91 mg/kg, Pb 20 mg/kg, Hg 1.0 mg/kg y Zn 140 mg/kg de suelo. Los resultados exceden los niveles permisibles en series de suelos con riego, respecto a As que se encuentra por encima de los LMP según el DS-002-2013.MINAM, las aguas de la irrigación asillo no exceden los LMP, Los niveles de concentración de metales pesados en los cultivos de alfalfa Var – 350 y avena Var. Tayko. Se encontraron donde el contenido de mercurio 1.6mg/kg en cultivo de alfalfa en S1R1 y S2R2 1.31mg/kg y cadmio en cultivo de avena Cd 0.61mg/kg en S1R1 y en cultivo de alfalfa Cd 1.15mg/kg en S2R2 y en cultivo de avena Cd 1.26mg/kg en S2R2.

Palabras claves: Suelo, metales pesados, riego, avena, alfalfa.

ABSTRACT

This study was conducted in the community of Ñaupapampa, Asillo District, Azángaro Province, Department of Puno - Peru. At an altitude of 3,913 meters above sea level in the crop year 2014 - 2015, aiming to assess the degree of contamination of heavy metals in soils irrigated and non-irrigated Community District Ñaupapampa Asillo - Puno. And compare with national standards for soil quality approved by Supreme Decree No. 026-2013-MINAM, quality of irrigation water to Supreme Decree No. 015-2015-MINAM vegetable and Alfalfa Crops Var. W - 350 and Avena Var. Tayko. Specific objectives were: a) determining the concentration levels of heavy metals in two soil types: Titicaca Series and Calapuja. b) comparing the levels of concentration of heavy metals in soils irrigated and non-irrigated. And evaluate the quality of irrigation water. c) Determine the concentration levels of heavy metals in Avena variety Tayko and Alfalfa Variety W-350. In this paper the control points for sampling soil, seed of oats grown in plots of 20m² were located random samples of the middle third of cultivated oats and alfalfa were taken before the pre-bloom samples were transferred to for laboratory determined concentration levels of heavy metals in two series of soils without irrigation where Titicaca series results As 5.00mg / kg, Cd 0.10 mg / kg, Hg, 0.05mg / kg, 1.00mg Pb / Zn kg and 17.00mg / kg and in series with Calapuja As 6.3mg / kg, Cd 0.12 mg / kg, Hg, 0.07mg / kg, 1.7mg Pb / kg and 24.4mg Zn / kg, not exceed the standards of Peruvian technical standard ECA, and soils with watering Titicaca series the following results As 69 mg / kg, Cd, 1.0 mg / kg Pb 21 mg / kg, Hg 0.41 mg / kg Zn 88 mg / kg soil, series were obtained from analysis Calapuja, As 53 mg / kg, Cd, 0.91 mg / kg Pb 20 mg / kg, 1.0 mg Hg / kg and 140 mg Zn / kg soil. The results exceed the standards in series with soil irrigation, regarding As found above the LMP as the DS-002-2013.MINAM, waters irrigation asillo not exceed LMP, The concentration levels of heavy metals in alfalfa Var - 350 and oats Var. Tayko. They found where the mercury content of 1.6mg / kg in alfalfa S1R1 and S2R2 in 1.31mg / kg and cadmium Cd oat crop 0.61mg / kg in S1R1 and alfalfa Cd 1.15mg / kg in S2R2 and oat cultico Cd 1.26mg / kg in S2R2.

Keywords: Soil, heavy metals, irrigation, oats, alfalfa.

INTRODUCCIÓN

El progreso de la ciencia y el acelerado crecimiento demográfico, llegan en algunos casos a atentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico, el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizarlos y lo mantenga a buen recaudo para las futuras generaciones.

La actividad minera informal que se asienta en la Región Puno es responsable del deterioro del medio ambiente y la degradación de la calidad de vida. El auge e impactos que viene alcanzando en los últimos años la actividad minera nos trae como consecuencia la pérdida de áreas verdes, de la flora, fauna, contaminación de suelos y agua (PELT, 2007).

En el presente trabajo se optó por establecer las tendencias de acumulación de metales pesados en suelos agrícolas bajo riego y sin riego. Además de lograr un marco de referencia con respecto al contenido de metales pesados en la zona, se analizaron (Arsénico, Cadmio, Plomo, Mercurio y Zinc) en suelo, agua, en cultivos de alfalfa y avena.

La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso para la entrada de éstos en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen en primera instancia del movimiento (movilidad de las especies) de los metales desde la solución en el suelo a la raíz de la planta.

Así, la cuenca del río Ramis y sus afluentes vienen siendo impactados por el vertido de las aguas residuales provenientes de las actividades extractivas formales e informales, y de las aguas residuales domésticas sin tratamiento provenientes de las poblaciones que se encuentran circunscritas en la cuenca. Dicha afectación se observa en las concentraciones de elementos que superan los Estándares de Calidad de Agua (ECA), debido a la derivación directa de los relaves a la Cuenca Crucero-Azángaro presentan concentraciones de metales pesados y sedimentos provenientes de las actividades mineras.

El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras. Una de las anomalías biogeoquímicas que se generan al momento de la extracción, es el aumento de la cantidad de micro elementos en el suelo convirtiéndolos a niveles de macro elementos los cuales afectan negativamente la biota y calidad de suelo; estos afectan el número, diversidad y actividad de los organismos del suelo, inhibiendo la descomposición de la materia orgánica del suelo (Wong, 2003).

El presente trabajo de investigación surge como consecuencia de la contaminación ambiental que produce la minería informal que opera en la cabecera de la Cuenca Crucero - Azángaro para la obtención de oro, produciendo actualmente impactos ambientales considerables en las zonas donde se han instalado estas explotaciones que obedecen a la reciente puesta en funcionamiento de una informal explotación del oro en forma indiscriminada.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Es importante señalar que el mayor problema de contaminación de suelos y agua es causado por la minería informal, debido a la derivación directa de los relaves a la cuenca Crucero-Azángaro, sin autorización de las autoridades competentes como DIGESA que debe autorizar el vertimiento de aguas residuales a cuerpos hídricos receptores, como ejemplo tenemos la irrigación asillo, que son regadas directamente sin previo tratamiento (MINSa, 2006).

Los pasivos de las operaciones mineras de Ananea, Lunar de Oro, Rinconada y Oriental consisten en contaminantes químicos, metálicos, orgánicos y fundamentalmente sólidos en suspensión, lama, sedimentos limo-arcillosos de color chocolate oscuro; ocasionando severos problemas a la flora y fauna en el agua del río para riego y consiguientemente al suelo, con el inminente perjuicio de los agricultores y criadores en todo el trayecto de la sub cuenca. (Real Instituto de Tecnología de Suecia, 1973; Southern Perú Cooper Corporation, 1986).

Las aguas del río Crucero contaminadas llegan a los ríos Azángaro, Ramis y finalmente al Lago Titicaca. De las aguas del río de la sub cuenca Crucero - Azángaro, la ciudad de Azángaro entre otras, consumen agua para uso poblacional. Las irrigaciones de Azángaro y Asillo consumen dichas aguas para uso agrícola, éste último a través del reservorio Cotarsaya, el cual ya tiene almacenado sedimentos en su lecho lo que evidentemente en el futuro causará mayores y severos problemas.

La informalidad existente de la mina la Rinconada, Lunar de Oro, Ananea, donde se practica la minería artesanal realiza estas actividades sin contar con la autorización de las reparticiones del sector de la minería. Este sector informal está conformado por comunidades y lugareños quienes asumen que están en su derecho de explotar estos recursos sin la autorización de nadie, bajo su condición de ser propietarios del terreno superficial. Esta informalidad añadida a escasez de estudios ambientales sobre contaminación por actividad minera trae como consecuencia una mayor desinformación en la población dentro del radio de influencia de los proyectos mineros y acrecienta la minería contaminante.

Los pobladores de la cuenca, incluyendo a la Comunidad de Ñaupapampa, del distrito de Asillo, han emitido su protesta mediante huelgas sobre dicho problema, aduciendo baja en el rendimiento de los cultivos, especialmente forrajeros, y también daño fisiológico en los animales que consumen los pastos y aguas incluyendo el hombre (PELT, 1999).

En la comunidad de Ñaupapampa se han identificado dos tipos de suelos que han sido estudiados por el proyecto especial binacional lago Titicaca para la rehabilitación y mejoramiento de la irrigación asillo (PELT, 2012)

El desarrollo de actividades industriales, y la minería han contribuido cada vez más a la generación de residuos con elementos potencialmente tóxicos que en concentraciones altas pueden tener efectos nocivos para la salud de la población y para la mantención del equilibrio ecológico y el ambiente. Es objeto de estudio en el presente trabajo de investigación, por el cual se plantearon las siguientes interrogantes:

1.1.1 Pregunta general

¿Cuáles son los niveles de concentración de metales pesados en los suelos agrícolas de la Comunidad de Ñaupapampa, del distrito de Asillo - Puno?

1.1.2 Preguntas específicas

- ❖ ¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados en dos tipos de suelos de la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo - Puno?
- ❖ ¿Afecta la calidad del agua de riego en los suelos de la comunidad de Ñaupapampa del Distrito de Asillo - Puno?
- ❖ ¿Cuáles son los niveles de concentración de los metales pesados en los cultivos de avena y alfalfa de la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo - Puno?

1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Perú Support Group (2007) señala que no obstante la historia larga que tiene extracción minera en el Perú, las inversiones en este sector se incrementaron rápidamente desde años de la década de los 90's, luego de las reformas políticas introducidos por el gobierno de Alberto Fujimori; según esta fuente entre 1990 – 1997, las inversiones en exploraciones mineras se habían incrementado a nivel mundial en 90%, algo de cuatro veces en Latinoamérica y en veinte veces más en el Perú.

Para el año 2003, la minería constituía 57% de todas las exportaciones del Perú, como resultado de la inversión extranjera directa en este sector, entre el 2001 y el 2003 que totalizaba algo del 37%. Un correlato de esta importancia según el Perú Support Group (2007) es que las concesiones mineras durante los 90's, se incrementaron de 4 millones a 16 millones de hectáreas afectando a finales de aquella década un promedio del 55%, de las comunidades campesinas del Perú, es decir un algo de seis mil comunidades ubicadas dentro de la zona de influencia por la actividad minera.

Ferro (2009), al referirse a la contaminación hídrica causada por actividad minera informal ubicada en los alrededores del distrito de Ananea – Puno, concluye que el impacto negativo sobre las aguas del Río Ramis se hace evidente por la colmatación de las tomas y canales de riego que inciden en la calidad disminuida de los productos agropecuarios; haciendo notar además la inexistencia de la gestión integral de los recursos hídricos por la ausencia de espacios de concertación.

CONAM, (2006), realizó una evaluación ambiental en la cuenca Ramis, solicitando el control urgente de la descarga de sedimentos con alta carga de la actividad minera y recomendó la declaratoria de emergencia ambiental.

La actividad minera en la cuenca del río Ramis, es una preocupación constante de la población, debido a la posible contaminación de aguas superficiales, que son utilizadas en la agricultura, ganadería y uso doméstico. El INGEMMET, como parte del estudio geo ambiental de dicha cuenca, realizó la evaluación de la calidad de las aguas superficiales encontrando niveles de contaminación de Plomo y Arsenico (Zavala & Guerrero, 2005).

La absorción de metales pesados por las plantas es generalmente el primer paso de su entrada en la cadena alimentaria. La absorción y posterior acumulación dependen de (1) el movimiento de los metales desde la solución suelo a la raíz de la planta, (2) el paso de los metales por las membranas de las células corticales de la raíz, (3) el transporte de los metales desde las células corticales al xilema desde donde la solución con metales se transporta de la raíz a los tallos, y (4) la posible movilización, por el floema, de metales pesados desde las hojas hacia tejidos de almacenamiento usados como alimento (semillas, tubérculos y frutos). Después de la absorción por los vegetales los metales están disponibles para los herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimentaria (John y Leventhal, 1995).

Ante esta realidad, se hace necesario determinar los niveles de contaminación actual por relaves mineros que afectan directamente a los suelos, haciendo el uso de riego para sus cultivos ya sea, pastos naturales, pastos cultivados como alfalfa, trébol y forrajes como avena y cebada, esto puede generar un serio problema, transmitiéndose en la cadena alimenticia y causar problemas a los habitantes del área de estudio.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Determinar el grado de Contaminación de metales pesados en los suelos con riego y sin riego de la comunidad de Ñaupapampa del Distrito de Asillo – Puno.

1.3.2 Objetivos específicos

- ❖ Determinar los niveles de concentración de los metales pesados en dos tipos de suelo: Serie Titicaca y Calapuja.
- ❖ Comparar los niveles de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego, y evaluar la calidad de agua de riego.
- ❖ Determinar los niveles de concentración de metales pesados en Avena variedad Tayko y Alfalfa variedad W-350.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Contaminación de suelos

Los suelos se pueden contaminar de diferentes formas:

- ❖ **Superficial:** Vertiendo residuos sólidos o líquidos de forma accidental o voluntaria sobre el suelo.
- ❖ **Subterránea:** Enterrando residuos debido al aprovechamiento de escombreras, zanjas, canteras abandonadas entre otras.
- ❖ **Difusa:** Utilizando concentraciones bajas pero grandes volúmenes que contienen al contaminante, así por ejemplo los márgenes de las carreteras, áreas agrarias.
- ❖ **Puntual:** Contaminación focalizada, con un núcleo emisor del cual pueden movilizarse los contaminantes a otros elementos del medio (Ruda *et al*, 2004).

Los metales pesados existentes en el suelo pueden ser retenidos o movilizados del suelo mediante diferentes mecanismos biológicos y químicos como pH, potencial redox, composición iónica del suelo, presencia de carbonatos y materia orgánica así como la naturaleza de la contaminación (origen de los metales y forma de deposición) y condiciones ambientales (acidificación, variación de temperatura y humedad). (Sauquillo, 2003).

La característica de los suelos favorece la entrada e infiltración de la contaminación de metales pesados, por ejemplo, la arcilla tiende a adsorber metales pesados que quedan retenidos en sus posiciones de cambio, por el contrario los suelos arenosos tienen poca capacidad de fijación pasando rápidamente al subsuelo y contaminando.

2.1.2 Contaminación por metales pesados

Se denominan metales pesados a aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico (uma) comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), y presentan un peso específico superior a 4 (g/cm³), como el plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), zinc (Zn), cobre (Cu), plata (Ag) y Arsénico (As) y en altas concentraciones pueden resultar tóxicos para los seres vivos, tales como humanos, organismos del suelo, plantas y animales (Rodríguez *et al*, 2006).

Giuffré *et al* (2005), mencionan que, los metales pesados están presentes naturalmente en los suelos, pero en los últimos años se ha presentado una acumulación antropogénica por las actividades industriales, agrícolas y la disposición de residuos de todo tipo.

Se consideran como metales pesados a aquellos elementos cuya densidad es igual o superior a 5 g/cm^3 , cuando está en forma elemental; y en la tabla periódica son aquellos que tienen densidades mayores al del hierro y su número atómico es superior a 20, excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos (Toral, 1996).

Su presencia en la corteza terrestre, como componentes naturales del suelo es inferior al 0.1% (Bowie y Thornton, 1985), la mayoría de los elementos solo están presentes en concentraciones mínimas de toxicidad y pocos son los que se requieren para los procesos fisiológicos de plantas y animales (Mortvent, 1983).

Los metales pesados, son una parte fundamental de las actividades antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la biota, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario los sedimentos, son uno de los principales reservorios de estos elementos, actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente (Rubio *et al*, 1996).

García y Dorronsoro (2005), indican que, metal pesado es aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g cm^{-3} cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos), aunque en esta definición, encajan también elementos esenciales para las plantas como Fe, Cu, Mn, Zn u otros esenciales para los animales como Co, Cr o Ni.

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos, causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal en las plantas y disturbios funcionales en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo; este tipo de contaminación se conoce como “polución de suelos” (Martin, 2000).

La característica de los suelos favorece la entrada e infiltración de la contaminación de metales pesados, por ejemplo, la arcilla tiende a adsorber metales pesados que quedan retenidos en sus posiciones de cambio, por el contrario los suelos arenosos carecen de

capacidad de fijación pasando rápidamente al subsuelo y contaminando los niveles freáticos (Pineda, 2004).

Montenegro (2002), indica que los metales pesados en las plantas, como en otros seres vivos, son esenciales, ya que son componentes estructurales o catalizadores de los procesos bioquímicos de los organismos, las actividades humanas vierten sobre los recursos de suelo y agua grandes cantidades de esos elementos, generando excesos por acumulación de Cd, Hg, Ni y Pb, entre otros, afectando así las relaciones de las plantas y otros organismos, lo cual origina toxicidades en los ecosistemas.

No obstante, en primer lugar, conviene aclarar que el término “metales pesados” es impreciso. En realidad, se pretende indicar con este término aquellos metales que, siendo elementos pesados, son “tóxicos” para la célula. Sin embargo, en realidad cualquier elemento que a priori es benéfico para la célula, en concentraciones excesivas puede llegar a ser tóxico. Por tanto, se seguirá manteniendo el término “metales pesados” para definir dichos elementos (Navarro *et al*, 2007).

Los metales pesados son de toxicidad extrema porque, como iones o en ciertos compuestos, son solubles en agua y el organismo lo absorbe con facilidad. Dentro del cuerpo, tienden a combinarse con las enzimas y a inhibir su funcionamiento. Hasta dosis muy pequeñas producen consecuencias fisiológicas o neuronales graves. Los defectos congénitos incapacitantes que causa el envenenamiento con Mercurio, o el retraso mental debido al saturnismo causado por el Plomo, son ejemplos bien conocidos (Nebel y Wright, 1999).

La cantidad de metales disponibles en el suelo esta una función del pH, el contenido de arcillas, contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades que las hacen únicas en términos de manejo de la contaminación (Kimberly and William, 1999; Sauve *et al*, 2000).

A excepción del Molibdeno, Selenio y Arsénico, la movilidad de los metales pesados disminuye con el incremento del pH debido a la precipitación de estos en forma de hidróxidos, carbonatos o en la formación de complejos orgánicos bio-disponibles (Smith, 1996).

Los metales pesados contribuyen fuertemente a la contaminación ambiental debido a que no son bio-degradables, no son termo-degradables, generalmente no percola a las capas inferiores de los suelos y pueden acumularse sutilmente a concentraciones tóxicas para las plantas y animales (Bohn *et al*, 1985).

La duración de la contaminación por metales pesados en los suelos puede ser por cientos o miles de años. El tiempo que le toma al Cd, Cu y Pb alcanzar la mitad de su actual concentración en suelos es de 15–1100, 310–1500 y de 740–5900 años, respectivamente, dependiendo del tipo de suelo y de sus parámetros físico químicos (Alloway and Ayres, 1993).

Alloway and Ayres (1993), indican que según los estudios realizados sobre los metales pesados éstos pueden entrar a los suelos agrícolas con el uso de pesticidas, fertilizantes, compost, estiércol, lodos y aguas residuales que contienen trazas de estos metales.

Los metales pesados que ingresan en pequeñas cantidades en los suelos encuentran lugares específicos de adsorción donde son retenidos fuertemente en los coloides orgánicos e inorgánicos (Sauve *et al*, 2000).

2.1.3 Metales pesados y su efecto contaminante

Los metales pesados, son potencialmente contaminantes devastadores ya que contaminan el aire, el agua, el suelo y las plantas cuando se absorben en altas concentraciones o se depositan en el suelo; en conjunto esta contaminación afecta a los demás eslabones de las cadenas tróficas; desde el punto de vista biológico, se distinguen dos grandes grupos, aquellos que no presentan una función biológica conocida y los que tienen la consideración de oligoelementos o micronutrientes (Fergusson, 1990).

Los oligoelementos o micronutrientes se requieren en pequeñas cantidades, o cantidades de traza, por las plantas y animales; todos ellos son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital, pero al superar cierto umbral, se vuelven tóxicos (Toral *et al*, 1996).

2.1.4 Fuentes de producción de los metales pesados

Los metales pesados, se encuentran en forma natural en la corteza terrestre contenidos en las rocas; el intemperismo y las actividades del hombre son los responsables del

incremento o disminución de los niveles normales, por ejemplo, con la utilización de aguas residuales, fertilizantes y mejoradores químicos. Se producen diversas reacciones que determinaran su velocidad y tiempo de resistencias relacionadas con su ciclo biogeoquímico (chang *et al*, 1992).

Kabata (1984), indica que la causa principal del aumento de los metales pesados en el suelo radica en las actividades principales. Las concentraciones de metales contaminantes no han llegado a su nivel máximo y que incrementan progresivamente con el paso del tiempo por las actividades industriales y de agricultura moderna.

Existen una dependencia marcada entre las actividades humanas y el uso de compuestos químicos que generan el aumento de metales contaminantes. Page *et al*, (1981) establece algunos límites de emisiones de metales en forma natural por actividad humana y que causa alteraciones tanto al agua, cultivos y suelo.

Tabla 1: Emisiones naturales de metales pesados.

Emisión	Periodo	Cadmio mg kg ⁻¹	Cobre mg kg ⁻¹	Níquel mg kg ⁻¹	Plomo mg kg ⁻¹	Zinc mg kg ⁻¹
Natural	Anual	0.8	18	26	24	44
Antropogenica	Anual	7.3	56	47	450	310
Antropogenica	Total	316	2,186	1,000	19,600	14,000
Uso total		500	307,000	17,000	241,000	250,000

Fuente: Page y Chang 1981.

2.1.5 Movilidad de los metales pesados en el suelo

La movilización de los metales pesados en el ambiente, suelo y en organismos, es una condicionante importante de sus características de bioacumulacion, transferencia hacia otros organismos en la cadena trófica, su potencial toxico y sus efectos (Kevin *et al*, 2001).

Cualquier elemento que se encuentra depositado en el suelo, no necesariamente está disponible para la planta, ya que la absorción de estos depende de varios factores y características físico-químicas del suelo como el pH, Textura, etc., (Fitter *et al*, 1987).

- ❖ **pH.** La mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, excepto As, Mo, Se y Cr. Directa o indirectamente, el pH afecta varios mecanismos de la retención del metal por el suelo (Bigham *et al*, 1996). El pH es un parámetro muy

importante que tiene influencia en los procesos de sorción-desorción, precipitación y disolución, la formación de complejos y reacciones de óxido-reducción (Narwal *et al*, 1999).

- ❖ **Textura.** La arcilla tiende a adsorber a los metales, que quedan retenidos en sus posiciones de cambio.

- ❖ **Materia orgánica.** La formación por complejos por la materia orgánica del suelo es uno de los procesos que intervienen en la capacidad de solubilidad y asimilabilidad de metales pesados por las plantas; la toxicidad de los metales pesados aumenta en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, facilitando con ello, su solubilidad, disponibilidad y dispersión (Ahumada *et al*, 1999).

- ❖ **Contenido y tipo de arcilla.** La mayor parte de las arcillas se caracterizan por tener cargas eléctricas principalmente negativas en su superficie. Estas cargas son responsables de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, constituyen un freno al movimiento de los cationes metálicos en la solución del suelo, hacen que los metales permanezcan por más tiempo en el suelo y disminuyen su solubilidad y biodisponibilidad (Kabata, 2000).

Tanto el contenido como el tipo de arcillas son importantes en la capacidad de retención de los iones. El tipo de arcilla tiene que ver con su estructura y se tienen arcillas con carga variable o dependiente del pH, la cual es generada por la adsorción o remoción de iones hidrogeno en la superficie de los coloides (Rieuwerts, *et al*, 1998). Por lo tanto, el tipo de arcilla afecta la CIC y el grado de retención de los cationes metálicos en el suelo. Como ejemplo, las arcillas montmorillonitas tienen la mayor capacidad de retención y las arcillas kanditas presentan la menor capacidad de retención (González, 1995).

- ❖ **Capacidad de intercambio catiónico.** Está en función del contenido de arcilla y materia orgánica, fundamentalmente; en general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio

iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, se retienen con menor fuerza (Ahumada *et al*, 1999).

- ❖ **Potencial redox** (disponibilidad de electrones) **del suelo**. Indica si los metales están en estado oxidado o reducido. Las condiciones de reducción en el suelo se deben a la ausencia de oxígeno (anaeróbico) ya que su utilización es mucho mayor a la contenida en el suelo se da principalmente en suelos bien drenados (aerobia) (Schmitt y Sticher. 1991).
- ❖ **Carbonatos**. La presencia de carbonatos garantiza el mantenimiento de los altos pH, y en estas condiciones tienden a precipitar los metales pesados. El Cd y otros 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 cationes 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.
- ❖ Las formas solubles y cambiables de metales pesados en el agua se consideran fácilmente móviles y disponibles para las plantas, mientras que los metales incorporados en las estructuras cristalinas de las arcillas parecen relativamente inactivos (Ahumada *et al*, 1999).
- ❖ **Otros factores**. Hay otros factores que afectan la solubilidad de los metales en el suelo y su biodisponibilidad para las plantas. Entre ellos la actividad microbiana del suelo, por ejemplo, puede inmovilizar metales favoreciendo la precipitación de sulfuros y óxidos de Fe hidratados (Ernest, 1996). Las bacterias del suelo afectan la biodisponibilidad al adsorber metales a través de grupos orgánicos funcionales de su pared celular (Fein *et al*, 1997). O al acidificar al suelo (Ernest, 1996).

Las propiedades físicas del suelo también pueden afectar la biodisponibilidad, por ejemplo, el anegamiento y la compactación bajan el potencial redox del suelo

(Reichman, 2002). La temperatura es otro factor, así la absorción de Cd y Pb por la planta al igual que de otros iones en función a la temperatura (Hooda y Alloway, 1993; Miller y Friedland, 1994). Además, a bajas temperaturas, la tasa de descomposición de la materia orgánica es menor.

La actividad de las raíces afecta la biodisponibilidad al bajar el pH de la rizósfera. Al exudar ácidos orgánicos se solubilizan los metales y su absorción por las plantas aumenta (Krishnamurti *et al*, 1997, Esteban, et al, 2003). Los exudados orgánicos de las raíces también pueden actuar como agentes complejantes de los metales y pueden movilizar los metales absorbidos a la solución suelo (Krishnamurti *et al*, 1997).

Existen otras formas que afectan la disponibilidad y movimiento de los metales pesados; el porcentaje de carbonatos, de óxido de Fe, Mn y Al, los complejos con la materia orgánica y los óxidos de Fe-Mn (Iyenger *et al*, 1981).

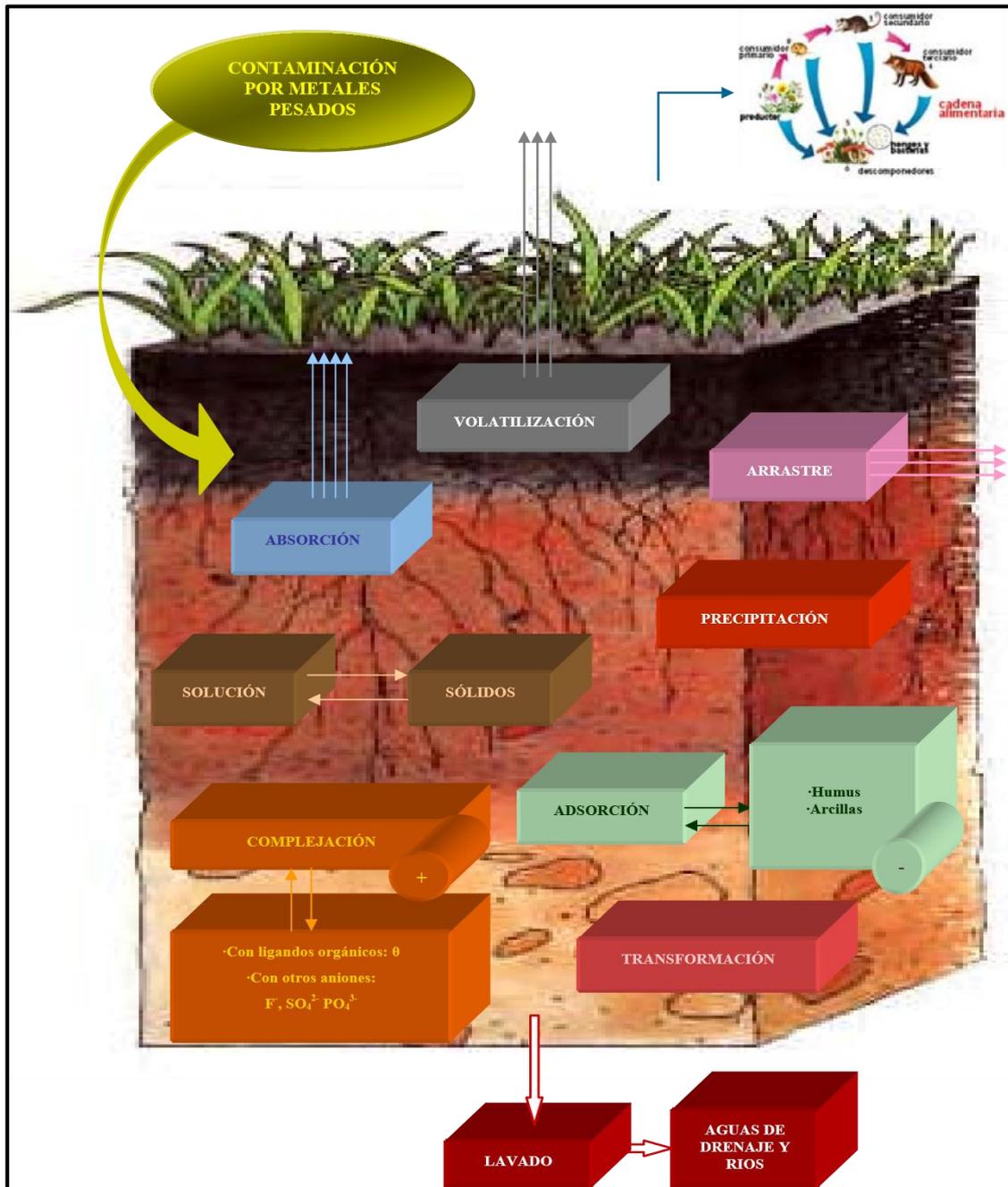


Figura 1: Dinámica de los metales pesados en el suelo. Modificado de García y Dorronsoro, 2005.

2.1.6 Movilización natural de los metales pesados.

La movilidad natural de los metales pesados en los suelos es consecuencia de la actividad biológica, de las interacciones sólido-líquido y de la acción del agua (Bourg, 1995).

La movilización natural de metales pesados puede tener lugar por la acción del agua, en forma soluble y particulada, también por el viento, en forma de partículas (figura 2).

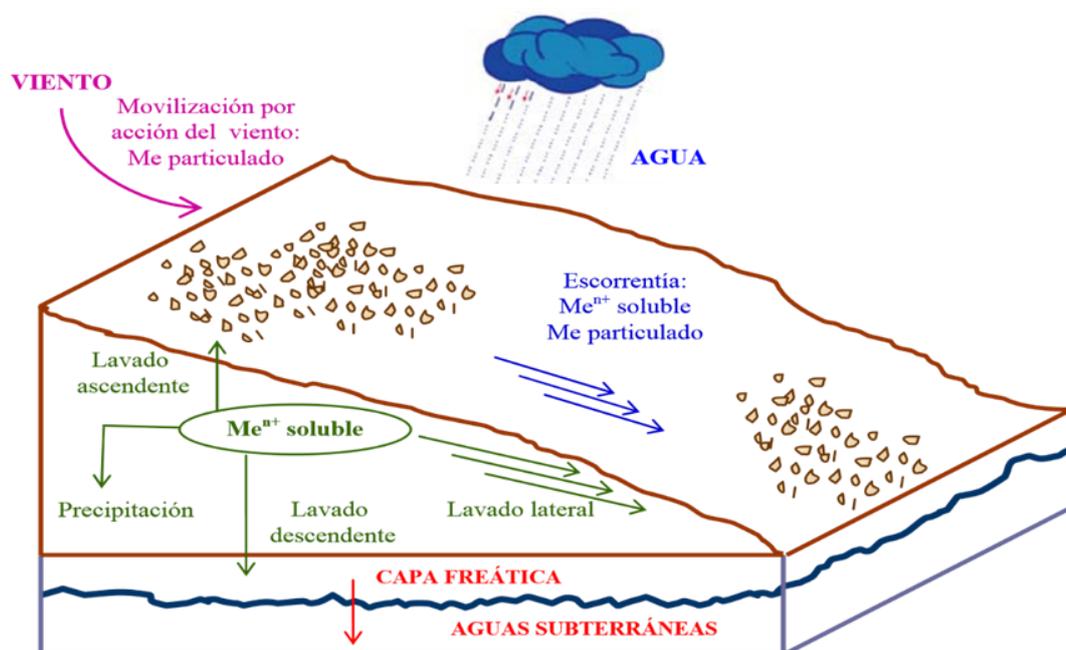


Figura 2: Movilización natural de metales pesados por acción del agua y del viento.

Cuando el agente causante de la movilización de los metales es el agua, éstos pueden sufrir diferentes procesos de migración en forma soluble o lavada, y en forma particulada:

- ❖ Lavado ascendente, incluso precipitando en la superficie del suelo formando, generalmente, sales hidratadas, y/o
- ❖ Lavado descendente, pudiendo perderse del perfil, alcanzando la capa freática, si existe, y llegar a las aguas subterráneas, y/o
- ❖ Lavado lateral desde zonas topográficamente más altas hacia zonas topográficamente más bajas, y/o bien,
- ❖ Arrastre disuelto por las aguas de escorrentía, por la superficie del suelo.
- ❖ Arrastre particulada desde zonas topográficamente más altas hacia zonas más bajas

La circulación de metales con las aguas está influenciada por el balance hídrico del agua en el suelo, donde interviene la cantidad de precipitación, evaporación, escorrentía e infiltración del agua, en función de las propiedades fisicoquímicas del suelo. Es de resaltar la influencia que ejerce el pH del suelo, ya que la mayoría de los elementos

traza, con la excepción de Mo, As y Se, son más móviles en condiciones de acidez creciente (Alloway, 1993).

2.1.7 Toxicidad de metales pesados en el suelo

Cuando los metales pesados se encuentran en la solución del suelo, pueden ser transferidos con mayor facilidad a otros medios así, cuando su concentración se incrementa, estos contribuyen a un nivel importante de toxicidad en el suelo incluso, en elementos que se consideran esenciales para muchos procesos bioquímicos; la toxicidad de los elementos también depende de la especiación o formas en que se presentan en el mismo, así como de su biodisponibilidad y su ingreso a la cadena trófica (Holmgren *et al*, 1993).

Su ingreso a la cadena trófica se da mediante la absorción por las plantas o el lavado hacia las aguas freáticas o cuando las concentraciones promedio de los metales en el suelo, rebasan los límites máximos de concentración (Lindsay, 1979).

En suelos agrícolas inundados con aguas contaminadas o regadas, se pueden incorporar al suelo sustancias tóxicas como es el caso de los metales pesados y residuos orgánicos de baja tasa de degradación, además de un incremento de salinidad tanto del suelo como del manto acuífero (Chang *et al*, 1992).

Muchos metales asociados con la fase acuosa del suelo pueden transportarse por medio del agua subterránea y no se degradan (Aguirre y Athié, 1981). Su movilización hacia las aguas subterráneas, se da por los mecanismos de adsorción y precipitación; la interacción de los metales y el suelo, inicia desde que los metales se introducen desde la superficie hasta su precipitación a estratos inferiores cuando estos logran rebasar la capacidad de carga de los suelos (Gonzales *et al*, 2000).

2.1.8 Fitotoxicidad de los metales pesados

El término Fitotoxicidad ha sido asociado con el fenómeno causado por una sustancia potencialmente dañina en el tejido vegetal que afecta su óptimo crecimiento y el desarrollo de la misma; la Fitotoxicidad en las plantas se establece según su comportamiento y los signos que presentan a lo largo de su crecimiento, además de tomar en cuenta las características ambientales y de manejo del área estén cultivadas (tabla 2) (McGrath y McCormack, 1999).

Tabla 2: Contenido de elementos metálicos en el suelo.

Metales	Promedio seleccionado para el suelo (mg kg ⁻¹)	Rango común para el suelo (mg kg ⁻¹)
Al	71,000	10,000 - 30,000
Fe	38,000	7,000 - 550,000
Mn	600	20 - 3,000
Cu	30	2 - 100
Cr	100	1 - 1000
Cd	0.06	0.01 - 0.70
Zn	50	10 - 300
As	5	1.0 - 50
Se	0.3	0.1 - 2
Ni	40	5 - 500
Ag	0.05	0.01 - 5
Pb	10	2 - 200
Hg	0.03	0.01 - 03

Fuente: Lindsay, 1979.

Los elementos traza, como el arsénico (As), cadmio (Cd) y talio (Tl), son poco abundantes en el agua y en el suelo en condiciones naturales sin embargo las actividades industriales y mineras pueden originar una contaminación por estos elementos, que pasarían a las plantas y animales donde se pueden concentrar y causar efectos tóxicos al humano (Fergusson, 1990).

2.1.9 Biodisponibilidad de los metales pesados

En el suelo los metales pesados se asocian con distintas fracciones: (1) en solución, como iones de metal libre y complejos metálicos solubles, (2) adsorbida en los sitios de intercambio de los constituyentes inorgánicos del suelo, (3) ligada a la materia orgánica, (4) precipitadas como óxidos, hidróxidos y carbonatos, y (5) residual en las estructuras de los minerales silicatados (Reichaman, 2002). Para que se produzca extracción de los metales por la planta, estos deben de estar biodisponibles. Se entiende por biodisponibilidad la fracción de metales pesados que está disponible para la absorción por las plantas. La biodisponibilidad depende de la solubilidad y movilidad de los metales en la solución suelo. Solo los metales asociados con las fracciones 1 y 2 están realmente disponibles para que las plantas los extraigan, por ello, la concentración total de los metales en el suelo no refleja necesariamente los niveles de metales biodisponibles (Silveira *et al*, 2003).

2.1.10 Relación del crecimiento vegetal con las características físico-químicas del suelo

Los nutrientes del suelo provienen de diferentes fuentes, tales como la disolución de los materiales primarios, descomposición de la materia orgánica, aplicación de fertilizantes químicos y abonos orgánicos; una vez en el suelo, los nutrientes pueden sufrir varias reacciones (Chang *et al*, 1992).

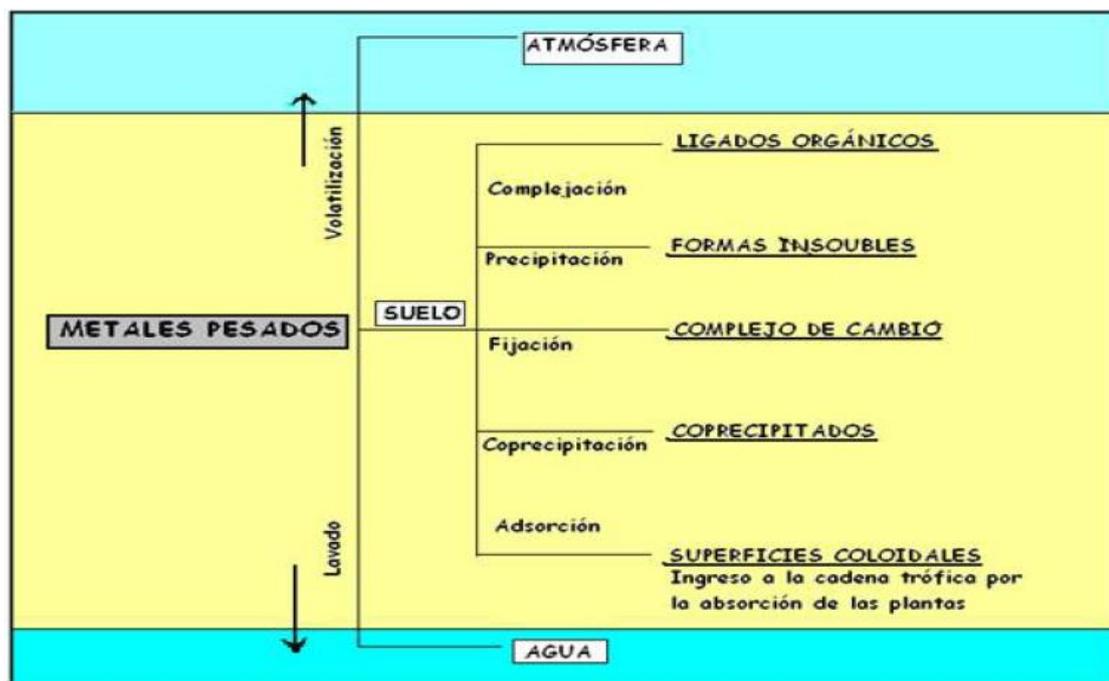


Figura 3: Comportamiento de los metales pesados hacia los diferentes estratos ambientales (Frink, 1996).

El retraso en el desarrollo de las plantas, no solo se limitan a la asociación de sustancias tóxicas del medio ambiente ya que existen también, otros factores como la deficiencia de nutrientes, agua, cantidad de sales minerales y diversas enfermedades a nivel de raíz, tallo, hojas y fruto (Aguirre y Athié, 1981).

La producción agrícola, debe basarse en las necesidades, físicas y químicas que requiere cada especie a cultivar, así como también, tomar en cuenta si estas características están presentes en la zona del cultivo.

2.2 Nutrición vegetal

Si la planta crece en diferentes tipos de suelo con igual concentración de metales, varía notablemente el nivel de fitotoxicidad por su capacidad de absorción. Esto se relaciona

con el contenido de arcillas, su composición mineral, la cantidad de materia orgánica, pH y la composición de la solución del suelo (Nastusch, 1997).

Como parte de la nutrición vegetal, existen algunos elementos traza necesarios que se incorporan cuando están disponibles en el suelo o agua y según la especie vegetal, son requeridos en ciertas concentraciones actuando de diferente manera, ya sea por su deficiencia o excedente (Tabla N° 3), pero cuando estos elementos son abundantes para las plantas se convierten en tóxico y generan la pérdida de la calidad y propiedades alimenticias de los productos agrícolas generando conflictos fisiológicos (McGrath y McCormack, 1999).

Tabla 3: Alteraciones fisiológicas que producen algunos metales pesados que contaminan a las plantas.

Metal	Efecto de los vegetales
Plomo	Inhibición de la fotosíntesis, el crecimiento y de acción enzimática.
Arsénico	Reducción de crecimiento y alteración de la concentración de Ca, K, P y Mn en la planta.
Cadmio	Inhibición de la fotosíntesis y la transpiración. Inhibición de la síntesis de la clorofila. Modificación de las concentraciones de Mn, Ca y K.
Mercurio	Alteración de la fotosíntesis, inhibición del crecimiento, alteración de la captación de K.
Zinc	Alteración de la permeabilidad de la membrana celular, inhibición de la fotosíntesis, alteración de las concentraciones de Cu, Fe y Mg

Fuente: Nastusch, 1997.

2.2.1 Mecanismos de absorción de metales pesados por las plantas

Las especies vegetales como avena y alfalfa, incluido los cultivos agrícolas, tienen la capacidad de acumular metales pesados en sus tejidos; a esta capacidad se le conoce como bioacumulación y es diferente entre las especies vegetales la acumulación y son atribuidas también a la capacidad de retención de metales por el suelo y a la interacción Planta – Raíz – Metal (Bañuelos *et al*, 1997).

El agua y los minerales disponibles en el suelo, se incorporan a las plantas a través de las raíces; en estas existen unos pelos radicales que son extensiones unicelulares de las células epidérmicas y que poseen una pared muy fina con vida efímera (1-3 días); estos pelos radicales, aumentan el área de contacto con el estrato y permite una absorción más eficiente del agua y los minerales necesarios (Fitter *et al*, 1987).

Las plantas capaces de crecer en suelos con altos contenidos de metales lo hacen excluyendo iones potencialmente tóxicos de sus sistemas de raíces. En otras plantas, los metales son utilizados como micronutrientes, aunque a menudo aun en concentraciones mínimas, saturan a la planta. La habilidad de tolerar la presencia de cada especie vegetal (Fitter *et al*, 1987).

La capacidad de las plantas de absorber y almacenar elementos minerales, como los metales pesados en sus órganos, se denomina bioacumulacion y ha sido utilizada para monitorear el índice de contaminación de algunos ecosistemas, sin embargo, los patrones de bioacumulacion son muy variables, tanto entre especies vegetales como entre los diferentes elementos minerales, y no siempre existe una relación extrapolable (Fitter *et al*, 1987).

La endodermis contiene una cinta de material impermeable conocida como la banda de Caspary, que evita el paso exceso del agua y elementos disueltos a través de las células endodérmicas y de esta manera, regula el paso de nutrientes y agua que llega al xilema (Nobel, 1999). La vacuola es el orgánulo celular que ocupa un espacio considerable en las células vegetales (40 al 70 %) y en muchas plantas es un almacén con gran capacidad masiva para acumular niveles elevados de materiales tóxicos como los metales pesados (Fitter *et al*, 1987).

Cuando un metal pesado entra en una célula vegetal es inmovilizado por sustancias orgánicas quelantes (fitoquelatinas) que forman iones complejos con el metal y evitan la fitotoxicidad de estos; otro camino es que al formar los quelatos, estos pasan por la vacuola y ahí se almacenan.

2.2.2 Cultivo de avena variedad Tayko

2.2.2.1 Origen

El nuevo cultivar de avena forrajera INIA 903 – Tayko Andenes tiene su origen en la colección efectuada en el año 1985 en la localidad de Huancarani (Paucartambo - Cusco). El mejoramiento genético fue realizado a través del Método Panoja - Surco. (INIA, 2010).

2.2.2.2 Descripción del cultivar

La avena (*Avena sativa L.*), entre los cereales es la especie más utilizada como forrajera. Necesita periodos de frío para su crecimiento y desarrollo. Como cultivo de forraje y grano, tiene importancia económica en la región Cusco y en general, en toda la zona alto andina.

Tabla 4: Crecimiento y desarrollo del cultivo de avena Tayko.

Nº de macollos por planta	10 - 14
Altura de planta	160 cm
Color del grano	Marrón a negro
Días hasta el panojado	105
Días hasta la madurez del grano	185
Relación hoja/tallo	1.24
Índice de cosecha de forraje	83 %
Acame	5 -10 %
Peso de 1000 granos	32 – 34 g
Rendimiento materia verde (M.V.)	52.86 t/ha
Rendimiento materia seca (M.S.)	10.68 t/ha
Rendimiento potencial de semilla	2.64 t/ha
Rendimiento de heno	10.87 t/ha
Rendimiento de ensilaje	47.52 t/ha

Fuente: INIA, 2010.

Es altamente apreciada por los productores que trabajan con la ganadería, por ser más productiva, de alto valor nutritivo, de excelente palatabilidad y por su facilidad para ser conservada, como heno o ensilaje, lo que constituye una buena alternativa para la época de estiaje o seca (otoño-invierno). Los rendimientos promedio de forraje y grano de la avena forrajera cultivada en la región son variados y muy pobres, debido principalmente a que la semilla del productor no posee pureza varietal, su potencial de rendimiento es bajo y susceptible a enfermedades.

Como respuesta a estas limitaciones y considerando el potencial productivo y la calidad alimenticia de la avena forrajera para la región, cuyo cultivo se viene incrementando en las regiones de Cusco y Puno con resultados prometedores, el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, a través del Programa Nacional de Investigación en Pastos y Forrajes viene impulsando el cultivo de esta especie y pone a disposición poniendo a disposición de los productores pecuarios la variedad de avena INIA 903 - Tayko Andenes (INIA, 2010).

2.2.2.3 Rendimiento de la variedad Tayko Andenes

Con buena tecnología del cultivo: semilla de calidad, época de siembra oportuna, empleo de fertilizantes y control de malezas, la avena INIA 903 - Tayko Andenes produce 2.64 t/ha de semilla, siendo el promedio comercial 2.12 t/ha.

2.2.3 Cultivo de alfalfa variedad W- 350

2.2.3.1 Origen

Esta variedad procede de Iran, donde probablemente fue adoptada para alimentar a los caballos procedentes de Asia Central. Según Plinio el viejo, los persas introdujeron la alfalfa en grecia y de ahí paso a otalia. La gran difucion de cultivo fue llevada a cabo por los árabes a través del norte de Africa, llegando a España donde se expandio a toda europa y luego a latinoamerica. (Moreno and Talbot, 2010)

2.2.3.2 Características de la variedad dormante W-350

La alfalfa W350 tiene una dormancia de 3.8 meses, lo que le hace resistente a las sequias y heladas; cuando las condiciones son desfavorables pueden permanecer en el terreno en descanso hasta por 3 meses, luego brotar cuando las condiciones son favorables, en la sierra este periodo se da entre junio y octubre. Se ha demostrado que esta alfalfa se desarrolla con excelentes resultados entre los 2,600 y 4,200 msnm, sola o en asociación con gramíneas, en terrenos con pH ideal de 5.5 a 6.8 Su cultivo sólo requiere agua de lluvia, con riego rinde mucho más. (CARITAS, 2011).

2.2.3.3 Rendimiento de la variedad de alfalfa W – 350

Rendimientos de 25 a 30 t/ha de forraje verde por corte sólo con agua de lluvia; se obtienen hasta 5 cortes mientras que con riego y a menor altura hasta 8 cortes, no expresando su característica de dormancia. El periodo de permanencia en el terreno una vez instalada y con un manejo adecuado es de entre 15 a 20 años, los rendimientos en secano son de 100 tm/ha año de follaje verde y con riego 140 tm/ha año de follaje verde, los rendimientos en secano son de 100 tm/ha año de follaje verde y con riego 140 tm/ha año de follaje verde, se adapta al pastoreo y a su vez permite elaborar heno, ensilado y harina y el costo de instalación de una hectárea de alfalfa fluctúa entre S/.2000.00 y S/. 2500.00 S/. (CARITAS, 2011).

2.2.3.4 Contaminación de aguas por metales pesados en la región puno

La Universidad Nacional del Altiplano, Puno y la Universidad Montana Tech, USA (2003), encontraron en muestras de tejidos de *Basilichthys bonaerensis* (pejerrey), que tres especímenes del Lago Titicaca, exceden los estándares de la Environmental Protection Agency (EPA) americano para el consumo humano ($0.3 \mu\text{g/g}$ de Hg). La mayor concentración fue de $0.42 \mu\text{g/g}$ que está cerca del límite de $0.5 \mu\text{g/g}$ adoptado por la mayoría de los países para el consumo humano.

El Proyecto Especial Lago Titicaca – PELT (1999) realizó investigaciones referidas a la contaminación del Lago Titicaca y sus afluentes encontrando como resultados para la sub cuenca del río Ramis (Puente Samán) en muestras de agua para determinar los elementos pesados las siguientes concentraciones: As = 12.54 mg/l ; Cd = $< 0.24 \text{ mg/l}$; Cr = 5.41 mg/l ; Ni = 2.61 mg/l ; Pb = 0.99 mg/l ; Hg = 0.51 mg/l ; los cuales superan los Límites Permisibles establecidos por los estándares internacionales.

Mercurio.- El contenido de mercurio en los cuerpos de agua conexos a las minas de la Rinconada (Ríos Crucero, Azángaro, Saman) y (Putina - Huancane) muestran en forma invariable un nivel de 0.4 mg/L y aquellos fuera de esta área (Río Pomahuasi, Coata, Ilave) valores variables entre 0.057 a 0.356 mg/L . En todos los casos superando el límite máximo permisible incluso para aguas de irrigación de 0.01 mg/L (PELT, 2004).

Cadmio. El contenido de cadmio, en los estudios reportados por el PELT, para las aguas de la cuenca del Titicaca, varía entre límites no detectables (0) en el Río Azángaro y otros hasta 0.009 mg/L en el Río Ananea, en ninguno de los casos supera el límite máximo permisible de 0.05 mg/L , para las aguas utilizables con fines de irrigación, estos valores ligeramente incrementados (0.008 – Río Azángaro a 0.038 – Río Ananea, Crucero) se mantienen para las muestras de aguas durante la época de estiaje, es decir Junio 2007 en la misma cuenca. Contrariamente en los muestreos realizados al final de la estación de lluvia (Marzo 2007) las concentraciones a lo largo de la cuenca del Río Ramis, desde Lunar de Oro hasta su desembocadura en el lago, muestran una concentración de 0.530 mg/l que excede largamente el Límite Máximo Permisible para aguas de consumo humano (0.05 mg/L) y de regadío (0.1 mg/L). (PELT, 2004, 2007).

Plomo. Los estudios realizados por el PELT en el 2007, en la cuenca del Río Ramis, muestran concentraciones relativamente bajas de plomo en los diferentes puntos de muestreo durante la época de estiaje (Junio) con una variación entre 0.12 mg/L en las proximidades al Lago (Río Ramis) a 0.35 mg/L en el Río Crucero, en ambos casos excediendo el Límite Máximo permisible 0.1 mg/L para las aguas utilizables con fines de irrigación y abrevamiento de ganado. La concentración de plomo en los mismos sitios de muestreo se incrementan considerablemente al finalizar la estación lluviosa (Marzo) con concentraciones variables entre (5.53 Río Azángaro, 5.87 mg/L Río Ramis) hasta 7.13 Río Crucero y 8.53 mg/L en el Río Lunar de Oro), excediendo ampliamente hasta en 85 veces al límite Máximo permisible de las aguas con fines de riego.

Hierro. Los resultados del análisis de concentración de metales pesados realizados por el PELT en el 2004, en las aguas de la cuenca del Titicaca abarcando 15 puntos de muestreo, muestran para el caso específico del Hierro un contenido variable, con la concentración más alta (18.85 mg/L) en el Río Pomahuasi uno intermedio en los ríos Ananea, Crucero y San Rafael (10 mg/L) y el más bajo en el Río Ramis – puente Saman (0.245 mg/L), superando en 9 puntos de muestro e igual número de ríos el Límite Máximo Permisible de 2.0 mg/L.

En los muestreo realizados en el 2007, en forma contraria a lo reportado para los otros metales el contenido de Hierro en las aguas de la cuenca del Ramis es relativamente inferior en las muestras obtenidas durante Marzo, variando entre 0.29 mg/L (Río Ramis) a 6.8 mg/L en Río Crucero y 12.85 en el Río Ayaviri. El muestreo de Hierro en los mismos cursos de agua y sitios muestra un rango más amplio variando desde 1.7 mg/L en el Río Progreso a 28 mg/L en el Río Larimayo y hasta 70 mg/L en el Río Lunar de Oro; superando en más de los casos el Límite Máximo permisible de concentración de Hierro en aguas superficiales.

Cobre. Los resultados del análisis de aguas de la cuenca del Titicaca, efectuados por el PELT, durante el año 2004, para el contenido de Cobre, muestran valores entre concentraciones no detectables (0.000 mg/L) variando a 0.004 mg/L en el Río Ramis – Puente Saman y hasta 0.254 mg/L en Río Crucero – Puente Potoni, manteniéndose en todos los casos por debajo del Límite Máximo permisible de 0.5 mg/L.

Los muestreos de Aguas realizados por el PELT, en el año 2007 en la cuenca del Río Ramis resultaron para el periodo del estiaje (Junio) en concentraciones variables entre valores debajo del Límite Detectable (BLD) en los Ríos Ananea, Progreso, Azángaro hasta 6.82 en el Río Crucero y hasta 32.10 mg/L en el Río Chacapalca; los contenidos de Cobre para los ríos de la misma cuenca correspondientes a determinaciones coincidentes con el fin de la estación de lluvias, muestran una mayor consistencia aunque con un rango más reducido variable entre 0.29 (Río Ramis) a 0.41 mg/L en el Río Azángaro; 6.82mg/L en el Río Crucero y 12.95mg/L en el Río Ayaviri; registrando concentraciones de Cobre relativamente importantes (0.29 a 12.95 mg/L en 6 sitios de muestreo donde los límites de concentración se mostraron como no detectables en el muestreo de Junio.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1 Efecto de los metales pesados a estudiar

2.3.1.1 Arsénico

El As es un elemento no esencial para las plantas. En altas concentraciones interviene en los procesos metabólicos de las plantas, pudiendo inhibir el crecimiento y frecuentemente llegar a la muerte de la planta (Tu y Ma, 2002). Sin embargo, los niveles de As en vegetales, granos y otros cultivos alimenticios son bajos, aun cuando los cultivos se desarrollen en suelos contaminados (O'Neil, 1995). El As en el suelo se encuentra en formas móviles en el rango de pH 7 a 9.

La inhalación de niveles altos de Arsénico inorgánico puede producir dolor de garganta e irritación de los pulmones. La ingestión de niveles muy altos de Arsénico puede ser fatal. La exposición a niveles más bajos puede producir náusea y vómitos, disminución del número de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardíaco anormal, fragilidad capilar y una sensación de hormigueo en las manos y los pies. La ingestión o inhalación prolongada de niveles bajos de Arsénico inorgánico puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies. El contacto de la piel con Arsénico inorgánico puede producir enrojecimiento e hinchazón. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS, por sus siglas en

inglés) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) han determinado que el Arsénico inorgánico es un elemento reconocido como cancerígeno en seres humanos (ATSDR, 2007).

2.3.1.2 Cadmio

El Cd es un elemento de la naturaleza química similar al Zn, ambos pertenecen al grupo II de la tabla periódica y es sustituto de este en forma de impureza en los minerales de Zn, por esto el Cd es un subproducto de las fundiciones de Zn y otros metales. El Cd también se presenta como sustituto del Ca en la apatita y la calcita, pudiendo aumentar sus impurezas en los fertilizantes fosfatados. El hecho que el Cd sea un metal pesado tóxico y Zn sea un elemento esencial hace que de esta asociación se puedan prevenir los posibles efectos tóxicos del Cd mediante un tratamiento preventivo con Zn (Das *et al*, 1998).

Se acumula en el organismo humano, fundamentalmente en los riñones, causando hipertensión arterial. La absorción pulmonar es mayor que la intestinal, por lo cual, el riesgo es mayor cuando el Cadmio es aspirado. Ha sido asociado con la aparición de cáncer de próstata en humanos (INE, 2009).

2.3.1.3 Plomo

La intoxicación aguda se presenta acompañada de alteraciones digestivas, dolores epigástricos y abdominales, vómitos, alteraciones renales y hepáticas, convulsión y coma. En tanto que la intoxicación crónica puede involucrar neuropatías, debilidad y dolor muscular, fatiga, cefalea, alteraciones del comportamiento, parestesias, alteraciones renales, aminoaciduria, hiperfosfaturia, glucosuria, nefritis crónica, encefalopatía, irritabilidad, temblor, alucinaciones con pérdida de memoria, cólicos, alteraciones hepáticas (INE, 2009).

2.3.1.4 Zinc

El zinc es un elemento esencial a las plantas, participa en varios procesos metabólicos y es un componente de varias enzimas. El contenido de Zn en la superficie de los suelos de diferentes países varía de 17 a 125 mg kg⁻¹. La adsorción y desorción de Zn en el suelo se encuentra vinculada a los coloides orgánicos e inorgánicos. Existen dos

mecanismos en la adsorción de Zn, uno en medio ácido relacionado con los sitios de intercambio catiónico y otro, en medio alcalino asociado con la quimisorción que es influenciada por ligandos orgánicos. La movilización y lixiviación del Zn es mayor en suelos ligeramente ácidos al aumentar la competencia con otros cationes por los sitios de intercambio. La solubilidad y disponibilidad de Zn se correlaciona negativamente con la saturación de Ca y compuestos fosforados presentes en el suelo (Kabata *et al*, 1984).

2.3.1.5 Mercurio

Metal que ocurre en forma natural en el ambiente y que tiene varias formas químicas. El nivel establecido por la OMS es de 0,006 mg/l, el cual presenta un comportamiento muy homogéneo al ser adoptado por la mayoría de países.

La acumulación de Hg en el suelo se encuentra controlada principalmente por la formación de complejos orgánicos y por la precipitación. El Hg se encuentra asociado a Cl^- . En presencia de un exceso Cl^- la adsorción de Hg^+ en las partículas minerales del suelo y la materia orgánica disminuye debido a la formación de complejos de Hg – Cl altamente estables que poco adsorbidos.

2.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1 Hipótesis general

Existe contaminación por metales pesados en suelos con riego en la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo, y se manifiesta en una alta concentración según los estándares nacionales de calidad ambiental para suelos.

2.4.2 Hipótesis específico

- ❖ Los metales pesados varían de acuerdo al tipo de suelos que existen en el área de estudio se encuentran en mayor cantidad en suelos pesados.
- ❖ Los niveles de concentración de metales pesados presentes en suelos con riego varían en la época de lluvia, tipo de suelos, frecuencia de riego y en cultivo de alfalfa y avena.
- ❖ Los niveles de concentración de metales pesados presentes en la planta (cultivo de alfalfa y avena) .son consecuencia de la calidad de agua de riego.

2.5 MARCO LEGAL

2.5.1 Estándares de calidad para suelos (ECAs)

Los estándares de calidad para suelos se aprobaron mediante la resolución Ministerial N° 225-2012- MINAM, estándares de calidad ambiental (ECA) y límites máximos permisibles (LMP), se define al estándar de calidad ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Aprobada mediante política ambiental decreto supremo N° 002-2013-MINAM, consignada entre los lineamientos de gestión integrada de la calidad ambiental, referidos al control integrado de la contaminación, el de contar con parámetros de contaminación para el control y mantenimiento de la calidad del suelo.

Tabla 5: Estándares de evaluación para suelos contaminados por metales pesados.

N°	Parámetros	Usos del Suelo		
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos
1	Arsénico total (mg/kg MS)	50	50	140
2	Zinc (mg/kg)	150 – 300**	-----	-----
3	Cadmio total (mg/kg MS)	1,4	10	22
4	Mercurio total (mg/kg MS)	6,6	6,6	24
5	Plomo total (mg/kg MS)	70	140	1 200

Fuente: DS. N° 002-2013-MINAM.

** UE = Estándares de la Comunidad Europea

2.5.2 Estándares de calidad para agua

Los estándares de calidad de agua son regulados por la “Ley de Recursos Hídricos” 29388 de conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente y el artículo 118° de la Constitución Política del Perú. Decreto Supremo N°015-2015 MINAM. Estas normas establecen los estándares de la calidad del agua para la protección de las aguas de recepción de superficie en

conformidad con el nivel de tratamiento y el uso. Se detallan en 4 categorías son los siguientes.

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

- **Sub Categoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.**

Entiéndase como aquellas aguas, que por sus características de calidad reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

- **Sub Categoría B. Aguas superficiales destinadas para recreación**

Son las aguas superficiales destinadas al uso recreativo, que en la zona costera marina comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea y que en las aguas continentales su amplitud es definida por la autoridad competente.

Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales

- **Sub Categoría C1.** Extracción y cultivo de moluscos bivalvos en aguas marino costeras
- **Sub Categoría C2:** Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras
- **Sub Categoría C3. Otras Actividades en aguas marino costeras**

Entiéndase a las aguas destinadas para actividades diferentes a las precisadas en las subcategorías C1 y C2, tales como infraestructura marina portuaria, de actividades industriales y de servicios de saneamiento.

- **Sub Categoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas**

Entiéndase a los cuerpos de agua destinadas a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales

- **Subcategoría D1: Vegetales de Tallo Bajo y Alto.**

Entiéndase como aguas utilizadas para el riego de plantas, frecuentemente de porte herbáceo y de poca longitud de tallo (tallos bajos), tales como plantas de ajo, lechuga, fresa, col, repollo, apio, arvejas, cebada, Avena, alfalfa y otros) y de plantas de porte arbustivo o arbóreo (tallos altos), tales como árboles forestales, frutales, entre otros.

- **Sub Categoría D2: Bebida de Animales.**

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Están referidos a aquellos cuerpos de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento y que cuyas características requieren ser protegidas.

- **Sub Categoría E1: Lagunas y Lagos**

Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, de origen y estado natural y léntico incluyendo humedales.

- **Sub Categoría E2: Ríos**

- **Sub Categoría E3: Ecosistemas Marino Costeros**

Marino.- Entiéndase como zona del mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Tabla 6: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría 3: para riego de vegetales.

PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
Arsénico	mg/l	0.1
Cadmio	mg/l	0.01
Mercurio	mg/l	0.001
Plomo	mg/l	0.05
Zinc	mg/l	2.00

Fuente: DS. N°015-2015-MINAM

2.5.3 Estándares para cultivos

Los estándares de calidad para cultivos a nivel de tejidos no están establecidos para Perú, se están basando a nivel de estudios de Kabata.

Tabla 7: Concentración aproximada de trazas de elementos en tejidos.

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS E CULTIVOS A NIVEL DE TEJIDOS		
PARÁMETRO	UNIDAD	ESTANDARES (LMP)
Arsénico	mg/kg	5
Cadmio	mg/kg	0.05-0.2
Mercurio	mg/kg	1
Plomo	mg/kg	5
Zinc	mg/kg	100

Fuente: Kabata-Pendias, 1992.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

Para la determinación de metales pesados en dos tipos de suelos. Serie Titicaca y serie Calapuja, con riego y sin riego, en cultivo de alfalfa (Var. W-305) y cultivo de avena (Var. Tayko), se determinaron los contenidos de As, Cd, Pb, Hg y Zn. A continuación se indica la secuencia y los métodos que se emplearon en el proceso de ejecución de este proyecto de investigación.

3.1 Muestreo y obtención de datos de suelos

3.1.1 Ubicación de puntos de muestreo.

La metodología es la observación visual directa, en la cual consiste primeramente ubicar los puntos de control para la caracterización de suelos donde se determinaron dos puntos.

Tabla 8: Puntos de control para la caracterización de suelos.

ID	Coord. X	Coord. Y	Ubicación
S1	360152	8367574	Serie Titicaca
S2	360194	8367140	Serie Calapuja

3.1.2 Materiales y equipos para muestreo de suelos

1. Pico
2. Pala
3. Barreno
4. Bolsas de polietileno
5. Cuchillo
6. Huincha
7. Tarjeta de descripción de perfiles
8. Tarjeta de identificación de muestras
9. GPS

3.1.3 Muestreo de suelos

Los muestreos de suelo se realizaron antes de la instalación del cultivo de avena (Var. Tayko) en las parcelas. Las muestras de suelos para evaluar la contaminación de metales pesados se han obtenido con un muestreador de suelos tipo barreno de la capa arable a una profundidad de 30cm, haciendo un recorrido en zig-zag, se colectaron de 15 a 20 sub muestras por cada muestra compuesta, luego fueron colocadas en bolsas de

polietileno transparente, con su respectiva etiqueta, la muestra compuesta se hizo por cada serie de suelos. Luego se procedieron con el secado de la muestra en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de Ciencias Agrarias a una temperatura de 65°C durante 24 horas, luego se procedieron con el traslado de la muestra al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia.

Tabla 9: Puntos de control para metales pesados en suelo.

ID	CLAVE	Coord. X	Coord. Y	Ubicación
1	S1R1	360907	8368033	Serie Titicaca
2	S1R0	359461	8370124	Serie Titicaca
3	S1R1	359375	8368519	Serie Titicaca
4	S2R0	360194	8367140	Serie Calapuja
5	S2R1	361194	8366856	Serie Calapuja
6	S2R0	360409	8368653	Serie Calapuja

3.1.4 Análisis de Suelos

Los análisis de caracterización de suelos fueron analizados en los laboratorios de suelos de la Universidad Nacional del Altiplano siguiendo las metodologías indicados en la tabla 10.

Tabla 10: Métodos de análisis de suelos.

ANÁLISIS	MÉTODO
pH	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	Conductímetro
Materia orgánica	Walkey y Black
Nitrógeno total	Semi microkjeldahl
Fósforo disponible	Olsen Modificado
Potasio disponible	Pratt
Textura del suelo	Bouyoucos
Carbonatos	Gasómetro
Capacidad de cambio	Acetato de amonio 1 N
Calcio cambiante	EDTA
Magnesio cambiante	EDTA
Sodio cambiante	Fotómetro de llama
Potasio cambiante	Fotómetro de llama

Los análisis de metales pesados para suelos y sedimentos fueron realizados en los laboratorios de calidad ambiental de la Universidad San Andrés de Bolivia, según lo especificado en la tabla 11.

Tabla 11: Métodos de análisis de metales pesados en suelos.

METAL	MÉTODO
ARSÉNICO TOTAL	Microwave Reaction System/EPA 206.2
CADMIO TOTAL	Microwave Reaction System / EPA213.1
MERCURIO TOTAL	Microwave Reaction System / EPA218.2
PLOMO TOTAL	Microwave Reaction System/EPA 239.2
ZINC TOTAL	Microwave Reaction System/EPA 289.21

Fuente: UE= Estándares de la comunidad europea

Para la caracterización de los tipos de suelos se abrieron calicatas a 1.50 m de largo por 1 m de ancho y 1.50m de profundidad, y se tomaron (1 kg de suelo por cada horizonte), se abrieron 2 calicatas uno en cada serie de suelos. Para la caracterización de suelos se tomaron los siguientes parámetros de evaluación fueron:

- ❖ pH
- ❖ Conductividad eléctrica
- ❖ Textura
- ❖ Arena
- ❖ Arcilla
- ❖ Limo
- ❖ Materia orgánica
- ❖ CIC y cambiables (Ca, Mg, Na, K)
- ❖ Nutrientes N, P, K

3.1.4.1 Determinación de metales pesados

- ❖ Mercurio
- ❖ Plomo
- ❖ Zinc
- ❖ Cadmio
- ❖ Arsénico

3.1.4.2 Metodología de espectrofotometría de absorción atómica.

Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Calidad Ambiental, en la Universidad Mayor de san Andrés (UMSA). La Paz Bolivia, donde se determinaron la

concentración de: metales pesados siguiendo la metodología de espectrofotometría de absorción atómica.

3.1.4.3 Preparación de muestras de suelo en análisis químico de metales pesados.

La preparación de muestras colectadas, es el principal paso en los análisis por espectrofotometría de absorción atómica, el mismo que fue secado a 105 °C, 2 mm de diámetro y fue tamizado por malla N°. 10.

3.1.4.4 Análisis de metales pesados en suelos

Se pesaron 2 g de suelo y se adicionaron 20 ml de HNO₃, luego se calentó por espacio de 16 horas a 100 °C hasta extinción de HClO₄, a continuación se dejó enfriar temperatura ambiente, se aforó a 100 ml y luego se filtró; midiendo la concentración de los metales pesados con un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Analyset 300.

3.2 Muestreo y análisis de Aguas

Las muestras de agua de canal de riego fueron tomadas, en botellas de polietileno, previamente esterilizadas y enjuagadas con la misma agua por tres veces, luego se las rotuló y se conservó en cajas térmicas conteniendo hielo para su envío al laboratorio de la UNA – Puno donde se adiciono ácido nítrico al 1% para evitar el intercambio de iones y/o la precipitación de hidróxidos. Seguidamente las muestras fueron enviadas al laboratorio de calidad ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés La Paz Bolivia para el análisis de metales pesados.

Las muestras de aguas fueron analizadas en los laboratorios de aguas y suelos de la Universidad Nacional del Altiplano utilizando las técnicas y métodos (tabla 12) siguientes:

Tabla 12: Métodos de análisis de Aguas para riego.

ANÁLISIS	MÉTODO
pH	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	Conductímetro
Ca ⁺⁺	EDTA
Mg ⁺⁺	EDTA

Na ⁺	Fotómetro de llama
K ⁺	Fotómetro de llama
NO ₃ ⁻	Volumetría
SO ₄ ⁼	Turbidimetría precipitado BaCl ₂
Cl ⁻	Precipitado como Cloruro de Bario
Dureza	EDTA
Alcalinidad	EDTA

Los análisis de metales pesados incluidos en la tabla 13, para aguas fueron realizados en los laboratorios de calidad ambiental de la Universidad San Andrés de Bolivia.

Tabla 13: Métodos de análisis de metales pesados en aguas.

METAL	MÉTODO
ARSÉNICO TOTAL	Microwave Reaction System/EPA 206.2
CADMIO TOTAL	Microwave Reaction System /EPA213.1
MERCURIO TOTAL	Microwave Reaction System /EPA245.1
PLOMO TOTAL	Microwave Reaction System/EPA 239.2
ZINC TOTAL	Microwave Reaction System/EPA 289.2

Fuente: UE= Estándares de la comunidad europea

3.3 Siembra de cultivo de avena variedad Tayko

Para la siembra de avena variedad Tayko andenes se obtuvieron semilla certificada de INIA, luego se procedieron con la instalación de cultivo de avena en los puntos de control y/o parcelas.

3.4 Muestreo y Análisis de cultivos.

Para el análisis de tejidos se realizó el muestreo en forma aleatoria, colectaron hojas, limbos foliares incluidas las lígulas, se tomaron muestras al azar del tercio medio de la planta de cultivo de avena Var. Tayko, y de alfalfa Var. W-350, se colectaron muestra de hojas adultas, de la sección media del tallo o totalidad de la parte externa que tiene la planta, y se mantuvieron en bolsas de polietileno para que no pierda humedad y se llevó al laboratorio para determinar la materia seca. Se realizaron los siguientes procedimientos. En el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias se pesó 50 gr de muestra, luego se colocó en una estufa a 65°C por 24 horas. Por la diferencia de peso se obtiene la humedad de la muestra y luego se lleva a porcentaje. La determinación de materia seca se hace por diferencia de peso entre el peso inicial de muestra (100%) y el

porcentaje de humedad hallada, obteniéndose de esta manera y en forma directa el porcentaje de materia seca.

Tabla 14: Puntos de control de cultivo de Avena Var. Tayko.

ID	Coord. X	Coord. Y
S2RoA - M4	360884	8366345
S2RoA - M5	360409	8366910
S2RoA - M6	360231	8367249
S2R1A - M1	360653	8367610
S2R1A - M2	360760	8368073
S2R1A - M3	359694	8369581
S1R1A - M10	360014	8367681
S1R1A - M11	359308	8368096
S1R1A - M12	359647	8368921
S1RoA - M7	359085	8369601
S1RoA - M8	358435	8369904
S1RoA - M9	358702	8369983

Tabla 15: Puntos de control para cultivo de Alfalfa Var. W – 350.

ID	Coord. X	Coord. Y
S2RoB - M19	361080	8366490
S2RoB - M20	360672	8367063
S1R1B - M13	360300	8367976
S1R1B - M14	359900	8368882
S1RoB - M16	359237	8369399
S2R1B - M22	360433	8367567
S1R1B - M15	360040	8367785
S2RoB - M21	360322	8367314
S1RoB - M17	358682	8370134
S2R1B - M23	359114	8369846
S2R1B - M24	359629	8369078
S1RoB - M18	359169	8369634

3.5 Manipuleo y preparación de la muestra

Para la preparación y manipuleo de las muestras se siguieron los siguientes pasos.

3.5.1 Lavado de las muestras

Para el lavado de las muestras se pueden utilizar los siguientes materiales de laboratorio.

- ❖ Cuatro bandejas de 1 litro de capacidad
- ❖ Solución de ácido clorhídrico 0.1 N

- ❖ Agua desmineralizada o destilada
- ❖ Agua bidestilada
- ❖ Bolsas de papel N. 4
- ❖ Papel toalla o papel de filtro
- ❖ Plumón

3.5.2 Procedimiento

Se llenó en bandejas, la primera con agua de caño, la segunda con la solución clorhídrica, la tercera con agua desmineralizada, la cuarta con agua bidestilada. Las muestras se lavaron sumergiendo una a una en las bandejas, la muestra debe de ser cuidadosamente desprendido del polvo y con ayuda de pincel, cuidando de no dañar el tejido, cuando se terminó este proceso, las muestras se colocaron sobre el papel de filtro para que escurran y luego se pusieron en bolsas de polietileno debidamente rotuladas. El lavado del material se llevó a cabo cuando las muestras estuvieron en estado de prefloración.

3.6 Secado de las muestras

3.6.1 Material

Estufa de libre circulación de aire

3.6.2 Procedimiento

Las muestras ya limpias se colocaron en bolsas de papel, y se colocaron en estufa a una temperatura de 65 °C hasta sequedad, sin sobrepasar la temperatura para evitar pérdida de elementos por volatilización.

3.7 Molido de la muestra

3.7.1 Material

- ❖ Micro molino (HP 1/3)
- ❖ Tamiz de 60 mallas U.S
- ❖ Frascos con tapa

3.7.2 Procedimiento

Las muestras secas se procedieron a la molienda; el material finamente molido se recibe en frascos limpios y debidamente rotulados. El cabezal del molino y el tamiz se limpiaron después de cada molienda para evitar posible contaminación.

3.7.3 Almacenamiento

Una vez efectuada la molienda la muestra debe de ser cuidadosa y completamente mezclada; tapar el frasco y guardar hasta que se efectúen las determinaciones analíticas. Los análisis de metales pesados para los cultivos de avena Var. Tayko y alfalfa Var. W-350. Se realizaron en los laboratorios de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz Bolivia siguiendo la metodología que se muestra en el mismo cuadro.

Tabla 16: Métodos de análisis de metales pesados en cultivos de Avena Var. Tayko y Alfalfa Var. W-350.

METAL	MÉTODO
Arsénico Total	Microwave Reaction Sistem/EPA 206.2
Cadmio Total	Microwave Reaction Sistem /EPA213.2
Mercurio Total	Microwave Reaction Sistem/EPA 218.2
Plomo Total	Microwave Reaction Sistem/EPA 239.2
Zinc Total	Microwave Reaction Sistem/EPA 289.2

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó para la siguiente investigación, es el DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA), con un arreglo factorial de $2 \times 2 \times 2 = 8$

Donde:

Factor A: Tipos de suelo (suelo serie Titicaca y Calapuja).

Factor B: Con riego y sin riego.

Factor C: cultivos (Avena variedad Tayko y alfalfa variedad W – 350)

La diferencia de medidas de los tratamientos se realizó mediante la prueba de TUKEY al 1 y 5% de significancia.

Tabla 17: Esquema de análisis de varianza (ANVA), utilizado en la investigación.

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.	F.C
Bloques	2	$\sum_{i=1}^a \frac{x^2..k}{src} - \frac{x^2..}{srcr}$	$\sum_{i=1}^a \frac{x^2..k}{src} - \frac{x^2..}{srcr}$	<i>C.M. bloques</i>
Tratamiento (t-1)	7			<i>C.M.error (exp)</i>
S	1			
R	1			
C	1			
S x R	1			
S x C	1			
R x C	1			
S x R x C	1			
Error (t-1)(r-1)	14			
Total (tr-1)	23			

MODELO LINEAL ESTADISTICO

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

t = tratamientos

b = bloques

μ = media general

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = error experimental del tratamiento i en el bloque j

ε_{ij} ~ NID(0,σ²).

Este diseño ofrece menos grados de libertad para estimar el error, comparado con el DCA, esta reducción se debe a los grados de libertad necesarios para estimar el efecto de bloques. Es por ello que debe existir una razón real de bloqueo para usar este diseño, es decir entre mayor sea la variabilidad entre bloques más eficiente será el diseño para detectar diferencias entre tratamientos.

CAPITULO IV: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

4.1 Ubicación del área de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo se encuentra ubicado en las coordenadas UTM. X: 360760 y Y: 8368074. Según el INEI, Asillo tiene una superficie total de 392,38 km². Este distrito se encuentra situado al este de la provincia de Azángaro, en la zona norte del departamento de Puno y en la parte sur del territorio peruano. Su capital Asillo se halla a una altura de 3,913 msnm.

4.1.1 Ubicación política

Región	: Puno
Provincia	: Azángaro
Distrito	: Asillo.
Comunidad	: Ñaupapampa

4.1.2 Registros meteorológicos

Los datos meteorológicos fueron proporcionados de la estación CO. 110820 Azángaro del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Se tomaron datos de temperaturas máximas, mínimas, media y precipitación pluvial de los meses correspondientes al trabajo de investigación diciembre del 2014 y enero, febrero, marzo y abril del 2015, en la que se desarrolló el experimento.

Estos datos de muestran en la tabla 17, 18, 19 y 20 donde señala que el mes de diciembre de 2014 presento la temperatura máxima (17.4 °C), temperatura mínima el mes de abril (2.9 °C), promedio mensual de temperatura media donde fue más bajo en el mes de enero (5.2 °C), y más alto fue los meses de febrero y marzo con (9.9 °C) de temperatura media mensual, así mismo se registró una precipitación en el mes de diciembre donde se registra la mayor cantidad de precipitación (150.9 mm) y el mes de menor precipitación fue el mes de abril (31.5mm) correspondiente al año 2015, precipitación que está por encima del promedio de los últimos cinco últimos años.

Tabla 18: Promedio mensual de temperatura máxima °C. : Co – Azángaro.

AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Total anual
2010	17,1	17,4	17,8	18,1	17,9	18,4	17,8	19,1	20,1	19,7	20,7	18,0	222.1
2011	17,7	15,3	16,0	17,0	17,2	16,8	16,2	18,1	17,4	18,0	19,5	16,8	206
2012	15,5	14,5	15,7	15,5	16,3	16,6	16,3	17,5	18,1	19,1	18,9	16,3	200.3
2013	15,9	15,6	16,6	17,0	17,1	15,5	16,5	16,8	18,6	18,4	18,9	16,3	203.2
2014	15,8	16,4	17,2	17,0	17,0	18,0	16,2	16,6	17,1	17,6	18,9	17,4	205.2
2015	14,9	15,9	16,1	15,3	16,2	17,1	16,6	17,4	18,9	18,4	19,4	17,7	203.9

En la tabla 18, se presenta el promedio anual de la T° máxima del año 2015 fue de 203.9 esto quiere decir que no influyo mucho en el desarrollo de los cultivos de avena y alfalfa porque siempre se presentó por encima de 14.9 °C.

Tabla 19: Promedio mensual de temperatura mínima °C. : Co – Azángaro.

AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Total anual
2010	5,6	6,1	4,5	2,3	-0,5	-3,1	-5,4	-3,9	-0,6	2,4	2,4	4,3	14.1
2011	4,4	5,2	4,4	1,8	-2,5	-4,5	-3,6	-2,4	1,4	2,4	2,7	4,1	13.4
2012	4,8	4,2	3,3	2,4	-2,9	-5,4	-5,0	-4,7	-1,2	2,1	3,0	4,3	4.9
2013	5,1	5,7	4,8	1,0	0,4	-2,8	-3,4	-3,1	-2,0	2,9	2,9	4,8	16.3
2014	4,4	4,1	3,4	2,5	-2,1	-4,5	-3,2	-1,1	2,6	2,2	2,5	4,3	15.1
2015	4,5	4,0	3,6	2,9	-0,8	-3,9	-4,7	-2,7	1,4	1,4	3,6	3,2	12.5

En la tabla 19, se presenta el promedio anual de la T° mínima del año 2015 fue de 12.5°C esto quiere decir que pudo influir en el desarrollo de los cultivos ya que en el año 2014 la Mínima fue de 15.1 mayor que el año 2015.

Tabla 20: Promedio mensual de temperatura media °C. : Co – Azángaro.

AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Total anual
2010	11,5	11,7	11,2	10,3	8,7	7,7	6,2	7,6	9,7	11,1	11,5	11,1	118.3
2011	11,0	10,2	10,2	9,4	7,3	6,2	6,3	7,8	9,4	10,2	11,1	10,4	109.5
2012	10,1	9,4	9,5	9,0	6,6	5,8	5,6	6,4	8,4	10,5	10,9	10,3	102.5
2013	10,5	10,6	10,7	9,0	8,7	6,3	6,5	6,8	8,3	10,6	10,8	10,5	109.3
2014	10,1	10,3	10,3	9,7	7,4	6,8	6,3	7,8	8,6	7,7	8,1	6,5	99.6
2015	5,2	9,9	9,9	9,1	7,7	6,6	6,0	7,4	10,1	9,9	11,5	10,4	103.7

En la tabla 20, se presenta el promedio anual de la T° mensual en año 2014 fue de 99.6 que en mes de diciembre fue bajo donde alcanzo hasta 6.5 °C y enero 2015 fue de 5.2°C esto quiere decir que en estos meses fue bajo y pudo influir en el desarrollo de los cultivos.

Tabla 21: Precipitación total mensual mm. : Co – Azángaro.

AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Total anual
2010	162,6	95,1	63,1	41,8	7,6	0,0	0,3	2,3	0,0	25,6	24,5	70,7	493,6
2011	96,7	176,3	60,9	23,4	0,3	0,0	5,5	3,8	67,9	46,8	33,5	76,1	591,2
2012	99,7	103,2	101,6	49,4	14,6	0,0	0,0	1,3	6,6	47,5	34,6	93,6	552,1
2013	156,2	149,5	152,0	25,8	26,3	1,6	0,3	10,6	1,5	44,6	33,9	155,1	757,4
2014	92,2	93,3	94,1	33,9	5,3	0,0	0,9	37,5	48,3	51,2	34,9	150,9	642,5
2015	135,5	98,2	65,3	31,5	6,7	0,6	2,9	8,3	42,2	74,3	66,7	139,7	671,9

En la tabla 21, se puede mostrar los resultados de precipitación pluvial del área de estudio, según los estudios realizados por el PELT se encontraron mayor concentración de metales pesados en la época de lluvia ya que en el año 2015 la precipitación pluvial fue de 671.9mm superior a los años pasados, el contenido de plomo en suelos es prevalente y variable según épocas y sitios de muestreo variando de entre 5.9 mg/kg para Progreso a 78 mg/kg, en la Rinconada, excediendo ampliamente el límite de 2.6 a 25 mg/kg de la U.S.EPA. Arsénico de (5.15 – 13 mg/kg), El mercurio total en el suelo 0.065 – 0.47 mg/kg en Crucero y Azángaro y 0.014 a 0.26mg/kg en Taraco, plomo en suelos es prevalente y variable según épocas y sitios de muestreo variando de entre 5.9 mg/kg para Progreso a 78 mg/kg en la Rinconada, excediendo ampliamente el límite de 2.6 a 25 mg/kg, (PELT, 1999).

4.1.3 Características del campo experimental

- Largo : 4m
- Ancho : 5m
- Área total de parcelas sembradas : 20m²

Tabla 22: Distribución de tratamientos.

Nº	TRATAMIENTOS	CLAVE
1	Suelo Titicaca sin riego cultivo de avena	S1R0A
2	Suelo Titicaca sin riego cultivo de alfalfa	S1R0B
3	Suelo Titicaca con riego cultivo de avena	S1R1A
4	Suelo Titicaca con riego cultivo de alfalfa	S1R1B
5	Suelo Calapuja sin riego cultivo de avena	S2R0A
6	Suelo Calapuja sin riego cultivo de alfalfa	S2R0B
7	Suelo Calapuja con riego cultivo de avena	S2R1A
8	Suelo Calapuja con riego cultivo de alfalfa	S2R1B

Dónde:

- S1 : Titicaca - A : Avena - R0 : sin riego
- S2 : Calapuja - B : Alfalfa - R1 : con riego

4.2 Características Químicas y Fertilidad de suelos.

Tabla 23: Resultado de análisis de caracterización de suelos.

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	Asillo Calapuja "Ap"	41.20	19.90	38.90	Franco	0.00	2.50	0.15
02	Asillo Calapuja "C1"	61.60	15.80	22.60	Franco arenoso	0.25	2.25	0.16
03	Asillo Calapuja "C2"	95.40	2.15	2.45	Arena	0.15	0.15	0.05
04	Asillo Titicaca "A"	30.95	31.60	37.45	Franco	0.05	6.11	0.19
05	Asillo Titicaca "Btw"	35.90	35.40	28.70	Franco arcilloso	0.00	5.98	0.20
06	Asillo Titicaca "BC"	10.40	35.08	54.52	Franco arcillo limoso	0.00	6.09	0.21
07	Asillo Titicaca "C1k"	52.10	29.42	18.48	Franco arcillo arenoso	5.60	4.45	0.18
08	Asillo Titicaca "C2k"	54.35	30.14	15.51	Franco arcillo arenoso	5.80	4.60	0.17

# ORD	Ph	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	SB %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
01	7.85	0.53	2.65	8.39	161	8.75	2.35	0.11	0.07	0.00	16.80	67.14
02	8.96	0.37	1.85	7.02	150	7.22	2.40	0.13	0.09	0.00	17.00	57.88
03	8.20	0.29	1.45	4.25	95	4.80	3.0	0.10	0.08	0-00	14.00	57.00
04	7.59	0.25	1.25	10.96	290	8.30	2.50	0.20	0.29	0.00	15.80	71.45
05	7.10	0.24	1.20	10.30	258	7.80	2.48	0.17	0.19	0.00	17.40	61.15
06	7.90	0.25	1.25	10.95	282	7.60	3.30	0.22	0.20	0.00	14.27	79.33
07	8.18	0.27	1.35	9.65	209	8.56	3.71	0.21	0.33	0.00	15.12	84.72
08	8.25	0.22	1.10	10.12	228	9.80	3.36	0.24	0.27	0.00	17.00	80.41

Fuente: Laboratorio de aguas y suelos FCA - UNA

Para suelos de la serie Calapuja. Químicamente de acuerdo a los análisis de laboratorio reportan que estos suelos son de reacción ligeramente alcalino en la capa arable del suelo (pH = 7.85), y fuertemente alcalino a moderadamente alcalino en los estratos inferiores del suelo (pH = 8.96 a 8.20); libres a muy afectado de exceso de sales en la capa arable del suelo de Conductividad Eléctrica (CE = 0.53 mmhos/cm.), e igual manera de libres a muy ligeramente afectado de exceso de sales en los estratos inferiores del suelo (CE = 0.37 a 0.29 mmhos/cm.); medio porcentaje de saturación de bases en todos los estratos del suelo (% SB = 67.14 a 57.00).

En materia orgánica, encontramos que los valores porcentuales en la capa arable del suelo son medios (2.50 %) y de medio a bajos en los estratos inferiores del suelo (2.25 a 0.15 %); en nitrógeno total es medio en la capa arable del suelo (0.15 %), y de medio a bajos en los estratos inferiores del suelo (0.16 a 0.05 %); y sin contenido de carbonatos.

La fertilidad con respecto a los nutrientes minerales disponibles para la planta, vemos que en P₂O₅, las reservas son medio en la capa arable del suelo (8.39 ppm), de medio

a bajos en los estratos inferiores (7.02 a 4.25 ppm); en K20 son medio en la capa arable del suelo (161 ppm), de medio a bajos en los estratos inferiores del suelo (150 a 95 ppm); con una capacidad para retener a los nutrientes es alto en la capa arable del suelo (CIC = 16.80 me/100 g.), de alto a medio en los estratos inferiores del suelo (CIC = 17.00 a 14.00 me/100 g.); predominando los cationes de calcio y magnesio. Agronómicamente los suelos de esta serie son de baja capacidad para producir cosechas. Pero es recomendable llevar a cabo prácticas de buen manejo y conservacionistas a fin de que las tierras no pierdan más su nivel de producción; para ello se deben realizar aplicación de enmiendas orgánicas e incorporación de abonos verdes, de lo cual se puede producir cultivos forrajeros (avena y cebada).

Para suelos de la serie Titicaca. Químicamente de acuerdo a los análisis de laboratorio reportan que estos suelos son de reacción ligeramente alcalino en la capa arable del suelo (pH = 7.59), ligeramente alcalino a moderadamente alcalino en los estratos inferiores del suelo (pH = 7.10 a 8.25); libres a muy ligeramente afectado de exceso de sales en la capa arable del suelo de Conductividad Eléctrica (CE = 0.25 mmhos/cm.), libres a muy ligeramente afectado de exceso de sales en los estratos inferiores del suelo (CE = 0.24 a 0.22 mmhos/cm.); medio es el porcentaje de saturación de bases en la capa arable del suelo; de medio a alto porcentaje de saturación de bases en estratos inferiores del suelo (% SB = 61.15 a 84.72).

En materia orgánica, encontramos que los valores porcentuales en la capa arable del suelo son altos (6.11%), altos en los estratos inferiores del suelo (4.45 a 6.09%); en nitrógeno total en la capa arable del suelo es medio (0.19 %), medio en los estratos inferiores del suelo (0.17 a 0.21%); con presencia de carbonatos.

En la capa arable y con alto presencia de carbonatos en estratos inferiores (5.60 a 5.80 %) La fertilidad con respecto a los nutrientes minerales disponibles para la planta, vemos que en P2O5, las reservas son medio en la capa arable del suelo (10.96 ppm), medios en los estratos inferiores (9.65 a 10.95 ppm); en K20 son alto en la capa arable del suelo (2.90 ppm), alto en los estratos inferiores del suelo (209 a 282 ppm); con una capacidad para retener a los nutrientes es alto en la capa arable del suelo (CIC = 15.80 me/100 g.), altos a medios en los estratos inferiores del suelo (CIC = 17.40 a 14.27 me/100 g.); predominando los cationes de calcio y magnesio.

Agronómicamente los suelos de esta serie son de media capacidad para producir cosechas. Pero es recomendable llevar a cabo prácticas de buen manejo y conservacionistas a fin de que las tierras no pierdan más su nivel de producción; para ello se deben realizar aplicación de enmiendas orgánicas e incorporación de abonos verdes, se puede producir cultivos de periodo vegetativo corto, como los cultivos forrajeros (avena) y mejorar los pastos naturales que se cultivan en la zona del presente proyecto.

4.3 Análisis de agua para riego

Tabla 24: Resultado de análisis de agua para riego.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS	
Aspecto	Ligeramente Turbio
Color	Ligeramente ámbar
Olor	Inodoro
Sabor	Insípido
CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA	
pH	8.79
C.E.	0.43 mS/cm.
Dureza total (como CaCO ₃)	323.00 mg/l
Alcalinidad (como CaCO ₃)	237.36 mg/l
Cloruros (como Cl ⁻)	62.41 mg/l
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	76.00 mg/l
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	0.02 mg/l
Calcio (como Ca ⁺⁺)	38.00 mg/l
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	55.02 mg/l
Sólidos totales	385.41 mg/l
Sodio (como Na ⁺)	4.00 mg/l
Potasio (como K ⁺)	3.00 mg/l
SAR	0.59
CLASE	C2S1
* Relación de adsorción de sodio	

En la tabla 24, se observa los resultados del análisis de agua para riego, según las normas de la OMS, donde las características físicas no son normales, las químicas son altas en pH, dureza, sólidos totales y alcalinidad, para riego necesitan tratamiento.

CAPITULO V: EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 Niveles de concentración de los metales pesados en dos tipos de suelos, serie Titicaca y Calapuja.

Las tablas 25 y 26 presentan la variación de metales pesados en las dos series de suelos sin aplicación de agua de riego.

Tabla 25: Niveles de concentración de metales pesados en suelos sin riego de la serie Titicaca.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	SERIE TITICACA
Arsénico total	mg/kg	50	5.00
Cadmio total	mg/kg	1.4	0.10
Mercurio total	mg/kg	6.6	0.05
Plomo total	mg/kg	70	1.00
Zinc total*	mg/kg	150 – 300	17.00

Fuente: DS-002-2013-MINAM

* UE = Comunidad Europea

En la tabla 25 se muestra que en suelos sin riego de la serie Titicaca no presentan metales pesados por encima de los estándares de calidad ambiental (ECAs). Que están establecidas por el DS-002-2013-MINAM. La concentración de metales disponibles en el suelo esta una función del pH, la mayoría de los metales pesados tienden a estar en suelos ácidos, como indica Narwal (1999), en esta serie se encontraron suelos alcalinos donde el pH en la capa arable del suelo es 7.59 (ms/cm) esta serie de suelo es ligeramente alcalino, el contenido de arcillas, contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades que las hacen únicas en términos de manejo de la contaminación, donde en el suelo pueden encontrarse en forma natural los metales pesados, donde corroboran Kimberly and William (1999), Sauve (2000). En estos suelos sin riego puede influir mucho la precipitación pluvial que en el ciclo hidrológico puede que ingrese los metales pesados en forma de iones luego cae la lluvia acida ya que en el presente año fue de 671.9mm de precipitación superando los años pasados.

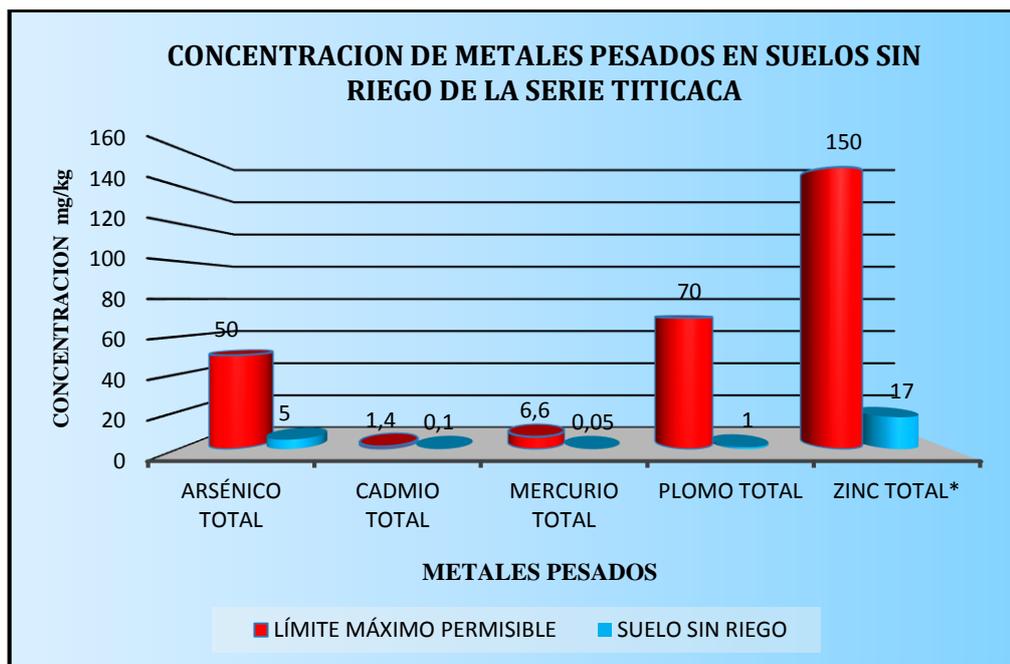


Figura 4: Niveles de concentración de metales pesados en suelos sin riego de la serie Titicaca.

Se puede observar que en la figura 4, los análisis de suelos de la serie Titicaca no exceden los límites máximo permisibles, donde los resultados de análisis son: Cd 0.10mg/kg, As 5mg/kg, Hg 0.05mg/kg, Zn 17.00mg/kg y Pb 1.00mg/kg y la concentración de metales pesados es menor que en suelos de la serie Calapuja.

Tabla 26: Niveles de concentración de metales pesados en suelos de la serie Calapuja.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	SERIE CALAPUJA
Arsénico total	mg/kg	50	6.3
Cadmio total	mg/kg	1.4	0.12
Mercurio total	mg/kg	6.6	0.07
Plomo total	mg/kg	70	1.7
Zinc total*	mg/kg	150 - 300	20.4

Fuente: DS-002-2013-MINAM

* UE = Comunidad Europea

En la tabla 26 se observa los niveles de concentración de metales pesados de la serie Calapuja, donde el contenido de As es de 6.3mg/kg, Cd 0.12 mg/kg, Hg 0.07 mg/kg, Pb 1.7 mg/kg y Zn 20.4 mg/kg, la presencia de estos metales pesados en el suelo no exceden los estándares de calidad ambiental que están establecidos por DS-002-2013-MINAM

y por Comunidad Europea. La capacidad de retención de metales pesados es mayor en la serie Calapuja debido a que la capacidad de intercambio catiónico CIC es alto, 16.80 me/100g y en suelos de la serie Titicaca la capacidad de intercambio catiónico CIC. es 15.58 me/100g.

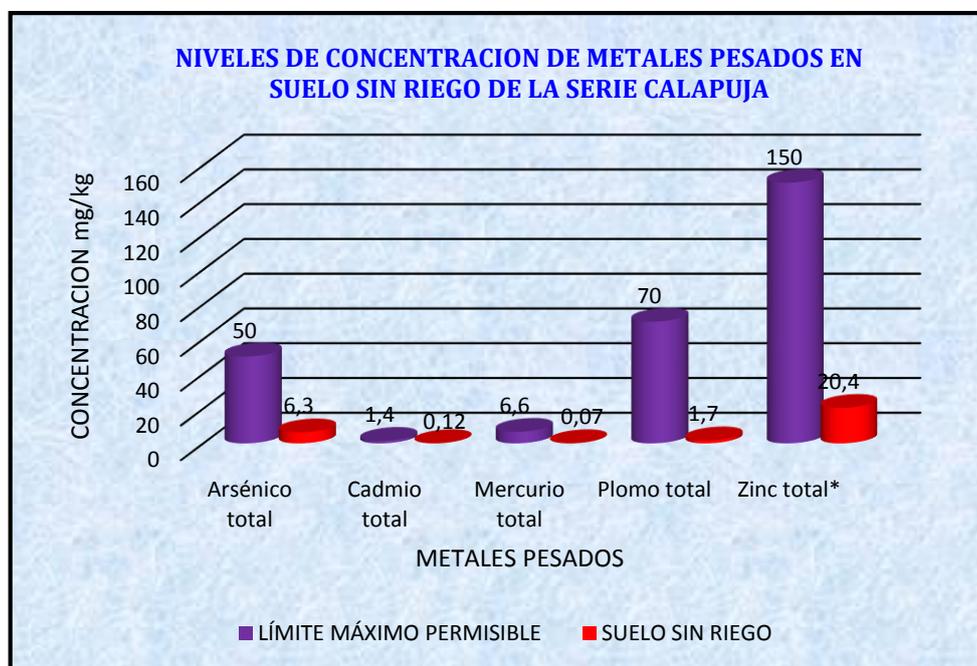


Figura 5: Niveles de concentración de metales en la serie Calapuja

En la figura 5, en relación a los tratamientos, los niveles de concentración de metales pesados en los suelos sin riego, el Zn fue determinado como elemento de mayor concentración en el suelo de la comunidad de Ñaupapampa, después fue As. donde no exceden los estándares de calidad ambiental.

Los niveles de concentración de metales pesados en las dos series de suelos sin riego de la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo, se pueden observar en las figuras 4 y 5, no exceden los LMP, entre las dos series de suelos se pueden indicar que la mayor concentración de metales pesados se encuentra en la serie Calapuja esto debido a que el contenido de CIC es alto en la serie Calapuja, el CIC está en función al contenido de arcilla y materia orgánica; en general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad de suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, se retienen con menor fuerza (Ahumada *et al*, 1999), el pH de estos suelos es alcalino, pero la mayoría de los metales tienden a estar más

disponibles en pH ácido, excepto Arsénico, directamente o indirectamente. El pH es un parámetro muy importante que tiene influencia en los procesos de sorción-desorción, precipitación y disolución, la formación de complejos y reacciones de óxido – reducción (Narwal *et al*, 1999).

En estos suelos el contenido de metales pesados que tienen puede ser por la presencia de las lluvias acidas ya que son recargadas de los acuíferos contaminados o de ríos contaminados por los metales pesados.

5.2 Niveles de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego y evaluar la calidad de agua de riego.

En la tabla 27, se pueden determinar los niveles de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego de la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo.

Tabla 27: Comparando los niveles de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego.

Parámetro	Unidad	Límite Máximo permisibles	Serie Titicaca		Serie Calapuja	
			Con riego	Sin riego	Con riego	Sin riego
Arsénico total	mg/kg	50	69	5.00	53	6.3
Cadmio total	mg/kg	1.4	1,0	0.10	0,91	0.12
Mercurio total	mg/kg	6.6	0,41	0.05	1,0	0.07
Plomo total	mg/kg	70	21	1.00	20	1.7
Zinc total*	mg/kg	150	88	17.00	140	20.4

Fuente: DS-002-2013-MINAM

* UE = Comunidad Europea

En la tabla 27, se muestran que el contenido de metales pesados como As, Cd, Hg, Zn y Pb es mayor en suelos con riego y en menor grado la concentración de metales en suelos sin riego esto nos indica que hay una influencia con respecto a los suelos irrigados. Las aguas de riego que tienen metales pesados, con el paso del tiempo tiende a acumularse estos metales en los suelos, mucho influye el contenido de carbonatos, materia orgánica, pH entre otros donde retienen a estos metales y se encuentran en forma precipitado y disponibles en forma de iones y oxido. Los metales pesados que ingresan en pequeñas cantidades en los suelos encuentran lugares específicos de adsorción donde

son retenidos fuertemente en los coloides orgánicos e inorgánicos, señalado por Sauve (2000).

Estos suelos con riego tienden a pasar los límites máximos permisibles como As, (53 mg/kg) en la serie Calapuja y As, (69 mg/kg) en suelos de la serie Titicaca, mientras los suelos sin riego tienen trazas de metales en mínimas cantidades. La característica de los suelos favorece la entrada e infiltración de la contaminación de metales pesados, por ejemplo la arcilla montmorillonita tiende a adsorber metales pesados que quedan retenidos en sus posiciones de cambio, por el contrario los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación pasando rápidamente al subsuelo y contaminando los niveles freáticos, tal como señala Pineda (2004). Haciendo una comparación con los LMP para suelos que son establecidos para Perú se encuentran excediendo los límites permisibles.

Los niveles de concentración de los metales pesados en suelos agrícolas varían respecto al color del suelo, la serie Calapuja presenta color pardo intenso 7.5 YR 6/6, hasta rojo amarillento oscuro 7.5 YR 5/4, son suelos aluviales, con drenaje bueno y/o algo excesivo, este suelo puede presentar óxidos de hierro por el color y es por eso que el contenido de As se encuentra o exceden los límites máximo permisibles (53 mg/kg) donde los LMP dados para Perú son de (50mg/kg), los suelos de la serie Calapuja de la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo están contaminados por arsénico y los el suelo de la serie Titicaca son de color pardo oscuro hasta pardo amarillento, contenido de materia orgánica alto, pH alcalino , CIC alto.

La serie Titicaca se encontraron alto contenido de carbonatos, estos factores influyen en la contaminación de suelos por As, es un elemento no esencial para las plantas pero en suelos son adsorbidos por materia orgánica y por su alto contenido carbonatos donde son retenidos y luego transportados en forma de iones, que son absorbidos por las raíces de las plantas y pasando en la cadena alimenticia según EPA, han determinado que el As inorgánico es un elemento reconocido como cancerígeno en seres humanos, en suelos agrícolas pueden alterar los procesos físico- químicos y así siendo contaminado el suelo de esta serie mientras los otros metales pesados como Hg, Cd, Pb, Zn no exceden los LMP que están establecidos por la normas ambientales para suelos de Perú. Según Kimberly *et al* (1999); sauve *et al* (2000) mencionan que los metales pesados disponibles en el suelo está en función al pH, arcillas y otras propiedades que las hacen

únicas, con el incremento de pH debido a la precipitación de estos metales en forma de hidróxidos, carbonatos.

Y en suelos sin riego no presentan contaminación por metales pesados en suelos por que no exceden los LMP.

En la comunidad de Ñaupapampa del distrito de asillo, donde los metales pesados contribuyen fuertemente a la contaminación del medio ambiente debido a que no son biodegradables no son termo-degradables generalmente no pueden percolar a las capas inferiores del suelo o llamados horizontes y con el pasar del tiempo se van acumulando sutilmente a concentraciones tóxicas.

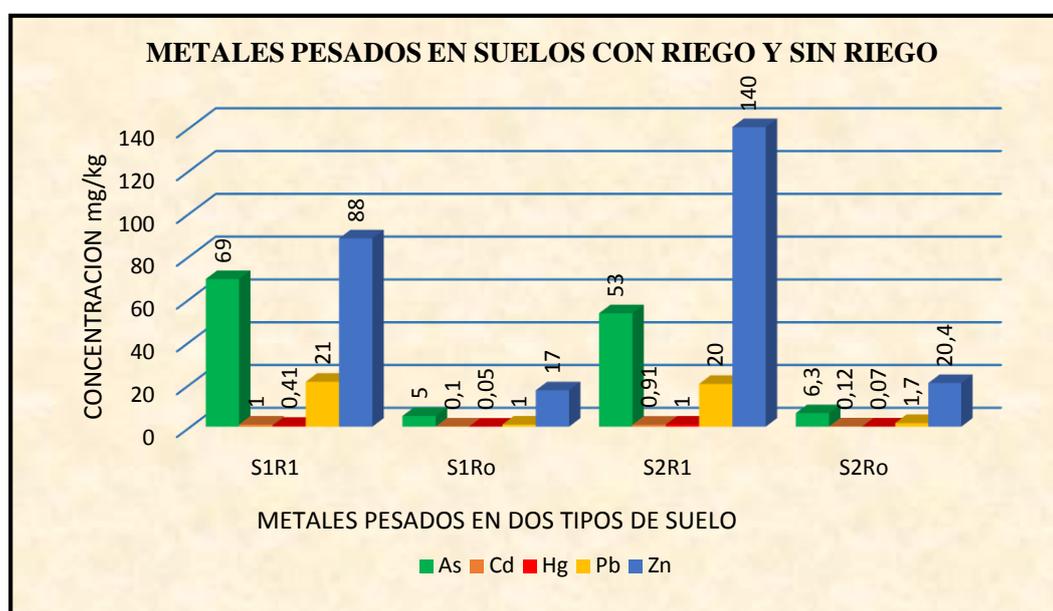


Figura 6: Comparación de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego

En el grafico 6 se observa, que los metales pesados se van acumulando en el suelo con el paso de multitemporalidad la frecuencia de riego que se realiza en la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo, tal como señala Kabata *et al* (1984), que la causa principal del aumento de los metales pesados en el suelo radica por las actividades principales, que se desarrollan como la minería artesanal o minería informal que los escombros o la lama son evacuados a los ríos. Las concentraciones de metales contaminantes no han llegado a su nivel máximo y que incrementan progresivamente con el paso del tiempo por las actividades industriales y de agricultura moderna.

Flores *et al*, (1997), corroboran que los metales pesados se concentran en las capas superficiales del suelo y que las más altas concentraciones de estos, se presentan durante los periodos recientes de irrigación. Encontraron que las concentraciones de Cd, Zn y Pb en el suelo, se encuentran absorbidas con la fracción orgánica del suelo ya que las concentraciones disminuyen con el bajo porcentaje de materia orgánica y la variabilidad en la concentración del CaCO₃ en las capas del suelo.

En suelos agrícolas inundados con aguas contaminadas o regadas, se pueden incorporar al suelo sustancias toxicas como es el caso de los metales pesados como As, Hg, Zn, Cd y Pb y residuos orgánicos de baja tasa de degradación, además de un incremento de salinidad tanto del suelo como del manto acuífero, así corroboran Chang *et al*, (1992).

En la tabla 28, se observan los niveles de concentración de metales pesados en aguas para riego de suelos agrícolas de la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo.

Tabla 28: Resultado de análisis de agua de riego.

Parámetro	Límites máximos permisibles	Unidad	Concentración de metales en agua de riego
As	0.1	mg/l	0.020
Cd	0.01	mg/l	< 0.0050
Hg	0.001	mg/l	< 0.0020
Pb	0.05	mg/l	< 0.0020
Zn	2	mg/l	< 0.0050

En la tabla 28 y figura 7 se pueden determinar la concentración de metales pesados en aguas de riego, según los estándares de calidad ambiental para agua. Decreto Legislativo N°17752, derogado por la ley 29388 ley general de aguas, Decreto Supremo N 015-2015 MINAM. Estas normas establecen los estándares de la calidad del agua para riego de vegetales no exceden los LMP, con el paso del tiempo y frecuencia de riego que se aplica cada 3 días en el área de estudio esto influye mucho de la presencia y acumulación de este metal en los suelos irrigados, Hg 0.002 mg/kg están por encima de los LMP y que el agua de riego se encuentra contaminado, mientras otros metales como Pb, As, Zn y Cd se encuentran por debajo de los estándares de calidad ambiental para aguas.

Donde los autores corroboran que muchos metales asociados con la fase acuosa del suelo pueden transportarse por medio del agua subterránea y no se degradan Aguirre y Athié, (1981). Su movilización hacia las aguas subterráneas, se da por los mecanismos

de adsorción y precipitación; la interacción de los metales y el suelo, inicia desde que los metales se introducen desde la superficie hasta su precipitación a estratos inferiores cuando estos logran rebasar la capacidad de carga de los suelos donde menciona Gonzales *et al*, (2000).

Ferro, (2009) al referirse a la contaminación hídrica causada por actividad minera informal ubicada en los alrededores del distrito de Ananea – Puno, concluye que el impacto negativo sobre las aguas del Río Ramis se hace evidente por la colmatación de las tomas y canales de riego que inciden en la calidad disminuida de los productos agropecuarios; haciendo notar además la inexistencia de la gestión integral de los recursos hídricos por la ausencia de espacios de concertación.

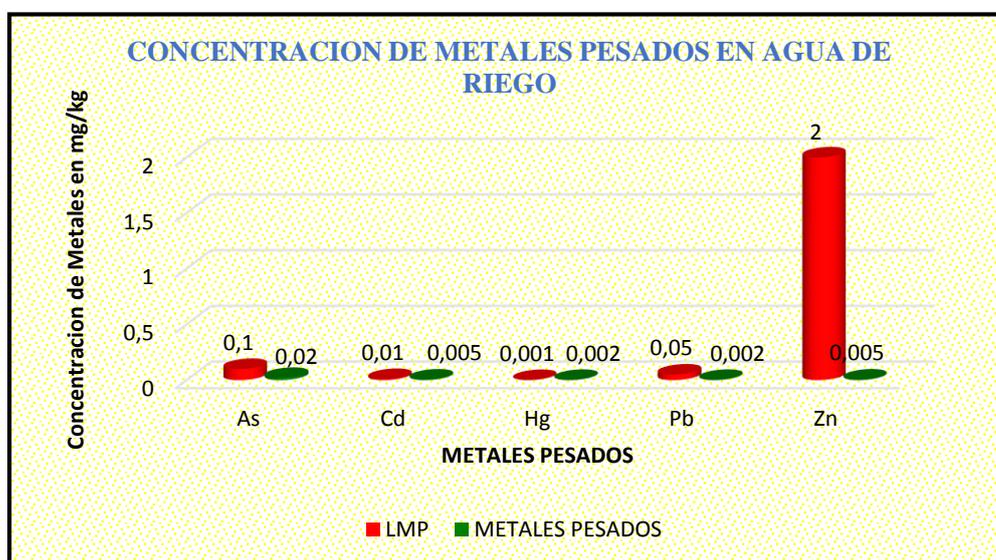


Figura 7: Metales pesados en aguas de riego de la comunidad de Ñaupapampa.

En la figura 7 se puede denotar que el contenido de los metales pesados en el agua se puede dar mediante la circulación de metales con las aguas está influenciada por el balance hídrico del agua en el suelo, donde interviene la cantidad de precipitación, evaporación, escorrentía e infiltración del agua, en función de las propiedades fisicoquímicos del suelo. Es de resaltar la influencia que ejerce el pH del suelo, ya que la mayoría de los elementos traza, con la excepción de Mo, As y Se, son más móviles en condiciones de acidez creciente donde corrobora Alloway, (1993). En el presente proyecto de investigación se determinaron que el análisis físico químico de agua para riego necesita tratamiento como tratamiento de agua a nivel de parcela, microcuenca. En suelos agrícolas inundados con aguas contaminadas o regadas, se pueden

incorporar al suelo sustancias tóxicas como es el caso de los metales pesados y residuos orgánicos de baja tasa de degradación, además de un incremento de salinidad tanto del suelo como del manto acuífero, tal como señala Chang *et al*, (1992).

Haciendo comparaciones de concentraciones de metales pesados que ha sido estudiados por el PELT en el año 2009, a nivel de progreso, Azángaro, crucero que han sido evaluados y con estudio de aguas analizadas en la cuenca del río Ramis y en el mismo río Ramis y con los estudios realizados en el presente trabajo de investigación se encontró que los metales tales como el Hg sigue con las mismas concentraciones que han sido obtenidas en los años 2009 donde se obtuvieron a nivel de crucero <0.0020 mg/l realizadas, a nivel de progreso en los canales de irrigación fue de <0.00020 mg/l y a nivel de Azángaro con los resultados de <0.00020 mg/l, esto quiere decir que con la construcción de esta represa Cotarsaya no se está mitigando o reduciendo la contaminación de aguas que son directamente desembocado a los ríos de San Antón y es captado y tratado en esta represa. Para luego utilizar como agua de riego. Otro de los metales como el plomo se encuentra en proceso de contaminación haciendo las comparaciones con esos estudios, respecto al Pb va aumentando pero no exceden los límites máximo permisibles donde en esos estudios los análisis resultaron en crucero con <0.0056 mg/l a nivel de progreso <0.0056 mg/l y Azángaro también con el mismo resultado de <0.0056 mg/l y en el presente estudio en la comunidad de Ñaupapampa con <0.0020 que se encuentra próximo a los LMP que es 0.05 mg/l.

Investigadores de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (1999), determinaron en muestras de agua para el Lago Titicaca – desembocadura del río Ramis que el plomo (0.014 mg/l) se encuentra por encima del límite permisible según los valores guía de US/EPA (0.0058 mg/l) referida para metales totales, mientras los elementos Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Hg y As se encuentran por debajo de los límites permisibles.

Para que los suelos no sean contaminados por el agua de riego se tendrían que tomar las siguientes alternativas, manejo de agua a nivel de parcela, microcuenca, cuenca esto directamente en convenio con ANA, ALA y MINAM, las autoridades deben de tomar decisiones en coordinación con la población para que propongan y efectúen alternativas de mitigación y/o remediación para esto se tendrán que tomar estrategias como la participación ciudadana, ordenamiento territorial y dotar de plantas de neutralización.

5.3 Niveles de concentración de metales pesados en avena (var. Tayko) y Alfalfa (var. w – 350)

Concentración de As en plantas, cultivo de alfalfa y cultivo de avena.

Tabla 29: Análisis de variancia para As en plantas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUES	2	0.028051	0.014025	1.1211	0.355	n.s
FACTOR A	1	0.159739	0.159739	12.7684	0.003	*
FACTOR B	1	5.485528	5.485528	438.4726	0.000	**
FACTOR C	1	0.073925	0.073925	5.9091	0.028	*
A X B	1	0.153920	0.153920	12.3032	0.004	*
A X C	1	0.022084	0.022084	1.7652	0.203	n.s
B X C	1	0.089793	0.089793	7.1774	0.017	*
A X B X C	1	0.018816	0.018816	1.5040	0.239	n.s
ERROR	14	0.175148	0.012511			
TOTAL	23	6.207004				

C.V. = 22.2847%

*Significativo; 0.05

** Altamente significativo; 0.01

De acuerdo al análisis de varianza elaborado para la determinación de concentración de arsénico en cultivos presentado en la tabla 29, se tiene que, entre bloques estadísticamente no hay diferencias significativas, lo que indica que el medio experimental fue similar no hay diferencia significativa respecto a los muestreos y obtención de datos. Con respecto al factor B se muestra una diferencia altamente significativa al 99.9% de probabilidad. Hecho que similar al anterior caso ocurre que en la absorción de Hg. En los cultivos de avena y alfalfa son afectados directamente por la presencia de riego que estas aguas son contaminadas y regadas directamente a los cultivos. De otro lado, el coeficiente de variabilidad de 22.28% considerados como aceptable señala que los datos obtenidos en la presente investigación son confiables.

Tabla 30: Prueba de Tukey para el factor As entre cultivos.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
1	0.5574	a
2	0.4464	b

Al efectuar la prueba de significancia de Tukey tabla 30; se tiene que la concentración de arsénico en cultivo de avena var. Tayko con 1.2mg/kg de As supera estadísticamente la concentración de As en cultivo de alfalfa var. W – 350 con 1.08 mg/kg, lo que señala que en el presente trabajo de investigación, el cultivo de avena acumula mayor cantidad de As, tal como señala Nastusch (1997). Si la planta crece en diferentes tipos de suelo

con igual concentración de metales, varía notablemente el nivel de fitotoxicidad por su capacidad de absorción. Esto se relaciona con el contenido de arcillas, su composición mineral, la cantidad de materia orgánica, pH y la composición de la solución del suelo.

El As es un elemento no esencial para las plantas. Donde se encontraron en los análisis de suelos que los pH son alcalinos, donde se pueden corroborar con los autores. En altas concentraciones interviene en los procesos metabólicos de las plantas, pudiendo inhibir el crecimiento y frecuentemente llegar a la muerte de la planta Tu y Ma, (2002). Sin embargo, los niveles de As en vegetales, granos y otros cultivos alimenticios son bajos, aun cuando los cultivos se desarrollen en suelos contaminados, donde menciona O`Neil, (1995). El As en el suelo se encuentra en formas móviles en el rango de pH 7 a 9.



Figura 8: Concentración de As en cultivos

En la figura 8, se puede observar el nivel de concentración de As en cultivo de avena var. Tayko andenes y Alfalfa var. W -350, no exceden los límites máximos permisibles que están establecidos por Kabata – Pendias 1992.

La inhalación de niveles altos de Arsénico inorgánico puede producir dolor de garganta e irritación de los pulmones. La ingestión de niveles muy altos de Arsénico puede ser fatal. La exposición a niveles más bajos puede producir náusea y vómitos, disminución del número de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardíaco anormal, fragilidad capilar y una sensación de hormigueo en las manos y los pies. La ingestión o inhalación prolongada de niveles bajos de Arsénico inorgánico puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso. El contacto de la piel con Arsénico inorgánico puede producir enrojecimiento

e hinchazón. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS, por sus siglas en inglés) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) han determinado que el Arsénico inorgánico es un elemento reconocido como carcinogénico en seres humanos.

Tabla 31: Análisis de varianza para Cd en plantas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUES	2	0.095191	0.047595	3.2173	0.070	n.s
FACTOR A	1	1.148875	1.148875	77.6602	0.000	**
FACTOR B	1	3.124096	3.124096	211.1786	0.000	**
FACTOR C	1	0.071832	0.071832	4.8556	0.043	*
A X B	1	1.164681	1.164681	78.7286	0.000	**
A X C	1	0.166500	0.166500	11.2548	0.005	**
B X C	1	0.079926	0.079926	5.4027	0.034	*
A X B X C	1	0.169849	0.169849	11.4812	0.005	**
ERROR	14	0.207111	0.014794			
TOTAL	23	6.228061				

C.V. = 30.0226%

*Significativo; 0.05

** Altamente significativo; 0.01

Los resultados del análisis de varianza para la determinación de concentración de Cd en cultivos de avena y alfalfa, presentado en la tabla 31, Con respecto al factor Cd se muestra una diferencia altamente significativa al 99.9% de probabilidad. Hecho que similar al anterior caso ocurre que en la absorción de Cd. En los cultivos de avena y alfalfa son afectados directamente por la presencia de riego que estas aguas son contaminadas y regadas directamente a los cultivos. De otro lado, el coeficiente de variabilidad de 30.0226 % considerados como aceptable señala que los datos obtenidos en la presente investigación son confiables. Lo que vale la pena resaltar que los cultivos de avena y alfalfa del presente trabajo de investigación superan los estándares de calidad ambiental para cultivos que son dados por Kabata – Pendias (1992).

Las especies vegetales como avena y alfalfa, incluido los cultivos agrícolas, tienen la capacidad de acumular metales pesados en sus tejidos; a esta capacidad se le conoce como bioacumulacion y es diferente entre las especies vegetales la acumulación y son atribuidas también a la capacidad de retención de metales por el suelo y a la interacción Planta – Raíz – Metal, corroborado por Bañuelos et al (1997). En el presente trabajo de investigación se puede notar la concentración de Cd en cultivo de alfalfa en suelo Calapuja con riego esto nos indica que el índice de acumulación del metal está por

encima de los LMP para cultivos, y el cultivo de avena también se encuentra sobre los LMP.

Tabla 32: Prueba de Tukey para el factor Cd entre cultivos.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
1	0.4598	a
2	0.3504	b

La prueba de Tukey elaborado para el factor Cd se presenta en la tabla 32, donde la concentración de Cd en cultivo de avena var. Tayko andenes con 0.4598 mg/kg de Cd supera estadísticamente la concentración de Cd en cultivo de alfalfa var. W – 350 con 0.3504 mg/kg, las plantas son capaces de crecer en suelos con altos contenidos de metales lo hacen excluyendo iones potencialmente tóxicos de sus sistemas de raíces. En otras plantas, los metales son utilizados como micronutrientes, aunque a menudo aun en concentraciones mínimas, saturan a la planta. La habilidad de tolerar la presencia de cada especie vegetal Fitter *et al*, (1987).

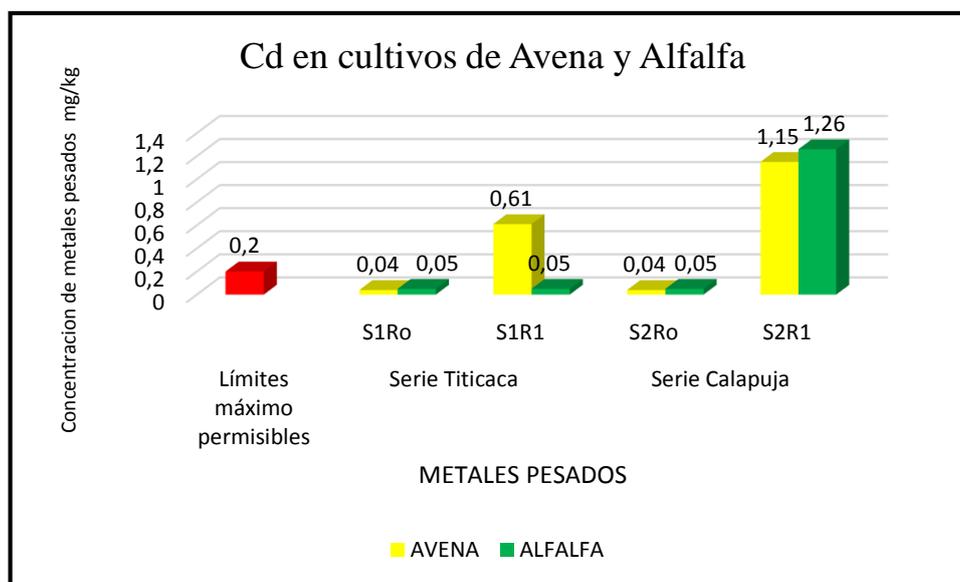


Figura 9: Concentración de Cd en cultivos

En la figura 9 se observa, que la concentración de Cd en cultivo de avena en suelos con riego en la serie Titicaca con promedio de 0.61 mg/kg de Cd, en la serie Calapuja con 1.15 mg/kg Cd que superan los LMP, la concentración de Cd en cultivo de alfalfa está por encima de los LMP en suelos de la serie Calapuja con promedio de 1.26 mg/kg mientras que en suelo Titicaca no exceden los LMP.

El Cd es un elemento de la naturaleza química similar al Zn, ambos pertenecen al grupo II de la tabla periódica y es sustituto de este en forma de impureza en los minerales de Zn, por esto el Cd es un subproducto de las fundiciones de Zn y otros metales. El Cd también se presenta como sustituto del Ca en la apatita y la calcita, pudiendo aumentar sus impurezas en los fertilizantes fosfatados.

En la tabla 33, se observa la prueba de significancia de TUKEY al 0.01%, en donde se muestra la concentración de metales pesados en dos tipos de suelos, en donde existen diferencias estadísticas significativas entre las medias de dos series de suelos donde la concentración de cadmio en la absorción de plantas influye mucho el S2R1, en el S1R1 la concentración de cadmio en menor grado. La concentración de cadmio podría haber por la presencia de la lluvia acida, ya que en la actualidad se ve la contaminación ambiental. Donde la precipitación pluvial en el área de estudio fue de 671.9 mm al año.

Tabla 33: Cadmio para Suelos.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
2	0.6240	a
1	0.1860	b

En la tabla 34, se observa la prueba de significancia de TUKEY al 0.01%, en donde se muestra la influencia de tipo de riego, en donde existen diferencias significativas entre las medias, en donde el agua de riego es el que contamina directamente al cultivo esto se puede presentar en forma de iones y que absorbidas por los cultivos, prueba realizada al 99% de probabilidad.

Tabla 34: Cadmio entre riegos.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
2	0.7659	a
1	0.0443	b

En la tabla 35, se demuestra que la prueba de significancia de TUKEY al 0.05%, donde se muestra la influencia de cadmio en cultivos, en donde existen diferencias significativas entre las medias en donde en contenido de Cd en avena Variedad Tayko S1R1 fue 0.61mg/kg y S2R1 1.15mg/kg en las dos series de suelos y en alfalfa fue de 1.26mg/kg en S2R1. Esto indica que cada cultivo es muy diferente en la extracción y/o acumulación de Cd. a una prueba de 95% de probabilidad.

Tabla 35: Cadmio entre cultivos.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	5%
1	0.4598	a
2	0.3504	b

En la tabla 36, se demuestra que la prueba de significancia de TUKEY al 0.01%, donde se muestra la influencia de cadmio en la interacción entre suelo y riego, en donde existen diferencias significativas entre las medias en donde en contenido de Cd en suelo S2R1 0,91mg/kg y en el agua de riego fue de < 0.0050mg/l, y en suelo S1R0 no existe diferencia significativa con respecto al riego.

Tabla 36: Cadmio interacción suelo x riego.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
4	1.2050	a
2	0.3268	b
1	0.0458	c
3	0.0428	c

En la tabla 37, se demuestra que la prueba de significancia de TUKEY al 0.01%, donde se muestra la influencia de cadmio en la interacción entre suelo y cultivos de avena Tayko y alfalfa, W- 350 en donde no existen diferencias significativas entre las medias en donde en contenido de Cd en el cultivo de alfalfa variedad W – 350 y avena variedad Tayko en cuanto al absorción de metales pesados son similares suelo Calapuja 0,91mg/kg, y en suelo Titicaca 1.0mg/kg si existe diferencia significativa entre las medias.

Tabla 37: Cadmio interacción suelo x cultivo.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
4	0.6525	a
3	0.5953	a
1	0.3243	b
2	0.0483	c

En la tabla 38, se demuestra que la prueba de significancia de DUNCAN al 0.05%, donde se muestra la influencia de cadmio en la interacción entre riego y cultivos de avena Tayko y alfalfa, W- 350 en donde existen diferencias significativas entre las medias en donde en contenido de Cd en el cultivo de alfalfa variedad W – 350 y avena variedad Tayko existe diferencia significativa entre las medias. Con respecto a la

aplicación del riego esto indica que el cultivo de avena con la aplicación de riego absorbe más que el cultivo de alfalfa que también es con riego, en cuanto a riego en cultivo de alfalfa hay diferencia significativa, y entre agua de riego y sin riego no hay diferencia significativa.

Tabla 38: Cadmio riego x cultivo.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	5%
3	0.8783	a
4	0.6535	b
2	0.0473	c
1	0.0413	c

En la tabla 39, se demuestra que la prueba de significancia de DUNCAN al 0.01%, donde se muestra la influencia de cadmio en la interacción entre suelo, riego y cultivos de avena Tayko y alfalfa, W- 350 en donde no existen diferencias significativas entre las medias en donde el contenido de Cd en S2R1B y S2R1A son contaminados por Cd, aquí puede influir también la precipitación pluvial ya que los suelos de la serie Calapuja son de franco a arena donde los metales se encuentran en forma precipitado y en S1R1A el contenido de Cd es en menor grado que S2R1B y S2R1A, mientras los S1R0B, S1R1B, S2R0B, S1R0A y S2R0A, no presentan diferencia significativa porque no están contaminados por el Cd.

Tabla 39: Cadmio interacción Suelo x Riego x Cultivo.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
8	1.2600	a
7	1.1500	a
3	0.6067	b
2	0.0497	c
4	0.0470	c
6	0.0450	c
1	0.0420	c
5	0.0407	c

Tabla 40: Análisis de varianza para Pb en plantas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUES	2	0.005658	0.002829	0.7826	0.520	n.s
FACTOR A	1	0.055104	0.055104	15.2437	0.002	*
FACTOR B	1	0.301504	0.301504	83.4059	0.000	**
FACTOR C	1	0.000504	0.000504	0.1396	0.715	n.s
A X B	1	0.030104	0.030104	8.3279	0.012	*
A X C	1	0.000704	0.000704	0.1947	0.669	n.s
B X C	1	0.000004	0.000004	0.0011	0.972	n.s
A X B X C	1	0.007004	0.007004	1.9375	0.183	n.s
ERROR	14	0.050609	0.003615			
TOTAL	23	0.451196				

C.V. = 21.3143%

*Significativo; 0.05

** Altamente significativo; 0.01

De acuerdo al análisis de varianza elaborado para la determinación de concentración de Pb en cultivos de avena y alfalfa, se presenta en la tabla 40; a nivel de bloques no es significativo, indica que el medio experimental donde se condujo el experimento es homogéneo donde los resultados obtenidos son estadísticamente similar.

El plomo es un metal altamente toxico y/o intoxicación aguda se presenta acompañada de alteraciones digestivas, dolores epigástricos y abdominales, vómitos, alteraciones renales y hepáticas, convulsión y coma. En tanto que la intoxicación crónica puede involucrar neuropatías, debilidad y dolor muscular, fatiga, cefalea, alteraciones del comportamiento, parestesias, alteraciones renales, aminoaciduria, hiperfosfaturia, glucosuria, nefritis crónica, encefalopatía, irritabilidad, temblor, alucinaciones con pérdida de memoria, cólicos, alteraciones hepáticas.

Tabla 41: Prueba de Tukey para el factor Pb entre cultivos.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
2	0.7387	a
1	0.3523	b

Según la prueba de Tukey elaborado para el factor Pb presentado en la tabla 41 se observa, que el nivel de concentración de Pb para el cultivo de avena variedad Tayko se obtuvo un promedio de 0.43 mg/kg de Cd estadísticamente superior al cultivo de alfalfa, con promedio de 0.38 mg/kg, los cuales estadísticamente son diferentes y guardan diferencias significativas entre cultivos.

El Pb y otros metales tienden a quedar adsorbidos por los carbonatos. Ernest (1996) indica que el pH, materia orgánica, CIC, también hay otros factores que afectan la solubilidad de los metales en el suelo y su biodisponibilidad para las plantas. Entre ellos la actividad microbiana del suelo, por ejemplo, puede inmovilizar metales favoreciendo la precipitación de sulfuros y óxidos de Fe hidratados.

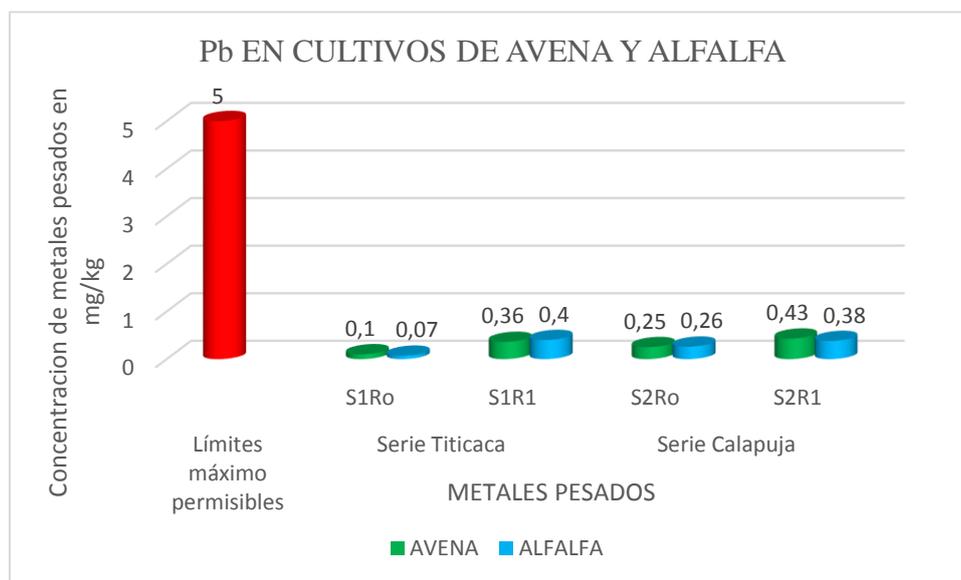


Figura 10: Concentración de Pb en cultivos

En la figura 10 se muestra la concentración de Pb en cultivo de alfalfa como en cultivo de avena están por debajo de los estándares de calidad ambiental. Y comparados con los estándares de la UE también no exceden los límites máximo permisibles para cultivos.

Tabla 42: Análisis de varianza para Hg en plantas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUES	2	0.023258	0.011629	0.6835	0.525	n.s
FACTOR A	1	0.001307	0.001307	0.0768	0.782	n.s
FACTOR B	1	6.624454	6.624454	389.3775	0.000	**
FACTOR C	1	0.895908	0.895908	52.6604	0.000	**
A X B	1	0.001106	0.001106	0.0650	0.797	n.s
A X C	1	0.096139	0.096139	5.6509	0.031	*
B X C	1	0.890503	0.890503	52.3427	0.000	**
A X B X C	1	0.104151	0.104151	6.1219	0.025	*
ERROR	14	0.238181	0.017013			
TOTAL	23	8.875008				

C.V. = 23.9127%

*Significativo; 0.05

** Altamente significativo; 0.01

De acuerdo al análisis de varianza realizado para la determinación de concentración de Hg en cultivos de avena y alfalfa, se presenta en la tabla 42; donde se puede determinar el agua de riego como el tipo de suelo afectan directamente para la acumulación y/o absorción de Hg en los cultivos ya que en los análisis obtenidos para suelos en la tabla 27 y para aguas de riego en la tabla 28 a nivel de bloques no es significativo. Donde el Hg puede acumularse en el suelo, se encuentra controlada principalmente por la formación de complejos orgánicos y por la precipitación. El Hg se encuentra asociado a Cl^- . En presencia de un exceso Cl^- la adsorción de Hg^+ en las partículas minerales del suelo y la materia orgánica disminuye debido a la formación de complejos de Hg – Cl altamente estables que poco adsorbidos. Las plantas pueden absorber en forma de iones.

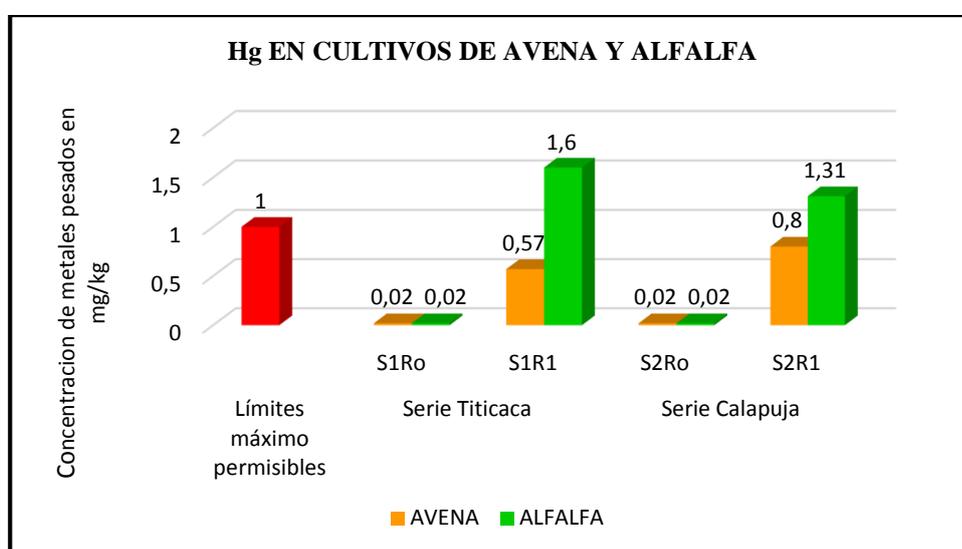


Figura 11: Concentración de Hg en cultivos

En la figura 11 se observa, que la concentración de Hg en cultivo de avena, está debajo de los LMP, en cultivo de alfalfa están por encima de los LMP en las dos series de suelos con promedios de 1.6 mg/kg y 1.31 mg/kg. El cultivo de alfalfa no es recomendable para el consumo como forraje para animales porque se encuentran contaminados. Las plantas son capaces de crecer en suelos con altos contenidos de metales lo hacen excluyendo iones potencialmente tóxicos de sus sistemas de raíces. En otras plantas, los metales son utilizados como micronutrientes, aunque a menudo aun en concentraciones mínimas, saturan a la planta. La habilidad de tolerar la presencia de cada especie vegetal, tal como señala Fitter *et al* (1987). Donde se puede concluir que la alfalfa es un cultivo hiperacumuladora.

En la tabla 43, se demuestra que la prueba de significancia de DUNCAN al 0.01%, donde se muestra la influencia de mercurio para la interacción de suelo por cultivo no existen diferencias significativas entre las medias de S2, S2B y S2A, existiendo diferencia significativa S2, así mismo no existe diferencia significativa entre S2B y S1 por lo tanto se asume que el suelo Calapuja contaminado por Hg en los cultivos de avena Tayko y alfalfa W – 350.

Tabla 43: Mercurio para la interacción suelo x cultivo.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
2	0.8093	a
4	0.6680	ab
3	0.4082	ab
1	0.2963	b

En la tabla 44, se demuestra que la prueba de significancia de DUNCAN al 0.01%, donde se muestra la influencia de mercurio para la interacción de riego por cultivo existen diferencias significativas entre las medias de cultivo de alfalfa, cultivo de avena variedad Tayko y con riego, y no existiendo diferencia significativa entre riego y sin riego.

Tabla 44: Mercurio para la interacción Riegos x cultivos.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
4	1.4567	a
3	0.6850	b
2	0.0207	c
1	0.0195	c

En la tabla 45, se muestra que la prueba de significancia de DUNCAN al 0.01%, donde se muestra la influencia de mercurio para la interacción de suelo, riego y cultivo existen diferencias significativas entre las medias de SIR1B, S2R1B, S2R1A y S1R1A donde suelo Titicaca con riego cultivo de alfalfa se encuentra contaminado por mercurio y S2R1B, S2R1A y S1R1A se encuentran en menor grado de contaminación por Hg, y los tratamientos S1R0A, S2R0B, S1R0B y S2R0A no presentan diferencia significativa ya que estos tratamientos no exceden los LMP.

Tabla 45: Mercurio para la interacción A x B x C.

TRATAMIENTO	MEDIA (ppm)	1%
4	1.6000	a
8	1.3133	b
7	0.8000	c
3	0.5700	d
1	0.0227	e
6	0.0227	e
2	0.0187	e
5	0.0163	e

En la tabla 46, se muestra el ANVA, de análisis de zinc en cultivos de avena variedad Tayko y alfalfa variedad W – 350.

Tabla 46: Análisis de varianza para Zn en plantas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F	Sig.
BLOQUES	2	16.219238	8.109619	0.9635	0.592	n.s
FACTOR A	1	54.030273	54.030273	6.4195	0.023	*
FACTOR B	1	6606.470215	6606.470215	784.9390	0.000	**
FACTOR C	1	14.931152	14.931152	1.7740	0.202	n.s
A X B	1	42.639648	42.639648	5.0662	0.039	*
A X C	1	39.449707	39.449707	4.6872	0.046	*
B X C	1	18.497559	18.497559	2.1978	0.158	n.s
A X B X C	1	46.009277	46.009277	5.4665	0.033	*
ERROR	14	117.831543	8.416539			
TOTAL	23	6956.078613				

C.V. = 17.1576%

*Significativo; 0.05

** Altamente significativo; 0.01

De acuerdo al análisis de varianza elaborado para la determinación de concentración de Zn en cultivos presentado en la tabla 46, se tiene que, entre bloques estadísticamente no hay diferencias significativa, lo que indica que el medio experimental fue homogéneo respecto a los muestreos y obtención de datos. Con respecto a la factor Zn en cultivos se muestra una diferencia altamente significativa al 99.9% de probabilidad. En los cultivos de avena y alfalfa son afectados directamente por la presencia de riego que estas aguas son contaminadas y regadas directamente a los cultivo sin previo tratamiento donde el pH es alcalino del agua de riego, como se puede observar en la tabla 24. De otro lado, el coeficiente de variabilidad de 17.16 % considerados como aceptable señala que los datos obtenidos en la presente investigación son confiables. Tal como señala Kabata *et al* (1984). Donde existen dos mecanismos en la adsorción de Zn, uno en medio

ácido relacionado con los sitios de intercambio catiónico y otro, en medio alcalino asociado con la quimisorción que es influenciada por ligandos orgánicos. La movilización y lixiviación del Zn es mayor en suelos ligeramente ácidos al aumentar la competencia con otros cationes por los sitios de intercambio. La solubilidad y disponibilidad de Zn se correlaciona negativamente con la saturación de Ca y compuestos fosforados presentes en el suelo.

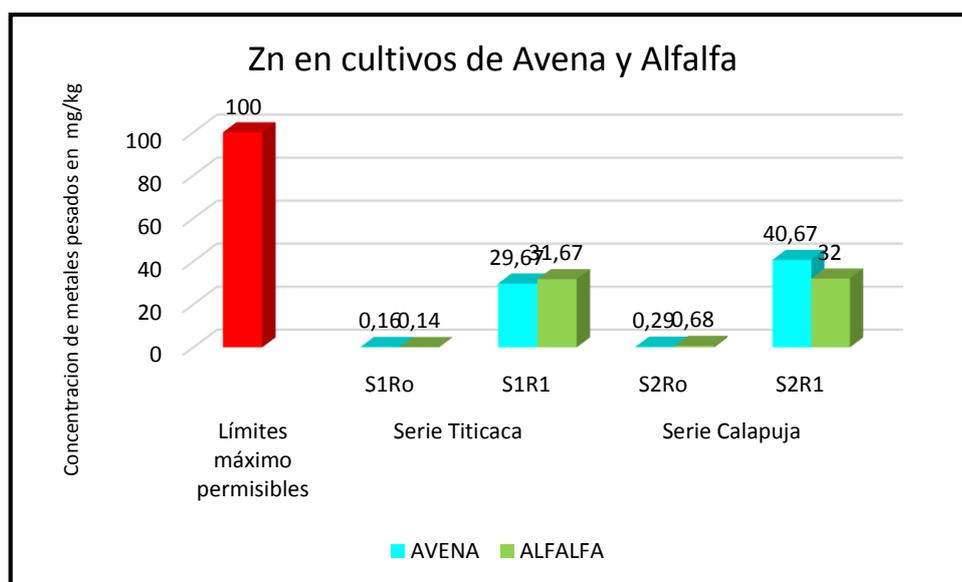


Figura 12: Concentración de Zn en cultivos

En la figura 12 se pueden observar que la concentración de Zn está por debajo de los LMP, que están establecidas por Kabata – Pendias 1992.

CONCLUSIONES

- Los niveles de concentración de metales pesados en las dos series de suelos sin riego de la comunidad de Ñaupapampa del distrito de Asillo, en la serie Calapuja se encontraron Cd 0,12mg/kg, As 6.3mg/kg, Hg 0.07mg/kg, Zn 20.4mg/kg y Pb 1.7mg/kg y los niveles de concentración de metales pesados en la serie Titicaca Cd 0,10mg/kg, As 5mg/kg, Hg 0.05mg/kg, Zn 17mg/kg y Pb 1.0mg/kg. Los de la comunidad de Ñaupapampa del Distrito de asillo – Puno, son suelos alcalinos debido a su media y alto de intercambiar cationes con otros minerales, ninguno de los suelos exceden los LMP que son establecidos para el Perú.
- La concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego es muy variado esto dependiendo al tipo de suelo y la calidad de agua de riego, este último es que influye mucho en la contaminación de los suelos con riego. Donde se encontraron arcilla montmorillonita y carbonatos en suelos de serie Titicaca. La concentración de As 69 mg/kg fue en suelo Titicaca con riego que excede los LMP y en suelo Titicaca sin riego fue 5.00mg/kg no excede los LMP, y en suelo Calapuja con riego fue 53mg/kg excede los LMP y en suelo Calapuja sin riego fue 6.3mg/kg no excede los LMP, que están establecidos por la política ambiental del Perú, y la calidad de riego para estos suelos según los análisis que se basaron a las normas de la OMS, se encontró Hg 0.0020mg/l que exceden los LMP, las características físico-químicas no son normales, las químicas son altos en pH, dureza, solidos totales y alcalinidad, para el riego necesitan tratamiento.
- Los niveles de concentración de metales pesados en los cultivos de alfalfa Var. W – 350 y avena Var. Tayko. Se encontraron niveles de mercurio 1.6mg/kg en cultivo de alfalfa en S1R1 y 1.31mg/kg en S2R1, cadmio en cultivo de avena 0.61mg/kg en S1R1, 1.26mg/kg en S2R1 y en cultivo de alfalfa 1.15mg/kg en S2R1 que estos dos metales superan los LMP. El mercurio puede alterar la fotosíntesis, inhibición de crecimiento y la alteración de la captación de K, el cadmio es un subproducto de las fundiciones de zinc pudiendo aumentar sus impurezas en los fertilizantes fosfatados, modifica la concentración de Mn, Ca y K, inhibición de la síntesis de la clorofila, inhibición de la fotosíntesis, en humanos afecta directamente a los riñones causando hipertensión arterial provocando el cáncer de próstata y animales afectaría la alteración fisiológica su efecto acumulativo puede causar serios daños en el organismo, principalmente en los huesos, riñones y testículos en procesos crónicos.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con el estudio, con el objeto de determinar la concentración de metales pesados en otras zonas con riego ya que no existen investigación sobre metales pesados en la región Puno.
- Se recomienda ampliar los estudios sobre metales pesados en suelos, agua de riego y cultivos a nivel de la irrigación asillo en el estudio realizado exceden los LMP como As en suelos, Hg en agua de riego, Cd y As, en cultivos de avena y alfalfa, implementar alternativas de mitigación y/o remediación, dotar con plantas de neutralización, manejo de agua a nivel de parcela y ordenamiento territorial.
- Se recomienda implementar medidas, establecer políticas y los lineamientos en cada sector: Gobierno Local y Regional en la gestión de la calidad del agua de riego, suelo agrícola, y pecuaria en vista de que los análisis de suelos con riego y cultivos irrigados excedieron los límites máximos permisibles.
- Se recomienda en materia del cuidado ambiental y descontaminación los proyectos mineros emplazados en la región deben ser vistos en conjunto y no como entidades separadas, debiendo someterse al monitoreo permanente en el cumplimiento de los parámetros de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y su seguimiento y administración, considerando los dominios climáticos, calidad de aire, calidad y cantidad de agua, control de erosión de suelo y manejo de sedimentos, aguas subterráneas, vegetación flora y fauna.

BIBLIOGRAFIA

- Ahumada, I., Mendoza, J., Ascar, L. 1999. Sequential extraction of heavy metals in soils irrigate with wastewater. *Commun. Soil Sci plant anat.*, 30, pp. 1507 – 1519.
- Aguirre, M., J., Athie, L., M, 1981. *Municipal wastewater in Agriculture*. Academic Press, New, York.
- Alloway, B.J., and D.C. Ayres. 1993. *Chemical Principles of Environmental Pollution*, Oxford, UK.
- Bañuelos G.S., Ajawa H.A., Mackey, M., Wu, L., Cook, C., Akohoue, S., Zambruzuki,S., 1997. Evaluation of different plant species used for phytoremediation of high soil selenium. *J. Environ. Qual.* 26: 239 – 246.
- Bohn, H.L., B.L. McNeal, and A.G. O'Connor. 1985. *Soil Chemistry* Wiley-InterScience Publications, NY, USA.
- Bourg, A.C.M. 1995. Speciation of heavy metals in soils and groundwater and implications for their natural and provoked mobility. En: *Heavy metals problems and solutions* (eds W. Salomons *et al.*), pp. 19-31. Springer-Verlag, Berlin.
- CARITAS, 2011. Desarrollo ganadero en zonas alto andinas con la introducción del cultivo de alfalfa dormante de secano, boletín pag, 15.
- Chang, A. C. Granato, T. C. page. A.L. 1992. A methodology for establishing phytotoxicity. Criteria for chromium, copper, nickel and zinc in agricultural land application of municipal sewage sludges. *J Environ. Qual.* 21. Pp 521 – 536.
- CONAM, 2006. Contaminación ambiental de río Ramis, declara emergencia nacional en lima pag. 37
- Das P Smantaray, S., and Rout, G.R. 1998. Studies on cadmiun toxicity in plants: A review. *Environmental Pollution.*98:29-36.
- Ernest, W.H.O. 1996. Bioavailability of heavy metals and decontamination of soils by plants. *Applied Geochemistry*, 11, 163-167.
- Fergusson, J.F., 1990. *The heavy elements. Chemistry, enviromental impact and health effects*. Pergamon press.

- Fein, J.B., C.J. Daughney, N Yee, and T.A. Davis. 1997. A chemical equilibrium model for metal adsorption onto bacterial surfaces. *Geochimica et cosmochimica acta*, pág. 61, 3319-3328.
- Fitter, A. H., Kay, R. K. M. 1987. *Environmental physiology of plants*. Academic press. San diego.
- Flores, L., Blas, Hernandez, G., Alcala, R., 1997. Distribution and sequential extraction of some heavy metals from soil irrigate with wasterwater from Mexico city, pag, 239-249.
- García, I., & Dorronsoro, C. (2005). Contaminación por Metales Pesados, En *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola.
- Gonzales, J., Moreno, A. M. Perez L. Larrea, M, T., Prieto, P., de la Rosa, C. Angeles, M., 2000. Nivel de contaminación en suelos por elementos traza. Impacto sobre las comunidades microbianas. *Edafol*. V. 7-3. Setiembre 2000. pp. 47-54.
- Giuffré et al (2005.) *Environmental Chemistry*. 2nd Ed. W.H. Freeman & Company.
- Gonzalez M., S. 1995. Chapter 17: copper upper critical levels for plants on copper-polluted soils and the effect of organic additions. In: Adriano, D.C.; Z-E. Chen, S-S. Yang, (eds.) *biochemistry of trace elements and Technology Letters*, Northwood. Pp. 195-203.
- Gupta, S.K., and C. Aten. 1993. Comparison and Evaluation of Extraction Media and their Suitability in a Simple Model to Predict the Biological Relevance of Heavy Metal Concentrations in Contaminated Soils. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 51:25-46.
- Holmgren, G.G.S., M.W.Meyer, R. L., Chaney, R. B., Daniels. 1993. Cadmium, lead, zinc, copper and nickel in agricultural soil of the united states of America. *J. env. Qual.* 22.pp. 235-348.
- Hooda, P.S. and B.J. Alloway. 1993. Effects of time temperature on the bioavailability of Cd and Pb from sludge-amended soils. *Journal of science*, 44: 97-110.
- INIA (2010), revista sobre programa de investigación pastos y forrajes de la E.E.A. Andenes – Cusco. Pág. 10.
- Iyenger, S.S., Martens, D.C., Miller, W.P. 1981. Distribution and plant availability of soil zinc fractions. *Soil Sci Soc. Am. J.*, 45, pp. 735-739.

- Kabata - Pendias, A., Pendias, H. 1984, agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils. En heavy metals, salomons W., Forstnet U., Mader P. (Eds). Springer, Berlin. 412.
- Kabata - Pendias, A., Pendias, H. 2000. Trace elements in soils and plants. Third edition. C.R.C. Press Boca Raton Florida, USA. 413 p.
- Kevin, C., Michael L. 2001. Bioaccumulation of in plants, arthropods, and mice at a seasonal wetland. University of California, John Muir Institute of the environment, davis, California. USA.
- Kimberly, M.F., and H. William. 1999. Trace metals in Montreal urban soils and the leaves of *Teraxacum officinale*. Can. J. Soil Science. 79:385–387.
- Krishnamurti, G.S.R. G. Cieslinski, P.M. Huang, and K.C.J. Van Rees. 1997. Kinetics of cadmium release from soils as influenced by organic acids: implication in cadmium availability. Journals of environmental quality, pag. 26:271-277.
- Lindsay, W.L. Y W.A. Norwell. 1979. Development of a DTPA soil zinc, iron, manganese and cooper. J.Am. Sci. Soil. 42, pp. 421 – 428.
- Martin, C. W. (2000). Heavy Metals Trends in Floodplain Sediments and Valley Fill.
- MINSA, (2006); operaciones mineras consistentes en contaminantes químicos, metálicos, orgánicos y fundamentalmente sólidos en suspensión, lama, sedimentos limo arcillosos de color chocolate oscuro, ocasionando severos problemas a la flora y fauna pag. 23
- Montenegro, R.O. 2002. Contaminación química de suelos y cultivos. Estrategias para la productividad de los suelos agrícolas. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Capitulo Tolima, Bogotá.
- Mortvedent, J. J., 1983 micronutrientes en agricultura. AGT Editor. S.A. Mexico.
- Moreno, G. y Talbot, M 2010. comportamiento productivo de 65 genotipos de alfalfa (*medicago sativa* l.) en chapingo Mexico tesis de grado Departamento de Enseñanza, Investigacion y servicio en zootecnia universis Autonoma Chapingo pag. 36
- McGrath, D., McCormack, R. J. 1999. The significance of heavy metal and organic micropollutants in soil. End of Project report No 4268.

- Navarro-Aviñó J.P., Aguilar A. I., López-Moya J.R. 2007. *Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas*. Ecosistemas, 16(2), 10- 25.
- Nastusch, J. 1997. Application and development of contaminated site remediation technologies in Australia. ANZAC fellowship report to department of internal affairs, Wellington, new Zealand and department of affairs and trade, Canberra, Australia.
- Narwal, R. P. Singh, B. R., Selbu, B. 1999. Association of cadmium, zinc, copper and nickel with components in naturally heavy metal rich soils studied by parallel and sequential extraction. *Commun. Soil sci. Plant anal.*, 30, pp. 1209 – 1230.
- Nebel B. J. y Wright R. T. 1999. *Ciencias ambientales: Ecología y desarrollo sostenible*. Sexta edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S. A. México. 720 Pág.
- Nobel, P. S. 1999. *Physicochemical and environmental plant physiology*. Academic Press. San diego.
- O'Neill, P. 1995. Arsenic. In: *heavy metals in Soils*; Alloway, B. J., Ed.; blackie academic profesional: London, U.K., 1995; pág. 105 – 121.
- Page, A. L., A.C. Chang. 1981. Trace metal in soils and plants receiving municipal wastewater irrigation. In: *municipal wastewater in agricultura*. Martinez and M. Athie L.(eds). Academic Press, Inc. N.Y. USA.
- Peru Support Group (2007). *Mining and Development in Perú*. Lima. Pag. 56.
- Proyecto Especial Lago Titicaca – PELT (1999) 2da ed. referidas a la contaminación del Lago Titicaca y sus afluentes encontrando como resultados para la subcuenca del río Ramis Puno , peru 1999 , Titicaca – PELT (1999) pag. 76
- PELT, 2004. Se realizaron estudio de metales pesados para las irrigaciones de asillo, san anton, crucero que estan conectadas directamente con cuerpos de agua conexo a la mina rinconada. Pag. 76.
- PELT, 2007. Se realizarón los estudios en la cuenca del Río Ramis sobre la contaminación de suelos productos lacteos, trucha y en cabello humano. Pag. 108
- PELT, 2012. Reabilitacion y mejoramiento de la irrigacion asillo, distrito de asillo, provincia de Azangaro, Region Puno. Puno diciembre 2012. Pag. 247.

- Pineda, H. (2004). Presencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares Contribución de Glomus Intraradices en la Absorción y Translocación de Zinc y Cobre en Girasol (*Helianthus Annuus L.*) Crecido en un Suelo Contaminado con Residuos de Mina. Tecoman. Colima: Universidad de Colima. Tesis para Obtener el Grado de Doctor en Ciencias.
- Riechaman M.S. 2002. The responses of plants to metals toxicity: A review focusing on copper, manganese and cinc. Australian minerals and energy Environment Foundation 54 pág.
- Rodríguez-Ortíz, J., Valdez-Cepeda, R., Lara-Mireles, J., Rodríguez-Fuentes, H., Vázquez-Alvarado, R., Magallanes-Quintanar, R., & García-Hernandez, J. 2006. Soil nitrogen fertilization effect on phytoextraction of Cd and Pb by tobacco (*Nicotiana tabacum*) Bioremediation Journal.
- Ruda, E., Mongiello, A., & Acosta, A. 2004. Contaminación y salud del suelo (pág. 41). Argentina: Centro de tecnología educativa aplicada. Facultad de Ingeniería Química, UNL.
- Sauquillo, A. R. (2003). Overview of the use of Leaching Extraction Tests for Risk Assessment of Metals in Contaminated Soil and Sediments. Trends in Analytical Chemistry, 152 - 159.
- Sauve, S., W. Henderson, and H.E. Allen. 2000. Solid-solution partitioning of metals in contaminated soils: dependence on pH, total metal burden, and organic matter. Environ. Sci. Technol. 34:1125–1131.
- Smith, S.R. 1996. Agricultural Recycling of Sewage Sludge and the Environment. Wallingford, UK.
- Silveira M.L.A., L.R.F. Alleoni, and L.R.G. Guilherme. 2003. Biosolids and heavy metals in soils. Scientia Agricola 60 (4): 793-806.
- Southern Perú Copper Corporation. 1986. La Ecología y las operaciones minero metalúrgicas en Toquepala, Cuajone e Ilo. Southern Perú Co. Corporation. 30 pp.
- La Universidad Nacional del Altiplano, Puno y la Universidad Montana Tech, USA 2003, encontraron en muestras de tejidos de *Basilichthys bonaerensis* (pejerrey), que tres especímenes del Lago Titicaca, americano para el consumo humano pag. 27

Toral – Ferro. Y., 1996. Estudio comparative de esquemas de especiación en muestras sólidas de interés medio ambiental. Trabajo de licenciatura. Universidad de Valladolid, España.

Tu C. Ma L. Q. Bondada B., 2002 Arsenic accumulation in the hiperacumulador chinese brake and its utilization potential for phytoremediation journal environmental quality, 31: 1671- 1675.

Wong M.H. 2003. Ecológica restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere. 6: 775-780.

Zavala, B. & Guerrero, C. 2005. Estudio geoambiental de la cuenca del río Ramis, informe en edición. XIII Congreso Peruano de Geología: 127-130.

WEB GRAFIAS

ATSDR Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2007). Arsénico, consulta 11 de enero de 2010, http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts2.html.

Ferro – Mayhua, F.P. (2009). Contaminación de la Cuenca del Río Ramis, Puno – Peru (www.poferro@yahoo.com)

Instituto Nacional de Ecología INE, 2009, metales pesados consultado 25 octubre de 2014, [http:// www.ine.gob.mx/sqre - temas /763 - aqre - metales](http://www.ine.gob.mx/sqre - temas /763 - aqre - metales).

John, D.A., J.S. Leventhal, 1995. Bioavailability of metals. Descargado de <http://www.unalmed.edu.co/rrodriguez/MODELOS/depositos-ambiente/BioaviabilityOf Metal.pdf/> el 17 de abril 2011.

ANEXOS

1. Resumen de niveles de concentración de metales pesados en cultivo de Avena Var. Tayko y alfalfa Var. W – 350.
2. Datos estadísticos.
3. Perfiles modales de las unidades de suelos.
4. Escalas para interpretación de los resultados de análisis de suelo.
5. Panel fotográfico.
6. análisis de caracterización de suelos.
7. Análisis fisicoquímico de agua.
8. Resultado de análisis de metales pesados en agua.
9. Resultado de análisis de metales pesados en suelo.
10. Resultado de análisis de metales pesados en cultivo de avena y alfalfa.
11. Mapa base de la comunidad de ñaupapampa distrito de Asillo.
12. Mapa de ubicación de los puntos de control de muestreo para metales pesados de cultivos y suelo.

- 1. RESUMEN DE NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN CULTIVO DE AVENA VAR. TAYKO Y ALFALFA VAR. W – 350.**

Resumen de niveles de concentración de metales pesados en cultivo de Avena Var. Tayko.

Método	Unidad	Límite de determinación	Serie Titicaca						Serie Calapuja				
			Con riego			Sin riego			Con riego			Sin riego	
			M10	M11	M12	M7	M8	M9	M1	M2	M3	M4	M5
Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	0,80	1,2	0,98	<0,018	<0,015	<0,024	1,4	1,2	1,0	<0,010	<0,010
Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	0,70	0,75	0,37	<0,042	<0,027	<0,057	1,4	1,07	0,98	<0,040	<0,040
Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	0,37	0,60	0,74	<0,025	<0,016	<0,027	0,80	0,90	0,70	<0,020	<0,010
Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0,4	0,42	0,27	0,1	0,11	0,1	0,39	0,41	0,50	0,30	0,25
Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	30	27	32	0,19	0,12	0,18	45	37	40	0,40	0,28

Resumen de niveles de concentración de metales pesados en cultivo de Alfalfa Var. W- 350.

Método	Unidad	Límite de determinación	Serie Titicaca						Serie Calapuja					
			Con riego			Sin riego			Con riego			Sin riego		
			M13	M14	M15	M16	M17	M18	M22	M23	M24	M19	M20	M21
Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	0,60	0,076	0,057	<0,024	<0,023	0,030	1,2	1,05	1,00	<0,039	0,0	0,0
Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	0,048	0,054	0,039	0,058	0,060	0,031	1,4	1,4	0,98	<0,049	0,0	0,0
Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	1,4	1,6	1,8	0,02	0,026	0,01	1,4	1,47	1,07	0,014	0,0	0,0
Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0,51	0,29	0,40	0,06	0,08	0,07	0,37	0,41	0,36	0,27	0,0	0,0
Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	31	37	27	0,10	0,12	0,19	37	30	29	0,70	0,0	0,0

2. Datos estadísticos

TABLA DE DATOS

VARIABLE: Arsenico (ppm)

			BLOQUES		
A	B	C	1	2	3
1	1	1	0.018	0.015	0.024
1	1	2	0.024	0.023	0.030
1	2	1	0.800	1.200	0.980
1	2	2	0.600	0.760	0.570
2	1	1	0.010	0.018	0.024
2	1	2	0.039	0.040	0.021
2	2	1	1.400	1.200	1.000
2	2	2	1.200	1.050	1.000

ANALISIS DE VARIANZA

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES		2	0.028051	0.014025	1.1211	0.355
FACTOR A		1	0.159739	0.159739	12.7684	0.003
FACTOR B		1	5.485528	5.485528	438.4726	0.000
FACTOR C		1	0.073925	0.073925	5.9091	0.028
A X B		1	0.153920	0.153920	12.3032	0.004
A X C		1	0.022084	0.022084	1.7652	0.203
B X C		1	0.089793	0.089793	7.1774	0.017
A X B X C		1	0.018816	0.018816	1.5040	0.239
ERROR		14	0.175148	0.012511		
TOTAL		23	6.207004			

C.V. = 22.2847%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	0.420333
2	0.583500

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	0.023833
2	0.980000

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR C

FACTOR C	MEDIA
1	0.557417
2	0.446417

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B		MEDIA
	1	2	
1	0.0223	0.8183	0.4203
2	0.0253	1.1417	0.5835
MEDIA	0.0238	0.9800	0.5019

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AC

FACTOR A	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.5062	0.3345	0.4203
2	0.6087	0.5583	0.5835
MEDIA	0.5574	0.4464	0.5019

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS BC

FACTOR B	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.0182	0.0295	0.0238
2	1.0967	0.8633	0.9800
MEDIA	0.5574	0.4464	0.5019

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS ABC

FACTORES A B	FACTOR C	
	1	2
1 1	0.0190	0.0257
1 2	0.9933	0.6433
2 1	0.0173	0.0333
2 2	1.2000	1.0833

VARIABLE: Cadmio (ppm)

BLOQUES			
A	B	C	
			1
			2
			3
1	1	1	0.042
1	1	2	0.058
1	2	1	0.700
1	2	2	0.048
2	1	1	0.040
2	1	2	0.049
2	2	1	1.400
2	2	2	1.400

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	2	0.095191	0.047595	3.2173	0.070
FACTOR A	1	1.148875	1.148875	77.6602	0.000
FACTOR B	1	3.124096	3.124096	211.1786	0.000
FACTOR C	1	0.071832	0.071832	4.8556	0.043
A X B	1	1.164681	1.164681	78.7286	0.000
A X C	1	0.166500	0.166500	11.2548	0.005
B X C	1	0.079926	0.079926	5.4027	0.034
A X B X C	1	0.169849	0.169849	11.4812	0.005
ERROR	14	0.207111	0.014794		
TOTAL	23	6.228061			

C.V. = 30.0226%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	0.186333
2	0.623917

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	0.044333
2	0.765917

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR C

FACTOR C	MEDIA
1	0.459833
2	0.350417

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B		MEDIA
	1	2	
1	0.0458	0.3268	0.1863
2	0.0428	1.2050	0.6239
MEDIA	0.0443	0.7659	0.4051

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AC

FACTOR A	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.3243	0.0483	0.1863
2	0.5953	0.6525	0.6239
MEDIA	0.4598	0.3504	0.4051

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS BC

FACTOR B	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.0413	0.0473	0.0443
2	0.8783	0.6535	0.7659
MEDIA	0.4598	0.3504	0.4051

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS ABC

FACTORES A B	FACTOR C	
	1	2
1 1	0.0420	0.0497
1 2	0.6067	0.0470
2 1	0.0407	0.0450
2 2	1.1500	1.2600

TABLA DE DATOS

VARIABLE: **Plomo (ppm)**

			BLOQUES		
A	B	C	1	2	3
1	1	1	0.100	0.110	0.100
1	1	2	0.060	0.080	0.070
1	2	1	0.400	0.420	0.270
1	2	2	0.510	0.290	0.400
2	1	1	0.300	0.250	0.190
2	1	2	0.270	0.300	0.210
2	2	1	0.390	0.410	0.500
2	2	2	0.370	0.410	0.360

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	2	0.005658	0.002829	0.7826	0.520
FACTOR A	1	0.055104	0.055104	15.2437	0.002
FACTOR B	1	0.301504	0.301504	83.4059	0.000
FACTOR C	1	0.000504	0.000504	0.1396	0.715
A X B	1	0.030104	0.030104	8.3279	0.012
A X C	1	0.000704	0.000704	0.1947	0.669
B X C	1	0.000004	0.000004	0.0011	0.972
A X B X C	1	0.007004	0.007004	1.9375	0.183
ERROR	14	0.050609	0.003615		
TOTAL	23	0.451196			

C.V. = 21.3143%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	0.234167
2	0.330000

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	0.170000
2	0.394167

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR C

FACTOR C	MEDIA
1	0.286667
2	0.277500

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B		MEDIA
	1	2	
1	0.0867	0.3817	0.2342
2	0.2533	0.4067	0.3300
MEDIA	0.1700	0.3942	0.2821

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AC

FACTOR A	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.2333	0.2350	0.2342
2	0.3400	0.3200	0.3300
MEDIA	0.2867	0.2775	0.2821

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS BC

FACTOR B	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.1750	0.1650	0.1700
2	0.3983	0.3900	0.3942
MEDIA	0.2867	0.2775	0.2821

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS ABC

FACTORES A B	FACTOR C	
	1	2
1 1	0.1033	0.0700
1 2	0.3633	0.4000
2 1	0.2467	0.2600
2 2	0.4333	0.3800

TABLA DE DATOS

VARIABLE: Mercurio (ppm)

			BLOQUES		
A	B	C	1	2	3
1	1	1	0.025	0.016	0.027
1	1	2	0.020	0.026	0.010
1	2	1	0.370	0.600	0.740
1	2	2	1.400	1.600	1.800
2	1	1	0.020	0.019	0.010
2	1	2	0.014	0.027	0.027
2	2	1	0.800	0.900	0.700
2	2	2	1.400	1.470	1.070

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	2	0.023258	0.011629	0.6835	0.525
FACTOR A	1	0.001307	0.001307	0.0768	0.782
FACTOR B	1	6.624454	6.624454	389.3775	0.000
FACTOR C	1	0.895908	0.895908	52.6604	0.000
A X B	1	0.001106	0.001106	0.0650	0.797
A X C	1	0.096139	0.096139	5.6509	0.031
B X C	1	0.890503	0.890503	52.3427	0.000
A X B X C	1	0.104151	0.104151	6.1219	0.025
ERROR	14	0.238181	0.017013		
TOTAL	23	8.875008			

C.V. = 23.9127%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	0.552833
2	0.538083

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	0.020083
2	1.070833

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR C

FACTOR C	MEDIA
1	0.352250
2	0.738667

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B		MEDIA
	1	2	
1	0.0207	1.0850	0.5528
2	0.0195	1.0567	0.5381
MEDIA	0.0201	1.0708	0.5455

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AC

FACTOR A	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.2963	0.8093	0.5528
2	0.4082	0.6680	0.5381
MEDIA	0.3523	0.7387	0.5455

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS BC

FACTOR B	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.0195	0.0207	0.0201
2	0.6850	1.4567	1.0708
MEDIA	0.3523	0.7387	0.5455

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS ABC

FACTORES A B	FACTOR C	
	1	2
1 1	0.0227	0.0187
1 2	0.5700	1.6000
2 1	0.0163	0.0227
2 2	0.8000	1.3133

TABLA DE DATOS

VARIABLE: Zinc (ppm)

BLOQUES			
A B C	1	2	3
1 1 1	0.190	0.120	0.180
1 1 2	0.100	0.120	0.190
1 2 1	30.000	27.000	32.000
1 2 2	31.000	37.000	27.000
2 1 1	0.400	0.280	0.200
2 1 2	0.700	0.770	0.560
2 2 1	45.000	37.000	40.000
2 2 2	37.000	30.000	29.000

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	2	16.219238	8.109619	0.9635	0.592
FACTOR A	1	54.030273	54.030273	6.4195	0.023
FACTOR B	1	6606.470215	6606.470215	784.9390	0.000
FACTOR C	1	14.931152	14.931152	1.7740	0.202
A X B	1	42.639648	42.639648	5.0662	0.039
A X C	1	39.449707	39.449707	4.6872	0.046
B X C	1	18.497559	18.497559	2.1978	0.158
A X B X C	1	46.009277	46.009277	5.4665	0.033
ERROR	14	117.831543	8.416539		
TOTAL	23	6956.078613			

C.V. = 17.1576%

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR A

FACTOR A	MEDIA
1	15.408333
2	18.409166

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR B

FACTOR B	MEDIA
1	0.317500
2	33.500000

TABLA DE MEDIAS DEL FACTOR C

FACTOR C	MEDIA
1	17.697500
2	16.120001

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AB

FACTOR A	FACTOR B		MEDIA
	1	2	
1	0.1500	30.6667	15.4083
2	0.4850	36.3333	18.4092
MEDIA	0.3175	33.5000	16.9087

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS AC

FACTOR A	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	14.9150	15.9017	15.4083
2	20.4800	16.3383	18.4092
MEDIA	17.6975	16.1200	16.9087

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS BC

FACTOR B	FACTOR C		MEDIA
	1	2	
1	0.2283	0.4067	0.3175
2	35.1667	31.8333	33.5000
MEDIA	17.6975	16.1200	16.9087

TABLA DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS ABC

FACTORES A B	FACTOR C	
	1	2
1 1	0.1633	0.1367
1 2	29.6667	31.6667
2 1	0.2933	0.6767
2 2	40.6667	32.0000

PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE INTERACCIONES

PARA ARSENICO ENTRE SUELOS

T A B L A D E D A T O S

VARIABLE: Arsénico entre suelos

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 2
 NUMERO DE REPETICIONES = 12
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0125
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

T A B L A D E M E D I A S

 TRATAMIENTO MEDIA

2 0.5835 A
 1 0.4203 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01
 DMS = 0.1359

VARIABLE: Arsénico entre riegos

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 2
 NUMERO DE REPETICIONES = 12
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0125
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

T A B L A D E M E D I A S

 TRATAMIENTO MEDIA

2 0.9800 A
 1 0.0238 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01
 DMS = 0.1359

VARIABLE: Arsénico entre cultivos

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 2
 NUMERO DE REPETICIONES = 12
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0125
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

 TRATAMIENTO MEDIA

1 0.5574 A
 2 0.4464 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
 DMS = 0.0979

VARIABLE: Arsénico Interaccion Suelo x Riego

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 4
 NUMERO DE REPETICIONES = 6
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0125
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO	MEDIA
2	0.8183 A
4	0.5835 B
3	0.0253 C
1	0.0223 C

 NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01
 DMS = 0.1922

VARIABLE: Arsenico Riego x cultivo

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 4
 NUMERO DE REPETICIONES = 6
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0125
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO	MEDIA
3	1.0967 A
4	0.8633 B
2	0.0238 C
1	0.0182 C

 NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
 DMS = 0.1385

VARIABLE: Cadmio para Suelos

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 2
 NUMERO DE REPETICIONES = 12
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0148
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO	MEDIA
2	0.6240 A
1	0.1860 B

 NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01
 DMS = 0.1478

VARIABLE: Cadmio entre riegos

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 2
 NUMERO DE REPETICIONES = 12
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0148
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO MEDIA

2 0.7659 A
1 0.0443 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01
DMS = 0.1478

VARIABLE: Cadmio entre cultivos

NUMERO DE TRATAMIENTOS = 2
NUMERO DE REPETICIONES = 12
CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0148
GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO MEDIA

1 0.4598 A
2 0.3504 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
DMS = 0.1065

VARIABLE: Cadmio interacción suelo x riego

NUMERO DE TRATAMIENTOS = 4
NUMERO DE REPETICIONES = 12
CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0148
GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO MEDIA

4 1.2050 A
2 0.3268 B
1 0.0458 C
3 0.0428 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01
DMS = 0.1478

VARIABLE: Cadmio interaccion suelo x cultivo

NUMERO DE TRATAMIENTOS = 4
NUMERO DE REPETICIONES = 12
CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0148
GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO MEDIA

4 0.6525 A
3 0.5953 A
1 0.3243 B
2 0.0483 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01
DMS = 0.1478

VARIABLE: Cadmio riego x cultivo

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 4
 NUMERO DE REPETICIONES = 6
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0148
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO	MEDIA
3	0.8783 A
4	0.6535 B
2	0.0473 C
1	0.0413 C

 NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05
 DMS = 0.1506

VARIABLE: Cadmio interacción Suelo x Riego x Cultivo

 NUMERO DE TRATAMIENTOS = 8
 NUMERO DE REPETICIONES = 3
 CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 0.0148
 GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 14

TRATAMIENTO	MEDIA
8	1.2600 A
7	1.1500 A
3	0.6067 B
2	0.0497 C
4	0.0470 C
6	0.0450 C
1	0.0420 C
5	0.0407 C

 NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.01
 DMS = 0.2956

3. PERFILES MODALES DE LAS UNIDADES DE SUELOS

PERFIL REPRESENTATIVO DE LA SERIE CALAPUJA

Localidad	:	Ñaupapampa - Asillo.
Fisiografía	:	terrazas bajas de la llanura aluvial – fluvial.
Pendiente	:	0 – 2% plano o casi a nivel.
Relieve	:	plano a ligeramente ondulado
Drenaje natural	:	bueno o algo excesivo.
Erosión	:	ligeramente.
Profundidad efectiva	:	superficial a moderadamente profundo.
Inundabilidad	:	inundación ligera.
Pedregosidad	:	superficial: libre o sin piedras.
Material parental	:	Aluvial – Fluvial.
Nivel freático:		No observable hasta 1.38 m. (en el momento de estudio).
Uso actual	:	Pastos cultivados, cultivos forrajeros y pastos naturales.
Vegetación	:	Pastos naturales: chilligua, ichu, kanlli, sillo sillo, cebadilla, trébol, pilli y otros. Cultivos: pastos cultivados (alfalfa y trébol) y cultivos forrajeros (avena y cebada).

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA
Ap	0 – 20	Pardo intenso (7.5 YR 6/6) en seco, pardo (7.5 YR 4/4) en húmedo; textura franco; estructura granular, fina a media y débil a moderada; consistencia friable en húmedo; ligeramente duro en seco; reacción ligeramente alcalino (pH = 7.85); libre de sales (C. E. = 0.53 mmhos/cm.); nitrógeno total medio (0.15 %); permeabilidad moderada. Límite de horizonte al
C1	20 – 65	Pardo rojizo claro (5 YR 6/4) en seco, pardo rojizo (5 YR 5/4) en húmedo; textura franco arenoso; estructura granular, gruesa, débil a moderado; consistencia muy friable en húmedo, suave en seco; reacción fuertemente alcalino (pH = 8.96); libre de sales (C. E = 0.37 mmhos/cm.); materia orgánica medio (2.25%); nitrógeno total bajo (0.16%); permeabilidad moderadamente rápida. Límite de horizonte difusa al
C2	65 – 1.38	Rojo amarillento oscuro (7.5 YR 5/4), en seco, pardo rojizo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; grano simple, suelto; permeabilidad rápida. Grava sub redondeada en un 90%.



Figura 13. Vista panorámica del paisaje aluvial - fluvial en donde se localiza el Suelo Calapuja; que son de pastos cultivados, cultivo forrajeros y pastos naturales



Figura 14. Perfil edáfico del Suelo Calapuja, en donde se observa el Epipedón Umbrico y horizonte subsuperficial Cámbrico

PERFIL REPRESENTATIVO DE LA SERIE TITICACA

Localidad	:	Ñaupapampa - Asillo.
Fisiografía	:	Llanura aluvial – fluvial.
Pendiente	:	0 – 2% plano o casi a nivel.
Relieve	:	plano a ligeramente ondulado
Litología	:	Predominantemente arenisca.
Drenaje natural	:	Moderada a imperfecto.
Erosión	:	Severa en ladera y ligera a leve en la pampa.
Profundidad efectiva	:	superficial a moderadamente profundo.
Inundabilidad	:	inundación moderada.
Pedregosidad	:	superficial: libre o sin piedras.
Material parental	:	Aluvial – Fluvial.
Escorrentía	:	Lenta
Escorrentía superficial	:	Muy lenta
Nivel freático	:	No observable hasta 1. 50 m. (en el momento de estudio).
Uso actual	:	Pastos cultivados, cultivos forrajeros y pastos naturales.
Vegetación	:	Pastos naturales: chilligua, ichu, kanlli, sillo sillo, cebadilla, trébol, pilli y otros.
	:	Cultivos: pastos cultivados (alfalfa y trébol) y cultivos forrajeros (avena y cebada).

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA
A	0-15	Franco; pardo muy oscuro (10 YR 2/2), húmedo; granular, gruesa, fuerte; friable; reacción ligeramente alcalino (pH = 7.59); raíces finas y medias abundantes hasta los 30 cm; contenido alto de materia orgánica (6.11%); permeabilidad moderada. Límite de horizonte difuso al
Btw	15-30	Franco arcilloso; pardo muy oscuro (10 YR 2/2), en húmedo; granular, gruesa, fuerte; friable a firme; raíces finas y medias comunes; contenido de materia orgánica alto (5.98%) permeabilidad moderada. Límite de horizonte gradual al
Bc	30-48	Franco arcillo limoso; pardo muy oscuro (10 YR 2/2); bloque sub angular, media, moderada; firme; reacción ligeramente alcalino (pH = 7.10); alto contenido de materia orgánica (6.09%); presencia de carbonatos; permeabilidad muy lenta. Límite de horizonte gradual al
C1k	48-85	Franco arcillo arenoso; pardo muy oscuro (10 YR 2/2) en húmedo; masiva; muy firme; contenido de materia orgánica alto (4.45%); permeabilidad lenta.
C2k	85-138	Franco arcillo arenoso; pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo; masiva; muy firme; horizonte gleyzado; contenido de materia orgánica alto (4.60%) permeabilidad lenta.



Figura 15. Vista panorámica del paisaje aluvial - fluvial en donde se localiza el Suelo Titicaca; que son de pastos cultivados, cultivo forrajeros y pastos naturales



Figura 16. Perfil edáfico del Suelo Titicaca, suelo oscuro y al fondo se puede observar gleyización.

4. ESCALAS PARA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELO

TEXTURA		
Términos Generales		Clase Textural
Suelos	Textura	
Arenosos	Gruesa	Arena Arena franca
Francos	Moderadamente Gruesa	Franco arenosa gruesa Franco arenosa Franco arenosa fina
	Media	Franco arenosa muy fina Franca Franco limosa Limo
	Moderadamente fina	Franco arcillosa Franco arcillo arenosa Franco arcillo limosa
Arcillosos	Fina	Arcillo arenosa Arcillo limosa Arcilla

FUENTE: Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú.

PROFUNDIDAD EFECTIVA	
Término descriptivo	Rango (cm)
Muy superficial	Menor de 25
Superficial	25 – 50
Moderadamente profundo	50 – 100
Profundo	100 – 150
Muy profundo	Mayor de 150

FUENTE: Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL		
Clase	Denominación	Rango (Distancia en m)
0	Libre o ligeramente pedregoso	Mayor que 30
1	Moderadamente pedregoso	10 – 30
2	Pedregoso	2- 10
3	Muy pedregoso	1 – 2
4	Extremadamente pedregoso	Menor que 1

FUENTE: Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú.

REACCIÓN DEL SUELO	
Termino descriptivo	Rango (pH)
Ultra ácido	Menos de 3.5
Extremadamente ácido	3.6 – 4.4
Muy fuertemente ácido	4.5 – 5.0
Fuertemente ácido	5.1 – 5.5
Moderadamente ácido	5.6 – 6.0
Ligeramente ácido	6.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Ligeramente alcalino	7.4 – 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 9.0
Muy fuertemente alcalino	Más de 9.0

FUENTE: Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú.

SALINIDAD DE SUELOS	
Término descriptivo	Rango (mS/cm)
No salino	0 – 2
Muy ligeramente salino	2 – 4
Moderadamente salino	4 – 8
Fuertemente salino	8 – 16
Muy fuertemente salino	16 – 32
Extremadamente salino	>32

FUENTE: Cari A. (2006).

mS/cm = milisiemens por centímetro.

SALINIDAD Y SODICIDAD		
Término descriptivo	% de Sodio intercambiable (PSI)	Rango (mS/cm)
No salino	<15	0 – 4
Muy ligeramente salino	< 15	2 – 4
Salino	< 15	>4
Sódico salino	> 15	>4
Sódico no salino	> 15	>4

FUENTE: Cari A. (2006). Laboratorio suelos de la UNA – Puno.

mS/cm = milisiemens por centímetro.

MATERIA ORGANICA	
Nivel	Rango (%)
Bajo	Menor de 2
Medio	2 – 4
Alto	Mayor de 4

FUENTE: Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú.

FOSFORO DISPINIBLE	
Nivel	Rango (ppm)
Bajo	Menor de 7
Medio	7 – 14
Alto	Mayor de 14

FUENTE: Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú.

POTASIO DISPONIBLE	
Nivel	Rango (ppm)
Bajo	Menor de 100
Medio	100 – 220
Alto	Mayor de 220

FUENTE: Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú.

CARBONATOS DEL SUELO	
Nivel	Rango (%)
Bajo	Menor de 1
Medio	1 – 5
Alto	Mayor de 5

FUENTE: Departamento de Suelos y Fertilizantes, UNA la Molina.

CLASES DE PENDIENTES		
Rango (%)	Denominación	Clase
0 – 2	Plano o casi a nivel	A
2 – 4	Ligeramente inclinada	B
4 – 8	Moderadamente inclinada	C
8 – 15	Ligeramente empinada	D
15 – 25	Moderadamente empinada	E
25 – 50	Empinada	F
50 – 75	Fuertemente empinada	G
Mayor que 75	Extremadamente empinada	H

FUENTE: Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	
Nivel	Rango (me/100g)
Muy bajo	0 – 5
Bajo	5 – 10
Medio	10 – 15
Alto	15 – 20
Muy alto	Mayor de 20

FUENTE: Departamento de Suelos y Fertilizantes, UNA la Molina.

SATURACIÓN DE BASES (SB)	
Nivel	Rango (%)
Bajo	Menor de 35
Medio	35 – 80
Alto	Mayor de 80

FUENTE: Departamento de Suelos y Fertilizantes, UNA la Molina.

DRENAJE	
Clase	Símbolo
Excesivo	A
Algo excesivo	B
Bueno	C
Moderado	D
Imperfecto	E
Pobre	F
Muy pobre	G

FUENTE: Departamento de Suelos y Fertilizantes, UNA la Molina.

5. PANEL FOTOGRAFICO



Figura 1: Cultivo de avena en suelo Calapuja sin riego



Figura 2: cultivo de avena en suelo Titicaca sin riego



Figura 3: Cultivo de avena en suelo Titicaca con riego



Figura 4: Cultivo de avena en suelo Calapuja con riego



Figura 5: Apertura de calicatas



Figura 6: una foto con la familia de José Ñaupá



Figura 7: suelo Titicaca



Figura 8: suelo Calapuja



Figura 9: carbonatos en suelo Titicaca



Figura 10: secado de las muestras en la estufa



Figura 11: muestras de suelo en estufa



Figura 12: procesando con el análisis para caracterización



Figura 13: muestras de análisis de suelo en estufa



Figura 14: muestras en probeta



Figura 15: avena en suelo Titicaca con riego.



Figura 16: avena en suelo Calapuja sin riego



Figura 17: secado de las muestras de Avena en estufa a 65° C.



Figura 18: secado de las muestras Alfalfa en estufa a 65° C.



Figura 19: muestra seca de Avena



Figura 20: muestra seca de Alfalfa



Figura 21: Pesado de muestras de Avena



Figura 22: Pesado de muestras de Alfalfa



Figura 23: Molido de las muestras



Figura 24: Tamizado de las muestras



Figura 25: Laboratorio de calidad ambiental Universidad Mayor San Andrés la Paz – Bolivia.

6. Análisis de caracterización de suelos.



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



ANALISIS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

NOMBRE : Bach. Delvi Richard Vargas Estofanero
 PROCEDENCIA : Asillo Calapuja y Asillo Titicaca
 FECHA DE RECEPCION : Julio del 2015
 FECHA DE ENTREGA DE RESULTADO : Julio del 2015
 LABORATORIO : Agua y Suelos FCA – UNA

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	Asillo Calapuja "Ap"	41.20	19.90	38.90	Franco	0.00	2.50	0.15
02	Asillo Calapuja "C1"	61.60	15.80	22.60	Franco arenoso	0.25	2.25	0.16
03	Asillo Calapuja "C2"	95.40	2.15	2.45	Arena	0.15	0.15	0.05
04	Asillo Titicaca "A"	30.95	31.60	37.45	Franco	0.05	6.11	0.19
05	Asillo Titicaca "Btw"	35.90	35.40	28.70	Franco arcilloso	0.00	5.98	0.20
06	Asillo Titicaca "BC"	10.40	35.08	54.52	Franco arcillo limoso	0.00	6.09	0.21
07	Asillo Titicaca "C1k"	52.10	29.42	18.48	Franco arcillo arenoso	5.60	4.45	0.18
08	Asillo Titicaca "C2k"	54.35	30.14	15.51	Franco arcillo arenoso	5.80	4.60	0.17

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	SB %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
01	7.85	0.53	2.65	8.39	161	8.75	2.35	0.11	0.07	0.00	16.80	67.14
02	8.96	0.37	1.85	7.02	150	7.22	2.40	0.13	0.09	0.00	17.00	57.88
03	8.20	0.29	1.45	4.25	95	4.80	3.0	0.10	0.08	0.00	14.00	57.00
04	7.59	0.25	1.25	10.96	290	8.30	2.50	0.20	0.29	0.00	15.80	71.45
05	7.10	0.24	1.20	10.30	258	7.80	2.48	0.17	0.19	0.00	17.40	61.15
06	7.90	0.25	1.25	10.95	282	7.60	3.30	0.22	0.20	0.00	14.27	79.33
07	8.18	0.27	1.35	9.65	209	8.56	3.71	0.21	0.33	0.00	15.12	84.72
08	8.25	0.22	1.10	10.12	228	9.80	3.36	0.24	0.27	0.00	17.00	80.41

M.O.=Materia orgánica
 P = Fósforo disponible
 CIC = Capacidad Intercambio Catiónico
 N = Nitrógeno total
 K⁺ = Potasio cambiabile
 Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
 Ca²⁺ = Calcio cambiabile
 Na⁺ = Sodio cambiabile
 Ppm = Partes por millón

CO₃⁼ = Carbonatos
 Al³⁺ = Aluminio cambiabile
 K = Potasio disponible
 C.E. = Conductividad eléctrica
 SB = Saturación de bases
 me = mili equivalente.
 mS/cm = mili Siemens por centimetro
 C.E. (e) = Conductividad eléctrica del extracto
 % = Porcentaje

Emilio Fernández Calloapa
 ANÁLISIS DE SUELOS
 PLANIFICACIÓN DE ALIMENTOS Y FERTILIZACIÓN

Ing. M.Sc. Angel Can Choquehuanca
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS Y PLANTAS

7. Análisis fisicoquímico de agua

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



RESULTADO DE ANÁLISIS

ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA

PROCEDENCIA : Asillo – Azángaro - Puno
 INTERESADO : Delvi Richard Vargas Estofanero
 MOTIVO : Análisis Físico-químico (para riego)
 MUESTREO : 13/04/2015 (por el Interesado)
 ANALISIS : 14/04/2015

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

Aspecto : Ligeramente Turbio
 Color : Ligeramente ambar
 Olor : Inodoro
 Sabor : Insípido

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICA:

pH : 8.79 C.E. 0.43 mS/cm

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza total (como CaCO ₃)	: 323.00	mg/l
Alcalinidad (como CaCO ₃)	: 237.36	mg/l
Cloruros (como Cl ⁻)	: 62.41	mg/l
Sulfatos (como SO ₄ ⁼)	: 76.00	mg/l
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	: 0.02	mg/l
Calcio (como Ca ⁺⁺)	: 38.00	mg/l
Magnesio (como Mg ⁺⁺)	: 55.02	mg/l
Sólidos totales	: 385.41	mg/l
Sodio (Na ⁺)	: 4.00	mg/l
Potasio	: 3.00	mg/l
SAR*	: 0.59	
Calidad para riego	: C2S1	

* Relación de adsorción de sodio

INTERPRETACION (Según Normas de la OMS)

Las características físicas no son normales, las químicas son altas en pH, dureza, sólidos totales y alcalinidad, para riego necesitan tratamiento.



Tec. **Edilberto Fernández Callopa**
 ANALISTA
 ANALISTA DE LAB. CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
 PLANTAS, INGENIERÍA DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES



Ing. **M.Sc. Angel Carl Choquehuancas**
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS Y PLANTAS

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 102/15

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A102/15

Cliente: FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
 Solicitante: Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
 Dirección del cliente: Jr. Huancayo # 774
 Procedencia de la muestra: Comunidad de Ñaupapampa
 Provincia: Azangaro
 Departamento: uno - Perú
 Punto de muestreo: Nampapampa
 Responsable del muestreo: Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
 Fecha de muestreo: 18 de junio de 2015
 Hora de muestreo: 15:30
 Fecha de recepción de la muestra: 19 de junio de 2015
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 19 de junio al 03 de julio, 2015
 Caracterización de la muestra: Agua de laguna
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella plástica
 Código LCA: 102-1
 Código original : N°1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de cuantificación	N°1 102-1
Arsénico	EPA 206.2	mg/l	0,0010	0,0020
Cadmio	EPA 213.1	mg/l	0,00050	< 0,00050
Mercurio	EPA 245.1	mg/l	0,00020	< 0,00020
Plomo	EPA 239.2	mg/l	0,0020	< 0,0020
Zinc	EPA 289.2	mg/l	0,0050	< 0,0050

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater) Ed. 19th 1995
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods) 2da. Ed 1996

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, julio 23 de 2015



Jaime Chincheros Paniagua
 Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c.: Arch:
 JCH/LCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf/Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

8. Resultado de análisis de metales pesados en agua.

9. Resultado de análisis de metales pesados en suelo.

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S63/15

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO EN SUELOS DE SIEMBRA S63/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Nampapampa
Responsable del muestreo:	Sr. Angel Cari Choquehuanca
Fecha de muestreo:	02 de julio de 2015
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	03 de julio de 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 03 al 17 de julio, 2015
Caracterización de la muestra:	Suelo de siembra de Alfalfa
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	63-1
Código original:	Nº1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº1
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0,14	6,3
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0,20	0,12
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	1,7
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0,20	0,07
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	20,4

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, julio 23 de 2015



CC: Archivo
 JCh/lca



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S63/15

Página 2 de 2

INFORME DE ENSAYO EN SUELOS DE SIEMBRA S63/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Nampapampa
Responsable del muestreo:	Sr. Angel Cari Choquehuanca
Fecha de muestreo:	02 de julio de 2015
Hora de muestreo:	11:39
Fecha de recepción de la muestra:	03 de julio de 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 03 al 17 de julio, 2015
Caracterización de la muestra:	Suelo de siembra de Alfalfa
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	63-2
Código original:	Nº 2

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 2 63-2
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0,14	5,0
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0,20	0,10
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	1,00
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0,20	0,05
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	17,00

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, julio 23 de 2015



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 62/15

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO EN SUELOS DE SIEMBRA S62/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Nampapampa
Responsable del muestreo:	Sr. Angel Cari Choquehuanca
Fecha de muestreo:	02 de julio de 2015
Hora de muestreo:	11:00
Fecha de recepción de la muestra:	03 de julio de 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 03 al 17 de julio, 2015
Caracterización de la muestra:	Suelo de siembra de Alfalfa
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	62-1
Código original:	Nº1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº1
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0,14	69
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0,20	1,0
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	21
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0,20	0,41
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	88

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, julio 23 de 2015

CC: Archivo
 JCh/lca



Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 62/15

Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO EN SUELOS DE SIEMBRA S62/15

Cliente	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Peru
	Naupapampa
Punto de muestreo	Sr. Angel Cari Choquehuanca
Responsable del muestreo	02 de julio de 2015
Fecha de muestreo	11:00
Hora de muestreo	03 de julio de 2015
Fecha de recepción de la muestra:	Del 03 al 17 de julio, 2015
Fecha de ejecución del ensayo	Suelo de siembra de Avena
Caracterización de la muestra:	Compuesta
Tipo de muestra:	Bolsa plástica
Envase:	62-3
Código LCA:	N°3
Código original:	

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	N°3
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	53
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.91
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	20
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	1.0
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	140

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, julio 23 de 2015

Ing. Jaime Chincheros Raniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Arcenio
 JChñca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

10. Resultado de análisis de metales pesados en cultivos de alfalfa y avena.

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 1

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Ñaupapampa Provincia: Azangaro Departamento: Puno- Perú Ñampapampa- CALAPUJA
Punto de muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Responsable del muestreo:	10 de Abril de 2015
Fecha de muestreo:	7:00
Hora de muestreo:	12 de Agosto del 2015
Fecha de recepción de la muestra:	Del 12 al 26 de Agosto
Fecha de ejecución del ensayo:	Avena Var (Tayko)
Caracterización de la muestra:	Compuesta
Tipo de muestra:	Bolsa plástica
Envase:	38-1
Código LCA:	Nº 1
Código original:	

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº1
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	1.4
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	1.4
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.039
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	2.0
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	45

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 de Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChmca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 2

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Nampapampa- CALAPUJA
Responsable del muestreo:	Delvi Riehar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	7:27
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-2
Código original:	Nº 2

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº2
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	1.2
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	1.07
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.021
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	0.09
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	37

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 3

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Nampapampa- CALAPUJA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	7:50
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-3
Código original:	Nº 3

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº3
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	0.085
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	0.98
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.050
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	0.070
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	40

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Raniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 4

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- CALAPUJA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	8:00
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena var TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-4
Código original:	Nº 4

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 4
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	<0.010
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	<0.040
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.30
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	<0.020
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	0.40

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChmca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 5

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- CALAPUJA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	8:07
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena var TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-5
Código original:	Nº 5

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº5
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	<0.018
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	<0.047
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.25
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	<0.019
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	0.28

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChmca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 6

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Riehar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	8:27
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena var TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-6
Código original:	Nº 6

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 6
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	<0.024
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	<0.035
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.001
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	<0.01
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	0.20

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 7

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Nampapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	8:40
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena var TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-7
Código original:	Nº 7

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 7 38 - 7
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	<0.018
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	<0.042
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.1
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	<0.025
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	0.19

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChfca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 8

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Edwin Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	8:50
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena var TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-8
Código original:	Nº 8

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 8
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	<0.015
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	<0.027
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.21
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	<0.016
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	12

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChntca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 9

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Ñaupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
	Ñaupapampa- TITICACA
Punto de muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Responsable del muestreo:	10 de Abril de 2015
Fecha de muestreo:	9:00
Hora de muestreo:	12 de Agosto del 2015
Fecha de recepción de la muestra:	Del 12 al 26 de Agosto
Fecha de ejecución del ensayo:	Avena var TAYKO
Caracterización de la muestra:	Compuesta
Tipo de muestra:	Bolsa plástica
Envase:	38-9
Código LCA:	Nº 9
Código original:	

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 9
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	<0.024
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	<0.057
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.1
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	<0.027
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	18

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 10

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	9:15
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena var TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-10
Código original:	Nº 10

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 10 38 - 10
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	0.040
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	0.070
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.4
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	0.037
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	30

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 11

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	9:27
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena var TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-11
Código original:	Nº 11

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 11
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	1.2
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.75
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.042
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	0.09
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	27

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 12

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE AVENA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Riehar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	9:50
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Avena var TAYKO
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-12
Código original:	Nº 12

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 12
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0,14	0,98
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0,20	0,37
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0,25	0,027
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0,20	0,84
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	32

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 13

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Alfalfa var. W- 350
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-13
Código original:	Nº 13

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 13
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	0.60
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	0.048
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.51
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	31

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChlca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 14

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA CON RIEGO

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Ñampapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	10:18
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Alfalfa var W-350
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-14
Código original:	Nº 14

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 14
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	0.076
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.054
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.29
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	1.6
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	37

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChlca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 15

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa Provincia: Azangaro Departamento: Puno- Perú Naupapampa- TITICACA
Punto de muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Responsable del muestreo:	10 de Abril de 2015
Fecha de muestreo:	10:40
Hora de muestreo:	12 de Agosto del 2015
Fecha de recepción de la muestra:	Del 12 al 26 de Agosto
Fecha de ejecución del ensayo:	Alfalfa var W-350
Caracterización de la muestra:	Compuesta
Tipo de muestra:	Bolsa plástica
Envase:	38-15
Código LCA:	Nº 15
Código original:	

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 15 38 - 15
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	0.057
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.039
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.40
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	1.8
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	27

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015



Jaime Chincheros Paniagua
 Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChfca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 16

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA SIN RIEGO

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa Provincia: Azangaro Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Nampapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	11:00
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Alfalfa var W-350
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-16
Código original:	Nº 16

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 16
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	<0.024
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	0.058
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.06
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	0.02
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	0.10

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Raniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChlca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 17

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA SIN RIEGO

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- TITICACA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	11:20
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Alfalfa var W-350
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-17
Código original:	Nº 17

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 17
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	<0.023
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.060
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.08
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	0.026
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	0.12

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChMca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 18

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA SIN RIEGO

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Ñaupapampa Provincia: Azangaro Departamento: Puno- Perú Ñaupapampa- TITICACA
Punto de muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Responsable del muestreo:	10 de Abril de 2015
Fecha de muestreo:	11:39
Hora de muestreo:	12 de Agosto del 2015
Fecha de recepción de la muestra:	Del 12 al 26 de Agosto
Fecha de ejecución del ensayo:	Alfalfa var W-350
Caracterización de la muestra:	Compuesta
Tipo de muestra:	Bolsa plástica
Envase:	38-18
Código LCA:	N° 18
Código original:	

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	N° 18	38 - 18
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	0.030	
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.031	
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.07	
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	0.01	
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	0.19	

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015



Jaime Chincheros Paniagua
 Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChlca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 19

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- CALAPUJA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	12:00
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Alfalfa var W-350
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-19
Código original:	Nº 19

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 19 38 - 19
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	<0.039
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	<0.049
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.27
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	0.14
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	0.70

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChMca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 20

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa Provincia: Azangaro Departamento: Puno- Perú Ñampapampa- CALAPUJA
Punto de muestreo:	Ñampapampa- CALAPUJA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	12:20
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Alfalfa var W-350
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-20
Código original:	Nº 20

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 20 38 - 20
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	0.040
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.028
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.30
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	0.027
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	0.77

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChlca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 21

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA SIN RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Naupapampa- CALAPUJA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	12:38
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Alfalfa var W-350
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-21
Código original:	Nº 21

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 21 38 - 21
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	0.021
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.058
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.21
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	0.027
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	0.56

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 * La difusión de los resultados debe ser en su integridad.
 La Paz 05 Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 22

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa
	Provincia: Azangaro
	Departamento: Puno- Perú
Punto de muestreo:	Nampapampa- CALAPUJA
Responsable del muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Fecha de muestreo:	10 de Abril de 2015
Hora de muestreo:	12:51
Fecha de recepción de la muestra:	12 de Agosto del 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 12 al 26 de Agosto
Caracterización de la muestra:	Alfalfa var W-350
Tipo de muestra:	Compuesta
Envase:	Bolsa plástica
Código LCA:	38-22
Código original:	Nº 22

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 22
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.025	1.2
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.059	1.4
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.1	0.37
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.03	2.4
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	0.038	37

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015



Jaime Chincheros Raniagua
 Ing. Jaime Chincheros Raniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 23

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Ñaupapampa Provincia: Azangaro Departamento: Puno- Perú Ñaupapampa- CALAPUJA
Punto de muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Responsable del muestreo:	10 de Abril de 2015
Fecha de muestreo:	13:18
Hora de muestreo:	12 de Agosto del 2015
Fecha de recepción de la muestra:	Del 12 al 26 de Agosto
Fecha de ejecución del ensayo:	Alfalfa var W-350
Caracterización de la muestra:	Tipo de muestra: Compuesta
Tipo de muestra:	Envase: Bolsa plástica
Envase:	Código LCA: 38-23
Código LCA:	Código original: N° 23
Código original:	

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	N° 23 38 - 23
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	1.05
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	1.4
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.41
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	1.47
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	30

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChitca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

Universidad Mayor de San Andrés
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales
 Instituto de Ecología
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 38/15

Página 24 de 24

INFORME DE ENSAYO EN CULTIVO DE ALFALFA CON RIEGO A 38/15

Cliente:	FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA - UNA PUNO
Solicitante:	Sr. Delvi Richard Vargas Estofanero
Dirección del cliente:	Jr. Huancayo # 774
Procedencia de la muestra:	Comunidad de Naupapampa Provincia: Azangaro Departamento: Puno- Perú Naupapampa- CALAPUJA
Punto de muestreo:	Delvi Richar Vargas Estofanero
Responsable del muestreo:	10 de Abril de 2015
Fecha de muestreo:	13:50
Hora de muestreo:	12 de Agosto del 2015
Fecha de recepción de la muestra:	Del 12 al 26 de Agosto
Fecha de ejecución del ensayo:	Alfalfa var W-350
Caracterización de la muestra:	Compuesta
Tipo de muestra:	Bolsa plástica
Envase:	38-24
Código LCA:	Nº 24
Código original:	

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Nº 24
Arsénico total	Microwave Reaction System/EPA 206.2	mg/kg	0.14	1.00
Cadmio total	Microwave Reaction System/EPA 213.1	mg/kg	0.20	0.98
Plomo total	Microwave Reaction System/EPA 239.2	mg/kg	0.25	0.36
Mercurio total	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0.20	1.07
Cinc total	Microwave Reaction System/EPA 289.2	mg/kg	10	29

* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz 05 Setiembre de 2015



Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: Archivo
 JChlca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

11. Mapa 01: base de la comunidad de ñaupapampa distrito de Asillo.

12. Mapa 02: de ubicación de puntos de muestreo para metales pesados en cultivo y suelo