



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA RETENCIÓN DEL PLOMO CON EL
SISTEMA DE RIEGO KONDENSKOMPRESOR”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

YAZMÍN ALEJANDRA LEÓN CASÓS

Asesor:

Armando Vélez Azañero

LIMA – PERÚ

2018



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA RETENCIÓN DEL PLOMO CON EL
SISTEMA DE RIEGO KONDENSKOMPRESOR”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

YAZMÍN ALEJANDRA LEÓN CASÓS

Asesor:

Armando Vélez Azañero

LIMA – PERU

2018

INDICE

I.	Acta de Sustentación.....	2
II.	Dedicatoria	3
III.	Agradecimientos	4
IV.	Resumen.....	5
V.	Abstract.....	6
VI.	Versión aprobada del artículo científico para publicar.....	7
VII.	Versión inicial del artículo científico enviada a publicar.....	24
VIII.	Respuesta a las observaciones de los revisores.....	40
IX.	Abreviaturas.....	45
X.	Anexos:.....	46

Anexo 1. Carta de aceptación del artículo científico.

Anexo 2. Copia de aprobación de Comité de Ética del artículo científico.

Anexo 3. Copia de resolución de aprobación del proyecto de tesis.

Anexo 4. Instrumentos usados en la investigación y demás información de utilidad.

I. ACTA DE SUSTENTACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 21 de septiembre 2018.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. SUSAN MERY MEDINA CANZIO
Integrante: Blgo. GUSTAVO RICARDO DREYFUS RAYMOND
Integrante: Ing. BETTY SOLEDAD PEÑA OROCAJA

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

Efecto de la turbidez en la retención del plomo con el sistema de riego KondesKompresor

Presentada por la bachiller:

- **JAZMIN ALEJANDRA LEON CASOS**

Para optar el Título Profesional de **Ingeniera Ambiental**

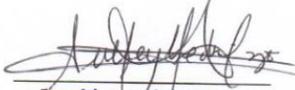
Asesorada por:

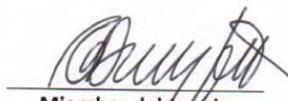
- Blgo. ARMANDO JESUS EDILBERTO VELEZ AZAÑERO

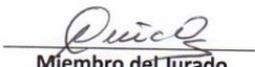
Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (x) por mayoría simple () calificar a:

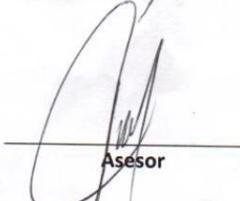
• Integrante 1: JAZMIN ALEJANDRA LEON CASOS			Nota (escrito): CATORCE
Aprobado (x)	Aprobado - Muy buena ()	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.


Presidente del Jurado


Miembro del Jurado


Miembro del Jurado


Asesor

I. DEDICATORIA

A mi madre Hilda, por haberme apoyado y motivado a culminar con esta investigación y por haber sido mi principal ejemplo y soporte durante todos mis estudios.

A mi padrino Elmer por haberme apoyado en mis estudios universitarios y por haber motivado mi superación personal y profesional.

Finalmente a mis maestros, los cuales forjaron los conocimientos que puse en práctica durante esta investigación.

II. AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a mi asesor Armando Vélez por el tiempo y trabajo invertido en asesorar esta investigación, a Carlos Acosta por su apoyo con el análisis estadístico de los datos y a Sabrina Ruiz por su apoyo en la fase de campo.

III. RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la turbidez en la retención de plomo con el sistema de riego Kondenskompresor, con la finalidad de mejorar la calidad y rentabilidad de los cultivos, el agua y el suelo para los pequeños agricultores (fundos menores a 20 ha). Se realizaron 30 sistemas Kondenskompresor con diferentes valores de turbidez durante ocho días. Se midieron los parámetros de turbidez, conductividad eléctrica, volumen destilado y concentración de plomo retenido. Los resultados demostraron que la turbidez no se relacionó significativamente con el volumen destilado ($p: 0,66$) ni presentó correlación significativa con el pH ($r: -0,283$); aunque su correlación con la conductividad eléctrica y ($r: 0,98$; $p < 0,05$) y el plomo fue mayor al 95% ($r: 0,95$; $p < 0,05$); debido a la presencia de sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos, además del contenido de materia orgánica que presenta una gran capacidad para adsorber plomo. El valor de eficiencia en todos los sistemas fue de 87%, ya que parte del plomo pudo precipitar y adherirse a los contenedores antes de la cuantificación.

Palabras clave: Destilación solar, Kondenskompresor, Plomo y Turbidez.

IV. ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the effect of turbidity in the retention of lead with the Kondenskompressor irrigation system, in order to improve the quality and profitability of crops, water and soil for small farmers (farms lower than 20 ha). Thirty kondenskompressor systems were carried out with different values of turbidity for eight days. The parameters of turbidity, electrical conductivity, distilled volume and concentration of retained lead were measured. The results showed that the turbidity was not significantly related to the distilled water volume ($p: 0.66$) nor did it present a significant correlation with the pH ($r: -0.283$); although its correlation with electrical conductivity ($r: 0.98, p < 0.05$) and lead was greater than 95% ($r: 0.95, p < 0.05$). This is explained due to the presence of total suspended solids and dissolved solids, in addition to the content of organic matter that has a great capacity to adsorb lead. The efficiency rate in all systems was 87%, since part of the lead could precipitate and adhere to the containers before quantification.

Palabras clave: Kondenskompressor, Lead, Turbidity and Solar distillation.

I. VERSIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO APROBADA PARA PUBLICAR

EFFECT OF TURBIDITY IN LEAD RETENTION WITH THE
KONDENSKOMPRESOR IRRIGATION SYSTEM

EFEECTO DE LA TURBIDEZ EN LA RETENCIÓN DE PLOMO CON EL
SISTEMA DE RIEGO KONDENSKOMPRESOR

Yazmín León-Casós & Armando Vélez-Azañero

Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de
Ingeniería Ambiental. Panamericana sur Km 19. Lima 42.

fofia14@gmail.com

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of turbidity on the retention of lead with the irrigation system Kondenskompresor, in order to increase the food safety and the conservation of water quality with accessible or zero costs for the micro-farmer; through 30 kondenskompresor systems with different values of turbidity at uncontrolled humidity and temperature, for eight days. The parameters of turbidity, electrical conductivity, distilled volume and concentration of retained lead were measured. The results obtained show that the turbidity was not significantly related to the distilled volume or to the pH; however, it presented a very high direct correlation with the electrical conductivity and the lead retained in the samples; registered an efficiency in lead retention of 87%.

Palabras clave: Kondenskompresor - Lead - Turbidity - Solar distillation.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la turbidez en la retención de plomo con el sistema de riego Kondenskompresor, con el fin de

aumentar la salubridad alimentaria y la conservación de la calidad del agua con costos accesibles o nulos para el micro-agricultor; mediante 30 sistemas

kondenskompressor con diferentes valores de turbidez a humedad y temperatura no controladas, durante ocho días. Se midieron los parámetros de turbidez, conductividad eléctrica, volumen destilado y concentración de plomo retenido. Los resultados obtenidos demuestran que la turbidez no se relacionó significativamente con el volumen destilado ni con el pH; sin embargo, presentó una correlación directa muy elevada con la conductividad eléctrica y el plomo retenido en las muestras; registrado una eficiencia en la retención de plomo del 87%.

Palabras clave: Destilación solar -Kondenskompressor - Plomo - Turbidez.

INTRODUCCIÓN

La agricultura consume el 70% del recurso hídrico a nivel mundial (FAO, 1993), y junto con la ganadería en el Perú, representan el 89% del consumo del agua disponible (FAO, 2015); sin embargo, los controles en la calidad de agua para estas actividades no han sido eficientes, y han generado un sistema paulatino de contaminación, donde las aguas subterráneas y superficiales son afectadas (Méndez *et al.*, 2004). Los diversos agentes contaminantes como efluentes y residuos sólidos están asociados en la mayoría de los casos a la dispersión de metales pesados, los que se disponen en las aguas de riego y son acumulados en los cultivos vegetales (Juárez, 2012).

Las aguas del río Rímac (en especial la cuenca alta) en el Perú, se encuentran contaminadas con trazas de metales pesados provenientes de actividades mineras e industriales (Juárez, 2012); donde el plomo, principal agente contaminante, ha excedido el límite máximo permisible de la normativa peruana DS N° 004-2017-MINAM (Estándares de calidad ambiental para agua categoría III), y ha mostrado patrón de incremento desde 1997 hasta el 2002 (Juárez, 2012); asimismo el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima Metropolitana (SEDAPAL) registró que en el mes de enero de 2017, la concentración máxima de plomo (Pb) en el río Rímac alcanzó 1,949 mg·L⁻¹,

cifra mayor en 6187,1% a lo registrado en enero de 2016 (0,031 mg.L-1) (INEI, 2017). Por tanto, el río Rímac, se ha convertido en uno de los principales cursos de agua del Perú, donde se descargan aguas residuales sin tratamiento previo (INEI, 2015). Además, la escasa información sobre los efectos de los metales pesados en la agricultura y en el ecosistema (Bedregal *et al.*, 2003), viene generando una preocupación constante, promoviendo el uso de nuevas alternativas de riego poco convencionales como el sistema Kondenskompresor (KDK), sistema de riego por goteo que permite el uso de aguas contaminadas, reteniendo el contaminante, y evitando su disponibilidad en el suelo.

Según Martínez & del Río (2013) el sistema KDK es un sistema basado en la destilación solar, creado por Arti Leimbacher en el año 2008, que incorpora un ciclo hidrológico con un componente adicional que los destiladores solares habituales no poseen: la infiltración; Asimismo los resultados experimentales realizados por el propio Leimbacher demostraron reducir la dotación de riego hasta diez veces con respecto a los sistemas tradicionales de irrigación en huertos, siendo un sistema útil no solo en la micro agricultura sino también en la reforestación, ya que tiene como ventaja, generar un circuito cerrado de evaporación y condensación en el que el agua no se pierde, puesto que no sale del propio destilador solar (Figura 1).

El sistema permite ahorrar enormes cantidades de agua para el riego como cultivar plantas que necesitan para su crecimiento la mejor calidad de agua, es así que el agua que produce el KDK no tiene sal, tampoco nitratos, ni otros contaminantes, por lo que se puede usar para desalinizar el agua marina (Ecoinventos, 2017). El riego KDK ha demostrado ser un tipo de riego viable y efectivo en lo que respecta al control y a la demanda del agua, otorgando en los cultivos una productividad promedio del 60%, ofreciéndose así como una alternativa para el ahorro de agua, siendo eficiente para enfrentar, adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático (Galindo *et al.*, 2017).

La turbidez es un parámetro que ha demostrado dificultades para la evaporación en los destiladores solares (Flores, 2015), así como en la incidencia de la radiación sobre la superficie del agua a destilar (Gonzales, 2011), asimismo el plomo presenta efectos nocivos para el sistema nervioso humano, la producción de células sanguíneas, los riñones, el sistema

reproductivo y la conducta (García et al., 2007). La presencia de plomo en el ecosistema también afecta las relaciones planta-agua; el incremento de la permeabilidad de las raíces; la inhibición de la fotosíntesis y respiración; y la modificación de las actividades de algunas enzimas metabólicas (Peris, 2005).

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la turbidez en la retención de plomo con el sistema de riego KDK, con el fin de aumentar la salubridad alimentaria y la conservación de la calidad del agua con costos accesibles o nulos para el micro-agricultor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en el campus Villa 3 de la Universidad Científica del Sur, ubicada en el Km 19 de la Av. Panamericana Sur, Villa El Salvador, Lima, Perú ($12^{\circ}13'23.46''S$ y $76^{\circ}58'41.87''O$); en el mes de septiembre de 2016 a temperatura y humedad relativa no controladas, las que fluctuaron entre los $15,4^{\circ}C - 19,8^{\circ}C$ y $67,38\% - 74,73\%$, respectivamente. Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica de la Universidad Científica del Sur Lima, Perú.

Diseño y análisis

El sistema KDK, consistió en dos botellas de plástico PET de primer uso (de 5L y 2L) cortadas por la mitad, empleando la parte inferior de las botellas 2L, y la parte superior de las botellas 5L, siguiendo la metodología de Amaguaña & Llamba (2013). Se instalaron un total de 30 sistemas en un área de $9m^2$ protegida con malla para evitar cualquier tipo de contaminación; considerando la instalación a 5cm de profundidad y 30cm de separación entre cada sistema (Martínez & del Rio, 2013).

Se establecieron cinco tratamientos y un control (C, T₁, T₂, T₃, T₄ y T₅), considerando cinco repeticiones en cada tratamiento, en un arreglo de 6x5 completamente aleatorizado (Figura 1). Para todos los tratamientos y el control se consideró una concentración de plomo de $0,02\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, tomando como referencia la estación E-15 SEDAPAL Puente Morón, Lurigancho, Chosica, río

Rímac ($11^{\circ}58'39.39''S$ y $76^{\circ}47'05.22''O$); la concentración de plomo fue obtenida a partir de la sal Acetato de plomo. Los niveles de turbidez fueron determinados siguiendo el promedio del año 2015 de la misma estación, considerando este dato para el tratamiento central (14 NTU), y generando una progresión con un factor de 0,5 para los otros valores (T1: 3,5 NTU; T2: 7 NTU; T3: 14 NTU; T4: 21 NTU; T5: 31,5 NTU); la turbidez fue generada al añadir suelo de chacra, en un volumen final de 500 mL, que representó el 80% de la capacidad del sistema.



Figura 1. Instalación de 30 sistemas Kondenskompresor (KDK), en las inmediaciones de la Universidad Científica del Sur, para evaluar el efecto de la turbidez en la remoción del plomo en agua.

El experimento duró un total de ocho días, donde se registró diariamente el pH a través del método potenciométrico referido en la norma técnica peruana NTP 339.176 2002, conductividad eléctrica (CE) a través del método electrométrico (ANA, 2016), y la turbidez a través del método de la turbidimetría (ISO, 7027) de cada muestra. El último día de evaluación se consideró el volumen de agua en cada sistema. Los datos de temperatura ambiental, y humedad relativa fueron obtenidos mediante un hidrómetro Coolbox – TH-439. Finalmente las muestras fueron colocadas en botellas de 600 mL, para su traslado al laboratorio certificado Cerper (Certificaciones del Perú), para conocer la concentración de plomo mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se

realizó un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA), para identificar las diferencias estadísticas entre los tratamientos y el control; y se realizó la prueba de comparaciones múltiples por el test de TUKEY, para determinar específicamente el nivel de significancia entre los tratamientos. Los análisis estadísticos se realizaron a través del software estadístico MINITAB versión 16 y GraphPrism, con un nivel de confianza de 95%.

Durante la experimentación no se trató con animales o seres humanos por lo que no hubo conflicto de intereses éticos.

RESULTADOS

El comportamiento promedio del pH a lo largo de la investigación mostró valores muy similares, con un promedio mínimo de 5,92 en T₂, y un promedio máximo de 6,67 en el control (Tabla 1), sin embargo, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, indica que el control presentó diferencias significativas con el resto de tratamientos (Tabla 1, Figura 2); la variable turbidez se relacionó de forma inversa con el pH ($r: -0,28$) aunque esta relación no fue significativa ($p: 0,25$); los cambios de pH no se relacionaron con las diferentes concentraciones de turbidez en el ensayo, ya que todos los tratamientos (T₁; T₂; T₃; T₄ y T₅) fueron significativamente iguales según la prueba estadística (Tabla 1, Figura 2).

Los valores promedio de CE, mostraron cuatro agrupaciones evidentes: la menor en el control con $12,28\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$; la segunda agrupación en T₁ y T₂, con $23,99\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $24,54\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectivamente; la tercera agrupación en T₃ y T₄, con $50,36\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $49,70\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectivamente; y la mayor en T₅ con un promedio de $80,48\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Figura 2). Esta agrupación se confirma con la prueba de Tukey, que asignó diferencia significativa a estas cuatro conformaciones (Figura 2, Tabla 1); lo que deja clara la relación directa entre la turbidez y la CE en cada sistema estudiado ($r: 0,98$; $p<0,05$).

Los promedios de la turbidez expresada en NTU, mostraron cinco agrupaciones: la menor en el control con un valor de 1,43NTU; la segunda en T₁, con 4,45NTU; la tercera en T₂, con 8,17NTU; la cuarta en T₃ y T₄, con 20,89NTU y 22,69NTU respectivamente; y finalmente la mayor en T₅ con

34,14NTU. La agrupación se confirma con la prueba de Tukey, que asignó diferencia significativa a las cinco conformaciones (Figura 2, Tabla 1).

La concentración de plomo expresada en mg.L⁻¹, evaluada al final de la experiencia, ofrece tres agrupaciones con valores intermedios según la prueba de Tukey: el control, T₁, T₂ y T₃, no presentaron diferencia significativa; sin embargo, la segunda agrupación considera también a T₂ y T₃, junto a T₄; finalmente el mayor valor promedio con diferencia significativa se encontró en el último tratamiento con 0,035mg.L⁻¹ (Tabla 1); evidenciando una relación directa entre la concentración de plomo retenido en cada sistema y la turbidez ($r: 0,95; p < 0,05$). Considerando un cambio del volumen de 15 L con 0,3 mg de Pb a 11,9 L con 0,26 mg de Pb, la eficiencia de retención del plomo en el sistema fue de 87%.

El volumen de agua destilada evaluado en cada sistema, presentó un valor promedio mínimo de 70 mL en T₁, y un valor promedio máximo de 100mL en T₂, sin embargo, no presentó diferencia significativa en ningún tratamiento ($p = 0,66$, Tabla 1); lo que indica que la turbidez no se relacionó al volumen de agua destilado luego de ocho días de experiencia; el porcentaje de destilación promedio en la experiencia fue 17,33%.

Tabla 1. Comparaciones múltiples de las medias de las variables Conductividad eléctrica, pH y turbidez en cada tratamiento con la prueba de Tukey entre los tratamientos del Sistema Kondenskompresor (KDK) a los ocho días de medición, donde letras diferentes indican diferencia significativa con un alfa de 0.05. Pr (>F) indica el p-value del análisis de varianza (ANOVA).

Variables	Tratamientos						Pr(>F)
	C	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	
Conductividad eléctrica	13,28 ^d	23,99 ^c	24,54 ^c	50,36 ^b	49,7 ^b	80,48 ^a	0,000 **
pH	6,67 ^a	5,96 ^b	5,92 ^b	5,94 ^b	6,03 ^b	6,16 ^b	0,000 **
Turbidez (NTU)	1,43 ^e	4,45 ^d	8,17 ^c	20,89 ^b	22,69 ^b	34,14 ^a	0,000 **
Plomo (mg.L ⁻¹)	0,013 ^c	0,014 ^c	0,021 ^{bc}	0,022 ^{bc}	0,029 ^{ab}	0,035 ^a	0,000
Volumen destilado (mL)	80 ^a	70 ^a	100 ^a	92 ^a	86,02 ^a	91 ^a	0,66

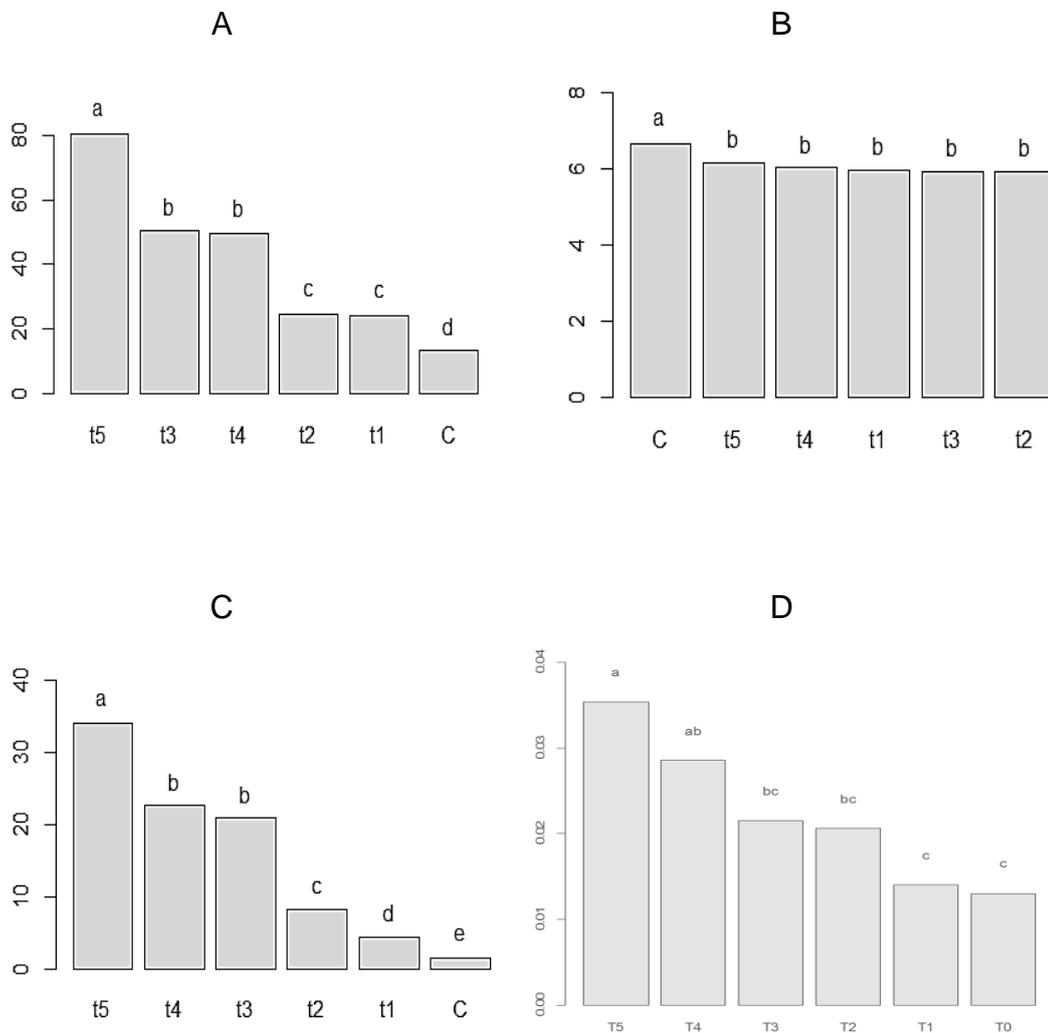


Figura 2. Comparaciones Múltiples con la prueba de Tukey donde letras diferentes indican diferencia significativa con un alfa de 0.05. A: CE; B: pH; C: Turbidez (NTU); D: Concentración de plomo.

DISCUSIÓN

La baja correlación negativa entre el pH y la turbidez en nuestra investigación no fue significativa, resultados que se confirman con los reportes de Betanzos

(2013), Mandal (2014) y Feria, Rodiño y Gutiérrez (2016) quienes indican que existe una correlación negativa no significativa entre el pH y la turbidez. La relación negativa entre el pH y la turbidez también fue mencionada por Fonturbel (2005); y se puede explicar debido a que los procesos de descomposición de materia orgánica en los tratamientos con suelo tienden a liberar ácidos que reducen gradualmente los niveles de pH (Bridgewater, 2007).

La turbidez y la CE presentaron una correlación positiva muy alta, debido a que la CE ofrece una medida de los sólidos o sales disueltas en el sistema (Rocha, 2010), mientras la turbidez por su parte representa el contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas (Marcó, 2004), los que aumentaron en función a la disminución del volumen en cada sistema, y se confirman con altos valores de correlación entre 37% (Bradner, 2013) y 78% (Shroff *et al.*, 2015) en otras investigaciones. Aunque los valores de conductividad encontrados podrían relacionarse también, a la presencia de materia orgánica en descomposición flotante, principalmente insectos y otros artrópodos (Urrutia, 2015) encontrados al finalizar la experiencia.

En contraposición a nuestros resultados, Flores (2015) afirma que las sustancias contenidas en el sistema de destilación solar (turbidez) disminuyen la evaporación, lo que no sucedió en nuestro caso, donde las diferentes concentraciones de turbidez no afectaron significativamente el volumen evaporado después de ocho días de experimentación. Wang & Yagoobi (1994) encontraron que la turbidez, juega un papel crítico en la magnitud de la penetración de la radiación solar, y que el efecto de la turbidez en la penetración aumenta con la profundidad del agua; además, la claridad del agua desarrolla un papel significativo en el rendimiento térmico de un estanque solar (Wang & Yagoobi, 1995), lo que no se evidenció en nuestros resultados probablemente porque la tierra de chacra que se empleó para dar turbidez a las muestras precipitó en el fondo de los envases y otorgó un color oscuro al fondo de las muestras, ejerciendo un efecto de absorbancia de la radiación y poca reflectancia como sucedió en diversos destiladores solares con fondo negro (Armendáriz, 2005; Nandwani, 2005; Esteban *et al.*, 2000). Las partículas

coloidales flotantes son prácticamente responsables de toda la dispersión de la luz y absorción de la luz en estanques de agua natural (Kirk, 1985), sin embargo, para el caso del sistema KDK, la turbidez no pareció afectar la destilación, lo cual concuerda con los estudios de Ochoa (2009) donde a partir de aguas residuales con el sistema KDK, los cultivos tuvieron una mayor productividad que con el riego tradicional, por lo que el volumen destilado tampoco se vio afectado por las propiedades fisicoquímicas de las aguas residuales.

La alta relación directa entre la turbidez y la concentración de plomo retenido, se explica por la capacidad de las fuentes de carbono, o materia orgánica en descomposición (tierra de chacra en nuestro caso) para adsorber fácilmente los cationes de plomo (Abdel-Ghany et al., 2007; Benhima et al., 2007) y otros metales importantes como el Zn y el Cu (Kazemipour et al., 2008); además, los minerales absorbentes como la zeolita y zeolita acondicionada con FeCl_3 provenientes de rocas volcánicas que se obtienen naturalmente en la tierra, contribuyen también en la adsorción y retención del plomo (Cruz, 2013). En ese sentido, la turbidez para el presente estudio fue otorgada por tierra de chacra, la cual contenía compuestos orgánicos que pudieron tener un efecto positivo en la adsorción y retención del plomo, sin embargo no se estudió la composición de la tierra de chacra o los compuestos que pudieron ocasionar dicho efecto, por lo que esto fue una limitante.

La eficiencia de retención de plomo promedio de los sistemas evaluados (87%) no alcanzó mayores valores, probablemente por la sedimentación del metal, y la pérdida del mismo al verter el contenido para la medición del volumen final. Diversas investigaciones recomiendan acidificar la solución con ácido nítrico (Iglesias *et al.*, 2006) previa a la medición del volumen, hasta obtener un pH menor a 2, y de esta manera evitar la precipitación del plomo (Taylor & Demayo, 1989; Van den Beerg *et al.*, 1998; IDEAM, 2004; DIGESA, 2007); las muestras en nuestra investigación no fueron acidificadas, lo que pudo afectar los resultados reportados. La evaporación del metal, no afectó los resultados, ya que el plomo requiere temperaturas mayores a los 300°C para cambiar de

estado (Feuerstein *et al.*, 1991), y la experimentación fue desarrollada a temperatura ambiental. El análisis de plomo retenido se realizó a partir de la muestra contenida dentro del sistema, sin embargo el análisis de la concentración de plomo en el agua destilada proveería datos más exactos sobre la retención del metal.

Los sistemas de destilación solar como el KDK han demostrado la producción de agua de excelente calidad con eficiencia en la remoción de sales de hasta un 99% (Barroso & Gil, s.f.; Yabroudi *et al.*, 2011 y Ecoinventos, 2017) y apta para el consumo humano, según las normas mexicanas (De la Cruz, 2015); el sistema KDK es un método de potencial importancia para la micro-agricultura, presentando también eficiencia para remover microorganismos patógenos (Ochoa, 2009). Los resultados de la presente investigación añaden una ventaja adicional al sistema Kondenskompresor al evidenciar que la turbidez no fue un impedimento para la retención del plomo dentro del sistema, sino que por el contrario, tuvo un efecto positivo en su retención, encontrándose un 87% de plomo retenido.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a Carlos Acosta por su apoyo con el análisis estadístico de los datos y a Sabrina Ruiz Gonzales por su apoyo en la fase de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Ghani, N. T., Hefny, M., & El-Chaghaby, G. A. 2007. Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsorbents. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 4(1) : 67-73.

- Amaguaña, S. & Llamba, C. 2013. *Diseño e implementación de la fase inicial de un sistema de manejo sustentable para suelo y agua en el sector sur oeste de la UPS*. Tesis de bachiller, Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2016. *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Autoridad Nacional del Agua, Lima, consultado el 01 de septiembre de 2018, <<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209> >
- Armendáriz, S. I., Porta-Gándara, M. A., Foster, R. E., Koutsoukos, P. G., Bautista-Margulis, R. G., Grado, J. A., & Alonso, G. 2005. Estudio de la precipitación de carbonato de calcio en un destilador solar experimental. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 21(1): 5-15.
- Barroso, M; Gil, L & Arcetti, S. s.f. Destilador Solar para usos múltiples. Universidad Católica Andrés Bello, consultado el 01 de Septiembre del 2018, <<http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/article/view/2735>>
- Bedregal, P., B. Torres, P. Olivera, M. Ubillus, P. Mendoza, H. Creed-Kanashiro, M. Penny, J. Junco, and L. Ganoza. 2003. Determination of trace elements and heavy metals in agricultural products cultivated at the river Rimac in the city of Lima. Peruvian Institute of Nuclear Energy (IPEN), consultado el 01 de Septiembre del 2018, <https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:35062988>
- Benhima, H., Chiban, M., Sinan, F., Seta, P., & Persin, M. 2008. Removal of lead and cadmium ions from aqueous solution by adsorption onto micro-particles of dry plants. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 61: 10-16.
- Betanzos Vega, A., Capetillo Piñar, N., Lopeztegui Castillo, A., Martínez Daranas, B., Rodríguez Ramos, T., & Coello, D. 2013. Variación espacio-temporal de la turbidez y calidad en cuerpos de agua marina de uso pesquero, región norcentral de Cuba, 2008-2010. *Serie Oceanológica*, 12: 24-35.

- Bradner, A. 2013. *Correlations Between Water Quality Parameters and Levels of 4-NP in Water and Sediment of Stroubles Creek Watershed*. Ph.D. Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia.
- Bridgewater, P. 2007. *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Ciudad de México, México. Instituto Nacional de Ecología.
- Cruz Arteaga, L. S. 2013. *Remoción de Arsénico y Plomo del agua utilizando minerales adsorbentes*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila.
- De la Cruz, D. A. 2015. *Eliminación de sales de diferentes fuentes de agua utilizando un destilador solar portátil de cristal filtra sol*. Tesis de Licenciatura. México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila.
- DIGESA. 2007. *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. Dirección General de Salud Ambiental, Perú, consultado el 30 de Agosto de 2018, [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- DS N° 004-2017-MINAM. Diario Oficial de la República del Perú, Lima, Perú ,7 de junio del 2017
- Ecoinventos. 2017. Kondenskompressor, técnica de riego solar, consultado el 01 de septiembre de 2018, <<https://ecoinventos.com/kondenskompressor-destiladora-solar-goteo-solar/>>
- Esteban, C., Franco, J & Fasulo, A. 2000. Destilador solar asistido con colector solar acumulador. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4: 39-41.
- FAO. 2015. *Informe regional de América del Sur, Centroamérica y Caribe*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, consultado el 20 de Agosto del 2017, <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/americas/indexesp.stm>
- FAO .1993. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, consultado el 01 de

- septiembre de 2018, < <http://www.fao.org/publications/sofa/the-state-of-food-and-agriculture/es/>>
- Feria-Díaz, J. J., Rodiño-Arguello, J. P., & Gutiérrez-Ribon, G. E. 2016. Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú River raw water treated by natural coagulants. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 78: 112-118.
- Feuerstein, H., Gräbner, H., Oschinski, J., Horn, S., & Bender, S. 1991. Evaporation of lead and lithium from molten Pb, Li Transport of aerosols. *Fusion Engineering and Design*, 17: 203-207.
- Flores, R. 2015. *Diseño y construcción de un prototipo de destilador de agua, utilizando energía solar*. Tesis de Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Fonturbel, F. 2005. Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del Lago Titikaka (Bolivia). *Ecología aplicada*, 4: 135-141.
- Galindo Montero, A., Pérez Montiel, J., & Rojano Alvarado, R. 2017. Medidas de adaptación al cambio climático en una comunidad indígena del norte de Colombia. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 20: 187-197.
- García, D., Barceló, J., & Gunsé, B. 2007. *Efectos fisiológicos y compartimentación radicular en plantas de Zea mays L. expuestas a la toxicidad por plomo*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
- Gonzales, R. 2011. *Aplicación del método de desinfección solar en fuentes de aguas naturales utilizadas para consumo humano en comunidades de San Juan Sacatepéquez*, Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala.
- IDEAM. 2014. *Determinación de metales pesados totales con digestión ácida-lectura directa por espectrofotometría de absorción atómica*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia, consultado el 01 de Septiembre del 2018, <<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Metales+en+agua+por+Absorci%C3%B3n+At%C3%B3mica.pdf/e233a63d-378c-4f83-9311-d9375043cf2a>>

- Iglesias, M., Hidalgo, M., & Rodríguez, R. 2006. Toma, conservación y tratamiento de muestras, Instituto Geológico y Minero de España, consultado el 01 de septiembre del 2018 <https://www.researchgate.net/publication/263747236_Toma_conservacion_y_tratamiento_de_muestras>
- INEI .2015. *Perú: Anuario de estadísticas ambientales 2015*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, consultado el 01 de septiembre del 2018 <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/>
- International Organization for Standards (ISO). 1990. International Standard ISO 7027 – Water Quality – Determination of Turbidity. ISO. Second edition 1990-04-15
- INEI .2017. *Informe técnico de estadísticas ambientales - febrero 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, consultado el 01 de septiembre del 2018 < https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-n03_estadisticas-ambientales-feb2017.pdf>
- Juárez Soto, H. S. (2012). *Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima Metropolitana*, Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Kazemipour, M., Ansari, M., Tajrobehkar, S., Majdzadeh, M., & Kermani, H. R. 2008. Removal of lead, cadmium, zinc, and copper from industrial wastewater by carbon developed from walnut, hazelnut, almond, pistachio shell, and apricot stone. *Journal of Hazardous Materials*, 150(2): 322-327.
- Kirk, J. T. 1985. Effects of suspensoids (turbidity) on penetration of solar radiation in aquatic ecosystems. *Hydrobiologia*, 125(1):195-208.
- Mandal, H. K. 2014. Influence of wastewater pH on turbidity. *Int. J. Environ. Res. Dev*, 4(2):105-114.
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & García, M. D. C. 2004. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Revista de Higiene y Sanidad Ambiental*, 4:72-82.

- Martinez y del Rio. 2013. *Los riegos de apoyo y de socorro de poblaciones forestales*. FORESTA, España, consultado el 01 de septiembre del 2018, < <http://www.oasification.com/archivos/Riegos%20de%20apoyo%20y%20socorro.pdf>>
- Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., & García, F. P. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1): 29-44.
- Nandwani, S. S. 2005. *Energía solar. Conceptos básicos y su utilización*. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional Heredia.
- Peris Mendoza, M. 2005. *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón*. Tesis Doctoral. Universitat de València, Valencia.
- Ochoa, L. R. 2009. Utilización de aguas residuales en el sistema de goteo solar. Sitio Solar, Colombia, Consultado el 01 de septiembre del 2018, < <http://www.sitiosolar.com/utilizacion-de-aguas-residuales-en-el-sistema-de-goteo-solar/>>
- Taylor, MC; Demayo, A. 1989. Zinc. In: Guidelines for surface water quality. Vol. 1. Inorganic chemical substances. Inland waters directorate, water quality branch, Ottawa. Canada, pp 9.
- Urrutia, N. 2015. *Técnica de riego por goteo solar*. Universidad del Valle, Colombia, consultado el 01 de Septiembre del 2018 < https://www.academia.edu/12938658/INFORME_TECNICA_DE_RIEGO_POR_GOTEO_SOLAR>
- Rocha, E. 2010. Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas. Universidad Autonoma de Chihuahua, México, consultado el 01 de septiembre del 2018 < https://www.academia.edu/8844036/Ingenier%C3%ADa_de_Tratamiento_y_Acondicionamiento_de_Aguas>
- Shroff, P., Vashi, R. T., Champaneri, V. A., & Patel, K. K. 2015. Correlation study among water quality parameters of groundwater of Valsad district of south Gujarat (India). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 7(3): 340-349.

- Van Den Beerg, G. A; Loch, J. P & Winkels H. J.1998. Effect of fluctuating hidrological conditions on the mobility of heavy metals in soils of a freshwater estuary in the Netherlands. *Water, earth and soil pollution*, 102:377-388.
- Yabroudi, S; C., Cárdenas, C.; Aldana, L., Núñez, J., & Herrera, L. 2011. Desalinización de agua empleando un destilador solar tubular. *Interciencia*, 36(10): 731-737.
- Wang, J., & Seyed-Yagoobi, J. 1994. Effects of water turbidity and salt concentration levels on penetration of solar radiation under water. *Solar Energy*, 52(5): 429-438.
- Wang, J., & Seyed-Yagoobi, J. 1995. Effect of water turbidity on thermal performance of a salt-gradient solar pond. *Solar energy*, 54(5): 301-308.

IV. VERSIÓN INICIAL DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO ENVIADA PARA PUBLICAR

EFFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA RETENCIÓN DE PLOMO CON EL SISTEMA DE RIEGO KONDENSKOMPRESOR

EFFECT OF TURBIDITY IN LEAD RETENTION WITH THE KONDENSKOMPRESOR IRRIGATION SYSTEM

Yazmín León & Armando Vélez-Azañero

Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de Ingeniería Ambiental. Panamericana sur Km 19. Lima 42.

fonia14@gmail.com

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of turbidity on the retention of lead with the irrigation system Kondenskompresor, in order to increase the food safety and the conservation of water quality with accessible or zero costs for the micro-farmer; through 30 kondenskompresor systems with different values of turbidity at uncontrolled humidity and temperature, for eight days. The parameters of turbidity, electrical conductivity, distilled volume and concentration of retained lead were measured. The results obtained show that the turbidity was not significantly related to the distilled volume or to the pH; however, it presented a very high direct correlation with the electrical conductivity and the lead retained in the samples; registered an efficiency in lead retention of 87%.

Palabras claves: Kondenskompresor- Turbidity- Solar distillation- Lead.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la turbidez en la retención de plomo con el sistema de riego Kondenskompresor, con el fin de aumentar la salubridad alimentaria y la conservación de la calidad del agua con costos accesibles o nulos para el micro-agricultor; mediante 30 sistemas

kondenskompresor con diferentes valores de turbidez a humedad y temperatura no controladas, durante ocho días. Se midieron los parámetros de turbidez, conductividad eléctrica, volumen destilado y concentración de plomo retenido. Los resultados obtenidos demuestran que la turbidez no se relacionó significativamente con el volumen destilado ni con el pH; sin embargo, presentó una correlación directa muy elevada con la conductividad eléctrica y el plomo retenido en las muestras; registrado una eficiencia en la retención de plomo del 87%.

Palabras clave: Kondenskompresor- Turbidez- Destilación solar – Plomo.

INTRODUCCIÓN

La agricultura consume el 70% del recurso hídrico a nivel mundial (FAO, 1993); y junto con la ganadería en el Perú, representan el 89% del consumo del agua disponible (FAO, 2015); sin embargo, los controles en la calidad de agua para estas actividades no han sido eficientes, y han generado un sistema paulatino de contaminación, donde las aguas subterráneas y superficiales son afectadas (Méndez *et al.*, 2004). Los diversos agentes contaminantes como efluentes y residuos sólidos están asociados en la mayoría de los casos a la dispersión de metales pesados, los que se disponen en las aguas de riego y son acumulados en los cultivos vegetales (Juárez, 2012).

Las aguas del río Rímac (en especial la cuenca alta) se encuentran contaminadas con trazas de metales pesados provenientes de actividades mineras e industriales (Juárez, 2012); donde el plomo, principal agente contaminante, ha excedido el límite máximo permisible de la normativa peruana (categoría III), y ha mostrado patrón de incremento desde 1997 hasta el 2002 (Juárez, 2012), asimismo el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima Metropolitana (SEDAPAL) reportó que en el mes de enero de 2017, la concentración máxima de plomo (Pb) en el río Rímac alcanzó 1,949 mg/l, cifra mayor en 6187,1% a lo reportado en enero de 2016 (0,031 mg/l) (INEI, 2017). Por tanto, el río Rímac, se ha convertido en uno de los principales cursos de agua del Perú, donde se descargan aguas residuales sin tratamiento previo (INEI, 2015); además, la escasa información sobre los efectos de los metales pesados en la agricultura y en el ecosistema (Bedregal *et al.*; 2001), viene

generando una preocupación constante, promoviendo el uso de nuevas alternativas de riego poco convencionales como el sistema Kondenskompresor (KDK), sistema de riego por goteo que permite el uso de aguas contaminadas, reteniendo el contaminante, y evitando su disponibilidad en el suelo.

Según Martínez y del Río (2013) el sistema KDK es un sistema basado en la destilación solar, creado por Arti Leimbacher en el año 2008, que incorpora un ciclo hidrológico con un componente adicional que los destiladores solares habituales no poseen: la infiltración; Asimismo los resultados experimentales realizados por el propio Leimbacher demostraron reducir la dotación de riego hasta diez veces con respecto a los sistemas tradicionales de irrigación en huertos, siendo un sistema útil no solo en la micro agricultura sino también en la reforestación, ya que tiene como ventaja, generar un circuito cerrado de evaporación y condensación en el que el agua no se pierde, puesto que no sale del propio destilador solar.

El sistema permite ahorrar enormes cantidades de agua para el riego como cultivar plantas que necesitan para su crecimiento la mejor calidad de agua, es así que el agua que produce el Kondenskompresor no tiene sal, tampoco nitratos, ni otros contaminantes, por lo que se puede usar para desalinizar el agua marina (Ecoinventos, 2017). El riego Kondenskompresor ha demostrado ser un tipo de riego viable y efectivo en lo que respecta al control y a la demanda del agua, otorgando en los cultivos una productividad promedio del 60%, ofreciéndose así como una alternativa para el ahorro de agua, siendo eficiente para enfrentar, adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático (Galindo et al; 2017).

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la turbidez en la retención de plomo con el sistema de riego KDK, con el fin de aumentar la salubridad alimentaria y la conservación de la calidad del agua con costos accesibles o nulos para el micro-agricultor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en el campus Villa 3 de la Universidad Científica del Sur, ubicada en el Km 19 de la Av. Panamericana Sur, Villa El Salvador, Lima,

Perú ($12^{\circ}13'23.46''S$ y $76^{\circ}58'41.87''O$); en el mes de septiembre de 2016 a temperatura y humedad relativa no controladas, las que fluctuaron entre los $15,4^{\circ}C - 19,8^{\circ}C$ y $67,38\% - 74,73\%$, respectivamente. Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica de la Universidad Científica del Sur Lima, Perú.

Diseño y análisis

El sistema KDK, consistió en dos botellas de plástico PET de primer uso (de 5L y 2L) cortadas por la mitad, empleando la parte inferior de las botellas 2L, y la parte superior de las botellas 5L, siguiendo la metodología de Amaguaña y Llamba (2013). Se instalaron un total de 30 sistemas en un área de $9m^2$ protegida con malla para evitar cualquier tipo de contaminación; considerando la instalación a 5cm de profundidad y 30cm de separación entre cada sistema (Martínez y del Río, 2013).

Se establecieron cinco tratamientos y un control (C, T1, T2, T3, T4, T5), considerando cinco repeticiones en cada tratamiento, en un arreglo de 6x5 completamente aleatorizado (Figura 1). Para todos los tratamientos y el control se consideró una concentración de plomo de 0,02 ppm, tomando como referencia la estación E-15 SEDAPAL Puente Morón, Lurigancho, Chosica, río Rímac ($11^{\circ}58'39.39''S$ y $76^{\circ}47'05.22''O$); la concentración de plomo fue obtenida a partir de la sal Acetato de plomo. Los niveles de turbidez fueron determinados siguiendo el promedio del año 2015 de la misma estación, considerando este dato para el tratamiento central (14 NTU), y generando una progresión con un factor de 0,5 para los otros valores (T1: 3,5 NTU; T2: 7 NTU; T3: 14 NTU; T4: 21 NTU; T5: 31,5 NTU); la turbidez fue generada al añadir suelo de chacra, en un volumen final de 500 ml, que representó el 80% de la capacidad del sistema



Figura 1. Instalación de 30 sistemas Kondenskompresor, en las inmediaciones de la Universidad Científica del Sur, para evaluar el efecto de la turbidez en la remoción del plomo en agua.

El experimento duró un total de ocho días, donde se registró diariamente el pH a través del método potenciométrico referido en la norma técnica peruana NTP 339.176 2002, conductividad eléctrica a través del método electrométrico (ANA, 2011), y la turbidez a través del método de la turbidimetría (ISO 7027) de cada muestra. El último día de evaluación se consideró el volumen de agua en cada sistema. Los datos de temperatura ambiental, y humedad relativa fueron obtenidos mediante un hidrómetro Coolbox – TH-439. Finalmente las muestras fueron colocadas en botellas de 600ml, para su traslado al laboratorio certificado Cerper., para conocer la concentración de plomo mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se realizó un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA), para identificar las diferencias estadísticas entre los tratamientos y el control; y se realizó la prueba de comparaciones múltiples por el test de TUKEY, para determinar específicamente el nivel de significancia entre los tratamientos. Los análisis estadísticos se realizaron a través de los software estadísticos MINITAB versión 16 y GraphPrism, con un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS

El comportamiento promedio del pH a lo largo de la investigación mostró valores muy similares, con un promedio mínimo de 5,92 en T2, y un promedio máximo de 6,67 en el control (Figura 2), sin embargo, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, indica que el control presentó diferencia significativa con el resto de tratamientos (Figura 3, Tabla 1); la variable turbidez se relacionó de forma inversa con el pH ($r: -0,283$) aunque esta relación no fue significativa ($p: 0,255$); los cambios de pH no se relacionaron con las diferentes concentraciones de turbidez en el ensayo, ya que todos los tratamientos (T1; T2; T3; T4; T5) fueron significativamente iguales según la prueba estadística (Figura 3-B).

Los valores promedio de CE, mostraron cuatro agrupaciones evidentes: la menor en el control con 12,28mS/cm; la segunda agrupación en T1 y T2, con 23,99mS/cm y 24,54mS/cm respectivamente; la tercera agrupación en T3 y T4, con 50,36mS/cm y 49,70mS/cm respectivamente; y la mayor en T5 con un promedio de 80,48mS/cm (Figura 2). Esta agrupación se confirma con la prueba de Tukey, que asignó diferencia significativa a estas cuatro conformaciones (Figura 3, Tabla 1); lo que deja clara la relación directa entre la turbidez y la CE en cada sistema estudiado ($r: 0,989$; $p < 0,05$).

Los promedios de la turbidez expresada en NTU, mostraron cinco agrupaciones: la menor en el control con un valor de 1,43NTU; la segunda en T1, con 4,45NTU; la tercera en T2, con 8,17NTU; la cuarta en T3 y T4, con 20,89NTU y 22,69NTU respectivamente; y finalmente la mayor en T5 con 34,14NTU (Figura 2). La agrupación se confirma con la prueba de Tukey, que asignó diferencia significativa a las cinco conformaciones (Figura 3, Tabla 1).

La concentración de plomo expresada en ppm, evaluada al final de la experiencia, ofrece tres agrupaciones con valores intermedios según la prueba de Tukey: el control, T1, T2 y T3, no presentaron diferencia significativa; sin embargo, la segunda agrupación considera también a T2 y T3, junto a T4; finalmente el mayor valor promedio con diferencia significativa se encontró en el último tratamiento con 0,035ppm (Tabla 1); evidenciando una relación directa

entre la concentración de plomo retenido en cada sistema y la turbidez ($r: 0,954$; $p < 0,05$). Considerando un cambio del volumen de 15 litros con 0,3 mg de Pb a 11,9 L con 0,26 mg de Pb, la eficiencia de retención del plomo en el sistema fue de 87%.

El volumen de agua destilada evaluado en cada sistema, presentó un valor promedio mínimo de 70 mL en T1, y un valor promedio máximo de 100mL en T2, sin embargo, no presentó diferencia significativa en ningún tratamiento ($p; 0,668$, Tabla 1); lo que indica que la turbidez no se relacionó al volumen de agua destilado luego de ocho días de experiencia; el porcentaje de destilación promedio en la experiencia fue 17,33%.

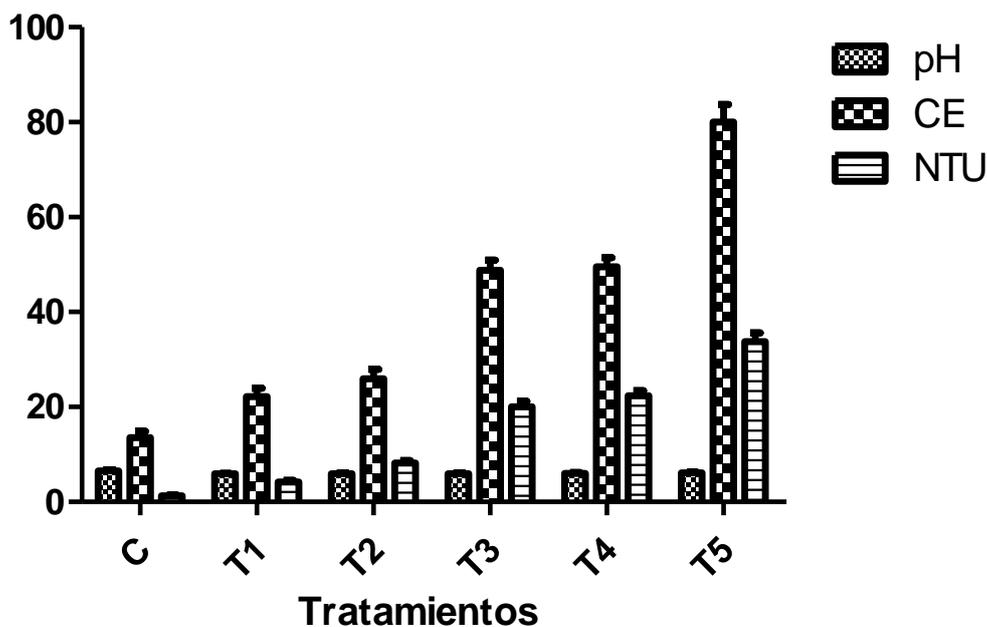


Figura 2. Comportamiento de los parámetros físico-químicos a lo largo de los ocho días de evaluación en cada tratamiento. C: Control; T: Tratamiento. NTU: Unidades Nefelométricas de turbidez.

Tabla 1. Comparaciones múltiples de las medias de las variables Conductividad eléctrica, pH y turbidez en cada tratamiento con la prueba de Tukey entre los tratamientos del Sistema Kondenskompresor a los ocho días de medición, donde letras diferentes indican diferencia significativa con un alfa de 0.05. Pr (>F) indica el p-value del análisis de varianza (ANOVA).

Variables	Tratamientos						Pr(>F)
	C	t1	t2	t3	t4	t5	
Conductividad eléctrica	13,28 ^d	23,99 ^c	24,54 ^c	50,36 ^b	49,7 ^b	80,48 ^a	0,000 **
pH	6,67 ^a	5,96 ^b	5,92 ^b	5,94 ^b	6,03 ^b	6,16 ^b	0,000 **
Turbidez (NTU)	1,43 ^e	4,45 ^d	8,17 ^c	20,89 ^b	22,69 ^b	34,14 ^a	0,000 **
Plomo (ppm)	0,013 ^c	0,014 ^c	0,021 ^{bc}	0,022 ^{bc}	0,029 ^{ab}	0,035 ^a	0,000
Volumen destilado (mL)	80 ^a	70 ^a	100 ^a	92 ^a	86,02 ^a	91 ^a	0,668

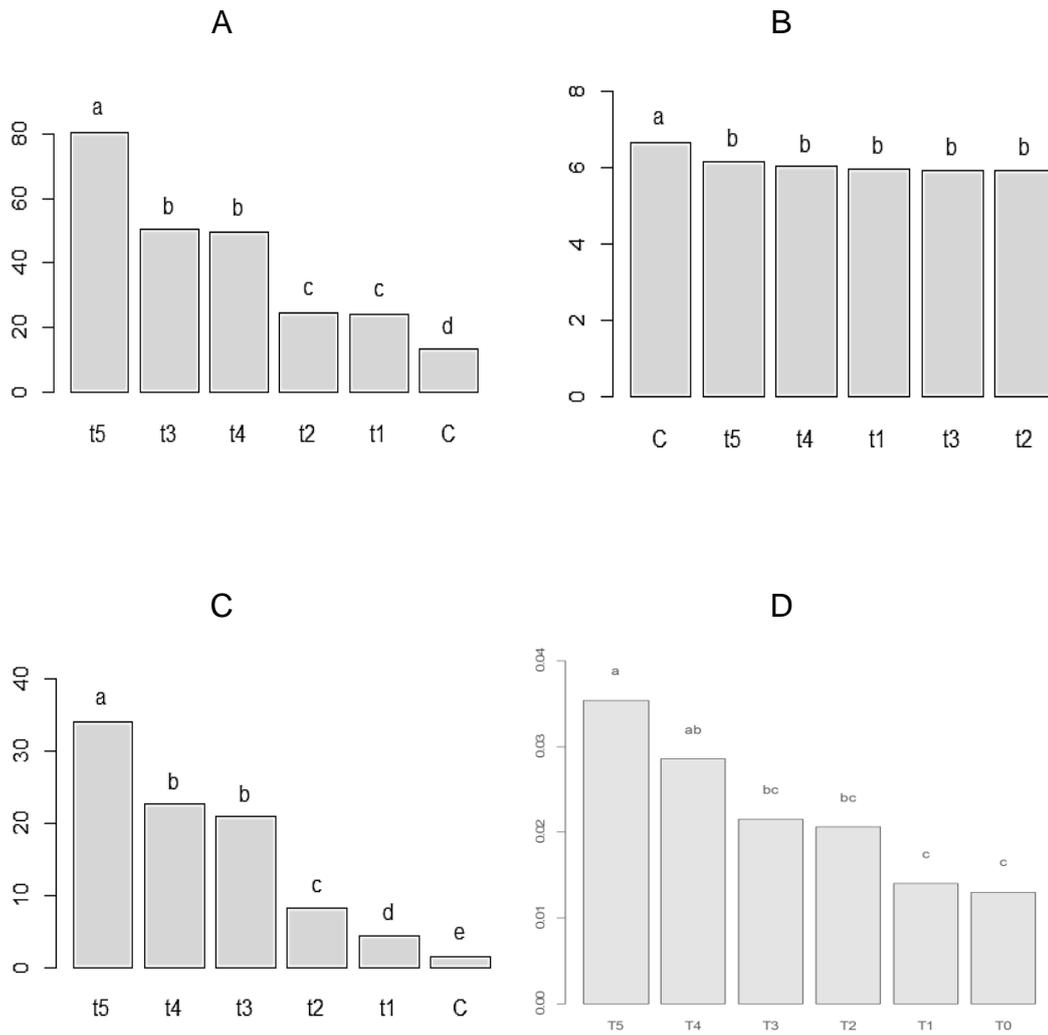


Figura 3. Comparaciones Múltiples con la prueba de Tukey donde letras diferentes indican diferencia significativa con un alfa de 0.05. A: CE; B: pH; C: Turbidez (NTU); D: Concentración de plomo.

DISCUSIÓN

La baja correlación negativa entre el pH y la turbidez en nuestra investigación no fue significativa, resultados que se confirman con los reportes de Betanzos (2013), Mandal (2014) y Feria, Rodiño y Gutiérrez (2016) quienes indican que existe una correlación negativa no significativa entre el pH y la turbidez. La relación negativa entre el pH y la turbidez también fue mencionada por Fonturbel (2005); y se puede explicar debido a que los procesos de descomposición de materia orgánica en los tratamientos con suelo tienden a liberar ácidos que reducen gradualmente los niveles de pH (Bridgewater, 2007;).

La turbidez y la CE presentaron una correlación positiva muy alta; ya que la CE ofrece una medida de los sólidos o sales disueltas en el sistema (Rocha, 2010), mientras la turbidez por su parte representa el contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas (Marcó, 2004), los que aumentaron en función a la disminución del volumen en cada sistema, y se confirman con altos valores de correlación entre 37% (Bradner, 2013) y 78% (Shroff et al., 2015) en otras investigaciones. Aunque los valores de conductividad encontrados podrían relacionarse también, a la presencia de materia orgánica en descomposición flotante, principalmente insectos y otros artrópodos (Urrutia, 2015) encontrados al finalizar la experiencia.

En contraposición a nuestros resultados, Flores (2015) afirma que las sustancias contenidas en el sistema de destilación solar (turbidez) disminuyen la evaporación, lo que no sucedió en nuestro caso, donde las diferentes concentraciones de turbidez no afectaron significativamente el volumen evaporado después de ocho días de experimentación. Wang & Yagoobi (1994) encontraron que la turbidez, juega un papel crítico en la magnitud de la penetración de la radiación solar, y que el efecto de la turbidez en la penetración aumenta con la profundidad del agua; además, la claridad del agua desarrolla un papel significativo en el rendimiento térmico de un estanque solar (Wang &

Yagoobi, 1995), lo que no se evidenció en nuestros resultados probablemente porque la tierra de chacra que se empleó para dar turbidez a las muestras precipitó en el fondo de los envases y otorgó un color oscuro al fondo de las muestras, ejerciendo un efecto de absorbancia de la radiación y poca reflectancia como sucedió en diversos destiladores solares con fondo negro (Armendáriz, 2005; Nandwani, 2005; Esteban, Franco y Fasulo, 2000). Las partículas coloidales flotantes son prácticamente responsables de toda la dispersión de la luz y absorción de la luz en estanques de agua natural (Kirk, 1985), sin embargo, para el caso del sistema KDK, la turbidez no pareció afectar la destilación, lo cual concuerda con los estudios de Ochoa (2009) donde a partir de aguas residuales con el sistema KDK, los cultivos tuvieron una mayor productividad que con el riego tradicional, por lo que el volumen destilado tampoco se vio afectado por las propiedades fisicoquímicas de las aguas residuales.

La alta relación directa entre la turbidez y la concentración de plomo retenido, se explica por la capacidad de las fuentes de carbono, o materia orgánica en descomposición (tierra de chacra en nuestro caso) para adsorber fácilmente los cationes de plomo (Abdel-Ghany et al., 2007; Benhima et al., 2007) y otros metales importantes como el Zn y el Cu (Kazemipour et al., 2008); además, los minerales absorbentes como la zeolita y zeolita acondicionada con FeCl_3 provenientes de rocas volcánicas que se obtienen naturalmente en la tierra, contribuyen también en la adsorción y retención del plomo (Cruz, 2013).

La eficiencia de retención de plomo promedio de los sistemas evaluados (87%) no alcanzó mayores valores, probablemente por la sedimentación del metal, y la pérdida del mismo al verter el contenido para la medición del volumen final. Diversas investigaciones recomiendan acidificar la solución con ácido nítrico (Iglesias et al., 2006) previa a la medición del volumen, hasta obtener un pH menor a 2, y de esta manera evitar la precipitación del plomo (Bakowska, 1997; Van den Beerg et al., 1998; Taylor & Demayo, 1989; DIGESA, 2007; IDEAM, 2004); las muestras en nuestra investigación no fueron acidificadas, lo que pudo afectar los resultados reportados. La evaporación del metal, no afectó los resultados, ya que el plomo requiere temperaturas mayores a los 300°C para

cambiar de estado (Feuerstein et al., 1991), y la experimentación fue desarrollada a temperatura ambiental.

Los sistemas de destilación solar como el KDK han demostrado la producción de agua de excelente calidad con eficiencia en la remoción de sales de hasta un 99% (Barroso & Gil, s.f.; Yabroudi et al, 2011 y Ecoinventos, 2017) y apta para el consumo humano, según las normas mexicanas (De la Cruz, 2015); el sistema KDK es un método de potencial importancia para la micro-agricultura, presentando también eficiencia para remover microorganismos patógenos (Ochoa, 2009). Los resultados de la presente investigación añaden una ventaja adicional al sistema Kondenskompresor al evidenciar que la turbidez no fue un impedimento para la retención del plomo dentro del sistema, sino que por el contrario, tuvo un efecto positivo en su retención.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a Carlos Acosta por su apoyo con el análisis estadístico de los datos y a Sabrina Ruiz Gonzales por su apoyo en la fase de campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Ghani, N. T., Hefny, M., & El-Chaghaby, G. A. (2007). Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsorbents. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 4(1), 67-73.
- Amaguaña, S y Llamba, C (2013). Diseño e implementación de la fase inicial de un sistema de manejo sustentable para suelo y agua en el sector sur oeste de la UPS (Tesis de bachiller).
- ANA (2011). Protocolo nacional de monitoreo de la calidad de agua en cuerpos de agua superficial.
- Armendáriz, S. I., Porta-Gándara, M. A., Foster, R. E., Koutsoukos, P. G., Bautista-Margulis, R. G., Grado, J. A., & Alonso, G. (2005). Estudio de la precipitación de carbonato de calcio en un destilador solar experimental. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 21(1), 5-15.

- Bakowska, E (1997). Determination of Mercury in drinking water samples by ICP-MS using EPA method 200.8.
- Barroso, M y Gil, L (sin fecha). Destilador Solar para usos múltiples. Universidad Católica Andrés Bello.
- Bedregal, P., B. Torres, P. Olivera, M. Ubillus, P. Mendoza, H. Creed-Kanashiro, M. Penny, J. Junco, and L. Ganoza. 2001. Determination of trace elements and heavy metals in agricultural products cultivated at the river Rimac in the city of Lima. Peruvian Institute of Nuclear Energy (IPEN) Chemistry Department. Nutritional Research Institute (IIN) (in preparation).
- Benhima, H., Chiban, M., Sinan, F., Seta, P., & Persin, M. (2008). Removal of lead and cadmium ions from aqueous solution by adsorption onto micro-particles of dry plants. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 61(1), 10-16.
- Betanzos Vega, A., Capetillo Piñar, N., Lopeztegui Castillo, A., Martínez Daranas, B., Rodríguez Ramos, T., & Coello, D. (2013). Variación espacio-temporal de la turbidez y calidad en cuerpos de agua marina de uso pesquero, región norcentral de Cuba, 2008-2010. *Serie Oceanológica*, 12, 24-35.
- Bradner, A. (2013). *Correlations Between Water Quality Parameters and Levels of 4-NP in Water and Sediment of Stroubles Creek Watershed* (Doctoral dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University).
- Bridgewater, P. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología.
- Cruz Arteaga, L. S. (2013). *Remoción de Arsénico y Plomo del agua utilizando minerales adsorbentes*.
- De la Cruz, D. A. (2015). *Eliminación de sales de diferentes fuentes de agua utilizando un destilador solar portátil de cristal filtra sol*.
- DIGESA (2007). *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. Recuperado de: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- Ecoinventos (2017). *Kondenskompresor, técnica de riego solar*. Recuperado de: <https://ecoinventos.com/kondenskompresor-destiladora-solar-goteo-solar/>.
- Esteban, C., Franco, J., y Fasulo, A. (2000). Destilador solar asistido con colector solar acumulador. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 39-41.

- FAO (2015). Informe regional de América del Sur, Centroamérica y Caribe. Recuperado el 02 de junio del 2015.
- FAO (1993). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Recuperado el 19 de junio del 2015.
- Feria-Díaz, J. J., Rodiño-Arguello, J. P., & Gutiérrez-Ribon, G. E. (2016). Behavior of turbidity, pH, alkalinity and color in Sinú River raw water treated by natural coagulants. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (78), 112-118.
- Feuerstein, H., Gräbner, H., Oschinski, J., Horn, S., y Bender, S. (1991). Evaporation of lead and lithium from molten Pb-17Li—Transport of aerosols. *Fusion Engineering and Design*, 17, 203-207.
- Flores, R. (2015). Diseño y construcción de un prototipo de destilador de agua, utilizando energía solar.
- Fonturbel, F. (2005). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del Lago Titikaka (Bolivia). *Ecología aplicada*, 4(1-2), 135-141.
- Galindo Montero, A., Pérez Montiel, J., y Rojano Alvarado, R. (2017). Medidas de adaptación al cambio climático en una comunidad indígena del norte de Colombia. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 20(1), 187-197.
- IDEAM (2014). Determinación de metales pesados totales con digestión ácida—lectura directa por espectrofotometría de absorción atómica. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Metales+en+agua+por+Absorci%C3%B3n+At%C3%B3mica.pdf/e233a63d-378c-4f83-9311-d9375043cf2a>
- Iglesias, M., Hidalgo, M., & Rodríguez, R. (2006). Toma, conservación y tratamiento de muestras,
- INEI (2015). Perú: Anuario de estadísticas ambientales 2015. Lima.
- International Organization for Standards (ISO). 1990. International Standard ISO 7027 – Water Quality – Determination of Turbidity. ISO. Second edition 1990-04-15
- INEI (2017). Informe técnico de estadísticas ambientales - febrero 2017. Lima.
- Juárez Soto, H. S. (2012). Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima Metropolitana (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria La Molina).

- Kazemipour, M., Ansari, M., Tajrobehkar, S., Majdzadeh, M., & Kermani, H. R. (2008). Removal of lead, cadmium, zinc, and copper from industrial wastewater by carbon developed from walnut, hazelnut, almond, pistachio shell, and apricot stone. *Journal of Hazardous Materials*, 150(2), 322-327.
- Kirk, J. T. (1985). Effects of suspensoids (turbidity) on penetration of solar radiation in aquatic ecosystems. *Hydrobiologia*, 125(1), 195-208.
- Mandal, H. K. (2014). Influence of wastewater pH on turbidity. *Int. J. Environ. Res. Dev*, 4(2), 105-114.
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & García, M. D. C. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Revista de Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, 72-82.
- Martinez y del Rio. (2013). Los riegos de apoyo y de socorro de poblaciones forestales.
- Méndez, J. P., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., y García, F. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
- Nandwani, S. S. (2005). Energía solar. Conceptos básicos y su utilización. Universidad Nacional, Heredia (Costa Rica). Jun.
- Ochoa, L. R. (2009). Utilización de aguas residuales en el sistema de goteo solar. Sitio Solar.
- Rocha, E. (2010). Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Taylor, MC; Demayo, A. (1989). Zinc. In: *Guidelines for surface water quality*. Vol. 1. Inorganic chemical substances. Inland waters directorate, water quality branch, Ottawa. Canada, pp 9.
- Urrutia Cobo, N (2015). Técnica de riego por goteo solar. Universidad del Valle, Cali.
- Rocha (2010). Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de agua. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

- Shroff, P., Vashi, R. T., Champaneri, V. A., y Patel, K. K. (2015). Correlation study among water quality parameters of groundwater of Valsad district of south Gujarat (India). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 7(3), 340-349.
- Van Den Beerg, G. A; Loch, J. P, Winkels H. J (1998). Effect of fluctuating hidrological conditions on the mobility of heavy metals in soils of a freshwater estuary in the Netherlands. *Water, earth and soil pollution* 102, 377-388.
- Yabroudi, S; C., Cárdenas, C.; Aldana, L., Núñez, J., y Herrera, L. (2011). Desalinización de agua empleando un destilador solar tubular. *Interciencia*, 36(10), (pp.731-737).
- Wang, J., & Seyed-Yagoobi, J. (1994). Effects of water turbidity and salt concentration levels on penetration of solar radiation under water. *Solar Energy*, 52(5), 429-438.
- Wang, J., & Seyed-Yagoobi, J. (1995). Effect of water turbidity on thermal performance of a salt-gradient solar pond. *Solar energy*, 54(5), 301-308.

V. **RESPUESTA A LAS OBSERVACIONES DE LOS REVISORES.**

1. **Observaciones:**



The Biologist (Lima)



Revista electrónica de la Escuela Profesional de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal (EPB-FCCNM-UNFV) y por ASEFIM Instituto de Capacitación y Consultoría

INSTRUMENTO PARA LA EVALUACIÓN DE ARTÍCULOS POR PARES

Nombre del evaluador: Peer Review 1 y 2

Fecha de la evaluación: 31 / 08 / 2018

Título del artículo:

EFFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA RETENCIÓN DE PLOMO CON EL SISTEMA DE RIEGO KONDENSKOMPRESOR

- | | | |
|--|--|--|
| 1. ¿Es un trabajo inédito y nuevo que contribuye al conocimiento científico en: | | |
| 1. En el Perú | Sí [<input checked="" type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 2. En la región neotropical | Sí [<input checked="" type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 3. En otras partes del mundo | Sí [<input checked="" type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 2. ¿Existe concordancia entre el título, el objetivo o la hipótesis y las conclusiones? | Sí [<input checked="" type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 3. ¿El resumen y el abstract están redactados de acuerdo a las normas de la revista, y están descritos los resultados y las conclusiones más importantes del estudio? | Sí [<input checked="" type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 4. ¿El autor ha cumplido con entregar, en el caso de que sea pertinente, información sobre aspectos éticos? Incluir aspectos éticos | Sí [<input type="checkbox"/>] | No [<input checked="" type="checkbox"/>] |
| 5. ¿Los materiales y métodos están adecuadamente descritos como para que otro investigador pueda repetir el estudio? | Sí [<input checked="" type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 6. ¿El análisis estadístico, si es que sea pertinente para el estudio, es adecuado para presentar los resultados? | Sí [<input checked="" type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 7. Si el artículo trata de la descripción de nuevas taxas, especies o redescrición de especies ¿Se ha consignado el número de depósito del material en una colección reconocida? No aplica | Sí [<input type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 8. ¿Los resultados son claros, concisos y no se repiten , y las figuras o tablas están presentados de acuerdo a las normas de la revista? | Sí [<input type="checkbox"/>] | No [<input checked="" type="checkbox"/>] |
| 9. ¿La discusión está adecuadamente justificada y discutida con apoyo de un mínimo de referencias bibliográficas? | Sí [<input checked="" type="checkbox"/>] | No [<input type="checkbox"/>] |
| 10. ¿Se comentan las limitaciones del estudio en la discusión? No | Sí [<input type="checkbox"/>] | No [<input checked="" type="checkbox"/>] |
| 11. ¿Las referencias bibliográficas son relacionadas al estudio, actuales y están redactadas de acuerdo al estilo de autor y año? | Sí [<input type="checkbox"/>] | No [<input checked="" type="checkbox"/>] |

Calificación final

		Marcar
1	Publicable sin modificaciones	
2	Publicable con modificaciones menores	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Publicable con modificaciones mayores	
4	Reformular el manuscrito	
5	No es publicable por observaciones que se adjuntan	

Observaciones

Título

Resumen

Introducción

Materiales y métodos

Aspectos Éticos y conflictos de interés- Incluir

Resultados

Discusión

Comentar las limitaciones del estudio en la discusión

Referencias bibliográficas

Quisiera hacer las siguientes observaciones generales.

Resto en manuscrito.

2. Respuesta a las Observaciones:

turbidez, conductividad eléctrica, volumen destilado y concentración de plomo retenido. Los resultados obtenidos demuestran que la turbidez no se relacionó significativamente con el volumen destilado ni con el pH; sin embargo, presentó una correlación directa muy elevada con la conductividad eléctrica y el plomo retenido en las muestras; registrado una eficiencia en la retención de plomo del 87%.

Palabras clave: Destilación solar -Kondenskompresor - Plomo - Turbidez.

INTRODUCCIÓN

La agricultura consume el 70% del recurso hídrico a nivel mundial (FAO, 1993), y junto con la ganadería en el Perú, representan el 89% del consumo del agua disponible (FAO, 2015); sin embargo, los controles en la calidad de agua para estas actividades no han sido eficientes, y han generado un sistema paulatino de contaminación, donde las aguas subterráneas y superficiales son afectadas (Méndez *et al.*, 2004). Los diversos agentes contaminantes como efluentes y residuos sólidos están asociados en la mayoría de los casos a la dispersión de

Las aguas del río Rímac (en especial la cuenca alta) en el Perú, se encuentran contaminadas con trazas de metales pesados provenientes de actividades mineras e industriales (Juárez, 2012); donde el plomo, principal agente contaminante, ha excedido el límite máximo permisible de la normativa peruana DS N° 004-2017-MINAM (Estándares de calidad ambiental para agua categoría III), y ha mostrado patrón de incremento desde 1997 hasta el 2002 (Juárez, 2012); asimismo el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima Metropolitana (SEDAPAL) registró que en el mes de enero de 2017, la concentración máxima de plomo (Pb) en el río Rímac alcanzó 1,949 mg·L⁻¹, cifra mayor en 6187,1% a lo registrado en enero de 2016 (0,031 mg·L⁻¹) (INEI, 2017). Por tanto, el río Rímac, se ha convertido en uno de los principales cursos de agua del Perú, donde se descargan aguas residuales sin tratamiento previo (INEI, 2015). Además, la escasa información sobre los efectos de los metales pesados en la agricultura y en el ecosistema (Bedregal *et al.*, 2003), viene

El sistema permite ahorrar enormes cantidades de agua para el riego como cultivar plantas que necesitan para su crecimiento la mejor calidad de agua, es así que el agua que produce el KDK no tiene sal, tampoco nitratos, ni otros contaminantes, por lo que se puede usar para desalinizar el agua marina (Ecoinventos, 2017). El riego KDK ha demostrado ser un tipo de riego viable y efectivo en lo que respecta al control y a la demanda del agua, otorgando en los cultivos una productividad promedio del 60%, ofreciéndose así como una alternativa para el ahorro de agua, siendo eficiente para enfrentar, adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático (Galindo *et al.*, 2017).

La turbidez es un parámetro que ha demostrado dificultades para la evaporación en los destiladores solares (Flores, 2015), así como en la incidencia de la radiación sobre la superficie del agua a destilar (Gonzales, 2011), asimismo el plomo presenta efectos nocivos para el sistema nervioso humano, la producción de células sanguíneas, los riñones, el sistema reproductivo y la conducta (García *et al.*, 2007). La presencia de plomo en el ecosistema también afecta las relaciones planta-agua; el incremento de la permeabilidad de las raíces; la inhibición de la fotosíntesis y respiración; y la modificación de las actividades de algunas enzimas metabólicas (Peris, 2005).

Comentarios

PhD 31 de agosto de 2018
Palabras claves deben ser ordenadas alfabéticamente

Yazmin Leon Casos
Corregido

Comentarios

PhD 31 de agosto de 2018
Citar la norma peruana

Yazmin Leon Casos
Corregido

Comentarios

PhD
Adicionar un párrafo de la importancia del plomo y de la turbidez

Yazmin Leon Casos
Incorporado

estadísticos se realizaron a través del software estadístico MINITAB versión 16, con un nivel de confianza de 95%.

Durante la experimentación no se trató con animales o seres humanos por lo que no hubo conflicto de intereses éticos.

RESULTADOS

El comportamiento promedio del pH a lo largo de la investigación mostró valores muy similares, con un promedio mínimo de 5,92 en T₂, y un promedio máximo de 6,67 en el control (Tabla 1), sin embargo, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, indica que el control presentó diferencias significativas con el resto de tratamientos (Tabla 1, Figura 2); la variable turbidez se relacionó de forma inversa con el pH (r: -0,28) aunque esta relación no fue significativa (p: 0,25); los cambios de pH no se relacionaron con las diferentes concentraciones de turbidez en el ensayo, ya que todos los tratamientos (T₁; T₂; T₃; T₄ y T₅) fueron significativamente iguales según la prueba estadística (Tabla 1, Figura 2).

La alta relación directa entre la turbidez y la concentración de plomo retenido, se explica por la capacidad de las fuentes de carbono, o materia orgánica en descomposición (tierra de chacra en nuestro caso) para adsorber fácilmente los cationes de plomo (Abdel-Ghany et al., 2007; Benhima et al., 2007) y otros metales importantes como el Zn y el Cu (Kazemipour et al., 2008); además, los minerales absorbentes como la zeolita y zeolita acondicionada con FeCl₃ provenientes de rocas volcánicas que se obtienen naturalmente en la tierra, contribuyen también en la adsorción y retención del plomo (Cruz, 2013). En ese sentido, la turbidez para el presente estudio fue otorgada por tierra de chacra, la cual contenía compuestos orgánicos que pudieron tener un efecto positivo en la adsorción y retención del plomo, sin embargo no se estudió la composición de la tierra de chacra o los compuestos que pudieron ocasionar dicho efecto, por lo que esto fue una limitante.

menor a 2, y de esta manera evitar la precipitación del plomo (Taylor & Demayo, 1989; Van den Berg et al., 1998; IDEAM, 2004; DIGESA, 2007); las muestras

en nuestra investigación no fueron acidificadas, lo que pudo afectar los resultados reportados. La evaporación del metal, no afectó los resultados, ya que el plomo requiere temperaturas mayores a los 300°C para cambiar de estado (Feuerstein et al., 1991), y la experimentación fue desarrollada a temperatura ambiental. El análisis de plomo retenido se realizó a partir de la muestra contenida dentro del sistema, sin embargo el análisis de la concentración de Plomo en el agua destilada proveería datos más exactos sobre la retención del metal.

Comentarios

 Yazmin Leon Casos Hace un instante
Se añade la ausencia de conflictos éticos.

Comentarios

 Yazmin Leon Caso
Limitante de la discusión añadida

Comentarios

 Yazmin Leon Caso
Limitación de la experimentación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Ghani, N. T., Hefny, M., & El-Chaghaby, G. A. 2007. Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsorbents. International Journal of Environmental Science & Technology, 4(1), 67-73.
- Amaguaña, S. & Llamba, C. 2013. *Diseño e implementación de la fase inicial de un sistema de manejo sustentable para suelo y agua en el sector sur oeste de la UPS*. Tesis de bachiller, Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2016. *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Autoridad Nacional del Agua, Lima, consultado el 01 de septiembre de 2018, < <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209> >
- Armendáriz, S. I., Porta-Gándara, M. A., Foster, R. E., Koutsoukos, P. G., Bautista-Margulis, R. G., Grado, J. A., & Alonso, G. 2005. Estudio de la precipitación de carbonato de calcio en un destilador solar



Comentarios

PhD 31 de agosto de 2018
Falta universidad y ciudad

Yazmin Leon Casos
CORREGIDO, Bibliografía en formato solicitado.

VI. ABREVIATURAS

ANA: Autoridad Nacional del Agua.

ANOVA: Análisis de la varianza.

CE: Conductividad eléctrica

Desv. Est: Desviación estándar.

DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

KDK: Sistema de riego Kondenskompresor

MINAM: Ministerio del Ambiente.

NTU: Unidades nefelométricas de turbidez.

Pb: Plomo

pH: Potencial de hidrógeno

SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.

Zn: Zinc

VII. ANEXOS:

Anexo 1. Carta de aceptación del artículo científico

Lima, Septiembre 4, 2018

Carta 0093-BL-2018-A

Sres. Autores

Yazmín León & Armando Vélez-Azañero

Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de Ingeniería Ambiental. Panamericana sur Km 19. Lima 42.

Asunto: Carta de Aceptación de manuscrito.

A través de la presente lo saludamos cordialmente, y a la vez, me complace en informarle que en nombre del Comité Editor de la revista *The Biologist (Lima)*, **certifico que ha sido aceptado para su publicación el 04 de septiembre del 2018**, el artículo original titulado "EFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA RETENCIÓN DE PLOMO CON EL SISTEMA DE RIEGO KONDENSKOMPRESOR".

La revista *The Biologist (Lima)* actualmente se encuentra indizada en: Academia.edu share research. Academic Journals Database (Switzerland). Biblioteca CCG-IBT UNAM-México. Biblioteca Virtual de Biotecnología para las Américas. *The Biologist (Lima)*- Sistema de Bibliotecas de la UNMSM. Index Copernicus. CiteFactor – Academic Scientific Journals. Directory of Open Access scholarly Resources. e-DIALNET. Electronic Journals Index –San Jose State University. eJournal Navigator. e-Library - The University of Chicago. Google Scholar. Hinari – Research in Health. Journal Beardslee Library. journals4free. Latindex (Sistema Regional de Información en línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal). Open Academic Journals Index.Open Access Library. Örebro University Library – Electronic and Print Journals. Ornithology Exchange. Periódica – Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias. Pubget. Qualis Capes –B4. Recoleta-Recolector de Ciencia Abierta. Searching across Sussex and Brighton University Libraries. Sherpa-Romeo. St. John’s University Library. Thomson Reuters-Web of Knowledge (ISI)-Zoological Record. Universia-Biblioteca de Recursos. University of Guelph – Library. University of Saskatchewan Library. WordCat.

La revista *The Biologist (Lima)* sigue lo señalado en la resolución Rectoral UNFV: 2819-2018-CU-UNFV con relación al Reglamento que norma el repositorio científico y uso del software antiplagio de la Universidad Nacional Federico Villarreal del 8 de junio del 2018.

Es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal y agradezco su colaboración con nuestra revista.

Cordialmente,

.....
 Dr. José Alberto Iannacone Oliver
Editor-in-chief
The Biologist (Lima)



Anexo 2. Carta de aprobación de Comité de Ética

Lima, Septiembre 5, 2018

Carta 0093-BL-2018-B



Sres. Autores

Yazmín León & Armando Vélez-Azañero

Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de Ingeniería Ambiental. Panamericana sur Km 19. Lima 42.

Asunto: Carta de Aceptación de manuscrito.

A través de la presente lo saludamos cordialmente, y a la vez, me complace en informarle que en nombre del Comité Editor de la revista *The Biologist (Lima)*, certifico que el artículo original titulado "EFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA RETENCIÓN DE PLOMO CON EL SISTEMA DE RIEGO KONDENSKOMPRESOR" ha sido evaluado por los árbitros especializados (peer-review) quienes han tomado en consideración la **Resolución 2558-CU-2018 del 10 de abril del 2018 con relación al código de ética y las buenas prácticas para la investigación**, en especial el artículo y considerando 8.3 con relación al cuidado del medio ambiente y respeto a la biodiversidad, dando observaciones en el **INSTRUMENTO PARA LA EVALUACIÓN DE ARTÍCULOS POR PARES**, las cuales fueron levantadas por los autores del manuscrito.

Es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal y agradezco su colaboración con nuestra revista.

Cordialmente,

.....
Dr. José Alberto Iannacone Oliver
Editor-in-chief
The Biologist (Lima)



Anexo 3. Resolución directoral de aprobación e inscripción del proyecto de tesis



RESOLUCIÓN DIRECTORAL DE ACEPTACIÓN E INSCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE TESIS Y NOMBRAMIENTO DEL ASESOR DE LA INVESTIGACIÓN

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°088 -2016-EIA-FCA-CIENTIFICA

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Lima, 06 de Setiembre del 2016

VISTO:

El Informe técnico del Comité de Investigación de la Facultad, aprueba el Proyecto de Tesis: **"EFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA KONDENSKOMPRESOR PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO EN EL AGUA"** presentado por doña **YAZMÍN ALEJANDRA LEÓN CASÓS** con código de matrícula **N°100004189**.

CONSIDERANDO:

Que de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** en la Facultad de **CIENCIAS AMBIENTALES/ Escuela de INGENIERÍA AMBIENTAL**, la bachiller de la especialidad de **INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL** debe desarrollar la Tesis titulada **"EFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA KONDENSKOMPRESOR PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO EN EL AGUA"**. La bachiller ha presentado los expedientes correspondientes y efectuado los pagos respectivos. Estando a lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos, las disposiciones vigentes y en uso de las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el Proyecto de Tesis titulado **"EFECTO DE LA TURBIDEZ EN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA KONDENSKOMPRESOR PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO EN EL AGUA"** de la bachiller **YAZMÍN ALEJANDRA LEÓN CASÓS** con código de Matrícula **N°100004189**; así como, nombrar como el Asesor para el desarrollo de la Tesis en mención a **Blgo. ARMANDO JESUS EDILBERTO VÉLEZ AZAÑERO**.

Regístrese, comuníquese y archívese



MSc. ANNA ZUCCHETTI

Directora

Escuela de Ingeniería Ambiental

Anexo 4. Instrumentos usados en la investigación y demás información de utilidad

4.1 Materiales:

- Botellas de polietileno de 5 L.
- Botellas de polietileno de 2,5 L.
- Agua destilada.
- Recipientes de polietileno de 500 mL
- Acetato de plomo (Sal).
- Tierra de chacra.
- Probetas de 250 mL de vidrio Pyrex, estilo Griffin.
- Malla metálica hexagonal galvanizada de ¾ pulgada-10 metros.
- 4 Estacas de madera de 1 m.
- Una pala de acero al carbono.
- Regla metálica de 50 cm.
- Tijeras.
- Mortero de porcelana con pistilo.

4.2 Equipos:

- Espectrofotómetro de adsorción atómica marca Varian modelo AA240FS.
- Piranómetro marca Davis Instrument modelo Vantage Pro2.
- Conductímetro marca Hanna modelo HI 9835.
- Potenciómetro marca Hanna modelo HI 9813.
- Hidrómetro marca Coolbox modelo TH-439.
- Turbidímetro marca Orion modelo AQ3010.

4.3 Información de utilidad:

a. Concentraciones de plomo en la Estación del Puente Morón del Río Rímac.

sedapal	FORMULARIO ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS EN EL RÍO RIMAC	Código: GFF0038 Revisión : 09 Aprobado: CTL - EOP Fecha: 2012.02.06 Página : 1 de 1
----------------	---	---

E-11 Río Rímac, puente Ricardo Palma, Carretera Central Km 38.
 E-15 Río Rímac, puente Morón, Carretera Central Km 23.

Coordenadas UTM
 0319143/8681493
 0305663/8675307

AÑO: 2015

PUNTOS DE MUESTREO	Nº	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
		Código de Laboratorio	Código	E-11	E-15	E-11	E-15	E-11	E-15	E-11	E-15	E-11	E-15	E-11	E-15	E-11	E-15								
pH	unidades		8.10 8.30	8.40 8.20	8.50 8.30	8.40 8.40	8.60 8.50	7.50 7.80	7.40 8.00	8.00 7.70	7.20 7.80	7.30 7.00	7.60 7.80	7.70 7.50											
Turbiedad	U.N.T.		6.06 6.80	10.75 13.80	30.4 26.9	15.0 13.6	26.2 6.9	4.9 5.1	10.4 5.3	8.75 26.40	1.62 6.85	5.28 4.39	1.90 38.90	7.42 14.20											
C. E.	umho/cm		659.0 572.0	451.0 381.0	499 428	496.0 411.0	698.0 543.0	784.0 818.0	782.0 528.0	808 524	841 461	846 459	843 519	834 524											
Plomo	mg/L		0.0014 0.0081	0.0172 0.0113	0.0146 0.0112	0.0094 0.0088	0.0473 0.0103	0.0047 0.0044	0.0128 0.0091	0.0080 0.0206	0.0023 0.0091	0.0044 0.0062	0.0044 0.0119	0.0407											

Miriam Vasquez Osorio
 QUILA MIRIAN VASQUEZ OSORIO
 QQP N° 432

b. Figuras:



Figura 1. Potenciómetro, turbidímetro y conductímetro empleados en las mediciones durante la ejecución del experimento.



Figura 2. Colocación de la tierra previamente pesada por tratamiento.



Figura 3. Mediciones de pH.

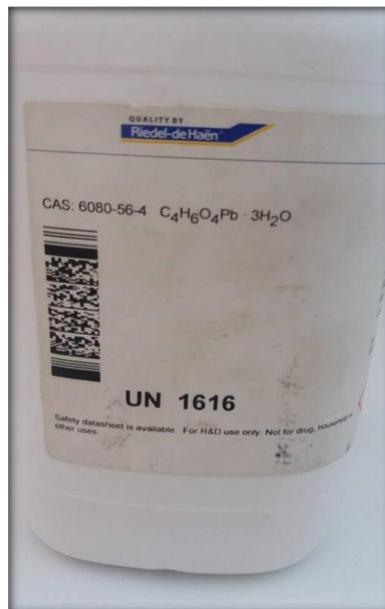


Figura 4. Acetato de plomo empleado en la preparación de Muestras.



Figura 5. Materiales empleados para la experimentación: Agua destilada y malla perimetral.



Figura 6. Fijación de las botellas de 5 litros en el suelo.

c. Resultados finales de concentración de Plomo en las muestras.



INFORME DE ENSAYO N° 3-10002/16

Pág. 1/2

Solicitante : LEON CASOS, YAZMIN ALEJANDRA
 Domicilio legal : Calle Doña Delmira N° 320 Dpto B 201 - Santiago De Surco - Lima - Lima
 Producto Declarado : AGUA DESTILADA
 Cantidad de muestra para ensayo : 29 muestras x 300 mL c/u.
Muestra proporcionada por el solicitante
 Forma de Presentación : En botella pet, cerrada, y conservada a temperatura ambiente
 Identificación de la muestra : Según se indica
 Fecha de Recepción : 2016 – 09 – 28
 Fecha de Inicio del ensayo : 2016 – 09 – 29
 Fecha de Término del ensayo : 2016 – 10 – 03
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificado con : H/S 16015532 (EXMA-17301-2016)
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Muestras	Ensayos / Resultados
	Plomo (mg/L) (LD: 0,0020 mg/L)
R1T0	0,0172
R1T1	0,0202
R1T2	0,0198
R1T3	0,0220
R1T4	0,0289
R1T5	0,0347
R2T0	0,0151
R2T1	0,0178
R2T2	0,0271
R2T3	0,0258
R2T4	0,0240
R2T5	0,0546
R3T0	0,0153
R3T1	0,0094
R3T2	0,0123
R3T3	0,0213
R3T5	0,0400
R4T0	0,0082
R4T1	0,0104
R4T2	0,0196

LD: Límite de detección





INFORME DE ENSAYO N° 3-10002/16

Pág. 2/2

Muestras	Ensayos / Resultados
	Piomo (mg/L) (LD: 0,0020 mg/L)
R4T3	0,0153
R4T4	0,0283
R4T5	0,0209
R5T0	0,0091
R5T1	0,0122
R5T2	0,0243
R5T3	0,0236
R5T4	0,0332
R5T5	0,0267

LD: Límite de detección

Método:

Plomo: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part 3113B, 22 nd Ed.2012. Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de Octubre de 2016
KC

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS