

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“FITOEXTRACCIÓN DE PLOMO EN EL PARQUE ZOOLOGICO
DE HUACHIPA MEDIANTE EL USO DE *Tagetes erecta*
ASOCIADO A MICORRIZAS Y EDTA”**

Presentada por:

OSCAR EDUARDO CARRERA ROMERO

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Lima – Perú

2021

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“FITOEXTRACCIÓN DE PLOMO EN EL PARQUE ZOOLOGICO
DE HUACHIPA MEDIANTE EL USO DE *Tagetes erecta*
ASOCIADO A MICORRIZAS Y EDTA”**

Presentada por:

OSCAR EDUARDO CARRERA ROMERO

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Mg. Quim. Mary Flor Césare Coral
PRESIDENTE

Mg. Sc. Juan Guerrero Barrantes
MIEMBRO

Mg. Sc. Diego Alonso Suárez Ramos
MIEMBRO

Mg. Sc. Lily Tello Peramás
ASESORA

DEDICATORIA

A mi madre, por todo su apoyo incondicional y siempre creer en mí.

A mis abuelos, por todas sus enseñanzas y cariño.

AGRADECIMIENTOS

A la Mg Sc. Lily Tello Peramas, profesora de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria la Molina, por su apoyo como asesora de tesis.

A mi madre, por su constante apoyo y motivación para lograr esta meta.

A mis abuelos, por aconsejarme en todo momento y enseñarme a ser paciente.

A mis amigos, por darme ánimos cuando lo necesitaba.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. GENERALIDADES.....	3
2.1.1. Suelo.....	3
2.1.2. Contaminación de suelo	3
2.1.1. Metal pesado.....	5
2.1.2. Biodisponibilidad de metales.....	5
2.1.3. Plomo.....	7
2.1.4. Efecto tóxico del plomo.....	7
2.1.5. Efecto tóxico del plomo en aves.....	7
2.2. FITORREMEDIACIÓN	8
2.2.1. Fitoextracción	9
2.2.2. Factor de bioacumulación y factor de traslocación	10
2.2.3. Especies acumuladoras	11
2.3. <i>Tagetes erecta</i> “MARIGOLD”	11
2.4. QUELACIÓN.....	12
2.4.1. Fitoextracción inducida por agentes quelantes	12
2.4.2. Ácido etildiaminotetraacético (edta)	13
2.5. MICORRIZA ARBUSCULAR.....	14
2.5.1. Fitoextracción mejorada con micorrizas.....	14
2.6. PRESENCIA DE PLOMO EN SUELOS DE PARQUES RECREACIONALES DE LIMA.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. MUESTREO DEL ÁREA DE ESTUDIO	18
3.1.1. Reconocimiento del área	18
3.1.2. Muestreo de suelos	19

3.1.3.	Determinación de metales en el suelo	20
3.2.	PREPARACIÓN DE LAS PLÁNTULAS DE <i>Tagetes erecta</i>	20
3.2.1.	Preparación del almácigo.....	20
3.2.2.	Repique a bolsas y aplicación de tratamiento de micorrizas	21
3.3.	TRASLADO DE LAS PLANTAS A CAMPO.....	23
3.4.	RIEGO DE LAS PLANTAS EN CAMPO	27
3.5.	CONTROL DE PLAGAS	28
3.6.	COSECHA DE LAS PLANTAS Y MUESTREO DE SUELOS POST-COSECHA	29
3.7.	DETERMINACIÓN DE PLOMO EN PLANTAS.....	30
3.7.1.	Determinación de factores	33
3.8.	DISEÑO ESTADÍSTICO.....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1.	CONTENIDO INICIAL DE PLOMO TOTAL EN ÁREA DE ESTUDIO	34
4.2.	CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO DE LOS TRATAMIENTOS	36
4.3.	DESARROLLO DE <i>Tagetes erecta</i>	38
4.3.1.	Parámetros fisiológicos	38
4.4.1.	Concentración de plomo.....	41
4.5.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE TRASLOCACIÓN	43
V.	CONCLUSIONES	44
VI.	RECOMENDACIONES	45
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	46
VIII.	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos a aplicar	22
Tabla 2. Parámetros y métodos empleados	24
Tabla 3: Ubicación de los tratamientos y repeticiones.....	25
Tabla 4: Contenido inicial de plomo en el área de estudio.....	35
Tabla 5: Caracterización del suelo de Parque Zoológico de Huachipa.	36
Tabla 6: Concentraciones iniciales de plomo total en el suelo de cada tratamiento	37
Tabla 7: Concentraciones finales de plomo total en el suelo de cada tratamiento	37
Tabla 8: Factores de traslocación en cada tratamiento.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Compartimentalización de los metales pesados en el suelo.....	4
Figura 2: Concepto de biodisponibilidad para suelos contaminados.	6
Figura 3: Ventajas y desventajas de la fitorremediación.....	9
Figura 4: Mapa de ubicación de los seis parques en estudio.....	16
Figura 5: Nivel de plomo en los suelos del Parque Zoológico de Huachipa.....	17
Figura 6: Muestreo de suelo en las zonas de interés.....	19
Figura 7: Preparación del almácigo.....	21
Figura 8: Repique a bolsas de cultivo.....	23
Figura 9: Distribución de plantas por unidad experimental.....	26
Figura 10: Repique a bolsas de cultivo.....	27
Figura 11: Insecticida FUERZA 200 SC.....	28
Figura 12: Repique a bolsas de cultivo.....	29
Figura 13: Lavado y molienda de plantas.....	30
Figura 14. Matraces con las muestras molidas.....	31
Figura 15: Adición de la sustancia a las muestras.....	31
Figura 16: Filtrado de la solución.....	32
Figura 17: Traspase de la solución a tubos centrífugos.....	32
Figura 18: Altura de las plantas en los tratamientos en estudio.	40
Figura 19: Longitud de las raíces de las plantas en los tratamientos en estudio.	40
Figura 20: Concentración de plomo en la parte aérea de los tratamientos en estudio.	41
Figura 21: Concentración de plomo en las raíces de los tratamientos en estudio.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación del Parque Zoológico de Huachipa	52
Anexo 2: Coordenadas y Concentración de Metales del Muestreo Inicial	53
Anexo 3: Distribución Espacial de los Tratamientos.....	54
Anexo 4: Caracterización de las aguas de pozo del Parque Zoológico de Huachipa	55
Anexo 5: Mediciones de conductividad antes del riego	56
Anexo 6: Corridas de datos estadísticos	58
Anexo 7: Informes de Calidad del Agua del Río Rímac - Convenio N° 002-2009/MINSA-SEDAPAL.....	73
Anexo 8: Parámetros Fisiológicos en los tratamientos.....	80
Anexo 9: Concentración de plomo en los tratamientos.....	81

RESUMEN

El uso de la fitorremediación para solucionar problemas de contaminación de suelos ha aparecido como una alternativa de menor costo a los tratamientos convencionales. Para que una planta pueda ser usada en el proceso de fitorremediación necesita tener la capacidad de extraer y acumular metales; asimismo, existen sustancias que pueden ser añadidas a las plantas para mejorar la eficiencia de extracción. En base a esto, se analizó la capacidad fitorremediadora del marigold (*Tagetes erecta*) asistida con EDTA y micorrizas. Específicamente se evaluó la capacidad del marigold para extraer plomo de los suelos contaminados en la Zona del Bosque de Aves del Parque Zoológico de Huachipa (PZH). Para esto se realizó la plantación de marigold en las zonas de mayor interés dentro del PZH, con tratamientos de diferentes concentraciones de micorrizas (0 y 0,5 g/kg) y EDTA (0, 0,5 y 1 mg/kg), para posteriormente ser analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica y analizar la concentración de plomo en las partes aéreas y radiculares de las plantas al final del experimento. Con esta investigación se demostró que el marigold es una planta con capacidad de extracción de plomo, y que si bien, bajo las condiciones del experimento, las micorrizas no presentaron una mejora en la eficiencia de extracción, el EDTA si aumentó la cantidad de plomo extraído, por lo que el desarrollo fisiológico de la planta se vio afectado.

Palabras clave: Fitoextracción, especie acumuladora, micorrizas, EDTA, plomo, parques recreacionales

ABSTRACT

The use of phytoremediation to solve problems of soil contamination has appeared as a lower cost alternative to conventional treatments. For a plant to be used in the phytoremediation process it needs to have the capacity to extract and accumulate metals. Also, there are substances that can be added to plants to improve extraction efficiency. Based on this, the phytoremediation capacity of the marigold (*Tagetes erecta*) assisted with EDTA and mycorrhizae was analyzed. Specifically, the capacity of the marigold to extract lead from contaminated soils in the “Bosque de Aves” area of the “Parque Zoológico de Huachipa” (PZH) was evaluated. For this, the marigold planting was carried out in the areas of greatest interest within the PZH, with treatments of different concentrations of mycorrhizae (0 and 0.5 g / kg) and EDTA (0, 0.5 and 1 mg / kg), to later be analyzed by atomic absorption spectrophotometry and analyze the concentration of lead in the aerial and radicular parts of the plants at the end of the experiment. This research showed that the marigold is a plant with lead extraction capacity, and that although under the conditions of the experiment, mycorrhizae did not show an improvement in extraction efficiency, EDTA did increase the amount of lead extracted, so that the physiological development of the plant was affected.

Keywords: Phytoextraction, accumulator species, mycorrhizae, EDTA, lead, recreational parks

I. INTRODUCCIÓN

Un suelo contaminado es aquel cuyas características químicas han sido alteradas negativamente por la presencia de sustancias contaminantes depositadas por la actividad humana, en concentraciones tales que representen un riesgo a la salud humana o al ambiente (MINAM, 2013). Una de las fuentes más comunes de contaminación del suelo, es el plomo, el cual resulta tóxico en pequeñas dosis, pudiendo afectar a casi todos los órganos y sistemas en el cuerpo, especialmente al sistema nervioso y cuya principal vía de biodisponibilidad son el suelo y el polvo (Corzo y Velásquez, 2014).

Generalmente se utilizan diversos métodos para la remediación de suelos; sin embargo, muchos de ellos implican precios elevados. Bajo este contexto, surge la necesidad de realizar investigación en métodos alternativos que requieran menores costos, pero que continúen siendo eficientes. En los últimos años ha aparecido un método denominado fitoextracción, el cual aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como metales pesados, compuestos orgánicos, entre otros (Delgadillo-López *et al.*, 2011).

El marigold (*Tagetes erecta*) es una planta herbácea nativa de México que suele ser usada como planta ornamental; sin embargo, algunos estudios realizados con esta planta demuestran que tiene la capacidad de extraer metales del suelo (como el plomo) por lo que puede emplearse para el proceso de fitoextracción (Castillo *et al.*, 2010).

Asimismo, se pueden emplear elementos adicionales que permitan mejorar la eficiencia de la fitorremediación, como son el caso de las micorrizas arbusculares, que mitigan el estrés e incrementan el crecimiento de las plantas en sitios fuertemente contaminados con metales pesados, por lo que son una herramienta potencial para la restauración de ecosistemas degradados (Gaur y Adholeya, 2004). Del mismo modo, el EDTA es un agente quelante que puede ser empleado para tratar de inducir la solubilización de distintos metales en los suelos y su absorción y translocación en plantas de elevada producción de biomasa. (Lombi *et al.*, 2001).

El objetivo general de la presente investigación fue:

- Determinar la eficiencia de extracción de plomo con marigold (*Tagetes erecta*) asociado a micorrizas y/o EDTA en el suelo de la Zona Bosque de Aves del Parque Zoológico de Huachipa.

Asimismo, los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Cuantificar el plomo extraído por *Tagetes erecta* asociado a micorrizas en el suelo de la Zona Bosque de Aves del Parque Zoológico de Huachipa.
- Cuantificar el plomo extraído por *Tagetes erecta* asociado a EDTA en el suelo de la Zona Bosque de Aves del Parque Zoológico de Huachipa.
- Cuantificar el plomo extraído por *Tagetes erecta* asociado a micorrizas y EDTA en el suelo de la Zona Bosque de Aves del Parque Zoológico de Huachipa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

2.1.1. Suelo

El suelo es un cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurre en la superficie de la tierra, ocupa un espacio y se caracteriza porque tiene horizontes o capas que se diferencian del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, translocaciones y transformaciones de energía y materia o porque es capaz de soportar plantas arraigadas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 1998).

El suelo es un medio tridimensional que cumple una extensa variedad de funciones ecológicas y socioeconómicas. Es un medio complejo formado por una matriz porosa, en la que el aire, el agua y la biota actúan conjuntamente con los flujos de sustancias y líquidos que existen entre estos elementos. Las alteraciones de los procesos edáficos producen cambios en el funcionamiento de los ecosistemas, y muchos problemas medioambientales que cobran visibilidad en otros medios se originan en realidad en el suelo (European Environmental Agency, 2002).

2.1.2. Contaminación de suelo

La contaminación del suelo se debe a la presencia de contaminantes en el suelo en concentraciones lo suficientemente altas para causar amenazas a la calidad ecológica y/o presentar riesgos a la salud humana. Una gran variedad de elementos químicos y compuestos pueden estar presentes de forma natural como contaminantes en el suelo: metales (como el mercurio), metaloides (como el arsénico), iones inorgánicos y sales (fosfatos, sulfatos, nitratos, etc.), los cuales son producidos principalmente por la actividad microbiana del suelo y la descomposición de plantas y tejidos animales. Asimismo, diversos compuestos químicos que llegan al suelo provienen de la atmósfera (conducidos por la precipitación y el viento), cuerpos de agua superficial y aguas subterráneas.

Aunque la contaminación del suelo puede tener ambas, causas naturales y antropogénicas, en la mayoría de los casos es asociada con actividades humanas que resultan en la acumulación de contaminantes a tal nivel que representan un riesgo para la salud humana y del ecosistema (Duarte *et al.*, 2017).

Las formas químicas en las que se encuentran los metales en el suelo y en gran medida la movilidad y biodisponibilidad que presentan viene determinada por el conjunto de los diferentes componentes del suelo, así como los factores químicos, físicos y biológicos que influyen en la reactividad de esos componentes (García *et al.*, 2005). Los elementos traza de un suelo se reparten entre una fracción soluble en agua, en posiciones intercambiables de arcillas y materia orgánica, unidos a óxidos, carbonatos, sulfatos y fosfatos, complejados en materia orgánica y dentro de las redes cristalinas de la fracción residual (Shuman, 1991, citado por Diez, 2008). El equilibrio de los metales entre los diferentes componentes del suelo viene regulado por una serie de procesos bióticos y abióticos que gobiernan su comportamiento y determinan su permanencia en un compartimento u otro, es decir, su especiación biogeoquímica. Ello provoca una dinámica e intercambio de elementos entre las diferentes fases que mantiene un sistema de quasi-equilibrio bajo condiciones de campo (He *et al.*, 1998, citados por Diez, 2008).

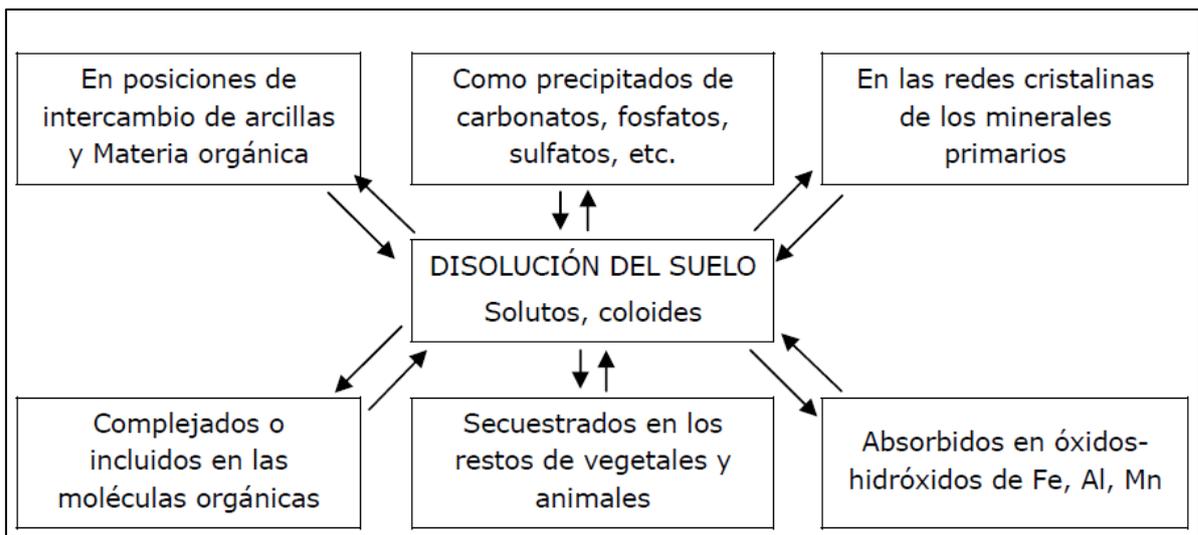


Figura 1: Compartimentalización de los metales pesados en el suelo
FUENTE: López Arias & Grau Corbi, 2004

Dentro de los metales encontrados con mayor frecuencia en suelos contaminados, se encuentran el cadmio (Cd), plomo (Pb), cobalto (Co), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), selenio (Se) y zinc (Zn). Los metales pesados presentan una alta persistencia en los

suelos, con tiempos de residencia del orden de cientos o incluso miles de años. Los suelos contaminados con metales pesados contribuyen a la exposición del humano a los metales mediante transferencia por la cadena alimenticia, inhalación de polvo transportado por el viento o ingestión directa del suelo. Además de esto, existe un riesgo considerable de una migración del metal fuera del sitio contaminado y de lixiviación del metal a aguas subterráneas, incrementando la probabilidad de exposición para los humanos (Alkorta *et al.*, 2010).

2.1.1. Metal pesado

El término metal pesado se refiere a aquellos metales de la tabla periódica cuyo peso específico es superior a 5g/cm^3 o que tienen un número atómico por encima de 20, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinotérreos (Breckle, 1991, citado por Diez, 2008). Los metaloides por su parte, poseen características intermedias entre los metales y los no metales de acuerdo con sus propiedades de enlace o ionización. Metaloides como el As, Se o Sb también pueden constituir importantes contaminantes ambientales (Diez, 2008).

Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides, incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Lucho *et al.*, 2005).

2.1.2. Biodisponibilidad de metales

La biodisponibilidad se define como el grado en el que las sustancias químicas presentes en el suelo, pueden ser absorbidas o metabolizadas por receptores humanos o naturales, o quedar disponibles para interactuar con los sistemas biológicos (ISO/DIS 17402, 2006).

Normalmente sólo una fracción pequeña de una sustancia potencialmente contaminante de un medio es biodisponible. La biodisponibilidad de un elemento es función de la forma química en que se encuentra en el medio; y la capacidad de los organismos para absorberlo o ingerirlo. Estos elementos pueden ser acumulados en el organismo en concentración, de varios órdenes de magnitud mayor que la concentración del medio donde vive (bioacumulación) (Galán & Romero, 2008). Hay varios factores involucrados al determinar la biodisponibilidad, como por ejemplo las propiedades del suelo, la especiación de metales, la especie vegetal a aplicar para extraer el metal, la relación entre la raíz y la planta, etc. (Feng *et al.*, 2005).

Otros autores definen la biodisponibilidad como la fracción del total de una sustancia en un suelo que puede causar un efecto, positivo o negativo, en un organismo. Iguales

concentraciones de algunas sustancias son más probables de causar un efecto que otras y para una determinada sustancia, la probabilidad de un efecto variará dependiendo del contenido de dicha sustancia en el suelo. En la Figura 2, se muestra que dos metales diferentes pueden tener diferente biodisponibilidad en el mismo suelo, y el mismo metal puede tener diferente biodisponibilidad en dos suelos diferentes (Pierzynski et al., 2005).

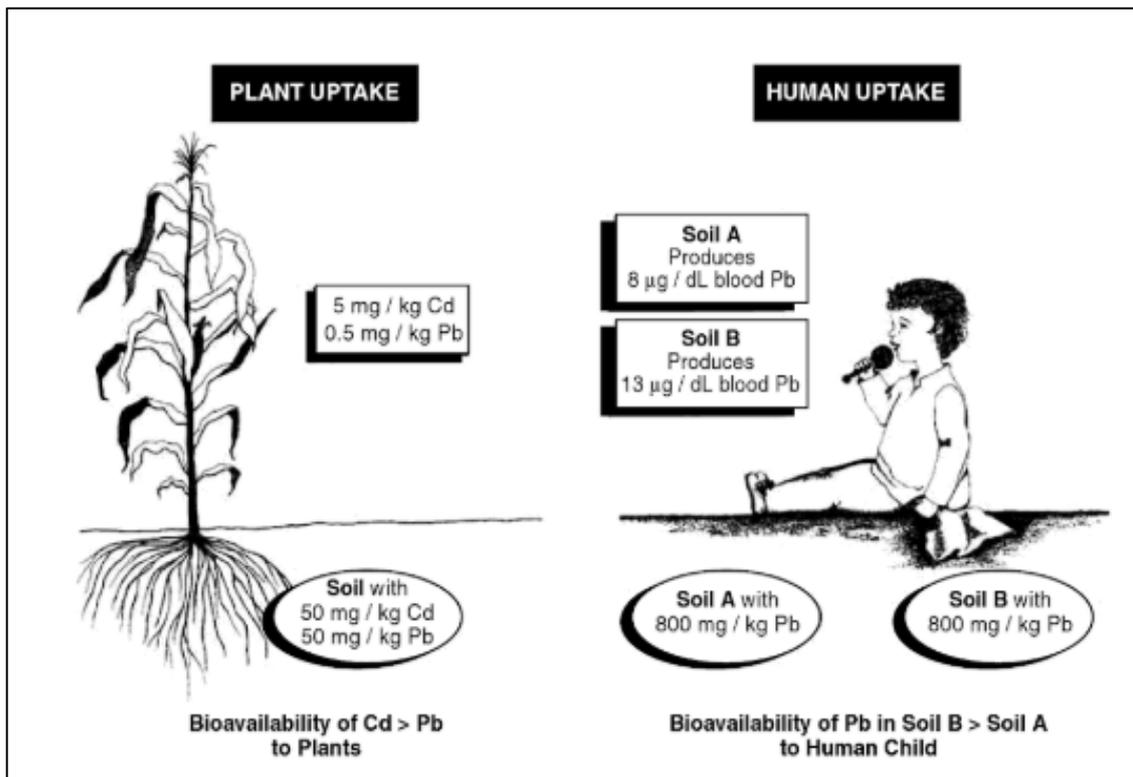


Figura 2: Concepto de biodisponibilidad para suelos contaminados.

FUENTE: Pierzynski *et al.*, 2005

En muchos estudios de remediación, el concepto de disponibilidad puede ayudar a conocer las características del suelo y el contaminante, permitiendo determinar hacia donde probablemente se desplace el contaminante (agua superficial, agua subterránea, aire), si es probable la transferencia del contaminante mediante cadena alimenticia o si el contacto directo con el suelo es necesario para la exposición en humanos u otros organismos (Pierzynski et al., 2005).

En un estudio realizado por Yong et al. (1990) sobre la capacidad de amortiguamiento (buffer) y la retención de plomo en algunos suelos arcillosos, se evaluó la conexión entre la capacidad buffer y la habilidad de las arcillas de retener plomo de lixiviados. En el estudio se reportó que la cantidad de metales pesados retenidos no solo depende del tipo de suelos

sino también de los metales pesados involucrados. A valores de pH bajos, los metales pesados se hacen móviles y la adsorción en las partículas de arcilla es menos efectiva debido a la competencia en el intercambio de H⁺. La cantidad de metales pesados retenidos depende del suelo y su composición (Yong & Galvez-Cloutier, 1993).

2.1.3. Plomo

El plomo es un metal blando, pesado y de color gris azulado, con una densidad de 11.35 g/cm³. Su punto de fusión es bajo (aproximadamente de 327°C), es fácilmente moldeable y tiene buena estabilidad frente a la corrosión y al ácido sulfúrico. Se obtiene principalmente de la galena y es muy escaso en la corteza terrestre (Domínguez & Ferrer, 2017).

2.1.4. Efecto tóxico del plomo

El plomo es un metal altamente tóxico que está presente en gran parte de las actividades que desempeña el hombre -fundición, agricultura, fábricas de baterías- y en pinturas y combustibles como aditivo. El plomo ingresa al cuerpo a través de la absorción intestinal por ingestión, a los pulmones por inhalación y por la piel. Una vez en el organismo es transportado por el torrente sanguíneo a todos los órganos y tejidos y, luego de haber sido absorbido puede acumularse en los huesos, los dientes, el hígado, los pulmones, los riñones, el cerebro y el bazo. Se conoce como saturnismo al envenenamiento que produce en la sangre el plomo, que bloquea la síntesis de hemoglobina y altera el transporte de oxígeno a la sangre y hacia los demás órganos del cuerpo. El aumento de la exposición al plomo se ha asociado con un gran número de enfermedades tanto en niños como en adultos (Corzo & Velásquez, 2014). Se plantea que los niños son más susceptibles porque, en relación con su masa, inhalan más aire e ingieren mayor cantidad de suelo que los adultos y por la interacción mano boca, tan común durante la infancia, que facilita la ingesta de polvo; además, es necesario considerar que la absorción gastrointestinal del plomo en los infantes es hasta cinco veces superior que en el adulto y la distribución a órganos extra-óseos (incluyendo el sistema nervioso central) también es mayor (Flores-Ramírez et al., 2012).

2.1.5. Efecto tóxico del plomo en aves

El plomo absorbido se acumula principalmente en los huesos de mamíferos y aves, y de los tejidos blandos, los riñones acumulan los mayores niveles (Stowe *et al.*, 1973; Custer *et al.*, 1984, citados por Scheuhammer, 1987). Niveles de plomo de 20 mg/dL (1,1 mmol/L)

sugieren intoxicación por plomo en aves, mientras que niveles mayores a 50 mg/dL (2,8 mmol/L) son típicamente confirmatorios (Axelson, 2011).

Las aves hembras acumulan plomo a mayores ratios que los machos; por ejemplo, el tejido óseo de las palomas hembras reproductivamente activas revelaron una mayor absorción de Pb que la de los machos (Kendall & Scanlon, 1981, citados por Scheuhammer, 1987), y las hembras de patos silvestres a los que se les administró una inyección de Pb acumularon hasta 10 veces más Pb en sus fémures que los machos a los que se les administró una dosis similar. (Finley & Dieter, 1978, citados por Scheuhammer, 1987). Varios investigadores han estudiado la toxicidad crónica del Pb en la dieta en especies de aves. Tomados en conjunto, los resultados de estos estudios indican una mayor susceptibilidad al Pb en aves jóvenes y altriciales que en los adultos de la misma especie (Scheuhammer, 1987).

2.2. FITORREMEDIACIÓN

La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. En la Figura 3 se puede observar las ventajas y desventajas de este método (Delgadillo-López et al., 2011).

Los 3 principales tipos de fitorremediación son la fitoestabilización, fitovolatilización y fitoextracción. La factibilidad de la fitorremediación incluye su estética y su enfoque pasivo, al ser una tecnología que depende de la energía solar. Puede ser aplicado a una variedad de contaminantes, a la vez que se minimiza la generación de residuos secundarios. Es más efectivo económicamente para sitios contaminados extensos con baja concentración de contaminantes. El suelo puede permanecer en el sitio luego de la remoción del contaminante en lugar de ser dispuesto o aislado. La fitorremediación usualmente requiere más de una temporada de crecimiento, lo cual es su mayor desventaja. El tratamiento es limitado a suelos con menos de un metro de superficie y agua subterránea menor a 3 metros de la superficie. Condiciones climáticas e hidrológicas como inundaciones o sequías pueden restringir el crecimiento de las plantas y el tipo de plantas que pueden ser usados (Nejad et al., 2017).

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se puede realizar <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> 2. Se realiza sin necesidad de transportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua 3. Es una tecnología sustentable. 4. Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos 5. Es de bajo costo. 6. No requiere personal especializado para su manejo. 7. No requiere consumo de energía. 8. Solo requiere de prácticas agronómicas convencionales 9. Es poco perjudicial para el ambiente 10. Actúa positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de una cubierta vegetal. 11. Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable. 12. Evita la excavación y el tráfico pesado. 13. Se puede emplear en agua, suelo, aire y sedimentos. 14. Permite el reciclado de recursos (agua, biomasa, metales) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. En especies como los árboles o arbustos, la fitorremediación es un proceso relativamente lento. 2. Se restringe a sitios de contaminación superficial dentro de la rizósfera de la planta. 3. El crecimiento de las plantas está limitado por concentraciones tóxicas de contaminantes, por lo tanto, es aplicable a ambientes con concentraciones bajas de contaminantes. 4. En el caso de la fitovolatilización, los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente. 5. Los contaminantes acumulados en madera pueden liberarse por procesos de combustión. 6. No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras. 7. La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes. 8. Se requieren áreas relativamente grandes. 9. En sistemas acuáticos se puede favorecer la diseminación de plagas, tales como los mosquitos.

Figura 3: Ventajas y desventajas de la fitorremediación

FUENTE: Delgadillo-López *et al.*, 2011

2.2.1. Fitoextracción

La fitoextracción se define como una tecnología verde que remueve los contaminantes del suelo mediante absorción y translocación a las partes cosechables de la planta. Ofrece la posibilidad de ser una alternativa atractiva, económica y no invasiva para una porción de los sitios contaminados (Cunningham & Ow, 1996; Garbisu & Alkorta, 2001).

Según Navarro-Aviñó (2007), el proceso de incorporación y acumulación de metales pesados en las plantas consta de dos fases:

La primera implica el transporte de los metales pesados al interior de la planta y posteriormente al interior de la célula. El tejido de entrada principal de los metales es la raíz. Estos pueden llegar por difusión en el medio, mediante flujo masivo o por intercambio catiónico. En las células radiculares existen grupos carboxilos que le otorgan cargas negativas, las cuales interaccionan con las cargas positivas de los metales pesados, creando un equilibrio debido a la presencia de grupos carboxilo, creando un equilibrio dinámico que facilita la entrada hacia el interior celular, ya sea por vía apoplástica o simplástica.

En la segunda, los metales forman complejos con ligandos específicos dentro de la planta. Entre los quelantes producidos por las plantas se encuentran ácidos orgánicos (ácidos cítrico, oxálico y málico), aminoácidos (histidina y cisteína) y dos clases de péptidos (fitoquelatinas y metaloteínas). Las fitoquelatinas son ligandos de alta afinidad que tienen como sustrato al glutatión; están constituidas básicamente por 3 aminoácidos: ácido glutámico, cisteína y glicina, unidos por enlaces peptídicos. Las metalotioneínas son polipéptidos de unos 70-75 aminoácidos con un alto contenido en cisteína, aminoácido capaz de formar complejos con cationes mediante el grupo sulfidrilo. La tercera y última fase, abarca la compartimentalización, en la que el complejo ligado-metal queda retenido en la vacuola y detoxificado.

Las autoridades y las empresas de remediación ambiental son reacios a introducir las técnicas de fitoextracción debido a su prolongado tiempo de remediación. Con el fin de reducir el tiempo requerido, la extracción necesita ser asistida. La eficiencia de extracción es determinada mediante la biomasa cosechable multiplicado por la concentración de metales pesados contenidos dentro de la biomasa. En general, se identifican dos principales tendencias en la investigación para aumentar la eficiencia de fitoextracción: el uso de especies hiperacumuladoras (Baker et al., 1994; Brown et al., 1994; Kramer et al., 1997; Lombi et al., 2002) y el uso de enmiendas al suelo para incrementar la biodisponibilidad y estimular la absorción y translocación del metal pesado en especies de plantas de elevada producción de biomasa (Lombi et al., 2001).

2.2.2. Factor de bioacumulación y factor de traslocación

Para evaluar las plantas con propósitos de fitoextracción, la eficiencia de una planta debe ser evaluada por medio del factor de bioconcentración y el factor de translocación. El factor de bioconcentración ha sido definido como el ratio de la concentración del metal en la biomasa de la planta con respecto a la concentración del metal en el suelo (McGrath & Zhao, 2003). El factor de translocación es calculado tomando en cuenta las concentraciones del metal pesado en los compartimentos de la planta y se refiere a la habilidad de la planta de translocar metales pesados de las raíces a la parte aérea cosechable (Mattina et al., 2003, citado por Marchiol et al., 2004). Factores de translocación mayores a 1 sugieren gran capacidad para transportar metales desde las raíces a los vástagos, explicada en su mayor parte por eficientes sistemas de transporte de metales (Zhao, 2002). Las plantas hiperacumuladoras se caracterizan por una relación concentración de metal parte aérea / concentración de metal raíz, mayor a 1. En cambio, las plantas no acumuladoras tienen una más alta concentración

de metal en raíces que en hojas y tallos (Baker, 1981; Brown, 1995, citados por Medina & Montano, 2014).

2.2.3. Especies acumuladoras

En general se recomiendan especies hiperacumuladoras para usarse en el proceso de fitorremediación. El término “hiperacumulador” se ha usado en algunas investigaciones previas para describir la acumulación de níquel mayor a 1000 µg/g en tejido foliar seco. Este nivel fue elegido como 100-1000 veces mayor que lo normalmente encontrado en plantas de suelos de origen no ultramáfico, y 10-100 veces mayor que lo encontrado en otras plantas ultramáficas. De esta forma se recomienda los siguientes criterios de concentración para diferentes metales y metaloides en el follaje seco con plantas creciendo en sus hábitats naturales: 100 mg/kg para Cd, Se y Tl; 300 mg/kg para Co, Cu y Cr; 1000 mg/kg para Ni, Pb y As; 3000 mg/kg para Zn; 10000 mg/kg para Mn (Ent & Baker, 2012).

2.3. *Tagetes erecta* “MARIGOLD”

Tagetes erecta es una herbácea erecta muy aromática, de tallo ramificado y hojas opuestas, divididas. Las inflorescencias vienen en cabezuelas con flores del disco tubulares y de la periferia ligulares, amarillas o anaranjadas (Fundación Hogares Juveniles, 2005). Es una planta originaria de los Andes, conocida también como flor de muerto o chavel chino. En Perú se cultiva en los valles de Cañete, Barranca y Huaral. Se exporta principalmente a México y en menor extensión a España y EUA (Lock Sing, 1997).

Una de las ventajas del uso de esta planta es su buena adaptación a las condiciones climáticas costeras del Perú, caracterizándose por el alto prendimiento de los plantines al trasplante, con altos rendimientos de cosecha (Mendez, 2009).

En una investigación realizada por Shah *et al.* (2017) se cultivó *Tagetes erecta* en macetas conteniendo suelo tratado con diferentes concentraciones de Pb(NO₃)₂ (0, 500, 1000, 1500, 2000 y 2500 mg/k, respectivamente) y se analizaron los efectos de la acumulación de plomo en el crecimiento de la planta mediante la medición de distintos parámetros como la longitud de raíces y partes aéreas, el peso fresco y peso en seco, entre otros. Para la estimación del contenido de plomo, la planta se dividió en raíces, tallo, hojas e inflorescencias y analizados mediante espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados mostraron que la acumulación de plomo en la planta no presentó efectos negativos significativos y que la mayor parte del plomo se acumuló en las raíces, seguido por tallos y hojas, y finalmente las flores. Se observó que para la mayoría de las especies de plantas, la mayoría del plomo

absorbido se acumula en las raíces, y sólo una pequeña fracción se transloca a partes de plantas aéreas. Hay varias razones por las que el transporte de plomo de las raíces a las partes de las plantas aéreas es limitado. Algunas de estas razones incluyen la inmovilización por pectinas cargadas negativamente dentro de la pared celular, precipitación de sales de plomo insolubles en espacios intercelulares, acumulación en membranas plasmáticas o secuestro en las vacuolas de células rizodémicas y corticales.

2.4. QUELACIÓN

La quelación se define como la reacción de equilibrio entre un ión metálico y un agente complejante, caracterizada por la formación de más de una unión entre el metal y la molécula del agente complejante, con la formación de una estructura de anillo que incorpora el ión metálico (Besoin, 1970).

2.4.1. Fitoextracción inducida por agentes quelantes

La “fitoextracción inducida” se puede considerar realmente otro tipo de práctica agronómica, ya que se basa en la adición al suelo de sustancias químicas quelantes capaces de solubilizar los metales y de provocar su absorción por las plantas en crecimiento. La adición del quelante se produce cuando las plantas han desarrollado suficiente biomasa, induciendo la absorción y translocación del metal hacia la parte aérea, en donde son acumulados hasta niveles tóxicos. Una vez que las plantas mueren, son cosechadas y retiradas del lugar contaminado (Huang et al., 1997). Los mecanismos implicados en la inducción de la absorción y translocación de metales por la adición de agentes quelantes no están todavía bien entendidos aunque existen trabajos que proponen distintas hipótesis (Diez, 2008).

Se debe considerar que cuando el metal contaminante suele encontrarse en formas biodisponibles desde un principio (por ej. Cu, Zn y Cd), la fitoextracción inducida no es factible, ya que se producen síntomas de fitotoxicidad severa en las plantas en crecimiento y la biomasa alcanzada no es suficiente. Por lo tanto, esta estrategia de fitocorrección se aplica sobre suelos contaminados con metales de escasa movilidad y biodisponibilidad que generalmente se encuentran en formas residuales, como el Cr o principalmente el Pb (Ebbs & Kochian, 1997, citados por Diez, 2008).

Los agentes más usados en esta técnica son quelantes sintéticos como el EDTA (ácido etilendiamintetracético), CDTA (ácido trans-1,2-ciclohexilendinitrilotetracético), HEDTA (ácido hidroxiletildiamintetracético), EGTA (ácido etilen bis-(oxietilentrinitrilo)

tetracético), DTPA (ácido dietilentriaminopentacético), NTA (ácido nitrilotriacético), etc (Blaylock et al., 1997; Huang et al., 1997; Chiu et al., 2005; Lai & Chen, 2005; Quartacci et al., 2006, citados por Diez, 2008).

2.4.2. Ácido etildiaminotetraacético (edta)

El tetraanión del EDTA ($^-\text{OOCCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COO}^-)_2$) es un agente complejante especialmente efectivo que puede formar cinco ciclos de quelato de cinco miembros con un solo ion metálico por coordinación mediante los pares de electrones de los cuatro (o a veces tres) grupos carboxilato y de los dos átomos de nitrógeno (Laitinen & Harris, 1982).

Numerosos agentes quelantes, habitualmente diferentes de ácidos orgánicos de bajo peso molecular (LMWOAs, por sus siglas en inglés) y agente quelantes sintéticos como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), han sido ampliamente utilizados en la última década para tratar de inducir la solubilización de distintos metales en los suelos y su absorción y translocación en plantas de elevada producción de biomasa (Diez, 2008).

Las dos principales limitaciones para la fitoextracción del plomo son la baja biodisponibilidad del plomo en el suelo y la pobre traslocación del plomo de las raíces a las partes aéreas. Un punto clave para la fitoextracción del plomo es incrementar y mantener las concentraciones de plomo en la solución suelo. Los quelatos como el EDTA han sido usados en suelos para incrementar la solubilidad de cationes metálicos en el medio de crecimiento de la planta y se reportaron efectos significativos en la acumulación de metales en la planta (Huang et al., 1997)

En un trabajo realizado por Sinhal y Singh (2009) se estudió los efectos del EDTA y ácido cítrico en la acumulación de Zn, Cu, Pb y Cd en *Tagetes erecta*. Las plantas crecieron en macetas tratadas con los metales mencionados solos y en combinación con 3 dosis de EDTA y ácido cítrico (10, 20 y 30 mg/l). Las 3 dosis aplicadas incrementaron la acumulación de metales en la plantas en comparación a los tratamiento control. Con la dosis de 30 mg/l de EDTA, de los metales estudiados el Zn se acumuló en mayor cantidad en las hojas (526.34 mg/kg), seguido por el Cu (443.14 mg/kg), Pb (393,16 mg/kg) y Cd (333.62 mg/kg), sin embargo esta misma dosis causó una gran reducción en el crecimiento del marigold.

Existe una gran controversia alrededor del destino del quelante residual en el suelo después de que ha tenido lugar la absorción de metal por parte de las plantas. Agentes quelantes como el EDTA no son fácilmente biodegradables, y pueden permanecer adsorbidos a las partículas del suelo durante períodos muy elevados tras el proceso de fitoextracción (Lombi et al.,

2001). En adición, la liberación masiva de compuestos metálicos hacia la disolución del suelo implica la posibilidad de que parte de los metales tóxicos sean lixiviados hacia las partes inferiores del perfil del suelo, llegando posiblemente a las aguas subterráneas y provocando un elevado riesgo ambiental (Cunningham et al., 1997; Bundt et al., 2000, citados por Diez, 2008).

2.5. MICORRIZA ARBUSCULAR

Las micorrizas arbusculares son asociaciones simbióticas formadas entre un amplio rango de especies de planta que incluyen angiospermas, gimnospermas, pteridofitas y algunas briofitas; y un limitado rango de hongos pertenecientes a una única orden, los Glomerales. Esta simbiosis se desarrolla en la raíz de las plantas donde el hongo coloniza el apoplasto y las células de la corteza para acceder al carbono suministrado por la planta. La contribución del hongo en la simbiosis es compleja, pero en un mayor aspecto incluye la transferencia de nutrientes minerales, particularmente fosfatos del suelo a la planta (Harrison, 1999).

La proliferación de determinadas rizobacterias y micorrizas (AMF) estimula el crecimiento de las plantas bajo condiciones ambientales estresantes porque sintetizan compuestos que facilitan la absorción de nutrientes como N y P e, indirectamente, porque disminuyen o previenen los efectos negativos de los organismos fitopatógenos (Duñabeitia et al., 2004).

2.5.1. Fitoextracción mejorada con micorrizas

La rizosfera es la zona en la cual los metales entran en contacto con las raíces de las plantas, constituyendo una interfaz suelo-planta de gran importancia en el proceso de fitocorrección. El conocimiento de los factores bioquímicos rizosféricos tales como la exudación por parte de las raíces de agentes quelantes naturales y el papel que juegan los microorganismos rizosféricos asociados (bacterias y hongos) pueden llegar a ser importantes en la optimización de los procesos de fitocorrección (Diez, 2008).

Es posible que la exudación radicular de las especies hiperacumuladoras libere metales de las fracciones menos biodisponibles e incremente la concentración de iones metálicos en la disolución del suelo (Hammer & Keller, 2002). Hasta la fecha, sin embargo, los datos sobre la implicación de los exudados radiculares de las plantas hiperacumuladoras en la movilización metálica son contradictorios (Diez, 2008).

En cuanto a las micorrizas, el papel de las asociaciones micorrícicas en especies hiperacumuladoras no está claro y parece ser específico del metal, de la planta y especie del

hongo micorrízico arbuscular (Orlowska *et al.*, 2005). Muchas hiperacumuladoras pertenecientes a la familia Brassicaceae o hiperacumuladoras de Zn y Pb como *Thlaspi praecox* no presentan generalmente asociaciones con micorrizas arbusculares o la colonización es muy escasa, por lo que no parecen estar implicadas en este caso en la inducción de la adquisición de metales (DeMars & Boerner, 1996, citado por Diez, 2008). Sin embargo, en especies acumuladoras de Ni de la familia Asteraceae existe una colonización importante de AMF (Jeffries *et al.*, 2003, citado por Diez, 2008). Muchos de estos procesos dependen del metal contaminante y de la especie de planta y microorganismo, tanto en el caso de rizobacterias como de AMF. En cualquier caso, una selección adecuada de rizobacterias y hongos micorrízicos podría llegar a ser especialmente útil desde el punto de vista de la fitoestabilización (Diez, 2008).

En otros estudios, por ejemplo, se ha demostrado que la asociación simbiótica del hongo micorrízico arbuscular *Glomus intaradices* con la planta *Tagetes erecta* pueden ser utilizados en la extracción de cobre de suelos contaminados (Castillo *et al.*, 2011). Asimismo, en el trabajo realizado por Amna *et al.* (2015), se demostró que el uso de *Glomus intaradices* contribuyó a reducir los efectos tóxicos del níquel en la planta *Linum usitatissimum*; asimismo, incrementó la absorción del metal en las plantas, mostrando un 19 por ciento más de toma de metales en las plantas inoculadas a comparación de las no inoculadas.

No obstante, en otras investigaciones como la realizada por Ling-Zhi *et al.* (2011) mencionan que la simbiosis entre la planta y el hongo disminuyó la acumulación de cadmio en la planta. En dicho trabajo se estudiaron los efectos de 3 hongos micorrízicos arbusculares: *Glomus intaradices*, *Glomus constrictum* y *Glomus mosseae*, en el crecimiento y acumulación de cadmio de la planta *Tagetes erecta*. Esta relación simbiótica reflejó mejores parámetros físicoquímicos en las plantas de marigold, sin embargo, la concentración de cadmio en las plantas inoculadas decreció.

2.6. PRESENCIA DE PLOMO EN SUELOS DE PARQUES RECREACIONALES DE LIMA

En una investigación realizada en los suelos de parques recreacionales de Lima: Bosque El Olivar, Campo de Marte, Pentagonito, Zoológico de Huachipa, Las Leyendas y Kennedy, se determinó la existencia de contaminación por plomo total. Los valores promedio de plomo total en los suelos los parques Bosque El Olivar (170 ppm Pb), Campo de Marte (226 ppm Pb) y Pentagonito (159 ppm Pb) se encontraron por encima de lo permitido en los Estándares

de Calidad Ambiental (ECA-Perú: 140 ppm). Asimismo, en el Parque Las Leyendas se determinó que 8 de las 98 ha estaban contaminadas (234.5 ppm Pb) y en el Zoológico de Huachipa 0.7 de las 11 ha (266 ppm Pb) sobrepasaron el límite ECA, mientras que el parque Kennedy no sobrepasó los valores de la normativa (56-78 ppm Pb). (Tello et al., 2018). En la Figura 4 se muestra un mapa con la ubicación de los seis parques estudiados en la investigación mencionada. Asimismo, en la Figura 5, se muestra un mapa con los niveles de plomo total distribuidos espacialmente en el Parque Zoológico de Huachipa, mostrándose en verde las zonas con concentraciones menores a 70 ppm de plomo total y en marrón las zonas con más de 280 ppm. Cabe resaltar que las zonas en rojo (altas concentraciones de Pb) que se encuentran alejadas de la zona del Bosque de Aves, existe un canal no revestido de la junta de regantes por donde pasa agua del río Rímac; el cual se desborda en época de crecidas.



Figura 4: Mapa de ubicación de los seis parques en estudio

FUENTE: Tello *et al.*, 2018.

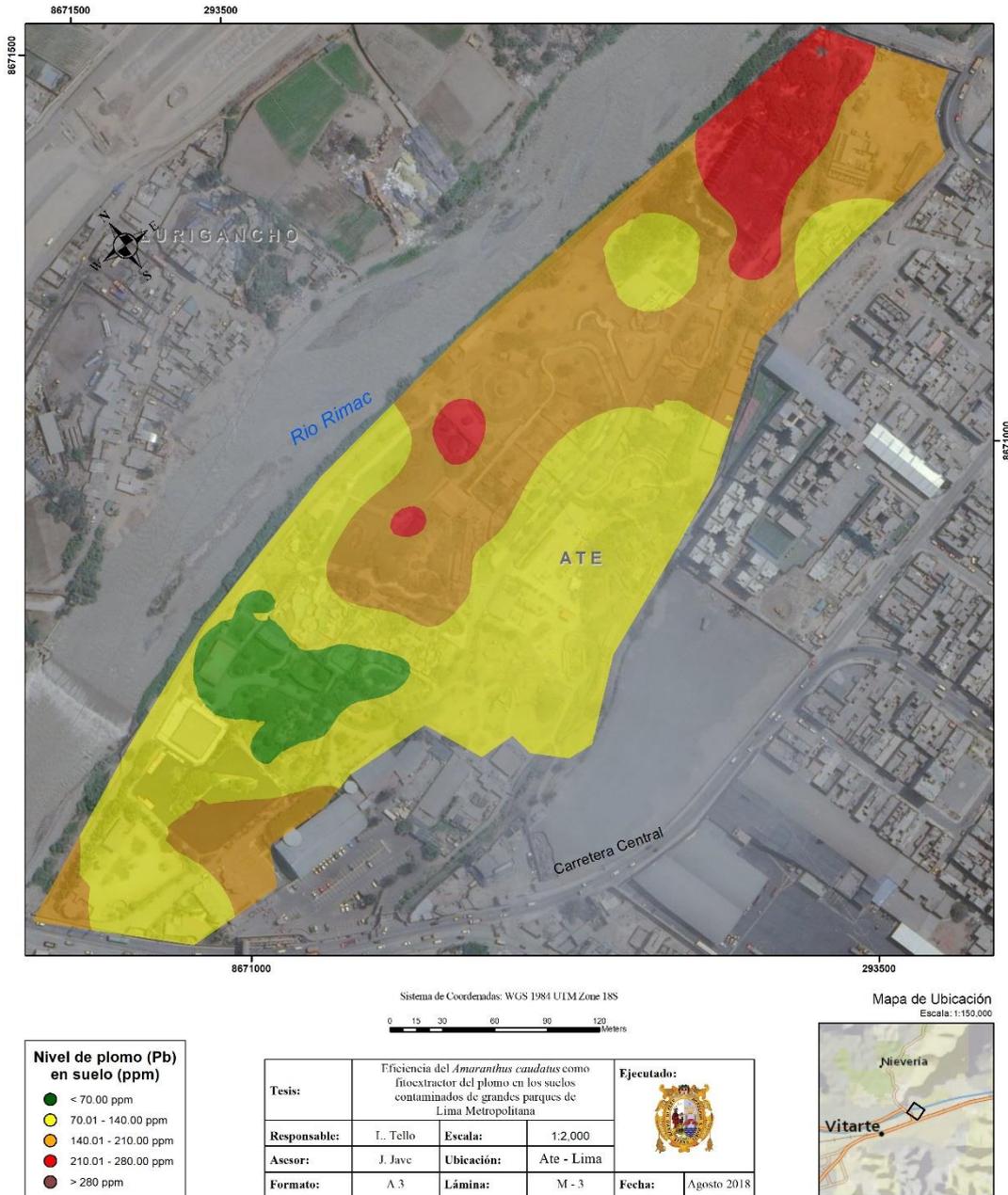


Figura 5: Nivel de plomo en los suelos del Parque Zoológico de Huachipa

FUENTE: Tello *et al.*, 2018.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MUESTREO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se realizó un muestreo inicial al azar con el objetivo de corroborar la presencia de plomo en el suelo del área de estudio, debido a que investigaciones previas, como la realizada por Tello *et. al* (2018), han demostrado la existencia de suelos contaminados con plomo en la zona.

3.1.1. Reconocimiento del área

Se realizó un recorrido por la zona del Bosque de Aves y alrededores del Parque Zoológico de Huachipa, distrito de Ate, provincia de Lima, departamento de Lima ($12^{\circ} 0'51.88''S$, $76^{\circ}53'44.36''O$). En el **Anexo 1** se muestra un plano de ubicación del área de estudio.

Se revisaron los lugares de donde podrían realizarse las plantaciones, teniendo en cuenta el área requerida, así como el acceso a dicho espacio.

Se identificaron en total 3 zonas de interés:

- a) Interior del Bosque de Aves, un área amplia y cerrada donde las aves tienen un espacio considerable para desplazarse con mayor libertad.
- b) Zona Amazonas, ubicada a los alrededores del Bosque de Aves, donde están las jaulas de las aves en exposición
- c) Zona ubicada en la parte trasera del Bosque de Aves.



Figura 6: Muestreo de suelo en las zonas de interés

En todas las zonas mencionadas se observó vegetación existente, con algunos espacios disponibles para realizar las plantaciones, sin embargo, dichos espacios no abarcaban un área suficiente como para planificar la instalación de todos los tratamientos en una misma zona; por lo tanto, ¿que se hizo para solucionar el problema?.

3.1.2. Muestreo de suelos

Se colectaron 12 muestras simples de suelo con el objetivo de determinar el contenido de plomo en los suelos, para confirmar los datos existentes.

a) MATERIALES

- Lampa
- Bolsas ziploc
- Cinta métrica
- Guantes
- Plumón indeleble
- Lapicero
- GPS

b) PROCEDIMIENTO

Se tomaron algunas muestras por cada zona de interés (12), cada uno de los puntos muestreados se presenta en el Anexo 2; los puntos elegidos para el muestreo se encontraron distribuidos en diferentes ubicaciones dentro de cada zona.

Se tomaron las coordenadas en cada punto de muestreo con el GPS, se realizaron las mediciones de las áreas disponibles para plantación. Seguidamente se limpió la vegetación superficial y se procedió a la toma de las muestras cada una de aproximadamente ½ kg (peso requerido para análisis de metales pesados) las cuales se almacenaron en bolsas ziploc debidamente rotuladas.

Para la toma de muestras se consideraron los lineamientos señalados en la Guía para Muestreo de Suelos del MINAM (2014), en la cual se señala que para muestras superficiales en suelo residencial/parque, la profundidad del muestreo es entre 0 y 10 cm, considerada como la capa de contacto oral o dermal de contaminantes. Para este caso, el muestreo se realizó a 10 cm de profundidad.

3.1.3. Determinación de metales en el suelo

Las muestras de suelo recolectadas fueron enviadas al Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM (LASPAF-UNALM) para su cuantificación de metales pesados (plomo total). La metodología empleada para la cuantificación de plomo en el suelo fue mediante Espectrofotometría de absorción atómica, cabe señalar que este método de análisis es el establecido en el ECA de suelos (Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM) el cual sigue los lineamientos de la EPA 3050 y EPA 3051. El equipo que emplea el LASPAF para la cuantificación de metales es el Espectrofotómetro PerkinElmer Analyst 200.

3.2. PREPARACIÓN DE LAS PLÁNTULAS DE *Tagetes erecta*

La especie seleccionada para el presente estudio fue *Tagetes erecta*, la cual fue sembrada en almácigo en invernadero dentro de la UNALM y luego transportada al área de estudio.

3.2.1. Preparación del almácigo

a) MATERIALES

- Semillas de Marigold (*Tagetes erecta*)
- 01 Pala de mano
- 02 Baldes
- 06 Bandejas de germinación
- 5 kg de arena
- 2 kg de musgo
- 01 Tamiz
- 01 Regadera

b) PROCEDIMIENTO

Se utilizaron bandejas de germinación de 72 y 200 agujeros para realizar el almácigo. El sustrato usado en las bandejas fue una mezcla de arena de río y musgos tamizados, en proporción 1:3

Se empleó el sustrato llenando los agujeros de las bandejas de germinación, teniendo cuidado de no compactar el sustrato ni de dejarlo demasiado suelto, para evitar problemas posteriores al momento de colocar las semillas.



Figura 7: Preparación del almácigo

Las semillas usadas fueron de *Tagetes erecta* amarillas, el porcentaje de germinación de estas, según las indicaciones del paquete, era de un 80 por ciento. Teniendo en cuenta un total de 6 tratamientos, con 20 plantas en cada uno y 4 repeticiones por tratamiento, se habrían necesitado plantar aproximadamente 480 semillas, sin embargo, se optó por plantar las mil semillas que traía el paquete, por cuestiones de seguridad y para evitar la pérdida de muestras.

Se introdujo una semilla en cada agujero de las bandejas, teniendo cuidado de no colocarlos a gran profundidad ni tan cerca de la superficie, debido a que podría afectar la germinación de la planta.

Las bandejas se mantuvieron dentro del Laboratorio de Fertilidad de la Universidad Nacional Agraria la Molina, y se regaron 3 veces por semana hasta la aparición del primer par de hojas verdaderas en las plántulas.

3.2.2. Repique a bolsas y aplicación de tratamiento de micorrizas

a) MATERIALES

- Bolsa de 1.5kg de micorriza *Glomus intradices*
- Bolsas para cultivo de 6x6 pulgadas

- 6 kg de tierra preparada
- 01 Regadera
- 02 Baldes grandes

b) PROCEDIMIENTO

Una vez que las plántulas desarrollaron el primer par de hojas verdaderas, se realizó el repique a bolsas, para lo cual se emplearon bolsas para cultivo de 6x6 pulgadas, las cuales tienen algunos agujeros que permiten la aireación y drenaje del sustrato, para facilitar el desarrollo de la plántula.

El sustrato utilizado en esa fase, consistió en una mezcla de compost, musgo previamente tamizado y tierra de chacra en proporción 4:3:3. Cada bolsa para cultivo fue llenada con aproximadamente 0.5 kg de sustrato.

Las plántulas fueron sacadas de la bandeja de germinación con cuidado y trasplantadas a las bolsas para cultivo, mientras se realizaba este procedimiento de trasplante, en algunas de las bolsas se añadió la micorriza *Glomus intaradices* al sustrato, según lo establecido en los tratamientos mostrados en la **Tabla 1**.

Tabla 1: Tratamientos a aplicar

N° de Tratamiento	Descripción	Cantidad de EDTA (g/kg)	Cantidad de micorriza <i>Glomus intaradices</i> (g)
1	Blanco	0	0
2	Solo micorriza	0	1.5
3	Solo EDTA	0.5	0
4	EDTA y micorriza	0.5	1.5
5	Solo EDTA	1	0
6	EDTA y micorriza	1	1.5

Las micorrizas se añadieron con un medidor pequeño luego de colocar el sustrato en las bolsas de cultivo, pero antes de colocar la planta, de forma que las micorrizas quedaran en contacto con las raíces de las plantas. Las bolsas de cultivo conteniendo micorrizas fueron etiquetadas temporalmente para facilitar su reconocimiento.

El riego se mantuvo 3 veces a la semana hasta el desarrollo del segundo par de hojas verdaderas de la planta, momento en el cual se encontraban listas para el traslado a campo.

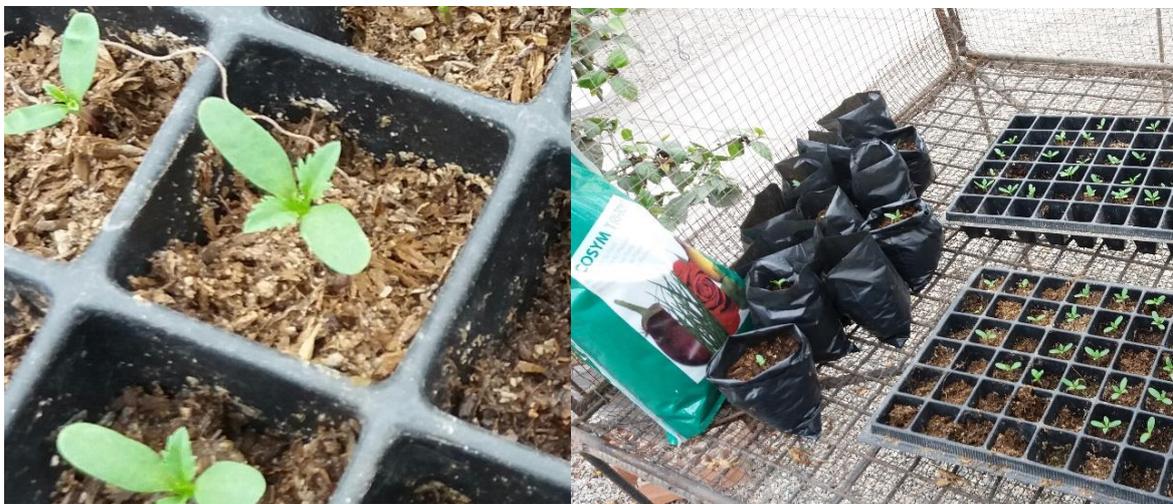


Figura 8: Repique a bolsas de cultivo

3.3. TRASLADO DE LAS PLANTAS A CAMPO

a) MATERIALES

- 01 Lampa
- Guantes
- 01 Pico
- 01 Cinta métrica
- Estacas
- 01 Plumón indeleble
- Cartón
- 01 Pala de jardinería

b) PROCEDIMIENTO

Desarrollado el segundo par de hojas verdaderas en todas las plantas, estas fueron transportadas en una camioneta hasta el Parque Zoológico de Huachipa, lugar donde se desarrolló el resto de la parte experimental. Al llegar al destino, se descargaron las plantas de la camioneta y se transportaron a las diferentes zonas seleccionadas donde fueron trasplantadas.

Antes del trasplante, se tomó una muestra de suelo de cada uno de los tratamientos los cuales sirvieron como punto de comparación para evaluar la concentración de plomo total en el suelo antes y después del experimento.

Adicionalmente se tomó una muestra compuesta de 1 kg de suelo y se almacenó en una bolsa ziploc. Esta muestra compuesta aleatoria fue constituida por partes de cada una de las 3 zonas de interés y fue usado para obtener la caracterización fisicoquímica general del área de estudio. Cabe resaltar que se consideró el uso de una muestra compuesta para la caracterización, basándose en los lineamientos para el muestreo de identificación de la Guía para Muestreo de Suelos del MINAM (2014). Los parámetros evaluados en la caracterización de las muestras, así como los métodos empleados para cada uno de ellos, se presentan en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Parámetros y métodos empleados

Parámetro	Método empleado
pH	Medida en el potenciómetro de la suspensión suelo:agua relación 1:1
Textura de suelo	% arena, limo y arcilla, método del hidrómetro
Salinidad	Medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo:agua 1:1
Calcáreo total (CaCO ₃)	Método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro
Materia orgánica	Método de Walkley y Black, oxidación del carbono Orgánico con dicromato de potasio %M.O.=%Cx1.724
Nitrógeno total	Método del micro-Kjedahl
Fósforo disponible	Método del Olsen-modificado, extracción con NaHCO ₃ =0.5M, pH 8.5
Potasio disponible	Extracción con acetato de amino (CH ₃ -COONH ₄)N, pH 7.0
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Saturación con acetato de amonio (CH ₃ -COONH ₄)N, pH 7.0
Ca ⁺² , Mg ⁺² , Na ⁺ , K ⁺ cambiables	Reemplazamiento con acetato de amonio (CH ₃ -COONH ₄)N, pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica
Al ⁺³ + H ⁺	Método de Yuan. Extracción con KCl, N
Metales	Espectrofotometría de Absorción Atómica

FUENTE: LASPAF – UNALM

Los tratamientos y su respectiva distribución en las zonas del Parque pueden observarse en la **Tabla 3** y en el Anexo 3, algunas repeticiones fueron separadas en zonas distintas debido a la falta de espacio para colocarlas todas juntas. Cada tratamiento consta de 20 plantas, distribuidas en 5 columnas y 4 filas, distanciadas por 20 cm entre sí. Por lo tanto, cada unidad experimental abarcará aproximadamente 0.8 m².

Tabla 3: Ubicación de los tratamientos y repeticiones

Tratamiento	Repetición	Coordenadas	
		Sur	Oeste
1	A	12° 0.843'S	76° 53.690'O
2			
3			
4			
5			
6			
1	B	12° 0.827'S	76° 53.668'O
2			
3			
4	B	12° 0.827'S	76° 53.678'O
5			
6			
1	C	12° 0.824'S	76° 53.676'O
2			
3			
4			
5	C	12° 0.823'S	76° 53.680'O
6			
1	D	12° 0.832'S	76° 53.697'O
2			
3			
4	D	12° 0.838'S	76° 53.697'O
5			
6			

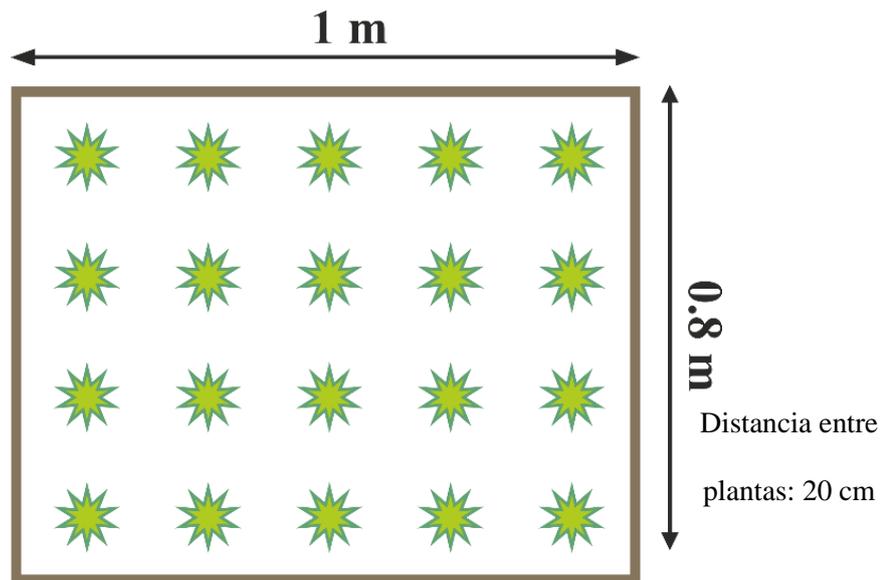


Figura 9: Distribución de plantas por unidad experimental

Para realizar el trasplante, con una pala de mano se cavó un agujero de aproximadamente 10 cm de profundidad, acto seguido y con mucho cuidado, se retiró la planta y el sustrato de la bolsa de cultivo para ser pasada al agujero recientemente cavado. Se rellenó y tapó el agujero con el suelo que se había retirado. Se tuvo cuidado con el sustrato, tratando de evitar en todo momento que la raíz de la planta quedase expuesta, ya que esto le provocaría estrés fisiológico, porque el sistema radicular tendría caída directa de los rayos de sol.

En las zonas donde fue difícil emplear la pala de jardinería para realizar el agujero debido a que el suelo se encontraba compactado, se recurrió al pico para remover el suelo y facilitar el trasplante.

Al terminar de trasplantar las 20 plantas de cada pequeña parcela, se colocó una estaca en el centro, con el nombre del respectivo tratamiento y repetición para facilitar la identificación de cada una.



Figura 10: Repique a bolsas de cultivo

3.4. RIEGO DE LAS PLANTAS EN CAMPO

a) MATERIALES

- 0.5 kg de EDTA sal disódico dihidratada
- 100 Bolsas ziploc
- Baldes
- 01 Regadera
- 01 Conductímetro
- 01 Balanza electrónica

b) PROCEDIMIENTO

Se calculó el volumen aproximado de agua necesaria para el riego de cada parcela, siendo este de 4L por cada sesión de riego, con un total de 4 riegos por semana. El agua utilizada para el riego fue el agua proveniente del pozo del Parque, el cual utilizan, en la mayoría de los casos, para el riego de las plantas ubicadas en la Zona Amazonas. En el Anexo 4 se muestra la caracterización del agua de pozo del Parque (código de estación: CAP-01).

Asimismo, a partir de la tercera sesión de riego, cuando la planta ya se hubo adaptado a su nuevo medio, se comenzó a añadir EDTA según los tratamientos determinados, sin embargo, debido a que altas dosis de EDTA pueden perjudicar gravemente el crecimiento de las plantas, se decidió dosificar el EDTA en partes pequeñas. En un inicio se agregó 22.4 mg, no obstante, luego se decidió disminuir la dosis por precaución a 11.2 mg por sesión de riego. Sin embargo, no se terminó de aplicar todas las dosis, debido a que se tuvieron que retirar las plantas de campo semanas antes por pérdida de muestras.

Antes y después de cada sesión de riego se midió la conductividad eléctrica del suelo mediante un conductímetro, para verificar que no haya cambios significativos en la salinidad del suelo. Los resultados de estas mediciones se encuentran en el Anexo 5.

3.5. CONTROL DE PLAGAS

Se empleó el insecticida FUERZA 200 SC (suspensión concentrada) cuyo compuesto principal es el Fipronil, el cual ataca el sistema nervioso central del insecto. No obstante, la plaga de la mosca minadora persistió en las plantas de los tratamientos, afectando su desarrollo por lo que se tuvo que adelantar el tiempo de cosecha un par de semanas.

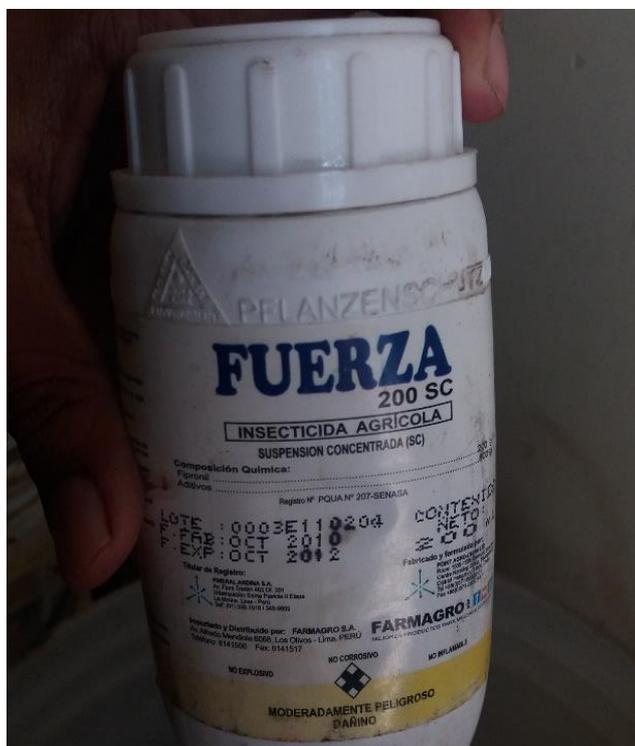


Figura 11: Insecticida FUERZA 200 SC

3.6. COSECHA DE LAS PLANTAS Y MUESTREO DE SUELOS POST-COSECHA

a) MATERIALES

- Tijeras para podar
- Bolsas Ziploc
- 01 Lampa
- 01 Plumón indeleble

b) PROCEDIMIENTO

Al cabo de dos meses, las plantas fueron cosechadas, para ello se emplearon tijeras de jardinería, realizando un corte en la parte inferior de la planta, por encima de la raíz. Tanto las partes aéreas como las partes radiculares se almacenaron en bolsas ziploc debidamente rotuladas. Si bien es cierto se tenía planeado solo recolectar las plantas del centro en cada parcela, se optó por recolectar todas, debido a que en muchos de los tratamientos hubo pérdida de muestras. Seguidamente, una vez recolectadas las plantas, se tomaron muestras puntuales de suelo por cada tratamiento, se almacenaron en bolsas ziploc rotuladas.

Luego de recolectar todas las muestras, se transportaron en una camioneta a la Universidad Nacional Agraria la Molina. Las muestras de suelo fueron enviadas al Laboratorio de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes mientras que las plantas recolectadas se llevaron al Laboratorio de Fertilidad.



Figura 12: Repique a bolsas de cultivo

3.7. DETERMINACIÓN DE PLOMO EN PLANTAS

a) MATERIALES

- Bolsas de Papel
- 01 Mortero
- 09 Matraces Erlenmeyer
- 36 Tubos de ensayo
- 03 Vasos precipitados
- 01 Balanza electrónica
- Estufa
- Mortero
- Agua destilada

b) PROCEDIMIENTO

Las plantas recolectadas fueron separadas y se tomaron medidas de las variables: altura de la parte aérea, largo de la raíz y número de hojas.

Para la determinación del contenido de plomo en la planta, se siguieron los lineamientos de la metodología del EPA 3050, para ello fueron cuidadosamente lavadas tanto las partes aéreas como las raíces de cada muestra, primero con agua de caño y luego con agua desionizada. Seguidamente cada parte aérea y raíz de cada uno de los tratamientos, se colocaron dentro de bolsas de papel diferentes y fueron llevadas a estufa por 48 horas (a 70°C). Una vez secas se molieron con ayuda del mortero.



Figura 13: Lavado y molienda de plantas

Del polvillo y restos obtenido se pesaron 2g y se pasaron a matraces; en los tratamientos con insuficiente biomasa (<2 g) se colocó todo el polvillo resultante de la molienda. Los matraces se colocan a estufa (70 °C) nuevamente por aproximadamente 8 horas.



Figura 14. Matraces con las muestras molidas

Posteriormente, se añadió a cada uno de los matraces 25 ml de solución de HNO_3 y H_2SO_4 , en los casos de los matraces con muestra menor a 2g solo se añadió 10 ml de solución.



Figura 15: Adición de la sustancia a las muestras

Seguidamente, los matraces fueron colocados en la plancha a 170°C para continuar con el proceso de digestión. Las muestras permanecieron en la plancha hasta que se observó que los restos de la molienda se habían disuelto en la solución.

Luego, se retiraron los matraces de la plancha, se dejaron enfriar y se procedió con la filtración, empleando embudos y papel filtro, recolectándose en fioles de 25 ml. Posterior a ello, se traspasó la solución a tubos centrífugo, se rotularon y se refrigeraron.



Figura 16: Filtrado de la solución

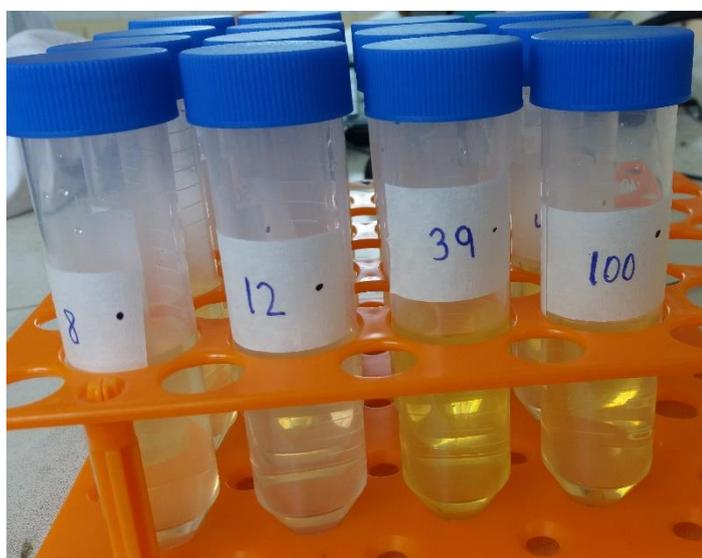


Figura 17: Traspase de la solución a tubos centrífugos

Por último, se llevaron los tubos al Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la UNALM (LASPAF-UNALM) para su cuantificación de metales pesados (plomo) por espectrofotometría de absorción atómica.

3.7.1. Determinación de factores

Luego de la obtención de resultados de la determinación de plomo en las plantas (parte aérea y raíces), se determinó el factor de translocación, para el cual se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de traslocación (Ft)} = \frac{[\text{Metal}] \text{ en parte aérea}}{[\text{Metal}] \text{ en raíz}}$$

Cabe resaltar que en un inicio se planteó determinar también el factor de bioacumulación, sin embargo, debido a los resultados obtenidos con respecto a las concentraciones de plomo en el suelo después del experimento, no se pudo llevar a cabo la determinación de dicho factor.

3.8. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se analizaron las variables de concentración de plomo en la planta, concentración de plomo en las raíces, concentración de plomo en la parte aérea y altura de la planta mediante la evaluación de los supuestos de normalidad y homogeneidad, los cuales cumplieron en ambos casos, por lo cual se decidió utilizar el diseño estadístico de bloques completamente al azar con arreglo factorial, debido a que se evaluaron 2 factores (micorrizas y EDTA) todo esto con un nivel de significancia de 0.05.

Las corridas estadísticas se realizaron con el uso del software Minitab 2019 y se presentan en el Anexo 6.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONTENIDO INICIAL DE PLOMO TOTAL EN ÁREA DE ESTUDIO

Los resultados del análisis de contenido de plomo en el suelo del área de estudio se muestran en la Tabla 4. En todas las zonas se pueden observar puntos con un contenido elevado de plomo total siendo los puntos ZE-1, ZBA-5, ZA-4 (562.05 ppm, 480.55 y 393.96 respectivamente) los que presentaron mayores concentraciones de plomo total en el suelo.

La mayoría de estos valores se encuentran por encima del Estándar de Calidad Ambiental establecido para suelos de parques (140 ppm). Estos resultados confirman lo expuesto por Tello et al (2018) en la investigación realizada con anterioridad en el Parque Zoológico de Huachipa, donde se observó que en los suelos del parque, específicamente en la zona de bosque de aves, existe contaminación con plomo, lo cual podría ser debido a los sedimentos dejados por el agua del río Rímac en época de avenida cuando se desborda e inunda dicha zona .

Tabla 4: Contenido inicial de plomo en el área de estudio

Clave	Zona	Coordenadas		Pb ppm
		Latitud	Longitud	
ZA-1	Detrás del ambiente de la pava aliblanca	12°00.825'	76°53.672'	348.92
ZA-2	Detrás del ambiente del búho cornudo	12°00.823'	76°53.672'	336.79
ZA-3	Entre el ambiente del búho de anteojos y guacamayo cabeza azul	12°00.826'	76°53.665'	357.93
ZA-4	Al lado del ambiente de Cucacu	12°00.822'	76°53.673'	393.96
ZBA-1	Ambiente de Pacarana	12°04.937'	76°56.866'	41.84
ZBA-2	Exterior del ambiente de Pacarana	12°00.828'	76°53.702'	307.91
ZBA-3	Frente al ambiente de Pacarana	12°00.844'	76°53.702'	235.35
ZBA-4	Ambiente del Guacamayo	12°00.845'	76°53.696'	269.39
ZBA-5	Cerca de la entrada - lado derecho	12°00.854'	76°53.703'	480.55
ZE-1	Frente a la zona de cuarentena de camellos	12°00.853'	76°53.682'	562.05
ZE-2	Delante del ambiente de felinos menores	12°00.857'	76°53.682'	179.29
ZE-3	Al lado izquierdo de felinos menores	12°00.861'	76°53.691'	27.49

Nota: ZA=Zona Amazonas, ZBA= Zona Bosque de Aves, ZE = Zona exterior (parte trasera del Bosque de Aves)

4.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL SUELO DE LOS TRATAMIENTOS

Especificar que es una muestra compuesta

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la caracterización del suelo del Parque Zoológico de Huachipa. Según los resultados, la textura del suelo es franca, presenta un pH neutro, es ligeramente salino y contiene un nivel alto de materia orgánica (>4%).

Tabla 5: Caracterización del suelo de Parque Zoológico de Huachipa.

Parámetro	Unidad	Valor	
pH (1:1)		7.03	
C.E. (1:1)	dS/m	2.92	
CaCO₃ %	%	1.3	
M.O. %	%	4.89	
P ppm	ppm	50.3	
K ppm	ppm	432	
Análisis Mecánico	Arena	%	51
	Limo	%	34
	Arcilla	%	15
Clase Textural		Fr.	
CIC	meq/100g	14.08	
Cationes Cambiables	Ca ⁺²	meq/100g	11.09
	Mg ⁺²	meq/100g	1.53
	K ⁺	meq/100g	0.88
	Na ⁺	meq/100g	0.57
	Al ⁺³ +H ⁺	meq/100g	0
Suma de Cationes	meq/100g	14.08	
Suma de bases	meq/100g	14.08	
% Sat. De Bases	%	100	
Fe	ppm	50.4	
Cu	ppm	34.4	
Mn	ppm	4.24	
Zn	ppm	44.8	
B	ppm	3.8	
Pb	ppm	176.21	
Cd	ppm	6.47	
Cr	ppm	17.59	

FUENTE: LASPAF UNALM

La concentración de plomo hallada para el área de estudio excede la establecida en el ECA (D.S. N° 011-2017-MINAM), la cual considera un valor de 140 ppm para un suelo de parque. Por lo tanto, se confirma que el suelo del Parque Zoológico de Huachipa se encuentra contaminado por presencia de plomo, esto a su vez, confirma lo expuesto en el estudio previo realizado en esta zona por Tello et al. (2018).

Asimismo, se realizaron análisis de otros metales como Cd y Cr de manera referencial, sin embargo, las concentraciones de estos contaminantes fueron bajas y no superaron los valores establecidos en el ECA (Cd: 10 ppm y Cr: 400 ppm).

Con respecto a las concentraciones de plomo total en el suelo de cada tratamiento, en la Tabla 6 se muestran los resultados del muestreo realizado antes de la plantación en cada uno de los tratamientos (del 1 al 6) y sus respectivas repeticiones (A, B, C, D). Los valores promedio de plomo en los tratamientos estuvieron entre 167.83 y 219.27 ppm, cercanos al resultado de la muestra compuesta de la caracterización general (176.21 ppm).

Tabla 6: Concentraciones iniciales de plomo total en el suelo de cada tratamiento

Tratamientos	EDTA (mg)	Micorriza (mg/kg suelo)	Repeticiones				Promedio
			A	B	C	D	
			Pb (ppm)				
1	0	0	279.56	214.44	217.00	121.06	208.02
2	0	0.5	180.88	248.63	231.63	114.25	193.85
3	0.5	0	206.38	235.75	178.75	231.63	213.13
4	0.5	0.5	150.25	154.56	177.25	189.25	167.83
5	1	0	228.13	193.5	174.19	217.5	203.33
6	1	0.5	346.13	194.19	199.63	137.13	219.27

Se observa que de un total de 24 muestras de suelo evaluadas, 21 de ellas presentan concentraciones que superan el ECA para suelos de parque (D.S. N° 011-2017-MINAM). Las 3 muestras cuyas concentraciones se encontraron por debajo del ECA, corresponden a la repetición D, realizada dentro del Bosque de Aves.

Por otro lado, en la Tabla 7 se presentan las concentraciones de plomo en el suelo de cada tratamiento, luego de la cosecha de las plantas.

Tabla 7: Concentraciones finales de plomo total en el suelo de cada tratamiento

Tratamientos	EDTA (mg)	Micorriza (mg/kg suelo)	Repeticiones				Promedio
			A	B	C	D	
			Pb (ppm)				
1	0	0	385.88	153.63	235.75	78.81	213.52
2	0	0.5	384.25	167	253	174.63	244.72
3	0.5	0	227.13	139.63	199.25	307.56	218.39
4	0.5	0.5	166.19	141.38	248.63	258.69	203.72
5	1	0	124.56	312	179.63	172.38	197.14
6	1	0.5	119.5	163	276.25	173.56	183.08

Se observa que en la mayoría de los casos la concentración de plomo total en el suelo aumentó, contradiciendo lo señalado en investigaciones previas sobre fitorremediación, donde se observa una disminución de la concentración de plomo en el suelo post-remediación. Sin embargo, una posible explicación por la cual el resultado fue el observado, se debe a que en el Parque se hizo uso de agua del río Rímac en 4 oportunidades para regar las plantaciones alrededor del Bosque de Aves, ya que en dichas fechas no contaban con suministro de agua de pozo para realizar los riegos con normalidad para dicha zona. (Fuente: Información verbal de Iván Carhuatanta, guardaparque del PZH), lo cual estaría indicando que los sedimentos dejados en el suelo por el agua del río Rímac continúan contaminando esta área tal como se sugirió en la investigación de Tello *et al.* (2018).

Inicialmente, se consideró la posibilidad que el EDTA, al ser un agente quelante que aumenta la movilidad del plomo en el suelo, podría haber contribuido al aumento de los niveles de plomo en el medio. No obstante, se puede comprobar que incluso en los tratamientos donde no se aplicó EDTA, los niveles de plomo también aumentaron.

Según los informes de calidad de agua del Río Rímac (Anexo 7), los cuales forman parte del Convenio N° 002-2009/MINSA-SEDAPAL, se observa que en meses como enero y febrero del 2011 se registran valores de plomo por encima del ECA en las estaciones cercanas al PZH, sin embargo, en otros meses los valores de plomo se encuentran por debajo de la normativa ambiental. Por ello, se deduce que la presencia de altos valores de plomo en el río Rímac tiene un carácter periódico, probablemente dependiente de los efluentes de las industrias que se encuentran cercanas a la cuenca del río Rímac.

Por lo descrito anteriormente, se considera que la razón por la cual los valores de plomo finales en el suelo de los tratamientos resultaron mayores que los valores iniciales, fue porque se añadió plomo mediante el agua del río Rímac a través del riego, y que, añadido al efecto amortiguador de los suelos y al contenido de materia orgánica que poseen (4,89% según la caracterización), la concentración de plomo se incrementó.

4.3. DESARROLLO DE *Tagetes erecta*

4.3.1. Parámetros fisiológicos

En la Figura 18 se observa una gráfica de cajas con las alturas de las plantas, los rangos de valores corresponden a las plantas colectadas en cada tratamiento al final del experimento. Se aprecia que las mayores alturas se presentaron en el tratamiento 1 y 2; mientras que los

tratamientos 3 y 4 presentan alturas ligeramente menores a comparación de los tratamientos 5 y 6.

Del mismo modo, en la Figura 19 se observa la gráfica de cajas correspondiente a las longitudes de las raíces, los rangos de valores corresponden a las plantas colectadas en cada tratamiento al final del experimento. Al igual que en el caso de las alturas de las plantas, se aprecia que las mayores longitudes de raíces se presentaron en los tratamientos 1 y 2; mientras que las menores corresponden a los tratamientos 3 y 4. Sin embargo, en el caso de las raíces, se observa que, para una misma concentración de EDTA, las mayores longitudes se registran con presencia de micorrizas.

Las mediciones realizadas para cada una de las plantas, tanto de la altura como la longitud de las raíces de las plantas, se muestran en el Anexo 8.

El hecho de que los tratamientos del 3 al 6 hayan presentado menores alturas puede deberse a la aplicación de dosis de EDTA en ellos, ocasionando que las plantas extraigan mayor cantidad de plomo, por lo que existió mayor presencia del contaminante en su interior, manifestándose mediante un menor desarrollo fisiológico. Esto confirma la investigación realizada por Sinhal & Singh (2009), donde las plantas de marigold a las que se le aplicaron dosis de EDTA lograron acumular mayor cantidad de metales pero presentaron una gran reducción en su crecimiento.

Según el análisis estadístico realizado para las alturas de las plantas y longitudes de raíces con respecto a las concentraciones de micorrizas y EDTA añadidos, las unidades experimentales pasaron la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas. Asimismo, para el caso de las alturas de las plantas, no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de micorrizas (0 y 1.5 g/kg de suelo) ni tampoco en la interacción EDTA x Micorrizas, sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de EDTA (0, 0.5 y 1 gr). En el caso de las longitudes de las raíces, sí se encontraron diferencias significativas entre los factores (micorrizas y EDTA) y en la interacción de estos, indicando que los factores sí tienen efecto sobre el parámetro: longitud de raíces.

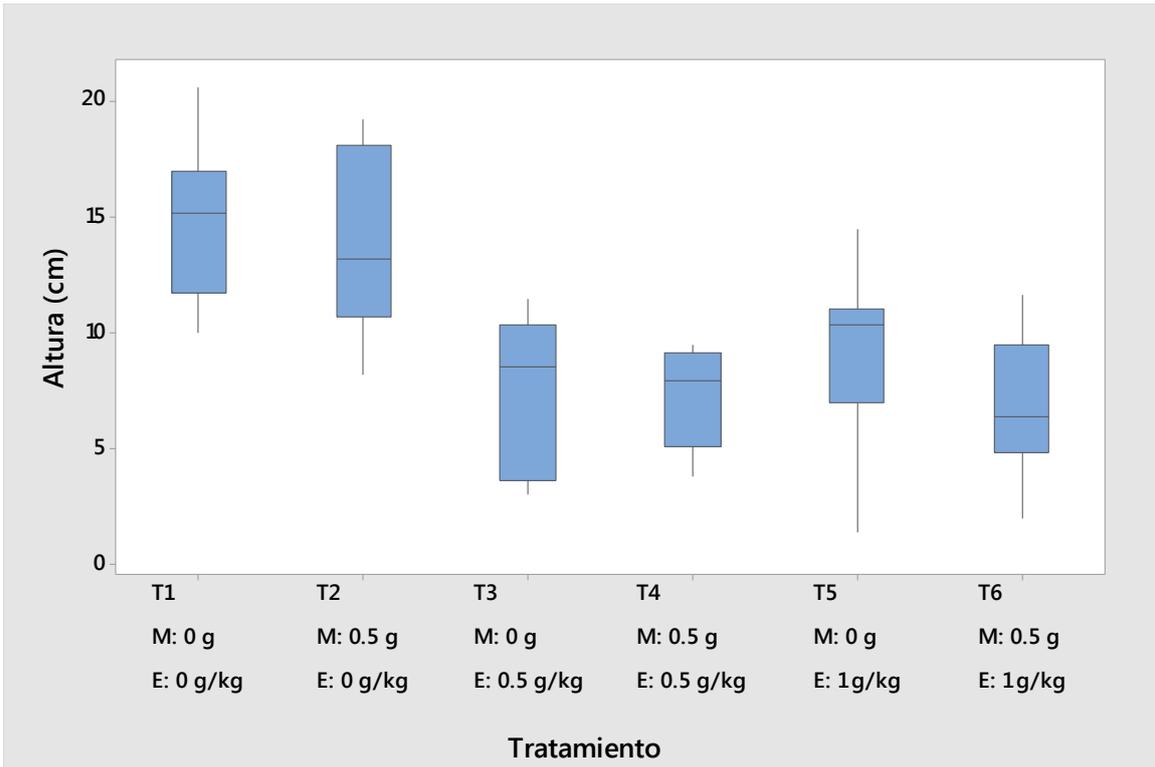


Figura 18: Altura de las plantas en los tratamientos en estudio (T1: 0 g micorrizas, 0 g/kg EDTA; T2: 0.5 g micorrizas, 0 g/kg EDTA; T3: 0 g micorrizas, 0.5 g/kg EDTA; T4: 0.5 g micorrizas, 0.5 g/kg EDTA; T5: 0 g micorrizas, 1 g/kg EDTA; T6: 0.5 g micorrizas, 1 g/kg EDTA).

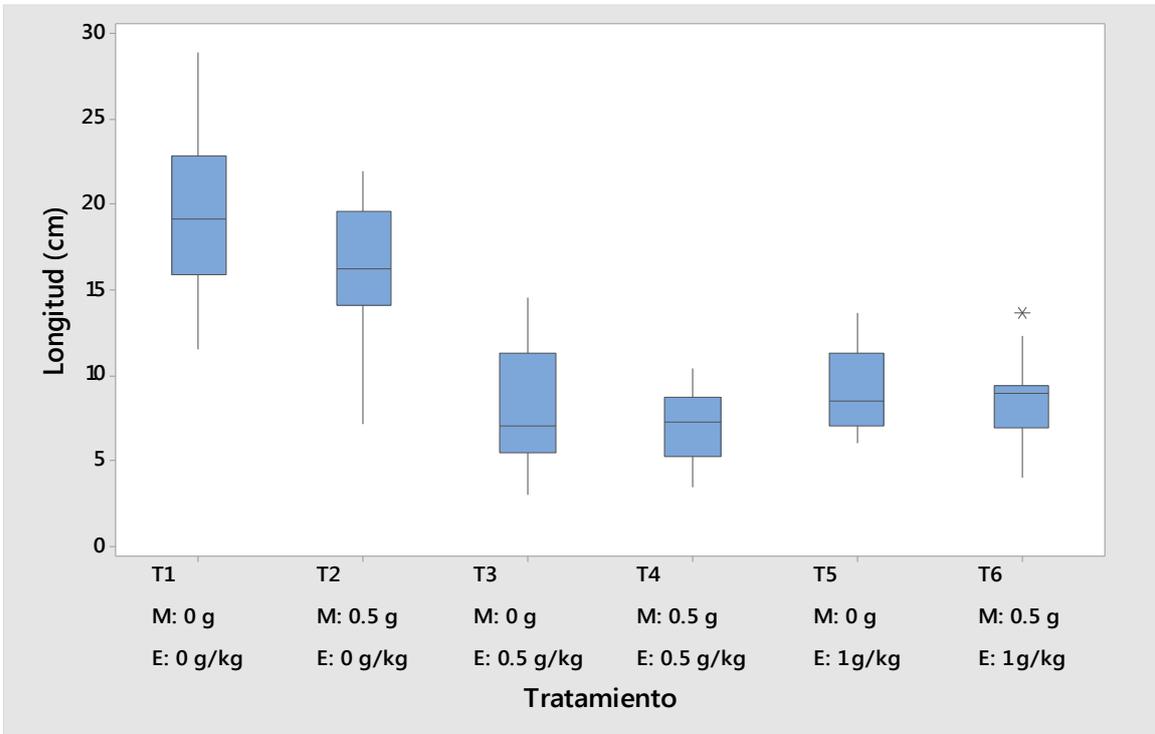


Figura 19: Longitud de las raíces de las plantas en los tratamientos en estudio (T1: 0 g micorrizas, 0 g/kg EDTA; T2: 0.5 g micorrizas, 0 g/kg EDTA; T3: 0 g micorrizas, 0.5 g/kg EDTA; T4: 0.5 g micorrizas, 0.5 g/kg EDTA; T5: 0 g micorrizas, 1 g/kg EDTA; T6: 0.5 g micorrizas, 1 g/kg EDTA).

Con respecto a que no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de micorrizas aplicadas, esto puede indicar que los hongos no llegaron a colonizar raíces de las plantas bajo las condiciones del suelo presentadas en la Tabla 5.

En el caso del EDTA, se observó que los tratamientos con aplicación de EDTA tuvieron un crecimiento reducido tanto en la parte aérea como en las raíces, esto puede deberse a que los agentes quelantes suelen producir síntomas de fitotoxicidad severa en las plantas (Ebbs & Kochian, citados por Diez, 2008), ya que aumentan la extracción del plomo, ocasionando que el crecimiento y la biomasa alcanzada muchas veces no sea suficiente.

4.4. EXTRACCIÓN DE PLOMO EN *Tagetes erecta*

4.4.1. Concentración de plomo

En la Tabla 20 se presentan los resultados de concentración de plomo en la parte aérea de las plantas en cada tratamiento y sus repeticiones. Se observa que los tratamientos 1 y 2 fueron los que menor cantidad de plomo acumularon en la parte aérea, mientras que los tratamientos 3 y 4 presentaron mayores valores de concentración de plomo.

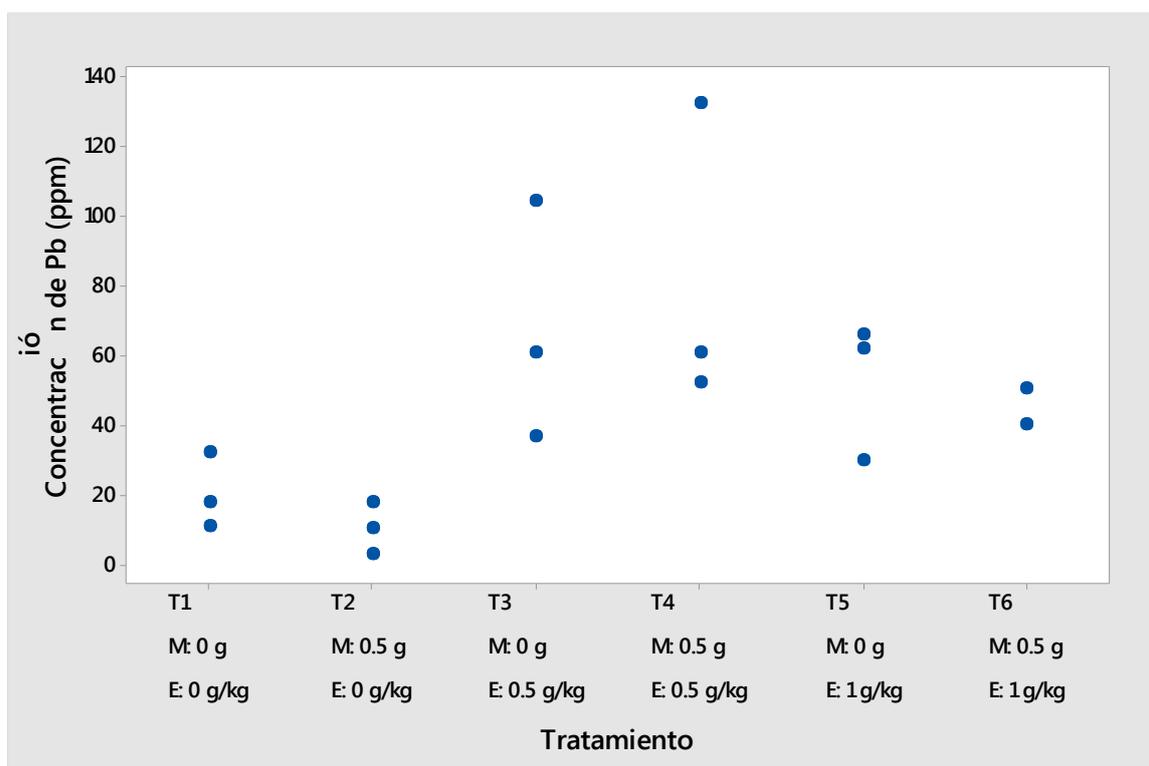


Figura 20: Concentración de plomo en la parte aérea de los tratamientos en estudio (T1: 0 g micorrizas, 0 g/kg EDTA; T2: 0.5 g micorrizas, 0 g/kg EDTA; T3: 0 g micorrizas, 0.5 g/kg EDTA; T4: 0.5 g micorrizas, 0.5 g/kg EDTA; T5: 0 g micorrizas, 1 g/kg EDTA; T6: 0.5 g micorrizas, 1 g/kg EDTA).

De igual forma en la Figura 21 se presentan los resultados de concentración de plomo en las raíces de las plantas en cada tratamiento y sus repeticiones. Al igual que en el caso de la parte aérea, se observa que los tratamientos 1 y 2 fueron los que menor cantidad de plomo acumularon en las raíces, mientras que los tratamientos 3 y 4 presentaron mayores valores de concentración de plomo. Las concentraciones de plomo determinada en cada planta de los tratamientos y repeticiones en estudio se muestran en el Anexo 9. Cabe resaltar que en el caso de la concentración en raíces, se tuvo que descartar una de las repeticiones, debido a que el resultado registró un valor extremo (483,33 ppm) el cual podría no ser representativo y deberse a la insuficiente masa usada en el proceso de digestión (< 2g).

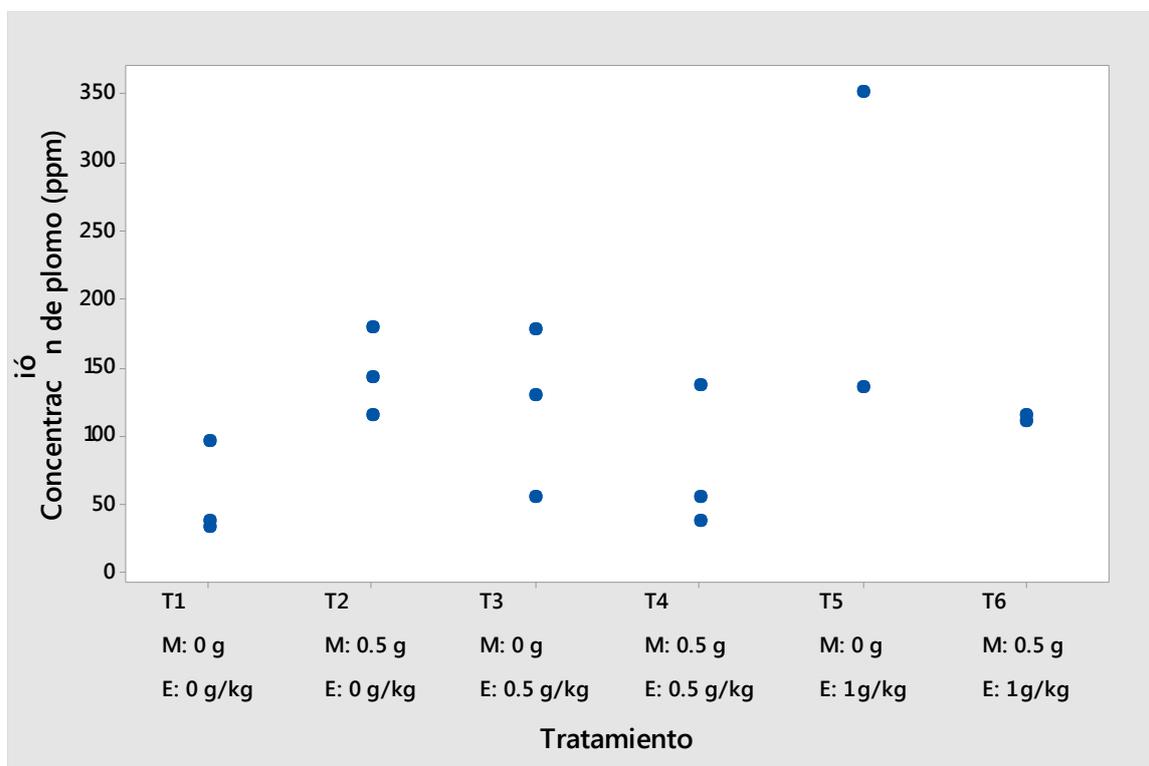


Figura 21: Concentración de plomo en las raíces de los tratamientos en estudio (T1: 0 g micorrizas, 0 g/kg EDTA; T2: 0.5 g micorrizas, 0 g/kg EDTA; T3: 0 g micorrizas, 0.5 g/kg EDTA; T4: 0.5 g micorrizas, 0.5 g/kg EDTA; T5: 0 g micorrizas, 1 g/kg EDTA; T6: 0.5 g micorrizas, 1 g/kg EDTA).

Tal y como se mencionó anteriormente, los tratamientos del 3 al 4 presentan mayor concentración de plomo debido al EDTA que se aplicó sobre estos, el cual aumenta la extracción del metal por parte de las plantas y se relaciona con un menor desarrollo fisiológico de las mismas.

Según el análisis estadístico realizado para la concentración de plomo en la parte aérea y en las raíces de las plantas, con respecto a las concentraciones de micorrizas y EDTA añadidos,

las unidades experimentales pasaron la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de micorrizas (0 y 1.5 g/kg de suelo) ni tampoco en la interacción EDTA x Micorrizas, sin embargo, si se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones de EDTA (0, 0.5 y 1 g).

4.5. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE TRASLOCACIÓN

En la **Tabla 8** se muestran los factores de traslocación determinados por cada tratamiento y repetición del experimento. En el caso de la repetición B del tratamiento 6 no se pudo determinar dicho factor debido a que se perdió una muestra correspondiente a la parte aérea mientras se realizaba el proceso de digestión.

Tabla 8: Factores de traslocación en cada tratamiento

Tratamiento	Micorrizas	EDTA	Repetición	Factor de Translocación	Promedio
T1	0	0	A	0.19	0.49
			B	0.3	
			C	0.99	
T2	0	0.5	A	0.91	0.50
			B	0.26	
			C	0.34	
T3	0	1	A	0.51	0.47
			B	0.35	
			C	0.55	
T4	0.5	0	A	0.19	0.16
			C	0.13	
T5	0.5	0.5	A	0.08	0.18
			B	--	
			C	0.27	
T6	0.5	1	A	0.39	0.43
			B	0.46	
			C	--	

Se observa que en ninguno de los casos el factor de traslocación supera el valor de 1. Una planta se considera hiperacumuladora cuando presenta valores de factor de traslocación mayores a 1, ya que estos sugieren una gran capacidad para transportar metales desde las raíces a las partes aéreas (Zhao, 2002).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se presentan las siguientes conclusiones:

- El marigold (*Tagetes erecta*) presentó la capacidad de extraer plomo del suelo; y el tratamiento que extrajo mayor cantidad de plomo es el que empleó 0,5 g de micorrizas y 1 g de EDTA/kg de suelo, con una extracción de 91,76 ppm en la parte aérea y 243,53 ppm en la parte radicular. No obstante, no se pudo determinar la eficiencia de extracción, debido a que la cantidad de plomo en el suelo aumentó por factores externos al experimento.
- La asociación del marigold con micorrizas arbusculares, bajo las condiciones del experimento, extrajo un promedio de 10,61 ppm en la parte aérea y, 76,49 ppm en la parte radicular, respectivamente.
- La asociación del marigold con EDTA (0,5 g EDTA/kg suelo y 1 g EDTA/kg suelo), bajo las condiciones del experimento, extrajo un promedio de 67,45 y 52,78 ppm, en la parte aérea y, 145,57 y 120,58 ppm en la parte radicular, respectivamente.
- La asociación del marigold con micorrizas arbusculares y EDTA (0,5 g micorrizas, 0,5 g EDTA/kg suelo y 0,5 g micorrizas, 1 g EDTA/kg suelo), bajo las condiciones del experimento, extrajo un promedio de 91,76 y 45,58 ppm, en la parte aérea y, 243,53 y 93,93 ppm en la parte radicular, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la experiencia obtenida en la presente investigación, se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda dosificar cuidadosamente la cantidad de EDTA que se añade a la planta, ya añadir concentraciones elevadas de EDTA en poco tiempo puede ocasionar dificultades en el desarrollo fisiológico de las plantas.
- Se recomienda llevar un control adecuado del agua a emplear para el riego de las plantas, para evitar que esta se convierta en una fuente de contaminación que pueda afectar el experimento.
- Se recomienda probar con otras especies fitoremediadoras y compara la eficiencia en la extracción de plomo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alkorta, I., Becerril, J.M. & Garbisu, C. (2010). Phytostabilization of Metal Contaminated Soils. *Rev Environ Health* 25(2):135-46.
- Amna, Masood, S., Syed, J.H., Munis, M.F.H. & Chaudhary, H.J. (2015). Phyto-extraction of Nickel by *Linum usitatissimum* in Association with *Glomus intraradices*. *Int J Phytoremediation* 17(10):981-7.
- Axelsson, R. (2011). Lead Poisoning in Birds. *Veterinarians & Emergency Vets*.
- Recuperado de: <https://vcahospitals.com/know-your-pet/lead-poisoning-in-birds>
- Baker, A.J.M.; Reeves, R.D. & Hajar, A.S.M. (1994). Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metallophyte *Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl. (Brassicaceae). *New Phytol.* 127(1):61–68.
- Besaoin, E. (1970). Curso de Mineralogía de Suelos. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA-Centro de Enseñanza e Investigación Tropical. (p. 243).
- Castillo, O., Dasgupta-Schubert, N., Alvarado, C., Zaragoza, E. & Villegas, H. (2011). The effect of the symbiosis between *Tagetes erecta* L. (marigold) and *Glomus intraradices* in the uptake of Copper(II) and its implications for phytoremediation. *New Biotechnology* 29(1):156-164.
- Corzo, I. & Velásquez, M. (2014). El plomo y sus efectos en la salud. *Acta Médica del Centro* 8(3):141–148.
- Delgadillo-López, A.E., González-Ramírez, C.A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(2):597- 612.
- Diez, L. (2008). Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. (Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela).

- Derakhshan Nejad, Z.D., Jung, M.C. & Kim, K. (2017). Remediation of soils contaminated with heavy metals with an emphasis on immobilization technology. *Environmental Geochemistry and Health* 40(3):927–953
- Duarte, A., Cachada, A. & Rocha-Santos, T. (2017). *Soil Pollution - From Monitoring to Remediation*. Academic Press.
- Duñabeitia, M., Rodríguez, N., Salcedo, I. & Sarrionandia, E. (2004). Field mycorrhization and its influence on the establishment and development of the seedlings in a broadleaf plantation in the Basque Country Forest. *Ecology and Management*, 195: 129-139.
- European Environmental Agency (EEA). (2002). *Con los pies en la Tierra: La Degradación del Suelo y el Desarrollo Sostenible en Europa*. Recuperado de: https://www.eea.europa.eu/es/publications/Environmental_issue_series_16
- Ent, A.V.D., Baker, A.J.M., Reeves, R.D., Pollard, A.J. & Schat, H. (2013). Hyperaccumulators of metal and metalloid trace elements: Facts and fiction. *Plant and Soil* 362(1-2):319–334
- Feng, M., Shan, X., Zhang, S. & Wen, B. (2005). A comparison of the rhizosphere-based method with DTPA, EDTA, CaCl₂, and NaNO₃ extraction methods for prediction of bioavailability of metals in soil to barley. *Environmental Pollution* 137: 231-240.
- Flores-Ramírez, R., Rico-Escobar, E., Núñez-Monreal, J.E., García-Nieto, E., Carrizales, L., Ilizaliturri-Hernández, C. & Díaz-Barriga, F. (2012). Exposición infantil al plomo en sitios contaminados. *Salud Pública de México* 54(4):383–392.
- Galán, E. & Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Macla* 10: 48-60.
- García, G., Zanuzzi, A.L. & Faz, A. (2005). Evaluation of heavy metal availability prior to an in situ soil phytoremediation program. *Biodegradation*, 16: 187–194.
- Gaur, A. & Adholeya, A. (2004) Prospects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils. *Current Science*, 86, 528-534.

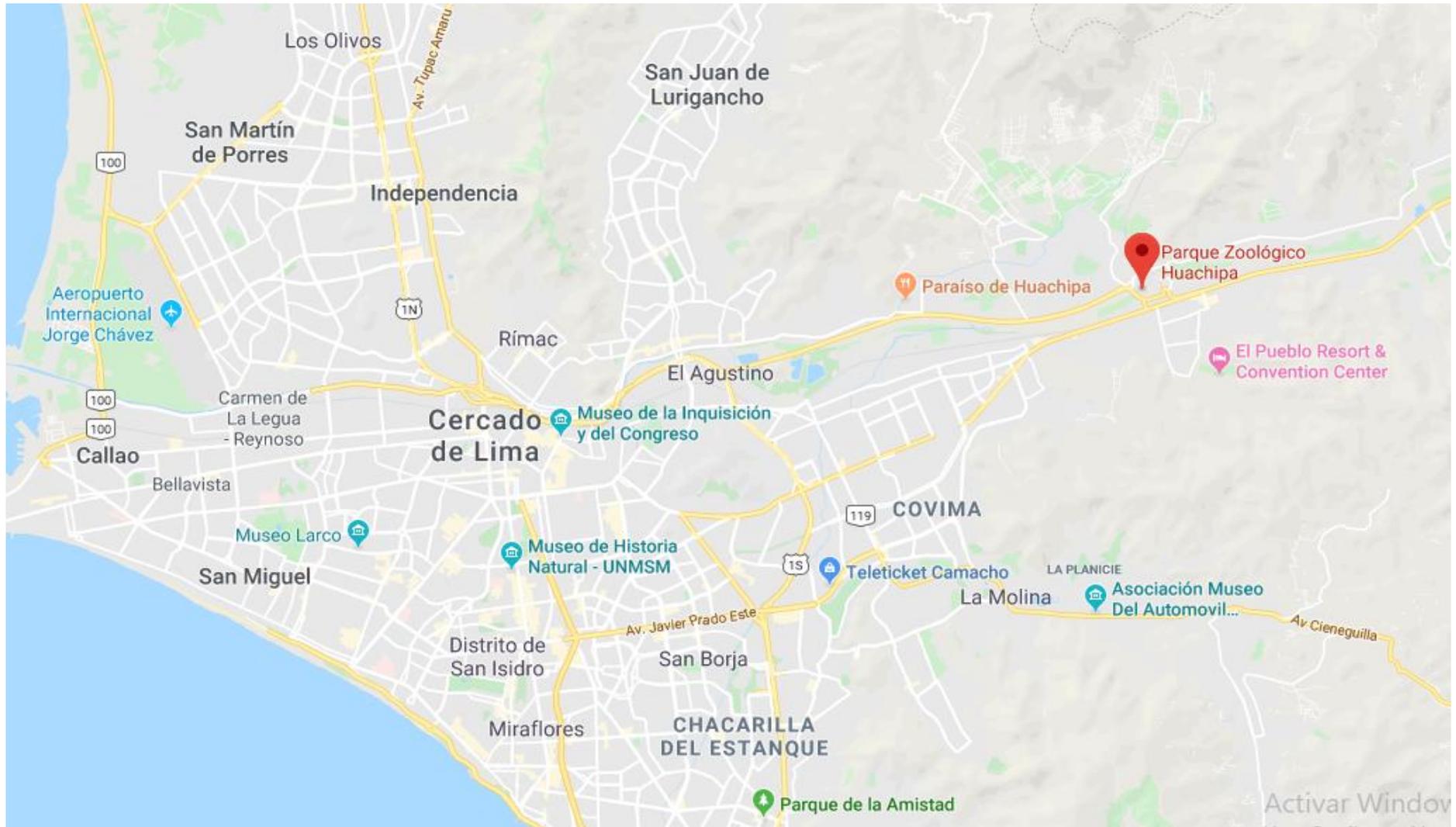
- Hammer, D., Kayser, A. & Keller, C. (2003). Phytoextraction of Cd & Zn with *Salix viminalis* in field trials. *Soil Use and Management*, 19: 187-192.
- Hassan, G. (2005). Contribution of arbuscular mycorrhizal fungus to red kidney and wheat plants tolerance grown in heavy metal-polluted soil. *African Journal of Biotechnology* 4(4):332-345.
- Huang, J.W., Chen, J. & Berti, W.R., Cunningham, S.D. (1997). Phytoremediation of Lead-Contaminated Soils: Role of Synthetic Chelates in Lead Phytoextraction. *Environ.Sci. Technol.* 31:800-805
- ISO/DIS 17402. (2006). Soil quality: Guidance for the selection and application of methods for the assessment of bioavailability in soil and soil Materials. Genova, International Organization for Standardization. (p. 37).
- Laitinen, H. & Harris, W. (1982). *Análisis Químico*. Reverté. (p. 202). Barcelona.
- Ling-Zhi, L. I. U., Zong-Qiang, G. O. N. G., ZHANG, Y. L., & Pei-Jun, L. I. (2011). Growth, Cadmium Accumulation and Physiology of Marigold (*Tagetes erecta* L.) as Affected by Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Pedosphere* 21(3):319-327.
- Lock Sing, O. (1997). *Colorantes Naturales*. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú. (p. 193).
- Lombi, E., Zhao, F.J., Dunham, S.J. & McGrath, S.P. (2001). Phytoremediation of heavy metal contaminated soils: Natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction. *J. Environ. Qual.* 30(6):1919–1926.
- López Arias, M. & Grau Corbí, J.M. (2004). Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de los suelos agrícolas y de pastos de la España Peninsular. Editorial INIA
- Lucho, C.A., Álvarez, M., Beltrán, R.I., Prieto, F. & Poggi, H. (2005). A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater. *Environmental International. Agriculture Ecosystems & Environment*.
- Marchiol, L., Sacco, P., Assolari, S. & Zerbi, G. (2004). Reclamation of polluted soil phytoremediation potential. *Water, Air, and Soil Pollution*. 158(1): 345–356.

- McGrath, S.P. & Zhao, F.J. (2003), Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. *Curr. Opin. Biotechnol.* 14: 277–282.
- Medina Marcos K.D. & Montano Chávez Y.N. (2014). Determinación del Factor de Bioconcentración y Translocación de Metales Pesados en el *Juncus arcticus* Willd. Y *Cortaderia rudiusscula* Stapf, de Área Contaminados con el Pasivo Ambiental Minero Alianza – Ancash 2013 (Tesis para Título Profesional, Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo)
- Mendez García, E.F. (2009). El Cultivo de Marigold (*Tagetes erecta* L.) en el Perú: Presente y Futuro. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina)
- Orłowska, E., Zubek, S., Jurkiewicz, A., Szarek-Łukaszewska, G. & Turnau, K. (2002). Influence of restoration on arbuscular mycorrhiza of *Biscutella laevigata* L. (*Brassicaceae*) and *Plantago lanceolata* L. (*Plantaginaceae*) from calamine spoil mounds. *Mycorrhiza*, 12: 153–160.
- Pierzynski, G., Sims, T. & Vance, G. (2005). *Soils and Environmental Quality*. United States, s.e.
- Scheuhammer, A.M. (1987). The Chronic Toxicity of Aluminium, Cadmium, Mercury, and Lead in Birds: A Review. *Environmental Pollution* 46: 263-295.
- Shah, K., Makad, A.U. & Reddy M.N. (2017). Lead Accumulation and its Effects on Growth and Biochemical Parameters in *Tagetes erecta* L. *Int. J. Life. Sci. Scienti. Res.*, 3(4):1142-1147.
- Sinhal, V.K., Srivastava, A. & Singh, V.P. (2010). EDTA and citric acid mediated phytoextraction of Zn, Cu, Pb and Cd through marigold (*Tagetes erecta*). *J Environ Biol* 31(3):255-9
- Soil Survey Staff (SSS). (1999). *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for making and interpreting Soil Survey*. United States Department of Agriculture, Washington D. C., Agriculture Handbook N° 436
- Tello, L., Jave, J. & Guerrero, J. (2018). Análisis de Cuantificación de Plomo en Suelos de Parques Recreacionales de la Ciudad de Lima – Perú. *Ecología Aplicada* 17(1)
- Yong, R. & Galvez-Cloutier, R. (1993). Selective sequential extraction analysis of heavy metal retention in soil. *Canadian Geotechnical Journal*. 30(5): 834-847.

Zhao, F. J., Hamon, R. E., Lombi, E., McLaughlin, M. J., & McGrath, S. P. (2002). Characteristics of cadmium uptake in two contrasting ecotypes of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Journal of Experimental Botany*, 53(368):535-543.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación del Parque Zoológico de Huachipa



Anexo 2: Coordenadas y Concentración de Metales del Muestreo Inicial

Zona Amazonas			Coordenadas		Concentración de metales	
Código	Descripción		Sur	Oeste	Plomo (Pb ppm)	Cadmio (Cd ppm)
ZA-1	Detrás del ambiente de la pava aliblanca		12°00,825	12°53,672	348.92	7.71
ZA-2	Detrás del ambiente del buho cornudo		12°00,823	12°53,672	336.79	7.35
ZA-3	Entre el ambiente del búho de anteojos y guacamayo cabeza azul		12°00,826	12°53,665	357.93	6.09
ZA-4	Al lado del ambiente de cucacu		12°00,822	12°53,673	393.96	7.94
Zona Interior del Bosque de Aves			Coordenadas		Concentración de metales	
Código	Descripción		Sur	Oeste	Plomo (Pb ppm)	Cadmio (Cd ppm)
ZBA-1	Ambiente de Pacarana		12°04,937'	76°56,866'	41.84	1.76
ZBA-2	Exterior del ambiente de Pacarana		12°00,828'	76°53,702'	307.91	5.04
ZBA-3	Frente al ambiente de Pacarana		12°00,844'	76°53,702'	235.35	3.72
ZBA-4	Ambiente del Guacamayo		12°00,845'	76°53,696'	269.39	3.8
ZBA-5	Cerca de la entrada - lado derecho		12°00,854'	76°53,703'	480.55	10.13
Zona Exterior			Coordenadas		Concentración de metales	
Código	Descripción		Sur	Oeste	Plomo (Pb ppm)	Cadmio (Cd ppm)
ZE-1	Frente a la zona de cuarentena de camellos		12°00,853	12°53,682	562.05	10.37
ZE-2	Delante del ambiente de felinos menores		12°00,857	12°53,682	179.29	4.54
ZE-3	Al lado izquierdo de felinos menores		12°00,861'	76°53,691'	27.49	2.06

Anexo 3: Distribución Espacial de los Tratamientos



Anexo 4: Caracterización de las aguas de pozo del Parque Zoológico de Huachipa



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1911090**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					CAR-01 8671248N / 293778E 10/05/2019 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUPERFICIAL AGUA DE RIO	CAP-01 8671248N / 293778E 10/05/2019 07:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA
FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	CATEGORIA	SUB CATEGORIA			
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	Resultado
Análisis Físicoquímicos						
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB	pH	--	--	7.68 *	7.55 *
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.351	0.051
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.00274	0.00292
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.01596	0.01026
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0409	0.0501
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.237	0.216
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00195	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	74.797	77.413
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	0.00055	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0138	0.0085
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00082	<0.00003
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.02990	<0.00009
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.7982	0.7751
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	0.863	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.6927	0.1150
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0946	0.1015
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	6.893	6.697
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.10554	0.00965
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00557	0.00542
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0026	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0119	0.0010
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	4.99	2.94
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0200	0.0137
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	21.74 *	26.93 *
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	10.16	12.59
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	21.726	14.382
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Tekuro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0165	0.0011
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000853	0.000943
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0026
Wolframo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.4352	0.0789
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA, para la matriz en mención.

Anexo 5: Mediciones de conductividad antes del riego

Tratamiento	Repetición	Mediciones de Conductividad (dS/m) - Antes de regar							
		06/09/2018	09/09/2018	11/09/2018	13/09/2018	15/09/2018	29/09/2018	08/10/2018	13/10/2018
1	A	0.02	0.1	0.1	0.11	0.08	0.27	0.39	0.29
	B	0.34	0.29	0.37	0.55	0.85	0.35	0.3	0.74
	C	0.07	0.08	0.03	0.08	0.14	0.07	0.09	0.07
	D	0.45	Repetición Descartada						
2	A	0.1	0.18	0.34	0.42	0.11	0.53	0.23	0.32
	B	0.26	0.3	0.3	0.27	0.47	0.29	0.39	0.63
	C	0.05	0.14	0.71	0.16	0.14	0.17	0.22	0.07
	D	0.71	Repetición Descartada						
3	A	0.12	0.24	0.35	0.62	0.1	0.33	0.26	0.2
	B	0.4	0.38	0.7	0.67	0.83	0.68	0.49	0.38
	C	0.06	0.45	0.08	0.16	0.43	0.31	0.13	0.25
	D	0.3	Repetición Descartada						
4	A	0.08	0.19	0.34	0.43	0.09	0.46	0.28	0.3
	B	0.1	0.13	0.1	0.12	0.18	0.17	0.19	0.14
	C	0.05	0.12	0.05	0.39	0.07	0.1	0.11	0.06
	D	0.48	Repetición Descartada						
5	A	0.07	0.23	0.51	0.35	0.13	0.19	0.33	0.34
	B	0.07	0.08	0.08	0.17	0.1	0.07	0.19	0.11
	C	0.07	0.12	0.15	0.06	0.19	0.17	0.14	0.31
	D	0.32	Repetición Descartada						
6	A	0.05	0.13	0.27	0.16	0.16	0.31	0.31	0.42
	B	0.07	0.21	0.12	0.1	33	0.14	0.35	0.18
	C	0.1	0.11	0.03	0.1	0.27	0.18	0.17	0.18
	D	0.62	Repetición Descartada						

Tratamiento	Repetición	Mediciones de Conductividad (dS/m) - Después de regar							
		06/09/2018	09/09/2018	11/09/2018	13/09/2018	15/09/2018	29/09/2018	08/10/2018	13/10/2018
1	A	0.92	0.23	0.79	0.52	0.32	0.78	1.04	0.59
	B	0.42	0.98	0.74	0.81	1	0.6	0.83	0.86
	C	0.35	0.23	0.39	0.52	0.35	0.34	0.37	0.35
	D	0.92	Repetición Descartada						
2	A	0.95	0.8	0.96	0.62	0.51	0.67	0.85	0.6
	B	0.55	0.93	1.2	0.6	0.71	0.71	0.51	0.73
	C	0.38	0.32	0.91	0.64	0.43	0.39	0.54	0.34
	D	1.08	Repetición Descartada						
3	A	0.73	0.31	1.51	0.85	0.45	0.66	0.52	0.63
	B	0.44	1.03	1.21	1.54	1.26	1	0.71	0.53
	C	0.74	0.83	0.97	1.12	0.6	0.47	0.65	0.48
	D	0.45	Repetición Descartada						
4	A	0.92	0.75	1.3	1.15	0.36	0.79	0.5	0.78
	B	0.25	0.25	0.2	0.67	0.23	0.39	0.46	0.5
	C	0.28	0.5	0.83	0.52	0.23	0.4	0.6	0.53
	D	0.93	Repetición Descartada						
5	A	0.87	0.66	0.9	0.63	0.48	0.82	0.86	0.63
	B	0.35	0.15	0.17	0.4	0.58	0.58	0.38	0.67
	C	0.63	0.76	0.78	0.72	0.31	0.49	0.54	0.63
	D	0.69	Repetición Descartada						
6	A	0.75	0.26	0.99	1.2	0.67	0.51	0.76	0.65
	B	0.78	0.79	0.39	0.62	0.47	0.67	0.49	0.55
	C	0.74	0.45	0.89	1.16	0.59	0.56	0.38	0.45
	D	0.78	Repetición Descartada						

Anexo 6: Corridas de datos estadísticos

a) Pruebas estadísticas para altura de la planta

Modelo lineal general: Altura vs. Micorrizas, EDTA
Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Micorrizas	Fijo	2	0.0, 0.5
EDTA	Fijo	3	0.0, 0.5, 1.0

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Micorrizas	1	5.759	5.759	2.70	0.126
EDTA	2	171.286	85.643	40.14	0.000
Micorrizas*EDTA	2	3.733	1.867	0.87	0.442
Error	12	25.603	2.134		
Total	17	206.380			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1.46067	87.59%	82.43%	72.09%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	9.831	0.344	28.55	0.000	
Micorrizas					
0.0	0.566	0.344	1.64	0.126	1.00
EDTA					
0.0	4.357	0.487	8.95	0.000	1.33
0.5	-2.370	0.487	-4.87	0.000	1.33
Micorrizas*EDTA					
0.0 0.0	-0.168	0.487	-0.34	0.736	1.33
0.0 0.5	-0.455	0.487	-0.93	0.369	1.33

Ecuación de regresión

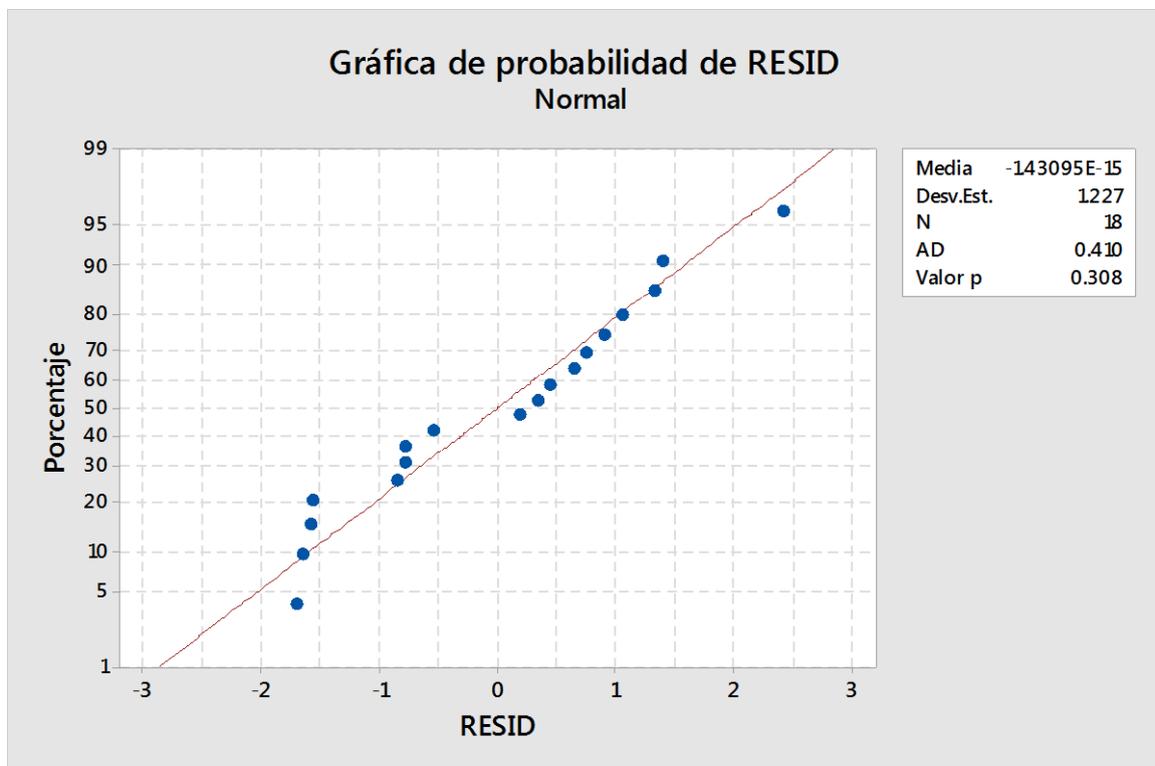
$$\begin{aligned} \text{Altura} = & 9.831 + 0.566 \text{ Micorrizas_0.0} - 0.566 \text{ Micorrizas_0.5} + 4.357 \text{ EDTA_0.0} \\ & - 2.370 \text{ EDTA_0.5} - 1.987 \text{ EDTA_1.0} - 0.168 \text{ Micorrizas*EDTA_0.0 0.0} \\ & - 0.455 \text{ Micorrizas*EDTA_0.0 0.5} + 0.622 \text{ Micorrizas*EDTA_0.0 1.0} \\ & + 0.168 \text{ Micorrizas*EDTA_0.5 0.0} + 0.455 \text{ Micorrizas*EDTA_0.5 0.5} \\ & - 0.622 \text{ Micorrizas*EDTA_0.5 1.0} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Altura	Ajuste	Resid	Resid est.
3	17.000	14.586	2.414	2.02 R

Residuo grande R

Gráfica de probabilidad de RESID



Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA

Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

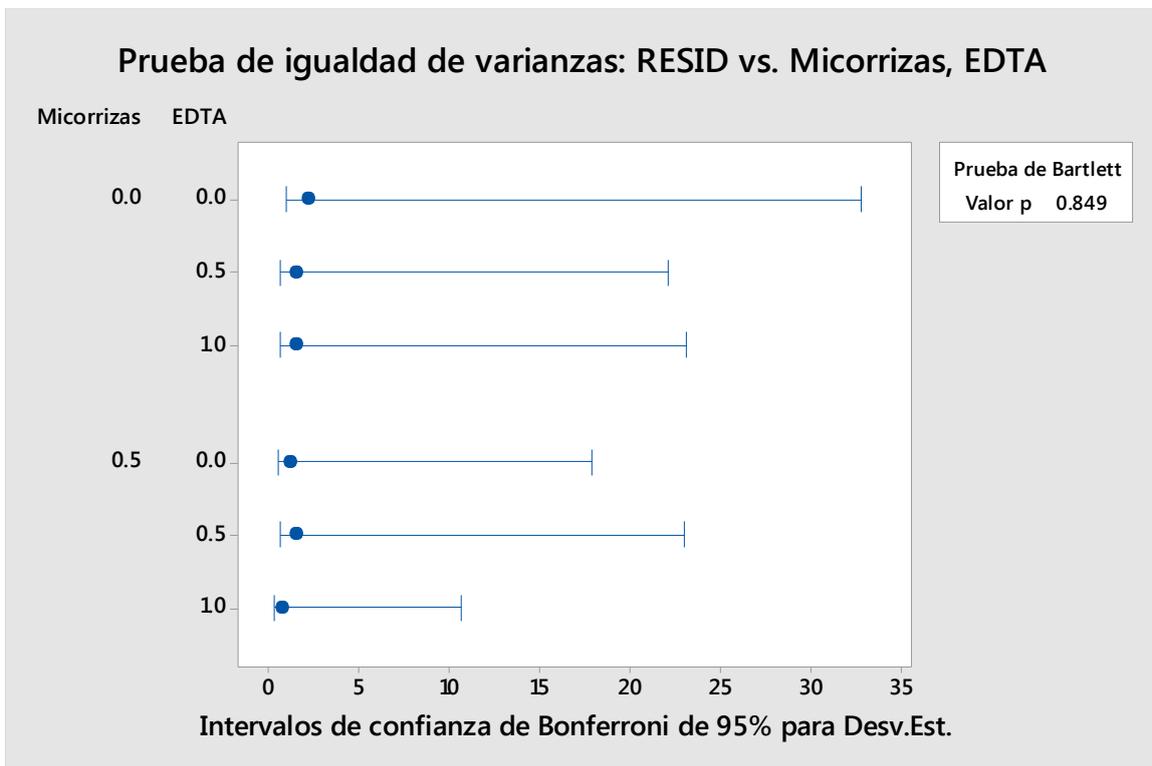
Micorrizas	EDTA	N	Desv.Est.	IC
0	0	3	2.12202	(0.906428, 32.8399)
0	0.5	3	1.42829	(0.610101, 22.1040)
0	1	3	1.49642	(0.639200, 23.1582)
0.5	0	3	1.15858	(0.494891, 17.9299)
0.5	0.5	3	1.48577	(0.634651, 22.9934)
0.5	1	3	0.68503	(0.292611, 10.6013)

Nivel de confianza individual = 99.1667%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	2.00	0.849

Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA



b) Pruebas estadísticas para longitud de la raíz

Modelo lineal general: Longitud vs. Micorrizas, EDTA

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Micorrizas	Fijo	2	0.0, 0.5
EDTA	Fijo	3	0.0, 0.5, 1.0

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Micorrizas	1	159.80	159.798	33.42	0.000
EDTA	2	76.00	37.998	7.95	0.006
Micorrizas*EDTA	2	106.84	53.418	11.17	0.002
Error	12	57.38	4.781		
Total	17	400.01			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2.18662	85.66%	79.68%	67.73%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	11.462	0.515	22.24	0.000	
Micorrizas					
0.0	2.980	0.515	5.78	0.000	1.00
EDTA					
0.0	1.796	0.729	2.46	0.030	1.33
0.5	1.080	0.729	1.48	0.164	1.33
Micorrizas*EDTA					
0.0 0.0	2.723	0.729	3.74	0.003	1.33
0.0 0.5	0.467	0.729	0.64	0.534	1.33

Ecuación de regresión

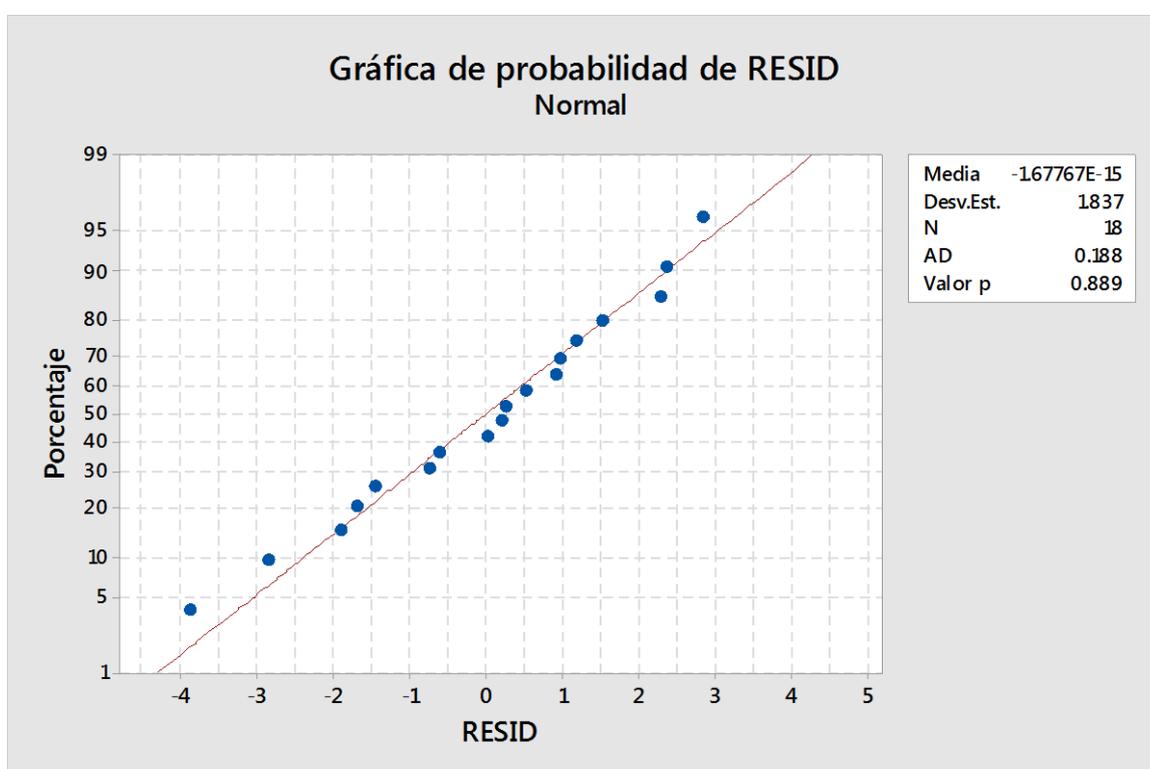
$$\begin{aligned} \text{Longitud} = & 11.462 + 2.980 \text{ Micorrizas_0.0} - 2.980 \text{ Micorrizas_0.5} + 1.796 \text{ EDTA_0.0} \\ & + 1.080 \text{ EDTA_0.5} - 2.876 \text{ EDTA_1.0} + 2.723 \text{ Micorrizas*EDTA_0.0 0.0} \\ & + 0.467 \text{ Micorrizas*EDTA_0.0 0.5} - 3.190 \text{ Micorrizas*EDTA_0.0 1.0} \\ & - 2.723 \text{ Micorrizas*EDTA_0.5 0.0} - 0.467 \text{ Micorrizas*EDTA_0.5 0.5} \\ & + 3.190 \text{ Micorrizas*EDTA_0.5 1.0} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Longitud	Ajuste	Resid	Resid est.	R
9	4.50	8.38	-3.88	-2.17	

Residuo grande R

Gráfica de probabilidad de RESID



Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA

Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

Micorrizas	EDTA	N	Desv.Est.	IC
------------	------	---	-----------	----

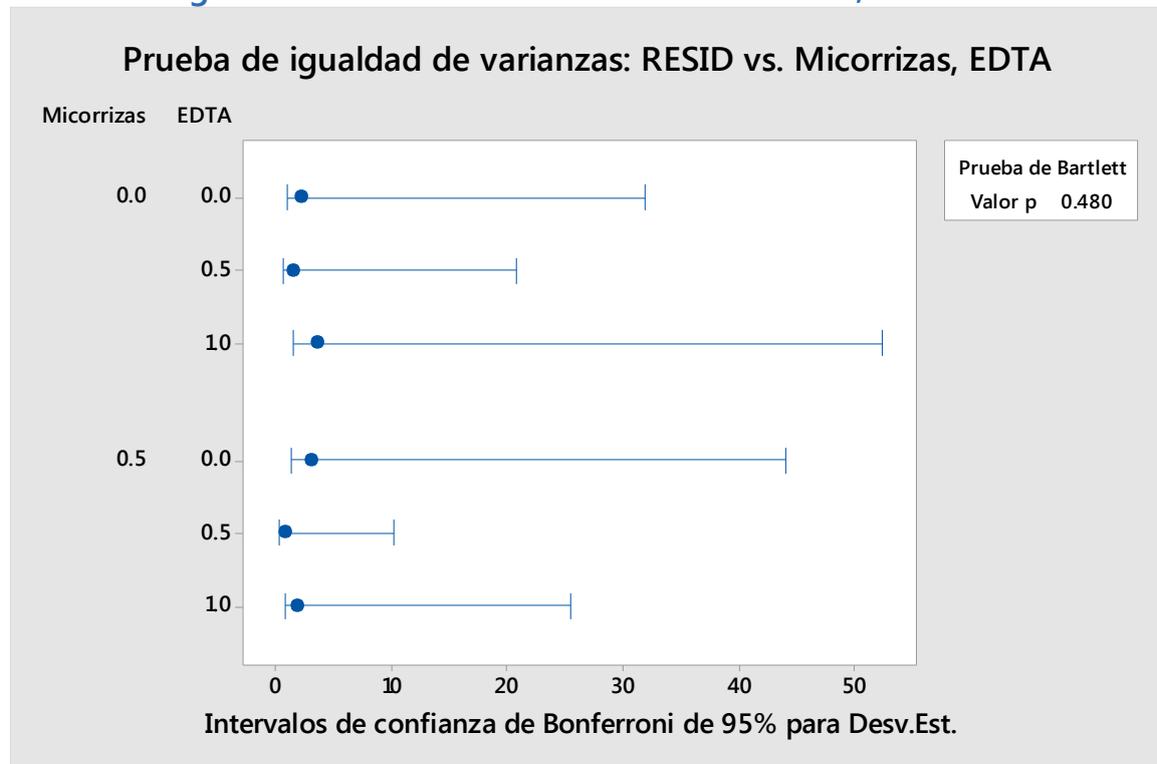
0	0	3	2.05409	(0.87741, 31.7887)
0	0.5	3	1.33685	(0.57104, 20.6887)
0	1	3	3.38111	(1.44425, 52.3252)
0.5	0	3	2.85002	(1.21740, 44.1062)
0.5	0.5	3	0.65694	(0.28062, 10.1667)
0.5	1	3	1.64177	(0.70129, 25.4076)

Nivel de confianza individual = 99.1667%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	4.50	0.480

Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA



c) Pruebas estadísticas para Concentración de plomo en la planta

Modelo lineal general: Extracción vs. EDTA, Micorrizas

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
EDTA	Fijo	3	0.0, 0.5, 1.0
Micorrizas	Fijo	2	0.0, 0.5

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
EDTA	2	171971	85986	9.81	0.003
Micorrizas	1	13516	13516	1.54	0.238
EDTA*Micorrizas	2	51613	25807	2.94	0.091
Error	12	105211	8768		
Total	17	342312			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
93.6353	69.26%	56.46%	30.85%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	181.5	22.1	8.22	0.000	
EDTA					
0.0	-100.0	31.2	-3.20	0.008	1.33
0.5	132.6	31.2	4.25	0.001	1.33
Micorrizas					
0.0	-27.4	22.1	-1.24	0.238	1.00
EDTA*Micorrizas					
0.0 0.0	21.8	31.2	0.70	0.499	1.33
0.5 0.0	-73.7	31.2	-2.36	0.036	1.33

Ecuación de regresión

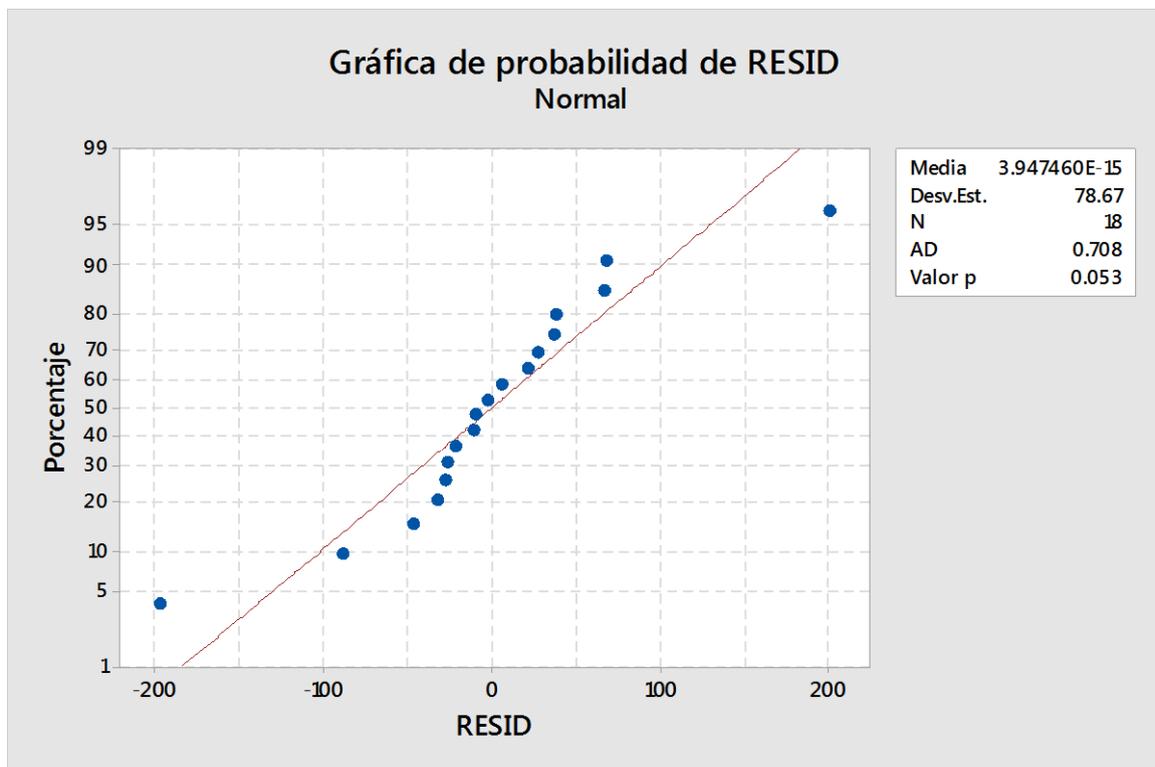
$$\begin{aligned} \text{Extraccion} = & 181.5 - 100.0 \text{ EDTA_0.0} + 132.6 \text{ EDTA_0.5} - 32.6 \text{ EDTA_1.0} - 27.4 \text{ Micorrizas_0.0} \\ & + 27.4 \text{ Micorrizas_0.5} + 21.8 \text{ EDTA*Micorrizas_0.0 0.0} - 21.8 \text{ EDTA*Micorrizas_0.0} \\ & 0.5 - 73.7 \text{ EDTA*Micorrizas_0.5 0.0} + 73.7 \text{ EDTA*Micorrizas_0.5 0.5} \\ & + 51.9 \text{ EDTA*Micorrizas_1.0 0.0} - 51.9 \text{ EDTA*Micorrizas_1.0 0.5} \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Extraccion	Ajuste	Resid	Resid est.	
14	615.4	415.2	200.2	2.62	R
15	218.1	415.2	-197.1	-2.58	R

Residuo grande R

Prueba de normalidad:



Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA

Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

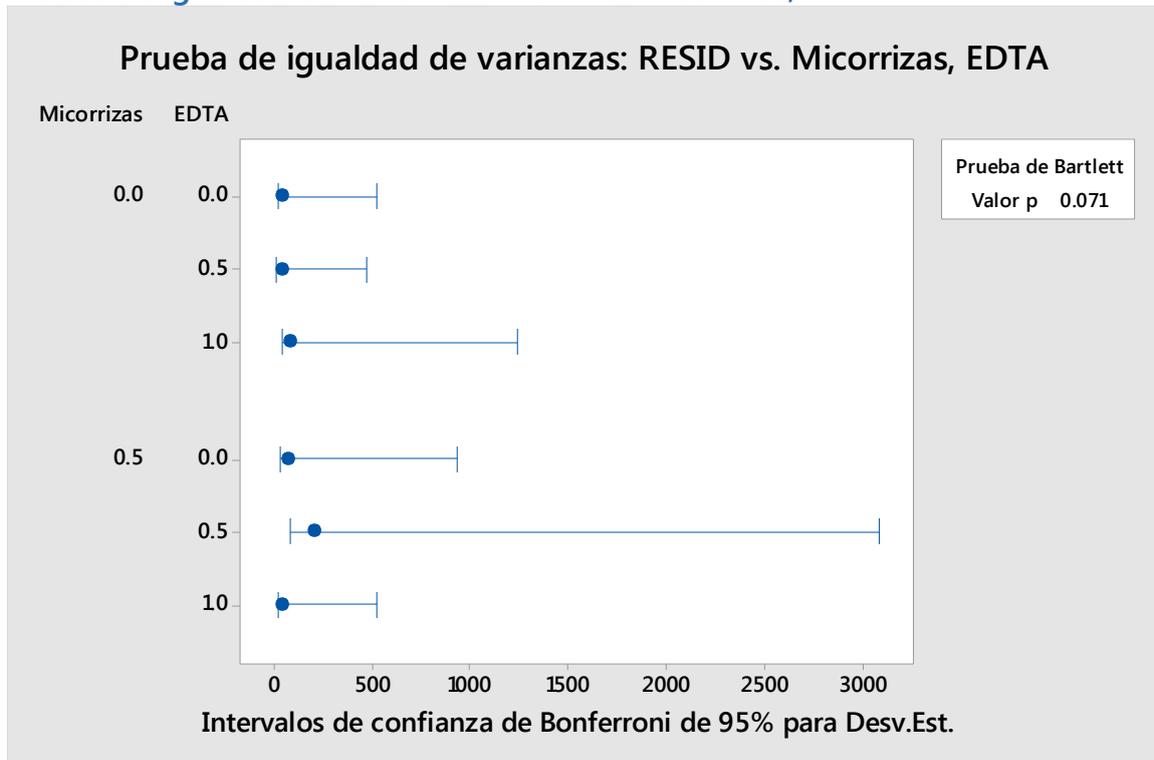
Micorrizas	EDTA	N	Desv.Est.	IC
0	0	3	33.749	(14.4162, 522.30)
0	0.5	3	30.421	(12.9942, 470.78)
0	1	3	79.828	(34.0989, 1235.40)
0.5	0	3	59.901	(25.5869, 927.01)
0.5	0.5	3	198.667	(84.8614, 3074.53)
0.5	1	3	33.343	(14.2426, 516.01)

Nivel de confianza individual = 99.1667%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	10.15	0.071

Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA



d) Pruebas estadísticas para Concentración de plomo en la parte aérea de la planta

Modelo lineal general: P. Aerea vs. Micorrizas, EDTA
Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Micorrizas	Fijo	2	0.0, 0.5
EDTA	Fijo	3	0.0, 0.5, 1.0

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Micorrizas	1	24.0	23.98	0.04	0.840
EDTA	2	12314.6	6157.31	10.98	0.002
Micorrizas*EDTA	2	1055.7	527.83	0.94	0.419
Error	11	6166.5	560.59		
Total	16	19587.1			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
23.6768	68.52%	54.21%	28.69%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	48.11	5.81	8.28	0.000	
Micorrizas					
0.0	-1.20	5.81	-0.21	0.840	1.02
EDTA					
0.0	-32.56	8.05	-4.04	0.002	1.27
0.5	31.49	8.05	3.91	0.002	1.27
Micorrizas*EDTA					
0.0 0.0	6.15	8.05	0.76	0.461	1.27
0.0 0.5	-10.95	8.05	-1.36	0.201	1.27

Ecuación de regresión

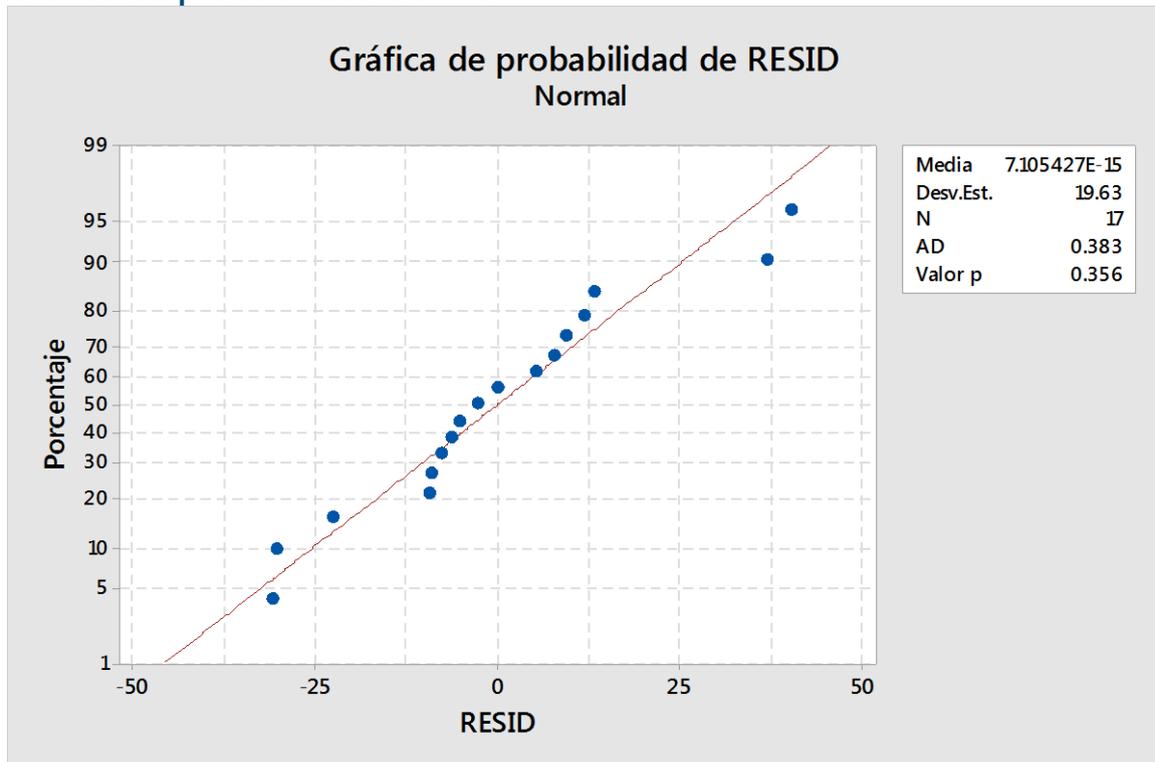
$$\begin{aligned}
 P. \text{ Aerea} = & 48.11 - 1.20 \text{ Micorrizas}_{0.0} + 1.20 \text{ Micorrizas}_{0.5} - 32.56 \text{ EDTA}_{0.0} \\
 & + 31.49 \text{ EDTA}_{0.5} + 1.06 \text{ EDTA}_{1.0} + 6.15 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.0} 0.0 \\
 & - 10.95 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.0} 0.5 + 4.81 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.0} 1.0 \\
 & - 6.15 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.5} 0.0 + 10.95 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.5} 0.5 \\
 & - 4.81 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.5} 1.0
 \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	P. Aerea	Ajuste	Resid	Resid est.	R
14	132.1	91.8	40.3	2.09	R

Residuo grande R

Gráfica de probabilidad de RESID



Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA

Método

- Hipótesis nula: Todas las varianzas son iguales
- Hipótesis alterna: Por lo menos una varianza es diferente
- Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

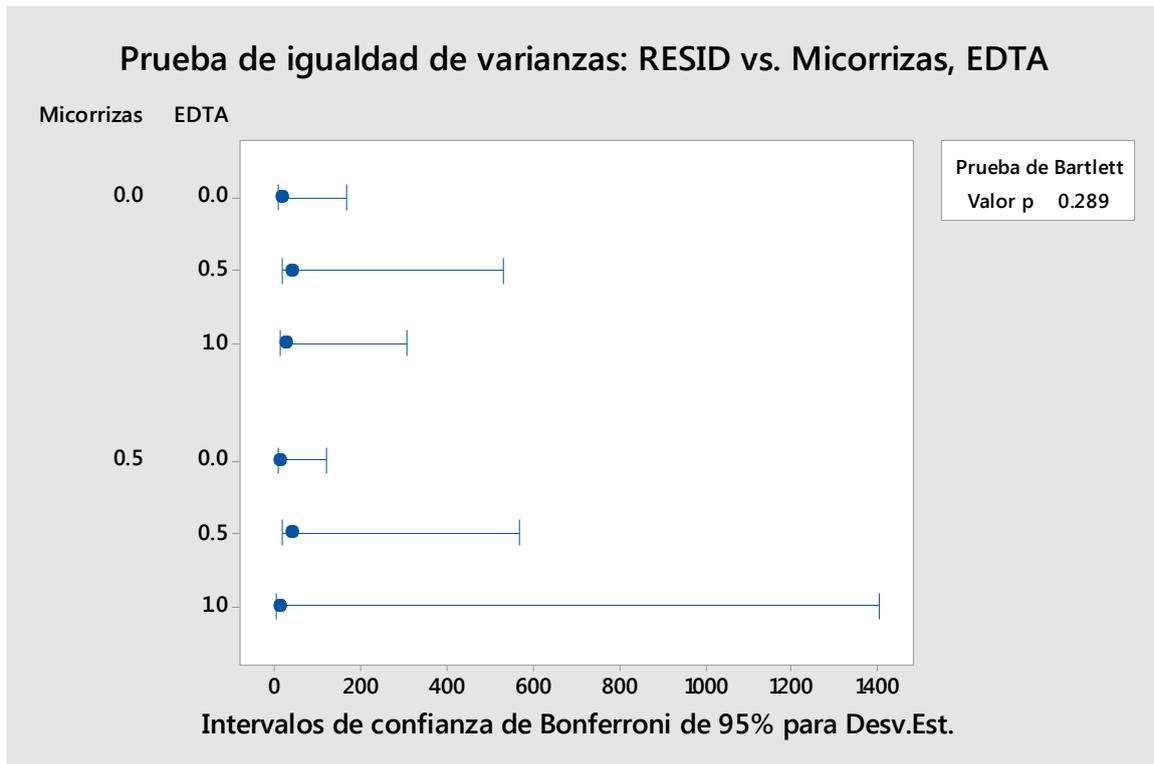
Micorrizas	EDTA	N	Desv.Est.	IC
0	0	3	10.7178	(4.5782, 165.87)
0	0.5	3	34.1257	(14.5769, 528.12)
0	1	3	19.5982	(8.3714, 303.30)
0.5	0	3	7.6736	(3.2778, 118.76)
0.5	0.5	3	36.5246	(15.6016, 565.25)
0.5	1	2	7.3181	(2.5541, 1401.35)

Nivel de confianza individual = 99.1667%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	6.18	0.289

Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA



e) Pruebas estadísticas para Concentración de plomo en la parte radicular de la planta

Modelo lineal general: P. Radicular vs. Micorrizas, EDTA
Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Micorrizas	Fijo	2	0.0, 0.5
EDTA	Fijo	3	0.0, 0.5, 1.0

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Micorrizas	1	14861	14861	2.19	0.165
EDTA	2	92668	46334	6.82	0.011
Micorrizas*EDTA	2	34345	17173	2.53	0.121
Error	12	81519	6793		
Total	17	223393			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
82.4210	63.51%	48.30%	17.89%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	135.9	19.4	7.00	0.000	
Micorrizas					
0.0	-28.7	19.4	-1.48	0.165	1.00
EDTA					
0.0	-70.0	27.5	-2.55	0.026	1.33
0.5	98.6	27.5	3.59	0.004	1.33
Micorrizas*EDTA					
0.0 0.0	18.2	27.5	0.66	0.521	1.33
0.0 0.5	-60.2	27.5	-2.19	0.049	1.33

Ecuación de regresión

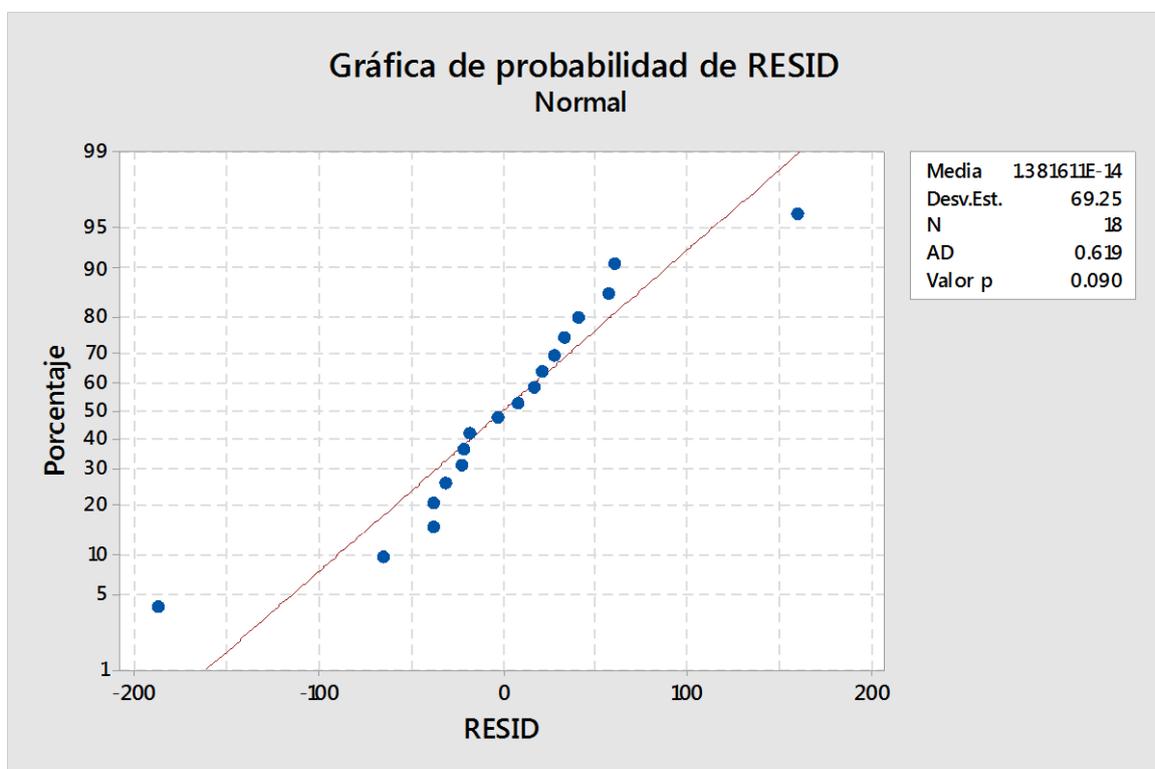
$$\begin{aligned}
 P. \text{ Radicular} = & 135.9 - 28.7 \text{ Micorrizas}_{0.0} + 28.7 \text{ Micorrizas}_{0.5} - 70.0 \text{ EDTA}_{0.0} \\
 & + 98.6 \text{ EDTA}_{0.5} - 28.6 \text{ EDTA}_{1.0} + 18.2 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.0} 0.0 \\
 & - 60.2 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.0} 0.5 + 42.1 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.0} 1.0 \\
 & - 18.2 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.5} 0.0 + 60.2 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.5} 0.5 \\
 & - 42.1 \text{ Micorrizas} * \text{EDTA}_{0.5} 1.0
 \end{aligned}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	P. Radicular	Ajuste	Resid	Resid est.	
14	483.3	323.5	159.9	2.38	R
15	135.8	323.5	-187.7	-2.79	R

Residuo grande R

Gráfica de probabilidad de RESID



Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA

Método

Hipótesis nula Todas las varianzas son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una varianza es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se utiliza el método de Bartlett. Este método es exacto sólo para datos normales.

Intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviaciones estándar

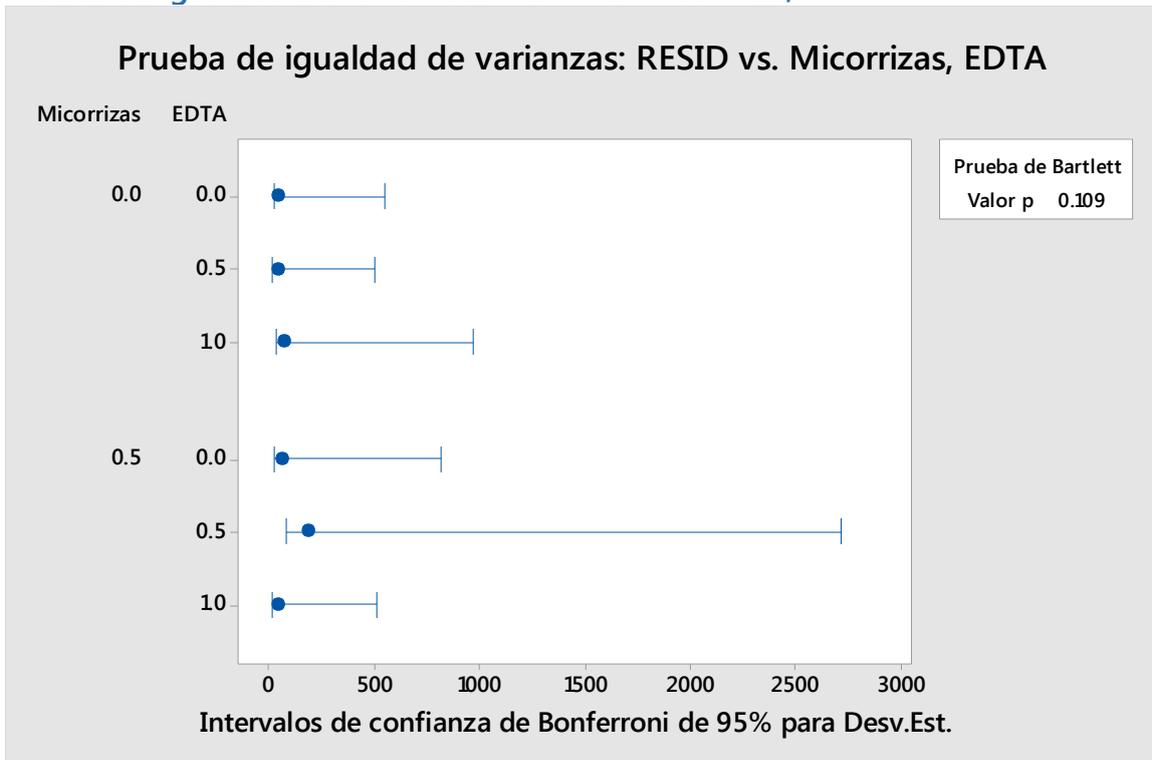
Micorrizas	EDTA	N	Desv.Est.	IC
0	0	3	35.213	(15.0416, 544.96)
0	0.5	3	32.313	(13.8028, 500.08)
0	1	3	62.114	(26.5323, 961.26)
0.5	0	3	52.662	(22.4947, 814.98)
0.5	0.5	3	175.419	(74.9311, 2714.75)
0.5	1	3	32.738	(13.9842, 506.65)

Nivel de confianza individual = 99.1667%

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	8.99	0.109

Prueba de igualdad de varianzas: RESID vs. Micorrizas, EDTA



Anexo 7: Informes de Calidad del Agua del Río Rímac - Convenio N° 002-2009/MINSA-SEDAPAL

EVALUACIÓN SANITARIA 19-20-26-27 ENERO 2011																																		
Parámetro	pH	T	c.e.	Turb	OD	A y g	TPH	CN _{RED}	Nt	PO ₄ ⁻³	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	COT	DQO	DBO	ST	STS	STD	H'	Al	As	Cd	Cu [mg/L]		Cr	Fe	Mn [mg/L]		Pb	Zn	C. tot	C. term	Nem
Estación	Unid	°C	µS/cm	UNT	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	Digesa	Sedapal	mg/L	mg/L	Digesa	Sedapal	mg/L	mg/L	NMP/dL	NMP/dL	VL/L
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	---	---	---	---	0,10	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---	---
E-01	9.46	7.74	11	10.0	9.17	-	-	-	0.12	<0.010	0.001	0.271	0.51	3.82	5	2.2	456	5	451	1.36	<0.050	0.007	<0.010	<0.010	<0.002	<0.028	0.047	0.027	0.037	<0.025	<0.011	0	0	21.50
E-1A	8.79	5.68	1,231	245	9.54	3.4	0.007	<0.003	0.85	<0.010	0.053	0.993	1.02	1.01	44	<2.0	1,350	186	1,164	1.03	2.010	0.019	0.026	0.159	0.039	<0.028	7.26	22.55	17.185	0.264	8.83	0	0	86.00
E-02	9.82	4.83	247	18.6	10.11	<1.0	<0.05	<0.003	1.00	<0.010	0.002	0.168	0.51	3.13	9	1.5	184	8	176	1.40	0.292	0.005	<0.010	<0.010	<0.002	<0.028	0.434	0.052	0.048	<0.025	0.014	0	0	16.00
E-2A	9.05	6.10	449	90.2	10.02	1.8	<0.05	0.0054	0.80	<0.010	0.016	0.532	1.02	2.59	23	<2.0	396	31	365	1.91	1.333	0.022	0.018	0.344	0.431	<0.028	1.58	1.75	1.524	0.055	1.64	360	240	11.00
E-2B	8.22	7.14	459	106	9.44	-	-	0.0041	0.82	<0.010	0.018	0.974	1.53	1.82	18	2.4	404	58	346	0.62	1.614	0.021	0.014	0.259	0.376	<0.028	2.34	1.50	1.337	0.110	1.34	260	120	16.00
E-2C	9.13	7.51	429	80.1	9.92	1.6	<0.05	0.0044	0.97	<0.010	0.010	0.544	1.22	1.62	26	275	362	38	324	1.82	1.049	0.018	<0.010	0.146	0.181	<0.028	1.41	1.02	0.687	0.040	0.817	0	0	54.00
E-03	9.59	8.58	189	363	10.17	-	-	<0.003	0.81	<0.010	0.004	0.411	0.51	1.38	20	2.7	266	100	166	1.80	0.442	0.006	<0.010	0.018	0.001	<0.028	7.74	0.495	0.050	<0.025	0.066	0	0	11.00
E-04	9.41	8.94	418	108	10.19	-	-	-	0.71	<0.010	0.014	0.712	1.02	1.52	25	3.4	402	63	339	-	1.169	0.017	<0.010	0.135	0.280	<0.028	2.15	0.952	0.495	0.084	0.775	0	0	47.00
E-4A	9.39	9.35	315	116	10.04	-	-	-	0.87	<0.010	0.009	0.464	1.53	1.23	21	2.7	340	88	252	1.54	0.825	0.011	<0.010	0.071	0.159	<0.028	4.24	0.623	0.302	0.030	0.374	0	0	16.00
E-05	8.91	13.03	558	88.3	9.49	-	-	-	2.34	<0.010	0.006	0.358	18.9	1.07	21	2.4	482	62	420	-	1.008	0.031	0.013	0.166	0.184	<0.028	3.02	0.579	0.364	0.071	1.73	0	0	27.00
E-06	9.43	13.57	544	112	9.64	-	-	-	1.55	0.022	0.006	0.369	18.9	0.83	23	4.6	506	90	416	1.95	1.038	0.037	0.013	0.172	0.150	<0.028	3.13	0.600	0.330	0.078	1.75	0	0	36.00
E-6A	9.37	13.73	561	120	9.43	1.3	<0.05	-	0.49	<0.010	0.006	0.386	17.9	1.06	31	3.3	516	95	421	1.58	1.131	0.035	0.014	0.179	0.165	<0.028	3.80	0.648	0.357	0.091	1.89	800	560	32.50
E-6B	8.93	13.64	546	114	9.69	-	-	<0.003	0.66	<0.010	0.006	0.371	17.9	1.16	16	2.8	491	73	418	-	0.920	0.039	0.013	0.174	0.150	<0.028	3.74	0.640	0.337	0.078	1.75	0	0	22.00
E-07	8.74	11.74	-	662	9.85	<1.0	<0.05	-	1.44	0.010	0.003	0.408	1.02	1.43	22	<2.0	988	700	288	1.60	0.710	0.101	0.015	0.465	0.070	<0.028	45.01	1.850	0.220	1.41	2.75	0	0	11.00
E-08	8.82	13.30	444	243	9.81	<1.0	<0.05	<0.003	0.78	0.054	0.005	0.414	4.59	1.02	26	2.3	542	125	417	1.99	3.692	0.045	0.012	0.199	0.156	<0.028	5.46	0.658	0.310	0.169	1.75	0	0	16.00
E-09	8.74	13.07	407	301	12.03	-	-	-	0.30	<0.010	0.004	0.409	13.8	1.04	11	2.4	568	231	337	-	1.103	0.048	0.015	0.282	0.116	<0.028	10.82	1.19	0.585	0.377	3.02	0	0	43.00
E-10	8.85	14.48	409	398	9.96	-	-	-	0.79	<0.010	0.005	0.594	16.8	0.95	16	<2.0	652	322	330	-	1.366	0.037	<0.010	0.170	0.035	<0.028	10.86	0.914	0.184	0.174	1.79	400	300	54.00
E-11	8.82	16.43	419	964	9.21	5.1	<0.05	<0.003	0.71	0.010	0.096	1.697	20.4	14.02	144	3.1	1,184	694	490	1.47	1.633	0.050	0.012	0.192	0.036	<0.028	58.68	1.45	0.119	0.289	2.23	4,500	1,800	16.00
E-13	8.73	14.60	272	164	9.58	1.4	-	<0.003	0.63	0.010	0.004	0.515	11.2	1.35	70	5.1	374	87	287	0.60	1.071	0.021	<0.010	0.056	0.026	<0.028	4.02	0.338	0.109	0.038	0.459	2,300	410	11.00
E-14	8.81	15.97	349	1205	9.32	1.3	-	-	0.60	0.024	0.007	0.602	15.3	1.25	15	3.3	1,398	854	544	1.64	2.532	0.037	0.014	0.246	0.050	<0.028	61.35	1.81	0.168	0.434	2.58	1,800	1,800	33.00
E-15	8.83	16.42	347	685	9.47	-	-	<0.003	0.49	0.023	0.013	0.581	13.3	1.53	14	13.1	908	578	330	1.55	1.829	0.071	<0.010	0.162	0.049	<0.028	45.36	1.07	0.126	0.240	1.53	7,900.00	3,300	22.00
E-16	8.72	18.70	373	654	9.46	-	-	-	0.74	0.010	0.006	0.643	17.8	1.42	15	19.5	850	548	302	-	2.302	0.056	<0.010	0.152	0.052	<0.028	40.35	0.946	0.163	0.241	1.44	1,600.000	1,600.000	22.00
E-17	8.48	26.18	1,333	831	3.25	5.2	0.155	0.0647	0.50	3.220	0.025	1.546	189	10.61	472	112	1,630	364	1,266	0.11	6.934	0.017	<0.010	0.110	0.101	0.444	14.10	0.746	0.549	0.336	0.712	920,000	350,000	22.00
E-18	8.64	27.17	1,151	570	6.00	-	-	-	0.64	1.435	0.032	0.335	102	12.03	172	17.1	1,310	214	1,096	-	2,548	0.041	<0.010	0.098	0.029	0.043	14.72	0.630	0.265	0.266	0.642	240,000	130,000	43.00
E-24	8.76	20.44	360	821	7.90	-	-	-	0.50	0.010	0.170	0.892	15.3	2.99	110	5.3	1,062	700	362	2.02	2.704	0.046	<0.010	0.171	0.038	<0.028	47.23	1.08	0.132	0.281	1.56	49,000	49,000	32.50
E-25	8.74	20.42	25	1082	9.10	-	-	-	0.66	0.280	0.063	0.740	19.4	2.69	15	5.2	1,002	522	480	1.90	1.584	0.042	<0.010	0.181	0.037	<0.028	51.49	1.13	0.129	0.296	1.71	33,000	23,000	33.00

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.
 COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot. : Coliformes totales
 C term. : Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L : Nematodos de vida libre por litro
 NMP/dL : Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: JMRR 25-04-2011 y RHQ 12-8-2011

< No detectado a valores menores
 No supera ECA para Agua
 Supera ECA para Agua

Toma de muestras: SEDAPAL - DIGESA 19, 20; 26 y 27-01-2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0061 - Cód. 402 al 429
 Análisis DIGESA: Fitoplancton - I. E. N° 0061 - Cód. 402 al 429
 Envío resultados SEDAPAL: Exp. N° 4355-2011-DV de 10-02-2011

Exp. N° 6532-2011-DI de 04-03-2011
 Exp. N° 4972-2011-DI de 17-02-2011

ESTACIONES			
Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
402	E-01: Río Rímac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	416	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rímac.
403	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efluente Volcan Cia. Min. Unidad Tictio.	417	E-08: Río Rímac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
405	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	418	E-09: Río Rímac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.
406	E-2A: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Quenuales.	419	E-10: Río Rímac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
407	E-2B: Río Rímac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	421	E-11: Río Rímac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
408	E-2C: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	422	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de confluencia con el río Rímac.
409	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	423	E-14: R. Rímac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
410	E-04: Río Rímac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	424	E-15: Río Rímac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
411	E-4A: Río Rímac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	425	E-16: Río Rímac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9,5.
412	E-05: Río Rímac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	426	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rímac.
413	E-06: Río Rímac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90,6.	427	E-18: Río Rímac, Mirador N° 1 Las Palmeras (500 m a guas abajo).
414	E-6A: Río Rímac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	428	E-24:

EVALUACIÓN SANITARIA 09-10 FEBRERO 2011

Estación	pH	T °C	c.e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	A y g mg/L	TPH mg/L	CN _{Red} mg/L	Ni mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	COT mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	H' Unid	Al mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/dL	C. term NMP/dL	Nem V/L	
																							Digesta	Sedapal			Digesta	Sedapal						
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	---	0,20	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---			
E-01	9.24	8.85	500	0.0	8.22	-	-	-	1.87	<0.010	0.058	1.192	3.1	1.26	11	2.1	388	-	-	0.184	0.004	<0.010	<0.010	<0.002	<0.028	0.052	0.033	0.131	<0.025	<0.011	0	0	0.0	
E-1A	7.95	7.61	1,160	128	7.11	<1.0	<0.005	<0.003	0.38	<0.010	0.005	0.323	2.0	2.66	14	<2.0	1,424	-	0.00	5.381	0.003	0.096	0.271	0.225	<0.028	5.79	50.55	98.797	0.291	44.650	0	0	32.0	
E-02	9.10	6.03	1,880	531	7.80	<1.0	<0.005	<0.003	0.33	<0.010	0.003	0.538	2.0	2.27	12	<2.0	174	-	2.37	0.651	0.005	<0.010	<0.010	<0.002	<0.028	0.375	0.051	0.052	<0.025	0.024	250	130	0.0	
E-2A	8.08	6.84	322	555	7.94	<1.0	<0.005	<0.003	0.99	<0.010	0.017	0.718	2.0	1.78	26	<2.0	-	-	-	2.056	0.015	0.014	0.152	0.138	<0.028	1.66	3.32	3.359	<0.025	2.930	1,200	100	27.0	
E-2B	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0046	<0.010	0.028	0.851	2.8	2.06	20	<2.0	438	-	0.80	3.198	0.020	0.011	0.170	0.147	<0.028	4.38	3.16	3.240	0.174	2.720	4,000	800	27.0	
E-2C	8.81	7.95	320	818	8.12	<1.0	<0.005	0.0047	0.83	<0.010	0.016	0.634	3.1	1.65	22	<2.0	324	-	0.69	1.090	0.011	<0.010	0.122	0.105	<0.028	1.20	1.53	1.673	0.036	1.430	400	100	21.5	
E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.003	0.39	0.018	0.010	0.602	3.1	2.08	28	<2.0	344	-	1.63	7.006	0.012	<0.010	0.023	0.024	<0.028	17.78	1.09	0.998	0.036	0.095	60	60	43.0
E-04	8.89	9.30	325	1290	7.84	-	-	-	0.95	<0.010	0.021	0.787	2.0	1.66	24	<2.0	352	-	0.98	1.581	0.012	<0.010	0.110	0.089	<0.028	<0.038	1.42	1.461	0.047	1.220	-	-	16.0	
E-4A	7.83	9.74	254	1102	-	-	-	-	0.60	<0.010	0.008	0.649	3.1	2.11	19	<2.0	360	-	-	5.235	0.013	<0.010	0.056	0.055	<0.028	9.59	0.982	1.209	0.039	0.610	320	200	152.0	
E-05	-	-	-	-	-	-	-	-	0.70	<0.010	0.014	0.537	15.3	2.21	20	<2.0	638	-	1.67	4.557	0.028	0.013	0.186	0.144	<0.028	23.65	1.670	0.936	0.087	2.210	200	100	11.0	
E-06	9.30	13.80	520	210	8.09	5.4	-	-	0.50	<0.010	0.015	0.445	15.3	2.61	27	<2.0	508	-	1.79	3.993	0.029	0.012	0.157	0.133	<0.028	6.34	0.858	0.797	0.061	1.990	2,800	1,000	22.0	
E-6A	9.09	13.90	531	187	8.00	-	-	-	0.68	<0.010	0.007	0.460	15.3	2.35	24	<2.0	496	-	1.25	4.692	0.031	0.011	0.155	0.148	<0.028	6.70	0.849	0.844	0.090	1.950	400	200	27.0	
E-6B	8.81	13.80	526	150	7.68	-	-	-	<0.003	0.53	<0.010	0.015	0.414	16.3	2.15	23	<2.0	505	-	1.86	3.944	0.025	0.012	0.164	0.146	<0.028	8.03	0.842	0.934	0.092	1.960	800	600	27.0
E-07	8.91	13.40	468	128	7.81	4.9	<0.005	-	0.54	0.014	0.011	0.541	2.0	2.25	23	<2.0	160	-	0.69	2.045	0.109	<0.010	0.104	0.086	<0.028	2.42	0.296	0.442	0.032	0.978	0	0	43.0	
E-08	8.60	11.74	166	53	8.00	<1.0	<0.005	<0.003	0.56	<0.010	0.016	0.503	15.3	1.88	19	<2.0	436	-	1.19	3.572	0.036	0.011	0.152	0.121	<0.028	6.14	0.728	0.840	0.052	1.820	600	100	27.0	
E-09	8.84	13.37	412	225	8.10	-	-	-	0.63	<0.010	0.011	0.369	31.6	2.81	17	<2.0	402	-	1.33	3.233	0.045	0.011	0.157	0.108	<0.028	8.45	0.754	0.628	0.141	1.820	5	5	16.0	
E-10	9.01	15.36	398	235	8.10	-	-	-	<0.003	0.72	<0.010	0.012	0.701	12.2	1.91	16	<2.0	436	-	0.98	5.311	0.056	<0.010	0.095	0.077	<0.028	8.49	0.634	0.523	0.056	0.281	400	400	43.0
E-11	8.76	16.98	398	829	9.06	4.6	<0.005	-	1.03	0.025	0.008	0.718	10.2	1.36	117	<2.0	808	-	1.87	17.202	0.156	<0.010	0.174	0.151	<0.028	28.01	0.977	1.026	0.209	0.523	130,000	49,000	86.0	
E-13	8.63	15.58	248	175	9.46	<1.0	-	-	0.59	0.017	0.005	0.295	4.1	2.20	33	<2.0	286	-	1.28	4.860	0.027	<0.010	0.043	0.034	<0.028	5.91	0.283	0.253	<0.025	0.321	33,000	33,000	32.5	
E-14	8.74	16.65	314	426	9.28	3.7	-	-	0.66	0.017	0.007	0.431	8.2	1.71	43	<2.0	554	-	1.96	8.095	0.072	<0.010	0.109	0.075	<0.028	15.90	0.694	0.544	0.121	0.499	920,000	540,000	27.0	
E-15	8.75	17.51	317	421	8.75	-	-	-	0.67	0.020	0.009	1.981	9.2	1.76	41	<2.0	544	-	2.06	9.440	0.124	<0.010	0.093	0.081	<0.028	10.01	0.589	0.615	0.133	0.341	240,000	79,000	86.0	
E-16	8.74	19.41	334	489	8.82	-	-	-	0.90	0.039	0.016	0.454	9.2	1.99	53	<2.0	576	-	-	9.730	0.098	<0.010	0.104	0.071	<0.028	16.75	0.716	0.512	0.124	0.970	170,000	130,000	22.0	
E-17	8.51	31.48	1,680	203	1.74	7.6	-	<0.003	4.60	2.440	0.495	2.531	163	18.2	132	<2.0	1,322	-	1.53	4.095	0.030	<0.010	0.031	0.039	0.039	4.30	0.312	0.311	0.064	0.159	920,000	920,000	64.0	
E-18	8.78	24.27	521	389	7.40	-	-	-	2.05	0.825	0.389	3.189	26.5	4.40	48	<2.0	526	-	-	9.437	0.083	<0.010	0.071	0.077	<0.028	9.06	0.440	0.532	0.091	0.447	920,000	540,000	96.0	
E-24	8.85	21.10	332	471	8.76	-	-	-	1.09	0.082	0.012	0.527	18.4	2.22	62	<2.0	540	-	1.15	7.530	0.129	<0.010	0.096	0.065	<0.028	16.22	0.603	0.419	0.120	0.424	49,000	23,000	22.0	
E-25	8.79	21.33	346	426	8.40	-	-	-	1.04	0.420	0.047	1.062	21.4	2.24	81	<2.0	513	-	2.08	9.528	0.108	<0.010	0.085	0.076	<0.028	13.51	0.522	0.537	0.122	0.362	110,000	33,000	22.0	

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.

COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot. : Coliformes totales
 C term. : Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L : Nematodos de vida libre por litro
 NMP/dL : Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. Nº 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

◀ No detectado a valores menores
 ◻ No supera ECA para Agua
 ◻ Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 15 y 16-12-2010
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo Nº 0087-R - Cód. 584 al 611
 Análisis DIGESA: Hidrob. - Inf. Ensayo Nº 0087 - Cód. 585 al 612
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta Nº 143-2011-GPDP

Exp. Nº 7514-2011-DI de 15-03-2011
 Exp. Nº 6384-2011-DI de 03-03-2011
 Exp. Nº 7163-2011-DV de 11-03-2011

ESTACIONES

Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
584	E-01: Río Rímac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	598	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rímac.
585	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efluente Volcan Cia. Minera Unidad Tictio.	599	E-08: Río Rímac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
586	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	600	E-09: Río Rímac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.
587	E-2A: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Quenuales.	601	E-10: Río Rímac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
588	E-2B: Río Rímac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	602	E-11: Río Rímac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
589	E-2C: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	603	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de confluencia con el río Rímac.
590	E-03: Río Blanco, Estación Meterológica SENAMHI.	604	E-14: R. Rímac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
591	E-04: Río Rímac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	605	E-15: Río Rímac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
593	E-4A: Río Rímac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	606	E-16: Río Rímac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9,5.
594	E-05: Río Rímac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	608	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rímac.
595	E-06: Río Rímac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90,6.	609	E-18: Río Rímac, Mirador Nº 1 Las Palmeras (500 m aguas abajo).

EVALUACIÓN SANITARIA 09-10 MARZO 2011

Parámetro Estación	pH Unid	T ° C	c.e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	A y g mg/L	TPH mg/L	CN _{WDO} mg/L	Nt mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	COT mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	STD mg/L	H ⁺ Unid	Al mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/dL	C. term NMP/dL	Nem VL/L	
																								Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal						
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	---	0,20	0,010	0,003	2,0		0,05	1,0	0,40		0,05	5,0	3,000	2,000	---	
E-01	9.23	8.2	450	0.0	7.71	-	-	-	0.36	<0.010	0.001	0.320	1.0	2.54	11	<2.0	344	5	339	0.28	0.200	0.005	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	<0.038	0.018	0.039	<0.025	0.03	0	0	16	
E-1A	8.02	6.4	1,245	109	7.61	<1.0	0.013	<0.003	1.18	<0.010	0.048	0.623	4.1	1.35	53	<2.0	1,150	30	1,120	0.00	2.580	0.081	0.047	0.134	0.113	<0.028	5.07	32.86	35.20	0.115	23.51	0	0	21.5	
E-02	9.27	5.6	257	16.4	7.65	<1.0	<0.005	<0.003	0.53	<0.010	0.003	0.398	2.0	2.16	5	<2.0	176	10	166	2.18	0.392	0.009	<0.010	<0.010	0.005	<0.028	0.199	0.031	0.066	<0.025	0.033	728	376	16	
E-2A	8.87	6.5	470	90.0	7.66	<1.0	<0.005	0.0089	1.24	<0.010	0.021	0.726	2.0	1.91	27	<2.0	346	18	328	1.21	1.463	0.029	0.016	0.288	0.285	<0.028	1.06	2.41	2.719	0.070	2.67	12	0	27	
E-2B	8.73	7.2	493	49.0	6.97	-	-	-	0.0115	<0.010	0.025	0.840	3.1	1.81	33	<2.0	366	5	361	2.00	2.061	0.035	0.015	0.257	0.296	<0.028	0.961	2.22	2.647	0.059	2.43	216	28	11	
E-2C	8.90	7.5	477	104	7.71	<1.0	0.016	<0.003	0.92	<0.010	0.016	0.581	3.1	1.57	16	<2.0	366	42	324	1.01	1.277	0.016	<0.010	0.155	0.130	<0.028	2.38	1.41	1.631	0.086	3.08	12	0	38	
E-03	9.09	13.8	252	209	7.91	-	-	-	0.0082	0.36	<0.010	0.004	0.358	3.1	1.99	5	<2.0	156	36	120	2.16	1.230	0.005	<0.010	0.011	0.003	<0.028	1.41	0.063	0.052	<0.025	<0.011	24	0	16
E-04	8.98	8.7	476	136	7.91	-	-	-	1.01	<0.010	0.016	0.634	2.6	1.41	<5	<2.0	408	62	346	-	1.400	0.019	<0.010	0.149	0.135	<0.028	3.28	1.33	1.441	0.125	1.52	26	26	21.5	
E-4A	9.08	9.8	289	75.4	7.74	-	-	-	0.61	<0.010	0.009	0.497	3.1	1.85	11	<2.0	222	52	170	-	1.144	0.009	<0.010	0.053	0.043	<0.028	1.97	0.487	0.424	0.040	0.499	0	0	27	
E-05	8.73	12.7	503	57.4	7.33	-	-	-	0.47	<0.010	0.008	0.310	5.1	1.34	26	<2.0	368	47	321	-	1.336	0.024	<0.010	0.090	0.078	<0.028	1.28	0.401	0.401	0.036	1.31	12	12	38	
E-06	9.08	13.1	503	84.6	7.30	-	-	-	0.51	<0.010	0.006	0.338	15.3	1.31	56	<2.0	396	84	332	2.11	1.263	0.023	<0.010	0.096	0.078	<0.028	2.93	0.448	0.394	0.065	1.29	124	112	5.5	
E-6A	9.07	13.3	522	74.0	7.33	<1.0	<0.005	<0.003	0.60	<0.010	0.006	0.422	14.8	1.40	12	<2.0	396	48	348	2.13	1.320	0.024	<0.010	0.095	0.070	<0.028	2.08	0.426	0.370	0.053	1.33	1,480	20	11	
E-6B	8.97	13.3	503	84.3	7.37	-	-	-	<0.003	0.66	<0.010	0.006	0.359	15.3	1.58	11	<2.0	393	51	342	2.07	1.806	0.031	<0.010	0.091	0.079	<0.028	1.48	0.409	0.391	0.038	1.29	50	44	33
E-07	8.67	10.9	185	26.4	-	<1.0	<0.005	<0.003	0.60	<0.010	0.003	0.387	2.6	1.73	24	<2.0	152	22	130	2.19	2.360	0.080	<0.010	0.115	0.103	<0.028	1.97	0.318	0.500	0.028	1.15	4	4	21.5	
E-08	9.00	13.1	470	52.4	7.53	<1.0	<0.005	<0.003	0.54	<0.010	0.006	0.369	15.3	1.42	8	<2.0	358	50	308	2.29	1.383	0.029	<0.010	0.093	0.077	<0.028	1.67	0.394	0.385	0.031	1.26	24	24	0	
E-09	9.02	13.2	414	102	7.66	-	-	-	0.64	<0.010	0.005	0.382	12.2	1.62	27	<2.0	340	80	260	-	2.035	0.050	<0.010	0.099	0.087	<0.028	2.55	0.431	0.418	0.050	1.27	0	0	38	
E-10	9.07	15.0	434	121	8.03	-	-	-	0.88	<0.010	0.008	0.473	13.3	1.40	21	<2.0	382	96	286	-	2.759	0.038	<0.010	0.070	0.062	<0.028	4.17	0.381	0.322	0.039	0.853	1,100	0	22	
E-11	8.86	17.7	477	211	8.67	1.7	<0.005	<0.003	0.72	<0.010	0.019	0.615	8.2	2.51	30	3.8	490	200	290	1.79	3.684	0.036	<0.010	0.083	0.052	<0.028	5.01	0.393	0.242	0.070	0.967	1,800	1,800	22	
E-13	8.74	15.8	312	539	8.96	<1.0	<0.005	<0.003	0.49	<0.010	0.011	0.401	6.1	3.16	23	4.4	390	51	339	2.17	1.450	0.019	<0.010	0.023	0.025	<0.028	1.50	0.111	0.123	<0.025	0.209	1,800	1,800	22	
E-14	8.89	17.4	403	129	8.62	<1.0	<0.005	-	0.64	<0.010	0.016	0.476	11.2	2.14	27	3.9	374	117	257	1.52	3.654	0.018	<0.010	0.061	0.047	<0.028	4.84	0.287	0.230	0.050	0.670	1,800	1,800	27	
E-15	8.91	17.5	388	110	8.64	-	-	-	<0.003	0.68	<0.010	0.015	0.494	11.2	2.23	25	3.4	324	91	233	1.52	3.058	0.019	<0.010	0.051	0.041	<0.028	4.47	0.220	0.182	0.035	0.560	79,000	33,000	192
E-16	8.74	19.6	394	116	8.79	<1.0	<0.005	-	1.06	0.041	0.029	0.576	11.2	3.94	15	8.7	334	96	238	1.66	2.839	0.024	<0.010	0.049	0.032	<0.028	3.96	0.200	0.137	0.031	0.473	23,000	23,000	32	
E-17	8.63	28.6	1,570	94.7	3.72	-	-	-	<0.003	10.57	2.080	0.905	5.046	153	10.5	62	39.2	1,614	119	1,495	0.76	2.141	0.011	<0.010	0.014	0.019	0.039	1.07	0.128	0.190	<0.025	0.054	240,000	79,000	0
E-18	8.78	21.3	422	110	8.20	-	-	-	1.38	0.082	0.047	0.590	5.1	4.87	28	9.3	1,306	92	1,214	1.78	4.325	0.020	<0.010	0.031	0.043	<0.028	2.39	0.112	0.204	<0.025	0.274	49,000	23,000	33	
E-24	8.90	21.1	386	131	8.60	-	-	-	1.28	0.011	0.042	0.584	12.2	3.86	<5	3.9	344	95	249	0.57	3.324	0.017	<0.010	0.042	0.036	<0.028	3.60	0.177	0.161	0.032	0.417	920,000	540,000	16	
E-25	8.56	21.2	410	118	8.13	-	-	-	1.35	0.099	0.047	0.563	14.3	2.82	23	3.9	324	96	228	1.11	4.841	0.028	<0.010	0.047	0.043	<0.028	3.61	0.184	0.194	0.031	0.420	1,600,000	920,000	11	

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.

COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H⁺ : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term. : Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L: Nemátodos de vida libre por litro
 NMP/dL: Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: RHQ 16-05-2011

◀ No detectado a valores menores
 ◻ No supera ECA para Agua
 ◻ Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 09 y 10-03-2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0157-R - Códcs. 1086 al 1113 Exp. N° 10867-2011-DI de 04-04-2011
 Análisis DIGESA: Fitoplancton - Inf. Ensayo N° 0157 Exp. N° 8731-2011-DI de 29-03-2011
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 190-2011-GPDP Exp. N° 11986-2011-DV de 12-04-2011

ESTACIONES			
Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
1086	E-01: Río Rímac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	1099	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rímac.
1087	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de effluente Volcan Cía. Minera Un. Tictio.	1100	E-08: Río Rímac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
1088	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119.5.	1102	E-09: Río Rímac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83.5.
1099	E-2A: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Quenuales.	1103	E-10: Río Rímac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
1090	E-2B: Río Rímac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cía. Minera Casapalca.	1104	E-11: Río Rímac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
1091	E-2C: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	1105	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la confluencia con el río Rímac.
1092	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	1107	E-14: R. Rímac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
1093	E-04: Río Rímac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	1108	E-15: Río Rímac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
1094	E-4A: Río Rímac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	1109	E-16: Río Rímac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9.5.
1095	E-05: Río Rímac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	1110	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rímac.
1096	E-06: Río Rímac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90.6.	1111	E-18: Río Rímac, Mirador N° 1 Las Palmeras (500 m a aguas abajo).
1097	E-6A: Río Rímac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	1112	E-24: Río Rímac, Bocatoma 1 - La Atarjea.
1098	E-6B: R. Rímac, 100 m después effluente Minera San Juan, antes de unión al Aruri.		

EVALUACIÓN SANITARIA 13-14 ABRIL 2011

Parámetro Estación	pH Unid	T ° C	c.e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	A y g mg/L	TPH mg/L	CN _{AMC} mg/L	Ni mg/L	PO ₄ -P mg/L	NO ₂ -N mg/L	NO ₃ -N mg/L	Cr mg/L	COT mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	STD mg/L	Al mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/L	C. term NMP/L	Nem V/L
																							Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal					
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	0,20	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---		
E-01	9.61	8.35	411	0.0	3.14	-	-	0.34	<0.010	0.066	0.933	0.57	3.15	<5.0	<2.0	292	10.0	282	0.061	0.002	<0.010	<0.010	0.002	<0.028	<0.038	0.028	0.038	<0.025	<0.011	0	0	1.0	
E-1A	9.29	5.70	1,310	371	5.04	<1.0	0.013	<0.003	1.57	<0.010	0.002	0.158	1.42	2.11	102	<2.0	1,490	436	1,054	3,523	0.031	0.027	0.145	0.140	<0.028	10.71	36.60	30.158	0.250	8.15	0	0	37.5
E-02	9.86	4.39	293	90.4	5.71	<1.0	<0.005	<0.003	0.65	0.016	0.000	0.286	0.38	2.78	<5.0	<2.0	204	28	176	0.149	0.007	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	0.281	0.023	0.037	<0.025	<0.011	450	130	32.5
E-2A	9.70	5.49	555	64.7	4.51	<1.0	<0.005	0.0100	1.42	<0.010	0.018	0.847	1.15	3.99	<5.0	<2.0	454	76	378	1.230	0.034	0.015	0.313	0.241	<0.028	1.50	3.54	3.286	0.031	1.52	0	0	48.0
E-2B	9.45	6.89	597	64.1	4.06	-	-	0.0126	2.02	0.014	0.027	1.174	1.84	5.11	26.0	<2.0	474	72	402	1.108	0.008	0.016	0.319	0.254	<0.028	2.00	3.33	3.053	0.046	1.55	410	10	43.0
E-2C	9.73	6.89	547	42.6	4.26	<1.0	<0.005	0.0083	1.16	0.037	0.018	0.709	1.51	4.95	9.0	<2.0	426	58	368	0.588	0.005	<0.010	0.161	0.116	<0.028	1.01	1.68	1.547	<0.025	0.914	12	8	11.0
E-03	9.76	8.21	217	22.7	1.16	-	-	<0.003	0.51	0.010	0.002	0.276	0.45	5.75	<5.0	<2.0	148	16	132	0.225	0.002	<0.010	<0.010	0.002	<0.028	0.317	0.026	0.027	<0.025	0.022	41	35	0.0
E-04	9.65	8.23	532	147.0	2.55	-	-	1.40	<0.010	0.016	0.772	2.02	5.73	7.0	2.1	484	120	364	2.036	0.016	<0.010	0.149	0.107	<0.028	3.92	1.74	1.414	0.043	0.982	248	204	0.0	
E-4A	9.43	8.89	358	71.9	2.66	-	-	0.84	0.015	0.009	0.489	0.87	7.34	12.0	<2.0	316	70	246	1.462	0.002	<0.010	0.070	0.047	<0.028	1.95	0.793	0.644	<0.025	0.392	184	152	27.0	
E-05	9.27	13.12	635	58.3	2.81	-	-	0.68	0.010	0.005	0.512	22.9	8.98	9.0	5.5	486	78	408	1.268	0.009	0.014	0.138	0.098	<0.028	1.87	0.588	0.464	0.029	1.81	41	22	16.0	
E-06	9.58	13.62	631	68.0	3.49	-	-	1.02	0.011	0.005	0.449	22.6	9.51	22.0	<2.0	496	96	400	1.320	0.012	0.012	0.130	0.079	<0.028	2.06	0.574	0.430	0.032	1.73	72	64	0.0	
E-6A	9.42	13.92	650	75.5	3.43	<1.0	<0.005	0.84	0.032	0.005	0.441	22.6	8.49	8.0	<2.0	528	106	422	1.257	0.059	0.018	0.176	0.100	<0.028	3.49	0.626	0.469	0.130	2.27	940	180	2.5	
E-6B	9.36	13.75	633	60.0	3.49	-	-	0.0042	0.68	0.022	0.005	0.372	22.3	7.33	5.0	<2.0	494	101	393	1.331	0.052	0.015	0.139	0.094	<0.028	2.59	0.559	0.456	0.057	1.79	120	26	0.0
E-07	9.30	10.36	197	29.3	3.69	<1.0	<0.005	0.73	0.027	0.003	0.365	1.8	6.87	<5.0	<2.0	162	32	130	0.730	0.087	<0.010	0.101	0.073	<0.028	1.59	0.269	0.217	0.059	0.984	0	0	0.0	
E-08	9.45	13.24	568	49.6	3.41	<1.0	<0.005	0.0036	0.75	0.020	0.006	0.417	21.2	6.16	<5.0	<2.0	456	78	378	1.471	0.057	0.014	0.125	0.096	<0.028	2.66	0.504	0.445	0.056	1.59	116	56	11.0
E-09	9.59	13.86	508	56.2	3.41	-	-	0.92	0.010	0.004	0.397	16.1	6.22	6.0	<2.0	412	74	338	1.061	0.037	0.013	0.145	0.074	<0.028	2.54	0.498	0.362	0.073	1.64	12	4	0.0	
E-10	9.53	15.45	453	68.2	3.63	-	-	0.97	0.024	0.006	0.688	15.3	5.82	13.0	<2.0	370	74	296	0.795	0.020	<0.010	0.051	0.029	<0.028	1.49	0.251	0.163	<0.025	0.596	2,200	780	16.0	
E-11	9.50	17.49	493	150.0	5.17	<1.0	<0.005	1.08	0.033	0.008	0.895	16.9	0.97	<5.0	3.8	394	76	318	0.722	0.015	<0.010	0.051	0.021	<0.028	1.46	0.201	0.115	0.031	0.508	3,500	3,500	16.0	
E-13	9.35	15.72	316	77.0	5.29	<1.0	-	<0.003	0.49	0.026	0.002	0.363	7.40	1.78	12.0	4.4	294	94	200	1.975	0.016	<0.010	0.038	0.024	<0.028	1.62	0.196	0.134	<0.025	0.343	1,800	1,800	0.0
E-14	9.45	16.90	395	87.2	5.11	<1.0	-	0.77	0.039	0.004	0.533	11.3	1.37	11.0	3.9	366	106	260	1.871	0.023	<0.010	0.061	0.026	<0.028	3.16	0.239	0.138	0.030	0.595	24,000	24,000	11.0	
E-15	9.46	17.46	386	95.1	5.21	-	-	<0.003	0.77	0.122	0.005	0.502	11.0	1.53	8.0	9.3	332	78	254	1.006	0.014	<0.010	0.040	0.016	<0.028	2.44	0.203	0.164	<0.025	0.397	33,000	23,000	37.5
E-16	9.40	19.59	390	87.1	5.05	-	-	1.22	0.550	0.009	0.457	10.6	1.76	<5.0	3.5	304	58	246	1.164	0.018	<0.010	0.040	0.015	<0.028	1.44	0.180	0.086	0.029	0.360	49,000	49,000	43.0	
E-17	8.97	28.26	1,500	431.0	1.04	3.8	0.386	<0.003	3.21	2.225	0.700	0.779	163	33.2	184.0	67.0	1,286	374	912	6.467	0.026	<0.010	0.032	0.043	0.042	3.68	0.298	0.328	0.034	0.092	16000000	16000000	22.0
E-18	9.40	21.76	421	100.0	1.95	-	-	1.16	4.225	0.018	0.655	18.3	2.59	11.0	4.9	350	76	274	3.754	0.021	<0.010	0.042	0.032	<0.028	3.19	0.191	0.163	0.042	0.323	350,000	130,000	16.0	
E-24	9.41	21.26	384	98.0	2.35	-	-	1.15	0.105	0.012	0.473	11.2	1.75	20.0	2.6	348	90	258	2.243	0.019	<0.010	0.040	0.023	<0.028	3.16	0.175	0.116	0.029	0.315	33,000	33,000	48.0	
E-25	9.38	21.46	403	101.0	2.10	-	-	1.05	0.152	0.017	0.466	14.6	2.13	<5.0	2.9	345	101	244	5.557	0.023	<0.010	0.047	0.028	<0.028	3.78	0.194	0.135	0.027	0.323	49,000	33,000	54.0	

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.

COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term.: Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L: Nematodos de vida libre por litro
 NMP/dL: Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: JMRR y RHQ 06-07-2011

< No detectado a valores menores
 No supera ECA para Agua
 Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 13 y 14-04-2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0258 - Cód. 1949 al 1976
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 210-2011-GPDP

Exp. N° 14291-2011-DI de 10-05-2011
 Exp. N° 14403-2011-DV de 11-05-2011

ESTACIONES			
Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
1949	E-01: Río Rímac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	1963	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rímac.
1950	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efluente Volcan Cia. Minera Unidad Ticlio.	1964	E-08: Río Rímac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
1952	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119.5.	1965	E-09: Río Rímac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83.5.
1953	E-2A: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Quenuales.	1966	E-10: Río Rímac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
1954	E-2B: Río Rímac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	1968	E-11: Río Rímac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
1955	E-2C: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	1969	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la confluencia con el río Rímac.
1956	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	1970	E-14: R. Rímac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
1957	E-04: Río Rímac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	1971	E-15: Río Rímac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
1958	E-4A: Río Rímac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	1972	E-16: Río Rímac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9.5.
1959	E-05: Río Rímac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	1973	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rímac.
1960	E-06: Río Rímac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90.6.	1974	E-18: Río Rímac, Mirador N° 1 Las Palmeras (500 m aguas abajo).
1961	E-6A: Río Rímac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	1975	E-24: Río Rímac, Bocatoma 1 - La Atarjea.
1962	E-6B: R. Rímac, 100 m después efluente Minera San Juan, antes de unión al Aruri.	1976	E-25: Río Rímac, Bocatoma 2 - La Atarjea.

EVALUACIÓN SANITARIA 11-12 MAYO 2011

Estación	pH	T °C	c. e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	A y g mg/L	TPH mg/L	CN _{wad} mg/L	Nt mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	COT mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	STD mg/L	H' Unid	Al mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/dL	C. term NMP/dL	Nem V/LJ
																								Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal					
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	---	0,20	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---		
E-01	7.36	8.62	453	0.0	8.24	-	-	-	0.34	<0,010	0,001	0,285	1,03	3,02	15	<2,0	322	5,0	317	1,45	<0,050	0,004	<0,010	<0,010	0,002	<0,028	0,046	0,023	0,034	<0,025	<0,011	0	0	11,0
E-1A	7.13	6.55	1,339	502	5.85	1.2	0.015	<0,003	1.57	0.010	0.054	0.976	1.55	1.34	118	<2,0	1,570	536	1,034	0.00	0.08	0.021	0.019	0.080	0.033	<0,028	12.5	30.27	12.585	0.357	6.63	0	0	27,0
E-02	7.64	5.97	335	64.4	7.01	1.2	0.018	<0,003	0.65	<0,010	0,001	0.205	0.31	1.40	16	<2,0	270	30	240	2.36	0.064	0.005	<0,010	<0,010	0.002	<0,028	0.845	0.047	0.033	<0,025	0.035	10	16	27,0
E-2A	7.83	7.35	710	130	6.40	<1,0	<0,005	0.107	1.42	<0,010	0.023	0.960	1.35	1.73	40	<2,0	638	114	524	1.67	2.385	0.011	<0,010	0.782	0.729	<0,028	3.82	5.44	4.850	0.093	1.81	52	8	21,5
E-2B	7.92	8.40	723	120	5.83	-	-	0.028	2.0	0.024	0.023	1.044	1.78	1.79	40	<2,0	646	111	535	1.79	2.244	0.012	<0,010	0.707	0.631	<0,028	3.73	5.56	4.780	0.208	1.78	114	16	58,5
E-2C	7.97	8.45	724	76.9	6.09	1.4	<0,005	-	1.16	0.020	0.015	0.653	1.45	1.28	40	<2,0	618	51	567	1.92	0.991	0.010	<0,010	0.388	0.324	<0,028	1.31	2.43	2.340	0.065	1.03	24	4	32,5
E-03	8.21	10.06	257	5.6	6.81	-	-	-	0.51	0.021	0.001	0.220	0.56	1.43	31	<2,0	176	5	171	1.62	0.154	0.003	<0,010	<0,010	0.003	<0,028	0.194	0.017	0.039	<0,025	0.045	156	78	0,0
E-04	8.07	10.02	692	83.1	7.57	-	-	-	1.40	0.044	0.012	0.684	1.67	1.22	23	<2,0	596	43	553	-	0.574	0.012	<0,010	0.310	0.275	<0,028	1.19	2.14	2.008	0.046	0.754	912	476	16,0
E-4A	8.18	10.43	507	50.8	6.10	-	-	-	0.84	0.022	0.008	0.465	1.26	1.26	29	<2,0	418	26	392	2.03	0.944	0.007	<0,010	0.172	0.150	<0,028	0.729	1.19	1.075	0.029	0.458	760	460	11,0
E-05	7.96	15.22	808	24.5	4.97	-	-	-	0.68	0.038	0.001	0.296	35.2	0.63	17	<2,0	593	15	578	-	0.321	0.145	0.013	0.160	0.140	<0,028	0.615	0.605	0.461	0.044	1.87	68	48	27,0
E-06	8.22	15.80	801	32.9	5.83	-	-	-	1.02	0.057	0.002	0.334	35.3	0.69	44	<2,0	588	16	572	1.94	0.355	0.029	0.012	0.148	0.119	<0,028	0.579	0.582	0.438	0.042	1.74	480	420	27,0
E-6A	8.20	15.93	834	32.5	5.52	<1,0	<0,005	-	0.84	0.052	0.002	0.333	35.0	0.89	26	<2,0	608	16	592	-	0.323	0.044	0.014	0.157	0.121	<0,028	0.761	0.582	0.441	0.158	1.79	512	256	91,5
E-6B	8.20	15.80	808	25.0	5.74	-	-	0.010	0.68	0.103	0.002	0.310	34.8	0.67	7	2.1	602	17	585	1.26	0.283	0.035	0.016	0.164	0.117	<0,028	0.783	0.603	0.442	0.056	1.98	360	228	63,5
E-07	8.40	15.63	782	20.8	5.42	<1,0	<0,005	-	0.73	0.014	0.000	0.368	1.54	0.97	18	<2,0	222	11	211	2.28	0.205	0.062	0.012	0.082	0.069	<0,028	1.31	0.327	0.268	0.027	1.23	2	0	0,0
E-08	8.11	12.88	297	10.3	6.10	<1,0	<0,005	-	0.75	0.034	0.002	0.322	33.1	0.70	36	<2,0	584	17	567	1.79	0.231	0.058	0.016	0.156	0.109	<0,028	0.861	0.579	0.445	0.052	1.91	216	184	43,0
E-09	8.15	15.91	646	10.8	5.77	-	-	-	0.92	<0,010	0.001	0.597	24.2	0.79	23	<2,0	488	8	480	-	0.308	0.048	0.013	0.122	0.099	<0,028	0.977	0.410	0.350	0.176	1.57	0	0	43,0
E-10	8.46	18.02	574	9.7	5.80	-	-	-	0.97	0.061	0.002	1.138	28.4	0.80	14	<2,0	420	5	415	-	<0,050	0.019	<0,010	0.015	0.008	<0,028	0.187	0.031	0.026	<0,025	0.160	2,400	300	21,5
E-11	-	18.27	645	55.2	4.63	<1,0	0.007	-	1.08	0.048	0.009	0.674	27.9	0.99	6	<2,0	502	36	466	1.12	0.816	0.034	<0,010	0.061	0.031	<0,028	0.802	0.120	0.074	0.047	0.637	16,000	5,400	102,5
E-13	-	16.88	569	18.7	5.49	<1,0	-	-	0.49	0.020	0.012	0.884	18.5	1.17	<5,0	<2,0	418	12	406	1.38	3.715	0.050	<0,010	0.054	0.232	<0,028	0.603	0.186	0.742	<0,025	0.583	4,900	2,300	38,0
E-14	-	17.90	601	28.3	6.42	1.5	-	-	0.77	0.053	0.012	0.709	15.8	1.07	<5,0	<2,0	424	22	402	1.47	0.959	0.038	<0,010	0.057	0.037	<0,028	0.867	0.154	0.156	0.033	0.582	24,000	24,000	43,0
E-15	-	16.93	559	24.9	6.44	-	-	-	0.77	0.079	0.023	0.576	19.7	1.27	<5,0	<2,0	406	17	389	-	0.179	0.032	<0,010	0.054	0.020	<0,028	0.700	0.160	0.102	0.029	0.587	350,000	240,000	27,0
E-16	-	19.41	578	24.8	5.67	-	-	-	1.22	0.285	0.118	0.765	21.4	1.79	35	5.8	420	23	397	-	0.921	0.018	<0,010	0.047	0.034	<0,028	0.673	0.146	0.115	<0,025	0.458	79,000	79,000	75,5
E-17	-	24.73	1,670	301	2.89	7.0	1.166	-	3.21	1.540	0.116	1.055	189	15.8	182	27.2	1,310	235	1,075	1.18	4.248	0.054	<0,010	0.061	0.047	0.382	25.5	0.379	0.333	0.128	0.260	5,400,000	2,400,000	172,5
E-18	-	21.17	706	44.4	5.92	-	-	-	1.16	0.427	0.160	0.780	42.2	4.08	33	6.0	494	31	463	-	0.825	0.020	<0,010	0.035	0.019	<0,028	1.06	0.140	0.093	<0,025	0.299	3,500,000	240,000	22,0
E-24	-	19.55	575	20.6	6.41	-	-	-	1.15	0.279	0.148	0.716	21.9	1.87	<5,0	3.2	418	9	409	-	0.464	0.007	<0,010	0.042	0.019	<0,028	0.621	0.141	0.205	<0,025	0.428	33,000	23,000	43,0
E-25	-	19.94	147	22.8	4.81	-	-	-	1.05	0.294	0.148	0.698	24.2	1.95	28	3.9	435	24	411	0.52	0.692	0.019	<0,010	0.039	0.020	<0,028	0.655	0.140	0.110	<0,025	0.402	4,900	23,000	91,5

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₂₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.
 COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term. : Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L: Nematodos de vida libre por litro
 NMP/dL: Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: JMRR 04-07-2011

◀ No detectado a valores menores
 ◻ No supera ECA para Agua
 ◻ Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 11 y 12-05-2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0334 - Cód. 2649 al 2676
 Análisis DIGESA: Fitoplancton - Informe de Ensayo N° 0334
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 257-2011-GPDP

Exp. N° 16563-2011-DI de 03-06-2011
 Exp. N° 16563-2011-DI de 03-06-2011
 Exp. N° 17537-2011-DV de 14-06-2011

ESTACIONES			
Cód.	Est.	Descripción	
DIGESA	2649	E-01: Río Rímac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	
DIGESA	2650	E-1A: Q. Antarranra, 100 m aguas abajo de effluente Volcan Cia. Min. Unid. Tictio.	
DIGESA	2652	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	
DIGESA	2653	E-2A: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Min. Los Quenuales.	
DIGESA	2654	E-2B: Río Rímac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	
DIGESA	2655	E-2C: Río Rímac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	
DIGESA	2656	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHL.	
DIGESA	2657	E-04: Río Rímac, puente Anchi II, C. Central Km 100 antes de unión al r. Blanco.	
DIGESA	2658	E-4A: Río Rímac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	
DIGESA	2659	E-05: Río Rímac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	
DIGESA	2660	E-06: Río Rímac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90,6.	
DIGESA	2661	E-6A: Río Rímac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	
DIGESA	2662	E-6B: R. Rímac, 100 m después effluente Min. San Juan, antes de unión al Aruri.	
DIGESA	2663	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rímac.	
DIGESA	2664	E-08: Río Rímac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.	
DIGESA	2665	E-09: Río Rímac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.	
DIGESA	2666	E-10: Río Rímac, puente Surco, Carretera Central Km 66.	
DIGESA	2668	E-11: Río Rímac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.	
DIGESA	2669	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la unión con el río Rímac.	
DIGESA	2670	E-14: Rímac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.	
DIGESA	2671	E-15: Río Rímac	

EVALUACIÓN SANITARIA 15-16 JUNIO 2011

Estación	pH	T °C	c. e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	MEH mg/L	TPH mg/L	CN _{NAD} mg/L	Ni mg/L	PO ₄ ³⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	COT mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	STD mg/L	H' Unid	Al mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/dL	C. term NMP/dL	Nem VL/L
																								Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal					
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	---	0,20	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---		
E-01	-	14.31	736	16.2	6.22	-	-	-	0.30	<0.010	0.002	0.101	2.04	3.10	15	4.2	364	5.0	359	-	<0.050	0.004	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	<0.038	0.024	0.003	<0.025	0.015	0	0	1.5
E-1A	-	6.24	503	67.8	5.73	<1,0	-	<0,003	0.42	<0.010	0.004	0.227	1.02	0.83	19	3.2	406	34	372	-	<0.475	0.003	<0.010	0.014	0.007	<0.028	0.826	2.19	0.007	0.058	2.52	0	0	2.5
E-02	-	5.11	404	13.8	7.46	<1,0	-	<0,003	0.54	<0.010	0.004	0.228	0.46	1.15	15	2.3	292	5	287	-	0.090	0.003	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	0.274	0.018	0.003	<0.025	<0.011	1,200	120	1.0
E-2A	-	6.76	743	20.1	7.44	<1,0	-	<0,003	3.34	<0.010	0.029	1.418	1.02	3.00	9	4.3	562	8	554	-	0.218	0.012	<0.010	0.362	0.258	<0.028	0.341	0.300	0.258	<0.025	0.283	0	0	16.0
E-2B	-	7.59	751	30.5	6.59	-	-	<0,003	3.82	0.024	0.034	1.531	1.02	4.26	21	9.6	594	9	585	-	0.107	0.011	<0.010	0.358	0.205	<0.028	0.397	0.306	0.205	<0.025	0.303	0	0	66.0
E-2C	-	7.93	838	19.2	7.25	<1,0	-	<0,003	2.05	<0.010	0.024	0.903	1.02	1.77	16	2.9	660	11	649	-	0.244	0.009	<0.010	0.188	0.138	<0.028	0.476	0.427	0.138	0.026	0.446	0	0	15.0
E-03	-	9.52	303	13.2	7.20	-	-	0.72	<0.010	0.005	0.260	1.02	2.41	<5	2.8	214	5	209	-	<0.050	0.002	<0.010	<0.010	0.003	<0.028	0.086	0.020	0.003	<0.025	0.016	32	0	2.0	
E-04	-	9.54	818	20.9	7.81	-	-	2.11	0.044	0.025	0.996	1.02	2.32	16	3.8	660	10	650	-	0.126	0.007	<0.010	0.141	0.087	<0.028	0.325	0.432	0.087	<0.025	0.388	0	0	21.5	
E-4A	-	9.53	623	12.1	7.38	-	-	1.32	0.243	0.015	0.744	0.86	1.39	18	3.4	482	7	475	-	0.107	0.004	<0.010	0.081	0.047	<0.028	0.275	0.273	0.047	<0.025	0.231	0	0	16.0	
E-05	-	15.97	927	12.0	6.65	-	-	0.51	<0.010	0.009	0.268	35.7	0.79	<5	4.9	694	6	688	-	<0.050	0.033	<0.010	0.071	0.029	<0.028	0.315	0.229	0.029	0.029	1.21	10	0	21.5	
E-06	-	14.31	736	16.2	6.22	-	-	3.04	0.364	0.053	1.224	21.4	2.50	5	7.4	540	5	535	-	<0.050	0.012	<0.010	0.016	0.011	<0.028	0.052	0.099	0.011	<0.025	0.225	160	20	82.0	
E-6A	-	16.08	943	10.3	6.48	<1,0	-	0.89	<0.010	0.011	0.473	32.7	1.52	<5	-	720	8	712	-	<0.050	0.036	<0.010	0.101	0.032	<0.028	1.36	0.239	0.032	0.381	1.33	0	0	-	
E-6B	-	16.08	937	10.1	5.94	-	-	<0,003	0.71	<0.010	0.009	0.385	34.7	0.97	34	5.7	690	5	685	-	<0.050	0.031	<0.010	0.068	0.042	<0.028	0.301	0.230	0.042	0.029	1.21	140	0	16.0
E-07	-	11.31	413	33.2	5.66	2.2	-	1.01	<0.010	0.003	0.453	4.08	1.88	13	4.7	306	9	299	-	0.871	0.356	<0.010	0.077	0.164	<0.028	1.19	0.355	0.164	<0.025	1.36	0	0	27.0	
E-08	-	15.97	905	11.2	5.81	3.1	-	<0,003	0.59	0.012	0.012	0.289	33.7	0.81	7	4.6	668	5	663	-	0.167	0.042	<0.010	0.076	0.057	<0.028	0.505	0.249	0.057	0.027	1.28	160	0	3.0
E-09	-	14.32	780	13.7	5.64	-	-	0.90	0.010	0.001	0.609	32.7	1.17	16	3.9	592	5	587	-	0.402	0.074	<0.010	0.142	0.095	<0.028	0.844	0.391	0.095	<0.025	1.88	0	0	2.5	
E-10	-	18.05	728	17.3	6.57	-	-	2.26	0.067	0.002	1.422	33.7	3.11	12	5.1	534	5	529	-	<0.050	0.023	<0.010	<0.010	0.005	<0.028	0.069	<0.013	0.005	<0.025	0.101	0	0	32.5	
E-11	-	18.15	794	12.0	5.13	<1,0	-	1.84	<0.010	0.005	1.410	29.6	1.04	<5.0	3.1	596	5	591	-	0.081	0.028	<0.010	0.012	0.007	<0.028	0.171	0.021	0.013	<0.025	0.127	3,300	2,300	16.0	
E-13	-	17.36	621	3.2	5.16	<1,0	-	0.86	<0.010	0.002	0.571	18.4	1.13	<5.0	2.4	452	5	447	-	0.049	0.016	<0.010	0.012	0.006	<0.028	0.086	0.021	0.011	<0.025	0.194	5,400	5,400	43.0	
E-14	-	18.42	737	13.5	3.61	4.9	-	1.86	0.102	0.017	1.117	24.5	1.63	<5.0	6.3	542	6	536	-	0.049	0.005	<0.010	0.014	0.006	<0.028	0.222	0.033	0.012	<0.025	0.164	7,900	3,300	48.0	
E-15	-	15.74	680	21.2	5.84	-	-	0.87	<0.010	0.022	0.395	21.4	1.38	19	4.4	500	5	495	-	0.155	0.041	<0.010	0.035	0.021	<0.028	0.270	0.096	0.069	<0.025	0.500	49,000	49,000	113.0	
E-16	-	18.87	705	13.5	5.26	-	-	1.72	0.287	0.114	0.694	22.5	2.11	<5.0	7.1	514	6	508	-	0.065	0.042	<0.010	0.025	0.018	<0.028	0.220	0.072	0.208	<0.025	0.312	79,000	79,000	1069.0	
E-17	-	26.48	2,240	166	0.54	8.2	-	14.0	<0.010	0.014	0.553	255	124	232	98.2	1,750	117	1,633	-	1.798	0.013	<0.010	0.022	0.029	<0.028	1.74	0.254	0.272	<0.025	0.117	920,000	350,000	60.5	
E-18	-	20.25	692	13.5	4.26	-	-	2.15	0.366	0.116	0.776	44.9	6.44	10	10.8	612	8	604	-	0.107	0.029	<0.010	0.018	0.013	<0.028	0.273	0.079	0.058	<0.025	0.188	920,000	350,000	172.0	
E-24	-	21.47	851	18.0	4.66	-	-	1.52	0.202	0.102	0.764	24.5	2.39	<5.0	5.4	512	8	504	-	0.315	0.031	<0.010	0.024	0.018	<0.028	0.223	0.057	0.049	<0.025	0.235	46,000	46,000	70.0	
E-25	-	20.65	729	21.8	5.00	-	-	1.75	0.240	0.106	0.779	41.8	2.96	<5.0	7.1	535	13	522	-	0.150	0.042	<0.010	0.023	0.018	<0.028	0.233	0.071	0.058	<0.025	0.247	79,000	33,000	75.0	

LEYENDA

TPH: Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₃₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.

COT: Carbono orgánico total

MEH: Material extractable en hexano (aceites y grasas)

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno

ST: Sólidos totales

H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (a-

nálisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)

C tot.: Coliformes totales

C term.: Coliformes termotolerantes

Nem VL / L: Nemátodos de vida libre por litro

NMP/dL: Número más probable por decilitro

ECA - Agua: Estándar Nacional de Calidad Ambiental

para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabiliza-

das con tratamiento convencional

Registrado por: RHQ 15-07-2011 y JMRR 21-07-2011

< No detectado a valores menores
 No supera ECA para Agua
 Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 15 y 16-06-2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0454 - Cód. 3721 al 3748
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 288-2011-GPDP

Exp. N° 19766-2011-DI de 11-07-2011
 Exp. N° 20369-2011-DV de 15-07-2011

ESTACIONES

Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
DIGESA		DIGESA	
3721	E-01: Río Rimac, bocatoma de laguna Ticticocha, Carretera Central Km 127.	3735	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rimac.
3722	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efuente Volcan Cis. Min. Unid. Ticlio.	3736	E-08: Río Rimac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
3724	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	3737	E-09: Río Rimac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.
3725	E-2A: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Min. Los Quenuales.	3738	E-10: Río Rimac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
3726	E-2B: Río Rimac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cia. Minera Casapalca.	3740	E-11: Río Rimac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
3727	E-2C: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	3741	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la unión con el río Rimac.
3728	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	3742	E-14: Rimac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
3729	E-04: Río Rimac, puente Anchi II, C. Central Km 100 antes de unión al r. Blanco.	3743	E-15: Río Rimac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
3730	E-4A: Río Rimac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	3744	E-16: Río Rimac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9,5.
3731	E-05: Río Rimac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	3745	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rimac.
3732	E-06: Río Rimac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90,6.	3746	E-18: Río Rimac, Mirador N° 1 Las Palmeras (500 m aguas abajo).
3733	E-6A: Río Rimac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	3747	

EVALUACIÓN SANITARIA 10-11-25-26 AGOSTO 2011

Estación	pH	T °C	c.e. µS/cm	Turb UNT	OD mg/L	A y g mg/L	TPH mg/L	CN _{WATER} mg/L	Nt mg/L	PO ₄ ⁻³ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	COT mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	STS mg/L	STD mg/L	H ⁺ mg/L	Al mg/L	As mg/L	Cu (mg/L)		Cr mg/L	Fe mg/L	Mn (mg/L)		Pb mg/L	Zn mg/L	C. tot NMP/dL	C. term NMP/dL	Nem V/L/L	
																							Digesa	Sedapal			Digesa	Sedapal						
ECA - Cat 1 Subc A2	5,5-9,0	---	1,600	100	≥ 5,0	1,0	0,20	0,08	---	---	1,0	10	250	---	20	5,0	---	---	1,000	---	0,20	0,010	0,003	2,0	0,05	1,0	0,40	0,05	5,0	3,000	2,000	---		
E-01	8.90	21.09	386	-	8.60	-	-	-	0.26	0.008	0.001	0.293	2.9	1.58	<5,0	<2,0	428	5	423	1.36	<0,050	0,005	<0,010	<0,010	0,010	<0,028	0,040	0,016	0,022	<0,025	0,021	0	0	16,0
E-1A	8.61	11.31	598	-	8.26	<1,0	-	-	0.58	0.013	0.030	0.308	2.4	0.33	25,0	<2,0	1,124	123	1,001	0.00	3,046	0,032	<0,010	0,013	0,019	0,034	3,59	10,80	19,99	0,078	1,08	0	0	16,0
E-02	8.17	13.40	431	-	5.06	<1,0	-	-	0.56	<0,010	0,003	0,475	2,4	0,51	7,0	<2,0	290	5	285	1,71	<0,050	0,002	<0,010	<0,010	0,008	<0,028	0,175	0,015	0,074	<0,025	0,017	36	0	64,5
E-2A	-	-	-	-	-	-	-	-	1.12	0.012	0.025	0.640	2.9	0.39	23,0	2.1	-	-	-	1.383	0.018	-	-	0.020	-	-	-	7.113	-	-	340	210	43,0	
E-2B	-	-	-	-	-	-	-	-	1.42	0.090	0.027	0.651	2.9	0.61	18,0	4.1	-	-	-	0.784	0.004	-	-	0.023	-	-	-	7.229	-	-	0	0	113,0	
E-2C	8.13	11.58	1,044	-	5.77	<1,0	-	-	2.07	0.020	0.031	1.118	2.0	0.52	<5,0	3,0	800	12	798	0.36	0.255	0.008	<0,010	0,038	0,027	<0,028	0,615	1,33	2,324	<0,025	0,314	68	52	118,5
E-03	8.27	12.91	223	-	5.69	-	-	-	0.25	0.050	0.003	0.125	2.9	1.18	<5,0	<2,0	146	5	141	1.05	<0,050	0,004	<0,010	<0,010	0,003	<0,028	0,117	0,063	0,010	<0,025	<0,011	28	26	16,0
E-04	8.23	11.73	1,017	-	5.99	-	-	-	1.49	0.030	0.029	0.924	1.0	0.57	8,0	2,7	784	17	767	0.65	0.171	0.008	<0,010	0,041	0,019	<0,028	0,688	0,018	1,955	0,044	0,285	68	62	32,5
E-4A	8.24	12.32	480	-	5.92	-	-	-	0.56	0.011	0.010	0.436	14.7	0.94	14,0	<2,0	328	6	322	0.91	<0,050	0,005	<0,010	0,015	0,009	<0,028	0,285	1,09	0,237	<0,025	0,062	27	12	11,0
E-05	7.85	16.48	881	-	5.53	-	-	-	0.38	<0,010	0,005	0,278	18,6	0,49	20,0	<2,0	622	5	617	-	<0,050	0,022	<0,010	0,036	0,027	<0,028	0,238	0,331	0,149	<0,025	0,827	15	0	91,5
E-06	8.04	14.54	786	-	5.16	-	-	-	2.92	0.806	0.192	1.818	23.4	1.12	138,0	6.4	536	5	531	-	0.136	0.015	<0,010	0,011	0,013	<0,028	<0,038	0,213	0,112	<0,025	0,167	248	56	86,0
E-6A	7.98	16.39	896	-	5.30	<1,0	-	<0,003	0.41	0.030	0.007	0.368	23.4	0.46	<5,0	<2,0	636	5	631	1.23	<0,050	0,035	<0,010	0,038	0,025	<0,028	0,253	0,124	0,125	<0,025	0,795	46	18	59,5
E-6B	7.97	16.43	893	-	5.37	-	-	<0,003	0.56	0.025	0.007	0.380	4.9	0.54	91,0	2,0	644	5	639	0.99	<0,050	0,028	<0,010	0,040	0,027	<0,028	0,266	0,209	0,137	<0,025	0,811	56	10	75,5
E-07	8.04	12.27	553	-	6.08	<1,0	-	-	0.58	0.024	0.001	0.557	23.4	0.46	<5,0	<2,0	391	5	386	1.35	<0,050	0,031	<0,010	<0,010	0,011	<0,028	0,075	0,209	0,045	<0,025	0,192	18	0	16,0
E-08	7.96	16.32	893	-	5.84	<1,0	-	<0,003	0.80	0.013	0.008	0.469	32.2	0.63	<5,0	2.6	648	5	643	0.62	<0,050	0,015	<0,010	0,036	0,024	<0,028	0,239	0,013	0,083	<0,025	0,767	34	10	75,5
E-09	-	-	-	-	-	-	-	-	0.79	0.035	0.002	0.596	34.2	0.29	<5,0	2.4	-	-	-	0.138	0.193	-	-	-	-	-	-	0.080	-	-	0	0	70,0	
E-10	8.35	15.72	804	-	6.20	-	-	-	1.58	0.105	0.004	1.211	13.3	0.78	<5,0	2.3	554	5	549	-	<0,050	0,022	<0,010	<0,010	0,017	<0,028	<0,038	0,202	0,006	<0,025	0,046	14	0	75,5
E-11	8.05	20.96	879	-	5.88	<1,0	-	-	1.59	0.116	0.009	1.630	32.2	1.13	20,0	<2,0	636	5	631	2.01	4.580	0.018	<0,010	<0,010	0,071	<0,028	0,147	<0,013	0,115	<0,025	0,046	28,000	7,000	113,0
E-13	8.19	18.91	611	-	6.01	<1,0	-	-	1.75	0.376	0.017	0.819	15.8	1.27	38,0	<2,0	428	5	423	1.87	<0,050	0,012	<0,010	<0,010	0,009	<0,028	0,071	<0,013	0,008	<0,025	0,967	35,000	7,900	32,5
E-14	8.21	20.36	729	-	6.02	<1,0	-	-	1.86	0.383	0.050	1.329	25.4	0.46	8,0	3,6	514	5	509	1.38	0.322	0.025	<0,010	<0,010	0,016	<0,028	0,067	<0,013	0,018	<0,025	0,046	350,000	170,000	91,5
E-15	8.27	16.67	615	-	6.59	-	-	-	1.04	0.061	0.040	0.563	15.6	0.60	7,0	<2,0	430	5	425	1.73	0.092	0.023	<0,010	0,012	0,019	<0,028	0,137	0,055	0,032	<0,025	0,125	170,000	79,000	37,5
E-16	8.04	19.65	640	-	5.93	-	-	-	2.02	0.476	0.135	0.894	16.6	1.12	<5,0	3.4	450	9	441	-	0.136	0.021	<0,010	0,013	0,018	<0,028	0,269	0,038	0,025	<0,025	0,098	350,000	49,000	156,5
E-17	7.83	23.86	2,090	-	3.51	6,3	-	-	0.85	0.455	0.128	2.229	14.6	1.04	553,0	71,6	1,480	5	1,475	0.46	3.574	0.014	<0,010	0,039	0,071	0,056	4,34	0,385	0,106	0,049	0,256	790,000	3,300,000	536,0
E-18	8.16	20.23	640	-	6.14	-	-	-	1.69	0.427	0.161	0.893	17.6	1.33	12,0	3,9	464	16	448	-	0.098	0.022	<0,010	0,014	0,017	<0,028	0,488	0,043	0,021	<0,025	0,176	70,000	23,000	54,0
E-24	8.12	19.93	639	-	6.27	-	-	-	1.04	0.404	0.154	0.891	18.6	1.91	11,0	2,3	344	19	325	1.88	0.193	0.022	<0,010	0,014	0,016	<0,028	0,394	0,041	0,027	0,032	0,159	130,000	49,000	70,0
E-25	8.12	20.25	653	-	6.11	-	-	-	1.12	0.441	0.163	0.902	19.5	1.74	13,0	2,8	324	32	292	1.52	0.296	0.025	<0,010	0,015	0,020	<0,028	0,532	0,044	0,025	0,031	0,161	79,000	49,000	113,0

LEYENDA

TPH : Hidrocarburos totales de petróleo de C₁₀ a C₂₂
 Los ECA para nitratos (NO₃⁻) y nitritos (NO₂⁻) están expresados en miligramos por litro de Nitrógeno.
 COT : Carbono orgánico total
 DQO : Demanda química de oxígeno
 DBO : Demanda bioquímica de oxígeno
 ST : Sólidos totales
 H' : Índice de Diversidad de Shannon y Weaver (análisis hidrobiológico - fitoplancton, referencial)
 C tot.: Coliformes totales
 C term.: Coliformes termotolerantes
 Nem VL / L: Nemátodos de vida libre por litro
 NMP/dL: Número más probable por decilitro
 ECA: Estándares Nacionales de Calidad para Agua del D.S. N° 002-2008-MINAM
 Categoría 1: Poblacional y Recreacional
 Subcategoría A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Registrado por: JMRR 11-11-2011

- < No detectado a valores menores
- No supera ECA para Agua
- Supera ECA para Agua

Toma de muestras: DIGESA - SEDAPAL 10-11-25-26 agosto 2011
 Análisis DIGESA: F.Q. - Inf. Ensayo N° 0650-R Cód. 5568 al 5592
 Análisis DIGESA: Fitoplancton - Informe de Ensayo N° 0650
 Envío resultados análisis SEDAPAL: Carta N° 327-2011-GPDP

Exp. N° 26029-2011-DI de 15-09-2011
 Exp. N° 26029-2011-DI de 15-09-2011
 Exp. N° 26033-2011-DV de 15-09-2011

ESTACIONES

Cód. Est.	Descripción	Cód. Est.	Descripción
5568	E-01: Río Rimac, bocatoma de laguna Ticlicocha, Carretera Central Km 127.	5580	E-07: Río Aruri, 50 m antes de la confluencia con el río Rimac.
5569	E-1A: Q. Antaranra, 100 m aguas abajo de efluente Volcan Cía. Minera Un. Ticlio.	5581	E-08: Río Rimac, bocatoma EDEGEL (ex Pablo Bonner), C. C. Km 89.
5571	E-02: Río Chinchán, puente Ferrocarril, Carretera Central Km 119,5.	-	E-09: Río Rimac, puente Tambo de Viso, Carretera Central Km 83,5.
-	E-2A: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento Emp. Minera Los Quenuales.	5582	E-10: Río Rimac, puente Surco, Carretera Central Km 66.
-	E-2B: Río Rimac, 200 m aguas abajo de vertimiento de Cía. Minera Casapalca.	5584	E-11: Río Rimac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
5572	E-2C: Río Rimac, 150 m aguas abajo de vertimiento PERUBAR S.A. - Rosaura.	5585	E-13: Río Santa Eulalia, puente antes de la confluencia con el río Rimac.
5573	E-03: Río Blanco, Estación Meteorológica SENAMHI.	5586	E-14: R. Rimac, pte. La Trinchera, C. de Salud Moyopampa, C. C. Km 35.
5574	E-04: Río Rimac, puente Anchi II, C. Central Km 100, antes de unión al río Blanco.	5587	E-15: Río Rimac, puente Morón, Carretera Central Km 23.
5575	E-4A: Río Rimac, después de la unión con el río Blanco (C. Central Km 99).	5588	E-16: Río Rimac, puente Huachipa, Carretera Central Km 9,5.
5576	E-05: Río Rimac, puente Pite, Carretera Central Km 95.	5589	E-17: Río Huaycoloro, antes de la confluencia con el río Rimac.
5577	E-06: Río Rimac, puente Tamboraque III, Carretera Central Km 90,6.	5590	E-18: Río Rimac, Mirador N°1 Las Palmeras (500 m a aguas abajo).
5578	E-6A: Río Rimac, Central Hidroeléctrica Huanchor (Puente Tamboraque II).	5591	E-24: Río Rimac, Bocatoma 1 - La Atarjea.
5579	E-6B: R. Rimac, 100 m después efluente Minera San Juan, antes de unión al Aruri.	5592	E-25: Río Rimac, Bocatoma 2 - La Atarjea.

Anexo 8: Parámetros Fisiológicos en los tratamientos

Tratamiento		Repetición	Long. Tallo promedio (cm)	Coeficiente de variación (%) de la longitud de tallos	Long. Raíces promedio (cm)	Coeficiente de variación (%) de la longitud de raíces
EDTA (g/kg)	Micoriza (g)					
0	0	A	13.0	14.04	18.4	12.09
		B	13.7	21.35	17.3	30.78
		C	17.0	16.47	21.3	25.85
0	1.5	A	13.0	22.23	17.2	21.73
		B	15.1	31.52	14.5	30.16
		C	13.3	32.76	16.3	33.80
0.5	0	A	8.5	50.28	9.9	32.93
		B	8.3	41.12	10.7	28.61
		C	5.9	38.07	4.5	32.71
0.5	1.5	A	8.4	--	10.4	
		B	5.7	46.31	4.7	36.11
		C	8.0	27.24	7.6	12.28
1	0	A	10.4	11.39	9.3	22.78
		B	7.5	75.30	9.6	36.71
		C	9.2	31.39	8.4	22.34
1	1.5	A	7.0	28.98	9.7	14.90
		B	5.9	31.68	9.8	34.18
		C	7.1	61.36	6.9	30.88

Anexo 9: Concentración de plomo en los tratamientos

Tratamiento		Repetición	Concentración en Parte Aerea (ppm)	Coeficiente de variación (%) de la concentración en parte aérea	Concentración en Parte Radicular (ppm)	Coeficiente de variación (%) de la concentración en parte radicular
EDTA (g/kg)	Micoriza (g)					
0	0	A	17.823	10.72	95.888	63.64
		B	11.385		37.567	
		C	32.311		32.538	
0	1.5	A	104.348	34.13	114.590	22.20
		B	37.023		143.056	
		C	60.980		179.070	
0.5	0	A	65.925	19.60	128.750	51.51
		B	62.170		178.205	
		C	30.259		54.785	
0.5	1.5	A	10.615	7.67	55.000	68.85
		B	18.285		136.500	
		C	2.938		37.974	
1	0	A	60.893	36.52	351.250	54.23
		B	132.083		483.333	
		C	82.308		135.811	
1	1.5	A	50.750	7.32	110.568	34.86
		B	40.401		115.000	
		C	--		56.210	