



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Compostaje de cáscara de naranja para la mejora de la calidad de
suelos degradados por Pb y Zn, río Rímac 2023.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Carbajal Chian, Francisco Alberto (orcid.org/0009-0000-4655-8374)

Landauro Mantilla, Julio (orcid.org/0000-0002-4863-303X)

ASESOR:

Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio (orcid.org/0000-0001-6837-7347)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

Dedicatoria

A nuestros padres por su guía y fortaleza día a día brindándonos todo su apoyo incondicional así mismo sus valores que nos han inculcado y estuvieron siempre pendiente de lograr nuestros objetivos.

A nuestros hermanos que nos brindaron su confianza y a nuestros maestros que han sido parte fundamental en esta etapa académica, enseñanza, experiencias y conocimientos brindados a nuestra formación profesional, a los colegas y compañeros de estudio quienes siempre apoyaron nuestro desarrollo y crecimiento y por sus buenos deseos.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por darnos la vida y poner en nuestro camino y a todos los profesionales que aportan a nuestra carrera universitaria, así mismo a nuestros padres quienes día a día nos brindaron su total apoyo así mismo agradecer a nuestro asesor Dr. Acosta Suasnabar Horacio Eusebio que gracias a su guía se logra culminar la presente investigación.

Declaratoria de Autenticidad del Asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, , docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Compostaje de cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos degradados por Pb y Zn, río Rímac 2023.", cuyos autores son CARBAJAL CHIAN FRANCISCO ALBERTO, LANDAURO MANTILLA JULIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud del 18.00 %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

Hemos revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
DNI: 08306575 ORCID: 0000-0001-6837-7347	Firmado electrónicamente por: EACOSTAS el 21-12- 2023 08:59:42

Código documento Trilce: INV - 1545539



Declaratoria de Originalidad de los Autores



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CARBAJAL CHIAN FRANCISCO ALBERTO, LANDAURO MANTILLA JULIO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Compostaje de cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos degradados por Pb y Zn, río Rímac 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
FRANCISCO ALBERTO CARBAJAL CHIAN DNI: 72430915 ORCID: 0009-0000-4655-8374	Firmado electrónicamente por: FCARBAJALCH el 17- 12-2023 23:23:24
JULIO LANDAURO MANTILLA DNI: 10159170 ORCID: 0000-0002-4863-303X	Firmado electrónicamente por: JLANDAUROM el 17- 12-2023 23:09:20

Código documento Trilce: TRI - 0699242

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III METODOLOGÍA.....	15
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2 Variables y operacionalización.....	15
3.3 Población, muestra y muestreo.....	16
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5 Procedimientos.....	18
3.6 Método de análisis de datos.....	28
3.7 Aspectos éticos.....	28
IV. RESULTADOS.....	29
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS.....	61

Índice de tablas

Tabla 1. Características del compost de la cáscara de naranja	29
Tabla 2. Prueba de normalidad según características del compost	41
Tabla 3. Prueba de T-Student según características del compost	41
Tabla 4. Prueba de normalidad de remoción de metales tóxicos según Dosis	.42
Tabla 5. Anova de remoción de metales tóxicos según dosis	42
Tabla 6. HSD Tukey de la remoción de plomo según dosis	43
Tabla 7. HSD Tukey de la remoción de zinc según dosis	43
Tabla 8. Prueba de normalidad de remoción de metales tóxicos según tiempo	44
Tabla 9. Anova de remoción de metales tóxicos según tiempo	44
Tabla 10. HSD Tukey de la remoción de plomo según tiempo	45
Tabla 11. HSD Tukey de la remoción de zinc según tiempo	45
Tabla 12. Prueba de normalidad según propiedades fisicoquímicas	46
Tabla 13. Prueba de T-Student de los parámetros fisicoquímicos	46

Índice de figuras

Figura 1. Reacciones químicas en el proceso de compostaje	12
Figura 2. Diferentes fases del proceso de compostaje	13
Figura 3. Ubicación del lugar de estudio	17
Figura 4. Proceso de compostaje de cáscara de naranja	18
Figura 5. Proceso de Remoción de metales tóxicos Pb y Zn	18
Figura 6. Recolección de muestra	19
Figura 7. Muestra de calicata realizada en el suelo	19
Figura 8. Extracción de muestras de suelo	19
Figura 9. Vaciado de suelo en bolsas de membrana plástica	20
Figura 10. Bolsas etiquetadas	20
Figura 11. Recolección de Residuo cáscara de naranja	21
Figura 12. Cortar en pequeños tamaños	21
Figura 13. Incorporación de aserrín	21
Figura 14. Incorporación de ceniza	22
Figura 15. Proceso de volteo	22
Figura 16. Obtención del compost	22
Figura 17. Distribución de unidades experimentales	23
Figura 18. Pesaje de suelo contaminado	24
Figura 19. Colocación de suelo en mufla	24
Figura 20. Pesaje de suelo contaminado	25
Figura 21. Secado de suelo	25
Figura 22. Almacenamiento en desecador	26
Figura 23. Pesaje de muestra de suelo	26
Figura 24. Calibración de pHmetro	27
Figura 25. Medición del pH del suelo	27

Figura 26. Medición de la conductividad del suelo	28
Figura 27. Concentración de plomo según dosis	30
Figura 28. Concentración de zinc según dosis	31
Figura 29. Concentración de plomo según dosis	32
Figura 30. Concentración de zinc según el tiempo	33
Figura 31. Potencial de hidrógeno del suelo	34
Figura 32. Materia orgánica del suelo	35
Figura 33. Conductividad eléctrica del suelo	36
Figura 34. Humedad del suelo	37
Figura 35. Nitrógeno del suelo	38
Figura 36. Fósforo del suelo	39
Figura 37. Potasio del suelo	40

RESUMEN

La degradación de las propiedades fisicoquímicas del suelo representa un serio desafío ambiental a escala global. En la cuenca del río Rímac, la actividad minera ha generado un impacto considerable, con relaves líquidos y sólidos que son arrastrados y dispersados aguas río abajo. Nuestra investigación se centró en mejorar la calidad de los suelos degradados en la ribera del río Rímac, afectados por la presencia de metales tóxicos disueltos como el plomo (Pb) y el zinc (Zn). Para ello, recurrimos al uso de compost de cáscara de naranja como agente de mejora del suelo. El estudio se desarrolló a través de nueve tratamientos distintos, utilizando recipientes de madera. Cada tratamiento implicó el uso de 4, 8 y 12 kg de muestras de suelos degradados, a los que se añadieron 1, 2 y 3 kg de compost de cáscara de naranja, respectivamente. Cada tratamiento se llevó a cabo durante un período de 50, 55 y 60 días. Los resultados más prometedores se obtuvieron en el tratamiento 3, que consistió en la aplicación de 3 kg de compost durante 60 días. En este caso, se logró una remoción del 91.3% de Pb y del 89.33% de Zn. En resumen, esta tecnología demostró ser efectiva para la remoción de metales tóxicos, ofreciendo una solución viable para la mejora de la calidad del suelo en la cuenca del río Rímac.

Palabras Clave:

Compostaje, cáscara de naranja, plomo, suelos degradados, zinc.

ABSTRACT

The degradation of the physicochemical properties of the soil represents a serious environmental challenge on a global scale. In the Rímac River basin, mining activity has generated a considerable impact, with liquid and solid tailings being carried and dispersed downstream. Our research focused on improving the quality of degraded soils on the banks of the Rímac River, affected by the presence of dissolved toxic metals such as lead (Pb) and zinc (Zn). To achieve this, we employed the use of orange peel compost as a soil improvement agent. The study was conducted through nine different treatments using wooden containers. Each treatment involved the use of 4, 8, and 12 kg of degraded soil samples, to which 1, 2, and 3 kg of orange peel compost were added, respectively. Each treatment was carried out over a period of 50, 55, and 60 days. The most promising results were obtained in Treatment 3, which involved the application of 3 kg of compost for 60 days. In this case, a removal of 91.3% of Pb and 89.33% of Zn was achieved. In summary, this technology proved to be effective for the removal of toxic metals, offering a viable solution for improving soil quality in the Rímac River basin.

Keywords:

Compost, orange peel, lead, degraded soils, zinc.

I. INTRODUCCIÓN

La pérdida de las propiedades fisicoquímicas del suelo es un grave problema e impacto ambiental, ya que este recurso natural tarda mucho tiempo en formarse y, por ende, en restaurarse (Olowoake et al., 2018). Gran parte de los suelos del planeta ha sido afectada en gran medida en sus características fisicoquímicas, principalmente debido al desgaste y disminución de sus nutrientes, así como a la acidificación (FAO, 2017). Esto se debe a la degradación física, química y biológica, además de los factores antropogénicos y económicos, lo que afecta sus propiedades y reduce su fertilidad (Ruiz, 2023).

La contaminación ambiental producida por actividades antropogénicas y prácticas en las actividades mineras, generan desechos peligrosos, con niveles altos de contaminantes que se acumulan en el suelo (Yépez 2021). Diversos estudios físico-químicos del suelo revelan que, metales pesados como arsénico y plomo, vienen concentrándose en la capa superficial del suelo, generando un riesgo latente para las actividades ganaderas, agrícolas y, el ser humano (Jiménez & Raymundo, 2019).

En América Latina, los países con mayor desarrollo minero son Chile y Perú. En Chile, se diagnosticaron que los suelos de la ciudad de Copiapó se encontraban contaminados por arsénico producto de los relaves mineros, superando el 90% de concentraciones de las muestras (Cortés, 2022). En la zona andina del Perú, la acumulación de arsénico y plomo en los suelos se encuentra en un nivel moderado-fuerte, que otorga acidez (4.1) y reducción de la materia orgánica (0.8%) al suelo volviéndola infértil (Fernández *et al.*, 2022). En particular en la ciudad de La Oroya, se realizaron labores de fundición por más de 90 años, impactando con plomo los suelos, sobrepasando los 9000 mg/kg que supera ampliamente lo establecido por el ECA suelo (Arce & Calderón, 2017).

En el Perú, el Ministerio de Salud en el 2018, reportó que 4.867 personas están afectadas por metales pesados en el país as mismo, hubo 140 infracciones por incumplimientos ambientales, de las cuales 135 fueron por

presencia excesiva de metales pesados, que se relacionan a los 8.854 pasivos ambientales por actividad minera reportados en el 2017 (Córdova, 2019).

Por otro lado, cada año aumenta la generación de residuos sólidos orgánicos en países en desarrollo, ya que a medida que estos países no experimentan desarrollo, presentan una mayor proporción en la generación de residuos orgánicos. En contraste, en economías con un índice económico más alto, se produce alrededor del 50 % de residuos secos en todas sus regiones (Banco Mundial, 2018).

En Perú, se generan aproximadamente 13 toneladas de residuos sólidos domiciliarios por día, lo que equivale a 4,745 toneladas anualmente; de este total, el 73,7% fue recogido por las Entidades Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPSRS) estatales, y el 19,7% fue dispuesto en rellenos sanitarios. De esto se desprende que los residuos orgánicos constituirían la mitad de los residuos domésticos que terminan en los vertederos (Ministerio del Ambiente, 2017).

Según Barnossi y Moussaid (2021) la naranja es un cultivo relevante que alcanzó una producción mundial de 31,7 millones de toneladas métricas en 2019, siendo Brasil y Estados Unidos los principales productores responsables del 30% y 10%, respectivamente, de la producción global. El nivel productivo sigue aumentando como resultado del excesivo consumo.

En la actualidad, el residuo de la naranja se incorpora junto con otros residuos, lo que resulta en la falta de un manejo adecuado para dicho residuo. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es reaprovechar dicho residuo mediante su aplicación en la técnica de compostaje, con el fin de recuperar suelos degradados por metales tóxicos.

Para la generación de compost, se utilizan los restos de naranja, los cuales son muy ricos en especies de hongos y bacterias, adquiriendo una capacidad supresora debido a la acción antagónica de sus comunidades microbianas. Por lo tanto, aportan nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo, calcio, entre otros micronutrientes (Labarca, 2018), los cuales, al incorporarse en el suelo, tienen efectos positivos como el mejoramiento de su fertilidad y nutrición (Suárez *et al.*, 2013).

Bajo ese contexto, la justificación del estudio se direcciona a dos aspectos. En el aspecto Social, se mejorará la calidad de suelos degradados con la finalidad que puedan ser aprovechados para la siembra de plantas, frutas o verduras para el consumo humano. En el aspecto Ambiental, se utilizará una tecnología de tratamiento basada en el uso de biomateriales (cáscaras de residuos) para eliminar la carga de contaminantes (metales pesados) en el suelo, restaurándolo y preservando la biodiversidad.

Ante esta situación descrita se plantea responder al **problema general**:

¿Cómo el compost de cáscara de naranja mejora la calidad de suelos degradados por metales tóxicos?; y **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características del compost con cáscara de naranja?, ¿Cuál es la mejor dosis para degradar los suelos contaminados por metales tóxicos?, ¿Cuál es el tiempo necesario para degradar los suelos contaminados por metales tóxicos?, ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas de suelos degradados por metales tóxicos a partir del uso compostaje de la cascara de naranja, rio Rímac 2023?.

Para resolver las interrogantes formuladas, se plantea como **objetivo general**: Utilizar el compost de cáscara de naranja para la mejora de la calidad del suelo degradado por metales tóxicos, del cual se desprenden los objetivos **específicos**: (1) Determinar las características del compost de la cáscara de naranja para recuperar los suelos contaminados por metales tóxicos. (2) Identificar la mejor dosis de compost para recuperar los suelos contaminados por metales tóxicos. (3) Identificar el tiempo necesario para

recuperar los suelos contaminados por metales tóxicos. (4) Determinar las propiedades fisicoquímicas de suelos degradados por metales tóxicos a partir del uso compostaje de la cáscara de naranja, río Rímac 2023.

Para la orientación y delimitación del estudio se planteó como hipótesis general: El compostaje con cáscara de naranja mejora la calidad de los suelos degradados por metales tóxicos Río Rímac 2023; y como hipótesis específicas: (1) Las características de la cáscara de naranja recuperan la calidad del suelo degradado por metales tóxicos, río Rímac 2023. (2) La dosis utilizada para la recuperación de suelos por metales tóxicos es la adecuada. (3) El tiempo para la aplicación del compost con cáscara de naranja para la recuperación de suelos degradados por metales tóxicos es la adecuada. (4) Las propiedades fisicoquímicas de suelos contaminados por metales tóxicos varían a partir del uso de compost de cáscaras de naranja.

II. MARCO TEÓRICO

El uso de cáscara de fruta para sistema de compostaje utilizando un método que combina bacterias funcionales con materiales adsorbentes para la remoción de metales tóxicos, especialmente en el tratamiento con esponja (19,09%) y en el tratamiento con algodón (26,36%). Además, también se observó un importante movimiento de metales pesados desde el exterior hacia la columna de adsorbente. Además, demostraron que las bacterias nativas permiten la eliminación de Pb, Cd y Cr. En conclusión, la combinación de bacterias nativas y materiales adsorbentes fue efectiva para eliminar metales pesados del sistema de compostaje (Yang *et al*, 2019).

Los efectos del biocarbón, el compost y su combinación sobre la disponibilidad de metales pesados en el suelo mostraron que en comparación con la adición por separado de biocarbón o compost, su aplicación combinada fue más efectiva para mejorar el pH del suelo, materia orgánica, carbono orgánico y potasio disponible. Además, todos los tratamientos redujeron significativamente la disponibilidad de Cd, Zn, As y Cu. En conclusión, el biocarbón, el compost y su combinación tienen efectos significativos sobre las características fisicoquímicas, la disponibilidad de metales y las actividades enzimáticas en suelos contaminados con metales pesados (Tang *et al*, 2020).

El uso de biocarbón co-compostado (COMBI) obtenido mediante la adición de biocarbón al comienzo del proceso de compostaje, mostraron que la calidad del biocarbón y del compost mejora en gran medida durante el proceso de co- compostaje, lo que a su vez mejoró la salud del suelo, la eliminación de metales pesados y el rendimiento de los cultivos hasta en un 300% en algunos casos particulares. En conclusión, la aplicación a largo plazo de COMBI produce alteraciones en la química de su superficie, la adsorción de nutrientes iónicos, el suministro (efecto de envejecimiento) y las implicaciones ambientales. (Antonangelo *et al*, 2021).

Las funciones agronómicas del compost con biocarbón. mejora su rendimiento y el proceso de humificación, mejorar las actividades microbianas, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y NH_4 , e inmoviliza metales pesados y contaminantes orgánicos. La aplicación combinada de biocarbón y compost permite un mejor rendimiento y un alto valor agrícola cuando se aplica al suelo. (Guo *et al*,2020).

El uso del compost de estiércol como un método de enmienda del suelo para la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados. En lo metodológico, realizaron experimentos en macetas para estudiar los efectos de diferentes dosis de compost de estiércol (0, 20, 40, 60, 80 y 100 g/kg de compost al suelo) sobre la distribución de Cu y Zn en el suelo de la rizosfera y la acumulación de los mismos por *Brassica juncea* durante el proceso de fitorremediación. Los resultados indicaron que el valor de pH, conductividad eléctrica y nutrientes (N alcalino, Olsen-P y Olsen-K) aumentaron con la adición de compost. Las concentraciones metales pesados disminuyeron con una dosis eficiente de 60 g/kg de compost. Los coeficientes de bioacumulación alcanzaron valores máximos de 1,44 y 1,35 en las partes aéreas y subterráneas de *B. juncea*. En conclusión, es posible eliminar metales pesados a partir de la aplicación de compostaje de estiércol. (Huang *et al*,2020).

Utilizaron cáscaras de naranja y cáscaras de plátano como fertilizante añadido al suelo. Se investigaron tres muestras de suelo. mediante la adición de residuos orgánicos de cáscaras de frutas en polvo de naranja y plátano. Las dosificaciones de cada tipo de cáscaras utilizadas en 2000 g de suelo fueron de 500 g. Las muestras se midieron aplicando EDXRF. El contenido de nutrientes N,P, K de tres muestras de suelo fue determinado por método químico instrumental. En conclusión, los fertilizantes químicos se pueden sustituir por el polvo de cáscara de fruta para proteger el suelo de la infertilidad. Estos materiales de cáscara de fruta no suponen ningún coste y, por lo tanto, ayudan a convertir estos residuos en un recurso aprovechable. (Pa & Yadanar,2021).

El uso de vermicompost con los residuos de piel de naranja mediante, se añadió material de carga (LM) que incluía residuos vegetales y cáscaras de huevo a tres mezclas diferentes: M1 (50% OP + 50% LM), M2 (40% OP + 60% LM) y M3 (60% OP + 40% LM). Para acondicionar el sustrato para lombrices (*Eisenia fétida*), los resultados mostraron que todas las mezclas cumplieron con los requisitos para una lombricomposta de calidad; sin embargo, las concentraciones más altas de nitrógeno total se obtuvieron en las mezclas M1 y M2. El tiempo total necesario para la degradación de los residuos de OP fue en 13 semanas. (Medina *et al*,2020).

El uso compost de desechos diferentes mezclando desechos domésticos y desechos de alimentos con aditivos como fosfato natural y estiércol. Los resultados indicaron que las características químicas de los compost y la madurez de la materia orgánica impactaron altamente la adsorción de metales pesados. Además, se obtuvo un pH ligeramente ácido y un alto potencial redox, que mejoraron la transferencia de nutrientes del suelo a las plantas en condiciones normales de riego. En conclusión, los compost de residuos pueden utilizarse de forma relevante para mejorar la nutrición de las plantas. (Tooundou *et al*, 2021).

Utilizaron compost con cáscara de café, incorporando *Trichoderma sp* en una sola dosis y en varias dosis con la finalidad de evaluar el impacto en el crecimiento del café en Arabia Saudita. El resultado mostró un impacto positivo con una sola dosis, especialmente en la altura de la planta, lo que contribuyó a mantener activos los microorganismos, reducir el tiempo de compostaje y ayudar en la disminución de los residuos orgánicos (Ala, Musa y Ruslan 2020).

Emplearon el compostaje con los residuos de lodos municipales durante 90 días con 3 muestras como objetivo evaluar la población de patógenos bacterias y hongos, tuvo como resultado aumento en la materia orgánica y

una mejor eliminación del patógeno en la etapa de la madurez (Hamzah, Hashim & Zainuddin, 2020).

Se evaluaron varias formas para realizar tratamientos con la finalidad de transformar los RRSS de origen orgánico como la cobertura de cítricos tipo naranja en la generación de compost a través del compostaje; utilizando la ventilación de asistida y el volteo manual al aire libre, aplicando $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el fin es la descomposición de la materia orgánica, aplicando los tiempos de degradación, la humedad, pH y temperatura, en relación del C y N a mediante del compost para poder recuperar los suelos que se utilizaran para cultivos (Alvarado & Hernández, 2018).

Transformaron el proceso de compostaje de residuos de aves utilizando mezclas de paja y cenizas a través de una pila de compostaje teniendo como resultado disminución de tiempo de compostaje, buena calidad agronómica, se evaluó la germinación como resultado 78% con la finalidad de poder sembrar plantas y cultivos pequeños (Delgado, Mendoza & Gonzales, 2019).

Experimentos realizados se encontró que el contenido de agua en las frutas y las muestras de vegetales fue del 46,42%, mientras que las muestras de cáscara de yuca presentaron un contenido de humedad del 38,75%. En cuanto a los niveles de C y N, las muestras de frutas y hortalizas fueron de 25,5, mientras que la relación C y N para la cáscara de yuca fue de 28,8. La composición de agua y la relación C y N de ambas muestras cumplen con los estándares de calidad. Se concluye que estas dos materias primas pueden ser utilizadas para el compostaje (Yommi, Aziz y Restu, 2019).

Se evaluaron el compostaje de residuos de fruta, verduras e identificaron los parámetros de composición del material. Los resultados mostraron que en la primera semana el pH es ácido y los valores de conductividad eléctrica son altos para las tres muestras, posteriormente en el

proceso de compostaje los valores de pH aumentan, mientras que los valores de conductividad eléctrica disminuyen. El contenido de nitrógeno es bajo en todas las muestras y disminuirá durante las primeras cinco semanas del proceso de compostaje, luego comenzará a aumentar ligeramente. El compost se obtuvo con éxito y cumple con los estándares requeridos para uso agrícola (Guinea & Leahu, 2020).

Obtuvieron compostaje para controlar el nivel de nutrientes en el suelo. Se utilizaron residuos urbanos mixtos aplicando un diseño experimental que separó los residuos y posteriormente aplicó hidróxido de potasio (KOH). Finalmente, el resultado fue aplicado como un fertilizante natural y se lograron realizar pruebas exitosas de germinación (Fernández, Amo y Lucas, 2020).

Utilizaron cítricos, los cuales presentan un pH ácido (3-4). La investigación buscó desarrollar modelos de compostaje en pilas mediante el uso de restos de cáscara de naranja y caña de azúcar. De esta manera, se pretendía obtener mejores características fisicoquímicas que aportaran valor para su uso en la mejora de la calidad de los suelos. La pila se dispuso en forma triangular y se establecieron varios puntos para el monitoreo de la temperatura en tres secciones diferentes durante el proceso de compostaje. El pH finalmente obtenido fue de 9,1, adecuado para su uso en la producción de alimentos en la agricultura agroecológica (Debernardi, Aguilar y Núñez, 2020).

Utilizaron residuos de naranja como biofertilizante para la recuperación de suelos agrícolas aplicó los residuos sólidos orgánicos en el proceso de compostaje para la elaboración de compost. Asimismo, los resultados presentan similitud en el pH, alcanzando un valor de 7.6, considerado neutro. Adicionalmente, se adicionaron 5 colonias de bacterias Gram negativas, lográndose así la recuperación del suelo degradado y aprovechándolo para cultivos (Sallo *et al*, 2018).

Evaluaron la capacidad de bioconversión de orujo de granada, naranja, uva y mango en alimento animal de valor agregado mediante la fermentación en estado sólido (SSF) con la levadura *Kluyveromyces marxianus* NRRL Y-8281. El proceso evidenció que la fermentación aumentó la presencia de proteínas y grasas y disminuyó el contenido de fibra cruda y la composición de la pared celular en todos los orujos, excepto en el de mango. Además, el SSF de orujo de granada, naranja, uva y mango de la levadura *K. marxianus* presenta una nueva técnica de valorización ecológica para convertir estos desechos en productos de valor agregado, permitiendo su uso como alimento para animales. Mientras tanto, el contenido de cenizas disminuyó después de la fermentación en todos los orujos, excepto en los de mango. En resumen, el SSF de orujo de granada, naranja, uva y mango con la levadura *K. marxianus* presenta una nueva técnica de valorización ecológica para convertir estos desechos en productos de valor agregado, permitiendo su uso como alimento para animales o compost (Mahmoud, Omer y Mohammed, 2020).

Emplearon el compostaje con residuos municipales con el objetivo de descomponer los residuos orgánicos en un menor tiempo. Esto involucró etapas de estabilización de temperatura y tiempo de degradación, concluyendo con estudios de índice de germinación superior al 85% (Palársete y Koottatep, 2018).

Revisaron la caracterización físico-química necesaria para monitorear el proceso, lo que implica una inversión considerable en términos de costo y tiempo. Por lo tanto, se recolectaron al azar 52 muestras de cuatro sustratos compostables durante el proceso de compostaje y se analizaron fisicoquímicamente. La caracterización físico-química se evaluó y redujo mediante análisis de componentes principales (PCA) (PC1 + PC2: 70% de varianza). Además, se llevó a cabo un estudio de la relación entre el olor y la materia prima, así como entre el olor y las variables operativas a escala piloto mediante PCA y regresión multivariante. Los sustratos se agruparon por PCA (PC1 + PC2: 87% de varianza). La tasa de emisión de olores (OER) y el índice

respirométrico dinámico (DRI) resultaron ser las variables más influyentes en la varianza muestral, siendo relevantes para identificar las fuentes de emisión (Toledo, Siles y Gutiérrez, 2018).

Trataron el compostaje obtenido del proceso de limpieza de una planta industrial, a través de la práctica la segregación de residuos orgánicos para realizar el compostaje a través de un proceso de generación para su adición como residuo tipo lodo, registró un aumento al 93.9% en el índice de germinación. Se aumentaron los volteos para acelerar el aumento de temperatura y se mantuvo un adecuado control de la humedad y seguimiento del pH, resultando en un compost óptimo de color marrón y sin olor (Vera *et al*, 2018).

Caracterizaron microbiológica el compost con los residuos azucareros, cuantificando bacterias como aerobias heterótrofas, mesófilas heterótrofas, termófilas y hongos durante el compostaje en pilas. Además, se realizó una prueba de germinación de 90 días con semillas de hortaliza, obteniendo resultados satisfactorios en el crecimiento de la planta (Sánchez *et al*, 2009).

Aplicaron residuos orgánicos para la elaboración de compost, incluyendo microorganismos eficientes, además de la aireación con la finalidad de mantener una fermentación aerobia con una máquina volteadora, y se adicionó aserrín. De esta manera, se redujo la población de maleza. Dentro del análisis fisicoquímico de los biobanos, los resultados fueron óptimos para el pH, la materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo, el potasio y la relación C/N (Rafael *et al*, 2019).

Realizaron una comparación del compostaje de las industrias que procesan residuos agroalimentarios, vegetales, municipales y lodos depuradores, así como la evolución de la fitotoxicidad. El desperdicio agroalimentario fue el que mejor se comportó, con un índice de germinación que comenzó en un 80% en la etapa inicial y terminó en un 100%. Seguimiento del

residuo de almazara, que inició con un índice de germinación del 58% y terminó en un 78%. Por otro lado, los residuos sólidos municipales y los residuos vegetales fueron los que obtuvieron peores resultados, con un índice de germinación máximo del 50%. Finalmente, el residuo de los lodos depuradores presentó un compost final con un índice de germinación promedio del 81% (Siles & López, 2018).

La *Figura 1*, muestra las reacciones químicas que experimenta la materia orgánica en las etapas de descomposición por comunidades microbianas a través del proceso de compostaje libera productos y subproductos como H₂O, CO₂, NH₃, SO₄²⁻, ácido húmedo y calor.

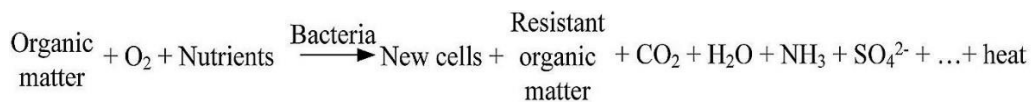


Figura 1. Reacciones químicas en el proceso de compostaje

El proceso de compostaje tiene cuatro fases: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración. Muchos factores afectan la duración del proceso de compostaje, incluido el pH del compost, la relación C/N, la humedad, la naturaleza de la materia prima, la disponibilidad de oxígeno y la tecnología de compostaje. Factores como el pH, el equilibrio de carbono, la temperatura y el nitrógeno cambian considerablemente durante el proceso de compostaje (ver Figura 2). Por el contrario, el contenido de carbono y la formación de NH₄⁺ de nitrógeno disminuyen a lo largo del proceso de compostaje mientras que el pH del compost disminuye durante la primera etapa y aumenta al final del proceso (Thi *et al.*, 2022).

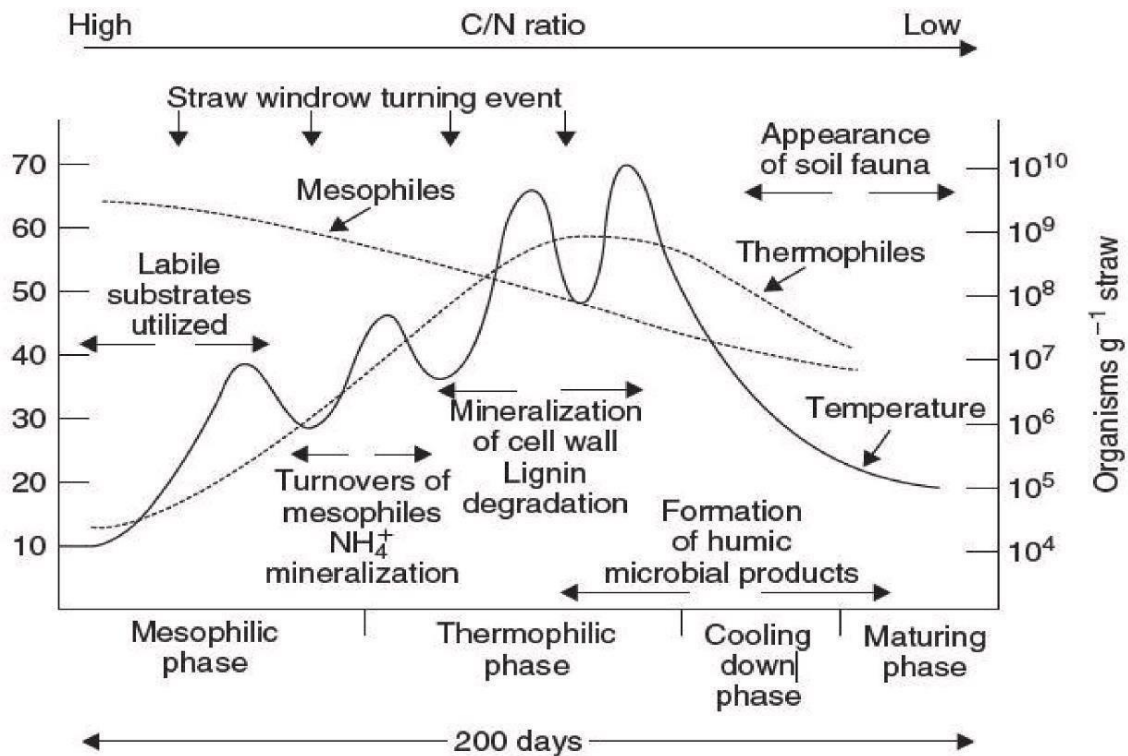


Figura 2. Diferentes fases del proceso de compostaje

En la fase mesófila, los hongos, actino bacterias y bacterias degradan compuestos ricos en energía y fácilmente degradables, como azúcares y proteínas. El aumento de temperatura superior a 45 °C conduce a otra fase de compostaje llamada fase termófila, que es importante para la eliminación de patógenos y parásitos, garantizando las máximas condiciones sanitarias. Cuando la actividad de los microorganismos termófilos disminuye debido al agotamiento del sustrato, la temperatura comienza a disminuir. Iniciando la segunda fase mesófila, caracterizada por un número cada vez mayor de organismos que degradan el almidón (celulosa). En la fase de maduración, la pila de compost se estabiliza para uso vegetal y la proporción de hongos aumenta, mientras que las bacterias disminuyen. Además, durante la fase de maduración, se forman compuestos no degradables, como los complejos de lignina-humus (Thi *et al.*, 2022).

El ácido oxálico es un ácido dicarboxílico, lo que significa que tiene dos grupos carboxilo (-COOH) que pueden actuar como centros de coordinación. Los iones de metales pesados presentes en el suelo también tienen una carga positiva y pueden unirse a los grupos carboxilo del ácido oxálico mediante una reacción de coordinación. Esta unión produce complejos metálicos quelados que son menos tóxicos para las plantas y microorganismos del suelo, porque forman compuestos más estables y menos solubles en agua que disminuyen la toxicidad del metal. El resultado neto es que el metal pesado queda atrapado e inmovilizado por el ácido oxálico y ya no está disponible para ser absorbido por las raíces de las plantas o para causar efectos negativos en el ecosistema (Huranga et al., 2022).

El zinc y el plomo se encuentran en el suelo como sulfuros. El zinc se encuentra en pequeñas concentraciones en muchos tipos de roca y está concentrado en minerales de sulfuro, como la esfalerita (ATSDR, 2005). El plomo, por su parte, se presenta comúnmente como sulfuro de plomo en la galena (Department of Health New York State, 2020). La concentración de estos elementos en el suelo puede aumentar por efecto de la acción atmosférica y por descarga de relaves y de aguas residuales de las minas (Soto y Olvera, 2020).

La cáscara de naranja tiene la capacidad de remover metales pesados como el plomo y el zinc a través de un proceso de bio absorción (Alvarado y Hernández, 2018). Este proceso se da principalmente por un fenómeno de intercambio iónico entre los iones metálicos en solución y los iones presentes en la cáscara de naranja, como la pectina. La pectina, al ser tratada con Ca^{2+} , se une a la cadena poligalacturónica, y la remoción de metales por pectina tratada se da por un fenómeno de intercambio iónico entre el Ca^{2+} y los iones metálicos en solución hasta lograr un equilibrio (Cardona, Cabaña y Zepeda, 2013). Diversos estudios han demostrado la efectividad de la cáscara de naranja como material bio absorbente para la eliminación de metales pesados, lo que la convierte en una alternativa sostenible para el tratamiento de suelos contaminadas con plomo y zinc (Tejada, Herrera y Núñez, 2016).

III METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada ya que se emplearon las ciencias básicas porque permite evaluar la influencia de una variable independiente sobre una dependiente en la búsqueda de un nuevo conocimiento que permita soluciones de problemas prácticos (Álvarez, 2020).

El diseño fue cuasi experimental, donde la variable dependiente fue valorada de forma igualitaria en ambos grupos, es decir, en un pre test, se aplicaron los mismos instrumentos a ambos grupos. Una vez terminada la intervención, se aplicó un post test en ambos grupos y se compararon el rendimiento en la variable dependiente entre el grupo experimental y de control y se analizó la diferencia o igualdad encontrada (Ramos, 2021).

GE: O₁ X O₂

GC: O₃ - O₄

Dónde:

GE: Grupo

experimental. GC:

Grupo de control.

X: Variable Independiente (Compostaje de cáscara de naranja).

O₁ y O₃: Mediciones Pre test de la variable dependiente (mejora de la calidad de suelos degradados por Pb y Zn).

O₂ y O₄: Mediciones Post test de la variable dependiente (mejora de la calidad de

suelos degradados por Pb y Zn).

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Variable independiente

(x) Compost de cáscara de naranja.

3.2.2 Variable dependiente (Y)

Calidad de suelos degradado por metales tóxicos Pb y Zn

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3 Población, muestra y muestreo

La población está determinada por 500 kg de suelos contaminados por metales tóxicos, conformados por suelos degradados de la rivera del río Rímac distrito Lurigancho.

Conjunto de elementos seleccionados de una población de acuerdo al muestreo. La muestra es la parte de la población que se estudia y analiza (Salazar,

2018). En este caso, corresponde a 73 kg de suelo en 5 puntos se seleccionaron

siguiendo la guía del MINAM de 2014 como referencia.

El muestreo no probabilístico se depende en gran medida del criterio o juicio del investigador, la muestra se selecciona mediante procedimientos no aleatorios (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio 1997). Para esta investigación se hizo uso del muestreo no probabilístico y de conveniencia o intencional en la que elegimos que parte de la población pasa a formar la muestra.

La unidad de análisis fue de 1 kg de suelo degradado por Pb y zinc.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos se recolectaron en el anexo 3 fichas 1 ubicación de suelo degradado. Observación de Campo Experimental. Esta técnica nos ayuda a observar las características del área de estudio.

Los instrumentos de recolección de datos fueron las fichas de registro de datos para la ubicación, características del compostaje de cáscara de

aranja, propiedades fisicoquímicas del suelo degradado por metales tóxicos y análisis fisicoquímicos de la mejora del suelo.

3.4.1 Ubicación del lugar de estudio

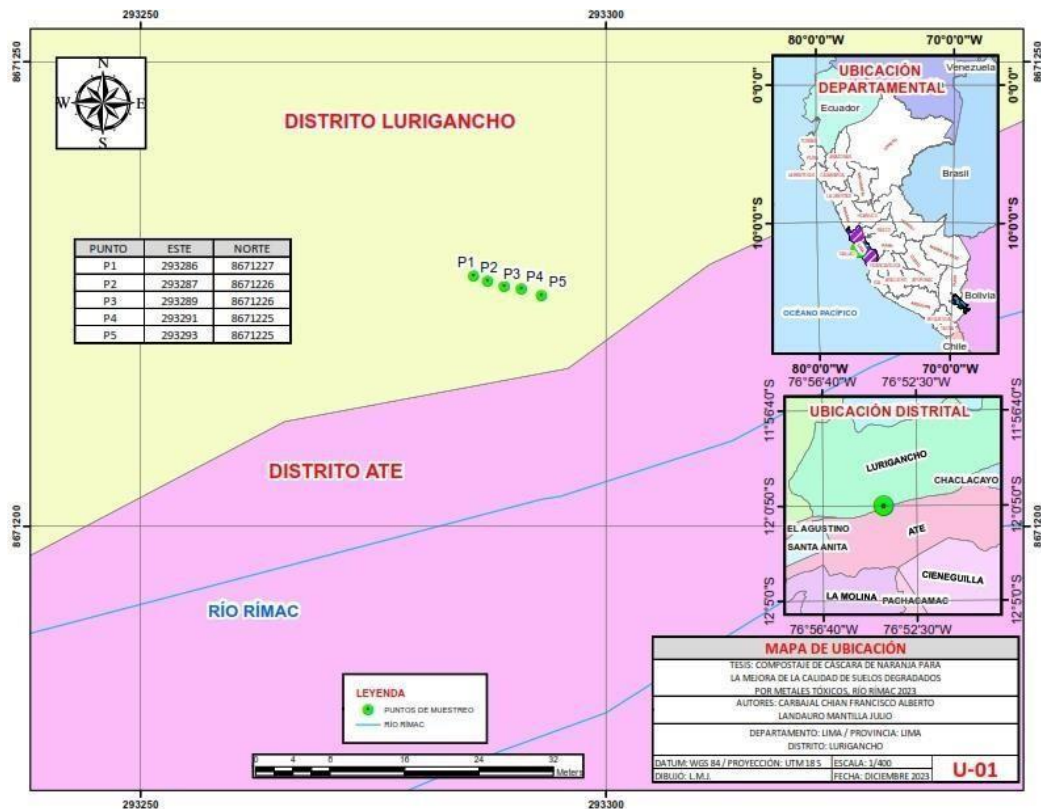


Figura 3. Ubicación del lugar de estudio

La Figura 3, mostró la ubicación del lugar de recolección de muestra de suelo, que se encuentra en la riberia del río Rímac exactamente indicada en las coordenadas UTM Latitud $12^{\circ} 0'49.04''S$ y Longitud $76^{\circ}53'55.29''O$, a la altura del puente Huachipa del río Rímac al costado del zoológico de Huachipa en el distrito de Lurigancho urbanización santa María de Huachipa (Anexo 3 ficha 1 ubicación del suelo degradado). Se escogió este punto por ser una zona de fácil acceso y estar antes de la planta de tratamiento de agua potable la Atarjea administrada por Sedapal lo cual constituye de importancia para los fines del presente estudio.

3.5 Procedimientos

El procedimiento realizado en las diferentes fases siguió la guía del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).

En la *Figura 4*, se presenta el diagrama de compostaje de cáscara de naranja.

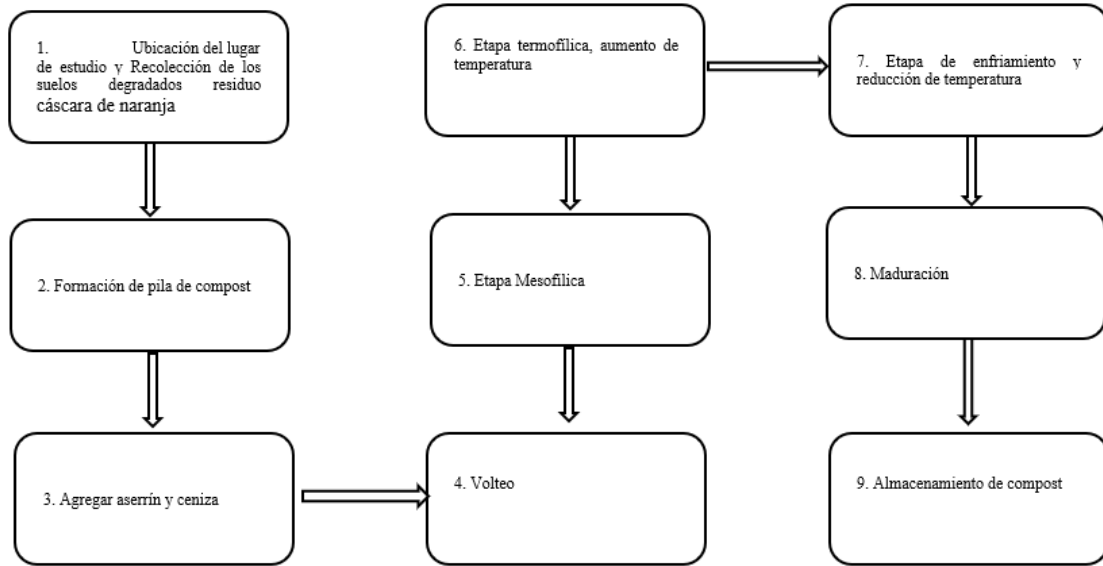


Figura 4. Proceso de compostaje de cáscara de naranja

En la *figura 5*, se muestra el diagrama de remoción de metales tóxicos Pb y Zn

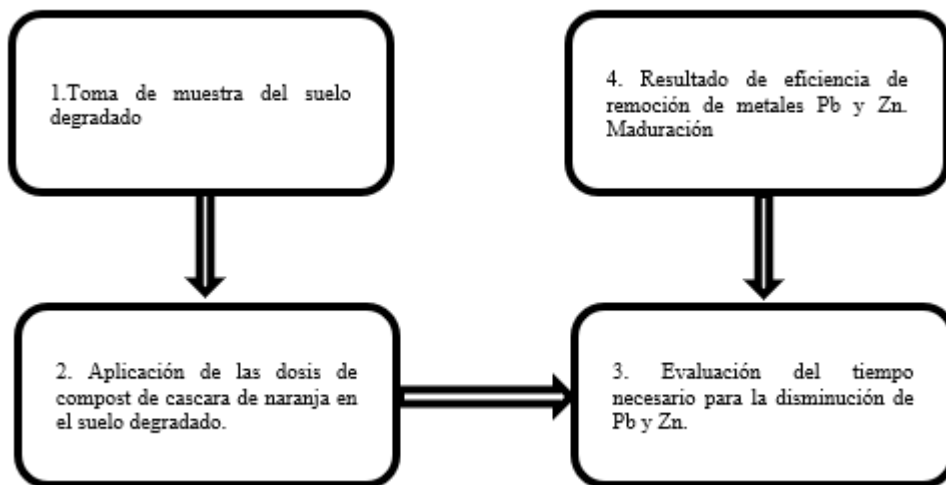


Figura 5. Proceso de Remoción de metales tóxicos Pb y Zn

Toma de muestra

La *Figura 6*, muestra la recolección de la muestra del suelo según la guía del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014).



Figura 6. Recolección de muestra

La *Figura 7*, muestra la calicata realizada en el suelo.



Figura 7. Calicata

La *Figura 8*, muestra la extracción de las muestras del suelo hasta completar las 5 muestras.



Figura 8. Extracción de muestras de suelo

La *Figura 9*, muestra el vaciado del suelo en bolsas de membrana plástica.



Figura 9. Vaciado de suelo en bolsas de membrana plástica

La *Figura 10*, muestra las bolsas de plástico etiquetadas (1 kg).



Figura 10. Bolsas etiquetadas

Procedimiento para la elaboración de compost

La *Figura 11*, muestra la recolección de residuos de cáscara de naranja jugueras artesanales.



Figura 11. Recolección de Residuo cáscara de naranja

La *Figura 12*, muestra el proceso de corte en pequeños tamaños los residuos de cáscara de naranja para su que se pueda realizar la descomposición biológica más eficiente.



Figura 12. Cortar en pequeños tamaños

La *Figura 13*, muestra la incorporación de aserrín en el suelo degradado. Añadir la ceniza en 2 oportunidades al inicio y a la semana.



Figura 13. Incorporación de aserrín

La *Figura 14*, muestra cómo se añadió ceniza al inicio y a la semana.



Figura 14. Incorporación de ceniza

La *Figura 15*, Realizar el volteo mínimo 2 veces por semana para la aparición de las bacterias y hongos. Se debe monitorear el proceso de compostaje etapas mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración.



Figura 15. Proceso de volteo

La *Figura 16*, muestra la obtención del compost. Luego, se almacenó el compost para su posterior uso.



Figura 16. Obtención del compost

Tratamientos:

La *Figura 17* muestra la distribución de unidades experimentales (tratamientos).

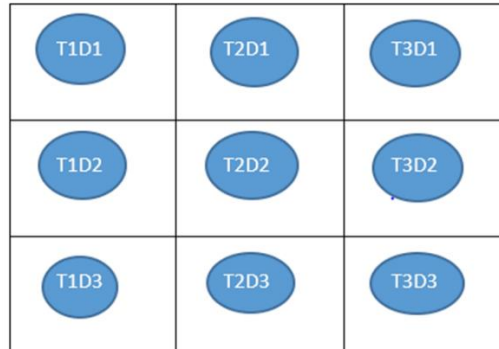


Figura 17. Distribución de unidades experimentales

En la *Figura 17*, se puede identificar los tratamientos:

- Tiempo 1 Dosis 1 (T1D1): 50 días + (Dosis de 1 Kg. de compost + 4 kg de suelo).
- Tiempo 1 Dosis 2 (T1D2): 50 días + (Dosis de 2 Kg. de compost + 8 kg de suelo).
- Tiempo 1 Dosis 3 (T1D3): 50 días + (Dosis de 3 Kg. de compost + 12 kg de suelo).

- Tiempo 2 Dosis 1 (T2D1): 55 días + (Dosis de 1 Kg. de compost + 4 kg de suelo).
- Tiempo 2 Dosis 2 (T2D2): 55 días + (Dosis de 2 Kg. de compost + 8 kg de suelo).
- Tiempo 2 Dosis 3 (T2D3): 55 días + (Dosis de 3 Kg. de compost + 12 kg de suelo).

- Tiempo 3 Dosis 1 (T3D1): 60 días + (Dosis de 1 Kg. de compost + 4 kg de suelo).
- Tiempo 3 Dosis 2 (T3D2): 60 días + (Dosis de 2 Kg. de compost + 8 kg de suelo).
- Tiempo 3 Dosis 3 (T3D3): 60 días + (Dosis de 3 Kg. de compost + 12 kg de suelo).

Ensayos de análisis fisicoquímicos

1) Ensayo de determinación de Materia Orgánica



Figura 18. Pesaje de suelo contaminado

La *Figura 18*, muestra el pesaje de suelo contaminado. Para lo cual, inicialmente se colocó la capsula de porcelana en una balanza analítica digital y se procedió a tarar; finalmente, se agregó la muestra de suelo contaminado, obteniéndose un peso de 11,0322 g.



Figura 19. Colocación de suelo en mufla

La figura 19, muestra el proceso de carbonización. Para ello, se condujo la muestra de suelo contaminado hacia la mufla y fue graduada la mufla a 600°C.

2) Ensayo de determinación de Humedad

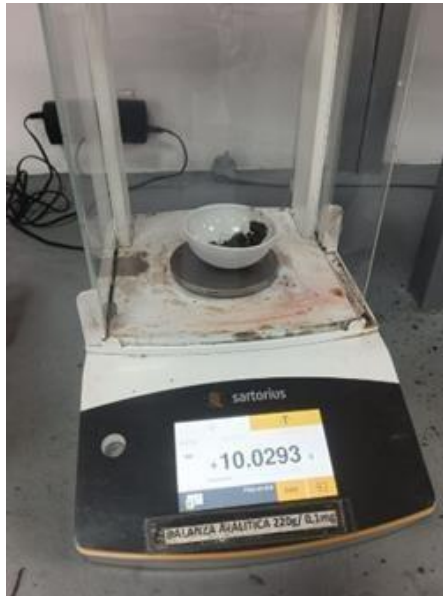


Figura 20. Pesaje de suelo contaminado

La *Figura 20*, muestra el proceso de pesaje de suelo contaminado, donde se colocó sobre un capsula una muestra de suelo contaminado, el cual fue pesado en una balanza analítica, obteniéndose un valor de 10,0293 g.



Figura 21. Secado de suelo

La *Figura 21*, muestra el proceso de secado de suelo. Para dicha finalidad, se colocó la Capsula de porcelana con contenido de suelo en la estufa, manteniéndose 105 °C de temperatura durante 12 horas.



Figura 22. Almacenamiento en desecador

La *Figura 22*, muestra como la muestra de suelo contaminado fue retirada de la estufa y conducida a un desecador para que aleje el material de contaminación y reduzca el nivel de humedad de la muestra.

3) Ensayo Identificación de pH



Figura 23. Pesaje de muestra de suelo

La *Figura 23*, muestra el proceso de pesaje de suelo contaminado a través de una balanza analítica, la cual fue calibrada previo a su uso.



Figura 24. Calibración de pHmetro

La Figura 24, muestra el proceso de calibración del pHmetro, donde intervienen soluciones BUFFER de pH 4.01, 7.01 y 10.01.



Figura 25. Medición del pH del suelo

La *Figura 25*, muestra el registro de pH del suelo, que se obtuvo a través del uso de un pHmetro de marca HANNA, que registró un valor de 6.55 Ph.

4) Ensayo para la identificación de conductividad Eléctrica

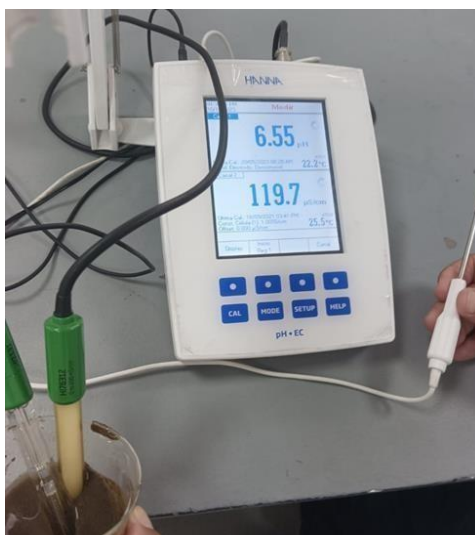


Figura 26. Medición de la conductividad del suelo

La *Figura 26*, muestra la evaluación de conductividad del suelo que se obtuvo a partir del pHmetro, obteniendo un valor de 119.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

3.6 Método de análisis de datos

Se empleará programas informáticos Microsoft Office Excel y SPSS para el procesamiento de los resultados obtenidos. Además, se llevó a laboratorio y se contrastó con los resultados de la muestra, se estimó la materia orgánica y pH de esta manera se obtuvo los resultados.

3.7 Aspectos éticos

En la investigación se utilizó la información de laboratorio, resultados verídicos Código de Ética en Investigación de la universidad Cesar Vallejo 01-RCUN^o0470-2022-UCV Artículo 10^o. De la Originalidad de la investigación.

Además, se utilizó información de diversos investigadores y se ha interpretado cumpliendo y respetando los derechos de los autores tal como RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 0531-2021/UCV Artículo 8^o El derecho de autor es independiente y compatible con la propiedad intelectual de otras investigaciones así mismo utilizando el sistema Turnitin para poder comparar el trabajo con otras investigaciones.

IV. RESULTADOS

Caracterización de la cascara de naranja a usar

Género: Citrus

Especie: Sinensis

CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA CASCARA DE NARANJA							
Peso total	C	N	P	Ca	CENIZAS	pH	Humedad
kg	%	%	mg	%			%
15	44%	0.9	1.18	2%	4.9	3.42	6.5

Los resultados son presentados conforme a los objetivos establecidos en el estudio.

4.1 Características del compost de la cáscara de naranja

Tabla 1. *Características del compost de la cáscara de naranja*

pH	H (%)	M.O (%)	N (%)	P (%)	K (%)	C/N (%)
6.82	42.15	41.28	1.36	0.57	0.92	31.14

La Tabla 1, mostró las características del compost de la cáscara de naranja que permitió recuperar la calidad de los suelos contaminados por metales tóxicos. El compost tuvo un pH casi neutro (6.82), humedad de 42.15%, alto nivel de materia orgánica (41.28%), Nitrógeno de 1.36%, Fósforo de 0.57%, Potasio de 0.92% y relación C/N de 31.14%.

4.2 Remoción de metales tóxicos mediante aplicación de dosis de compost

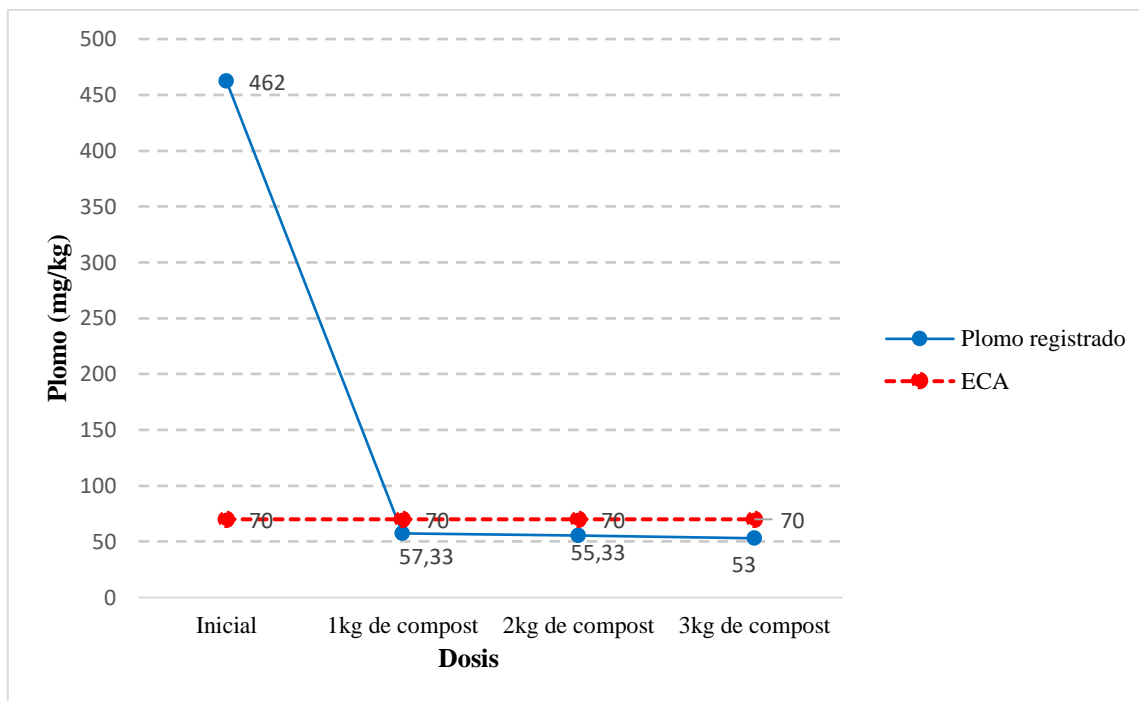


Figura 27. Concentración de plomo según dosis

La Figura 27, mostró los niveles de concentración de plomo, donde se evidencia que inicialmente el suelo agrícola presentó un nivel excesivo de plomo (462 mg/kg) sobrepasando el ECA para suelos agrícolas (70 mg/kg), ocasionando la pérdida de las funciones del suelo y deteriorando su calidad. Sin embargo, después de la aplicación de dosis de compost a base de cáscaras de naranja, se pudo remover la concentración de plomo hasta niveles que no sobrepasan el ECA. Además, se pudo identificar que la mejor dosis fue de 3kg compost, alcanzando una remoción de plomo promedio de 88.53%.

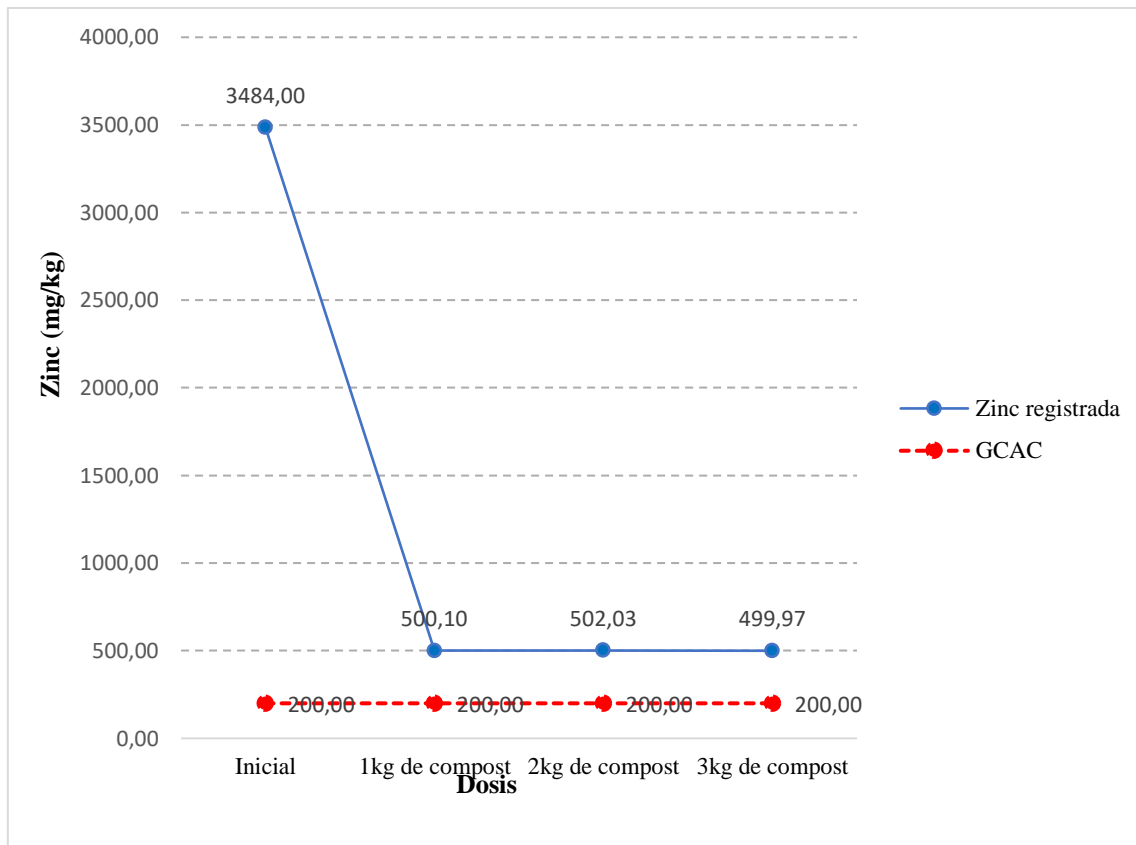


Figura 28. Concentración de zinc según dosis

La Figura 28, mostró los niveles de concentración de zinc, donde se evidencia que inicialmente el suelo agrícola presentó un nivel excesivo de zinc (3484 mg/kg) sobrepasando lo establecido en la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (GCAC) para suelos agrícolas (200 mg/kg), ocasionando la pérdida de las funciones del suelo y deteriorando su calidad. Sin embargo, después de la aplicación de dosis de compost a base de cáscaras de naranja, se pudo remover la concentración de zinc, llegando hasta 499.97 mg/kg, siendo un valor cercano a lo establecido en la GCAC. Además, se pudo identificar que la mejor fue de 3kg compost, alcanzando una remoción de zinc promedio de 85.65%.

4.3 Remoción de metales tóxicos según el tiempo

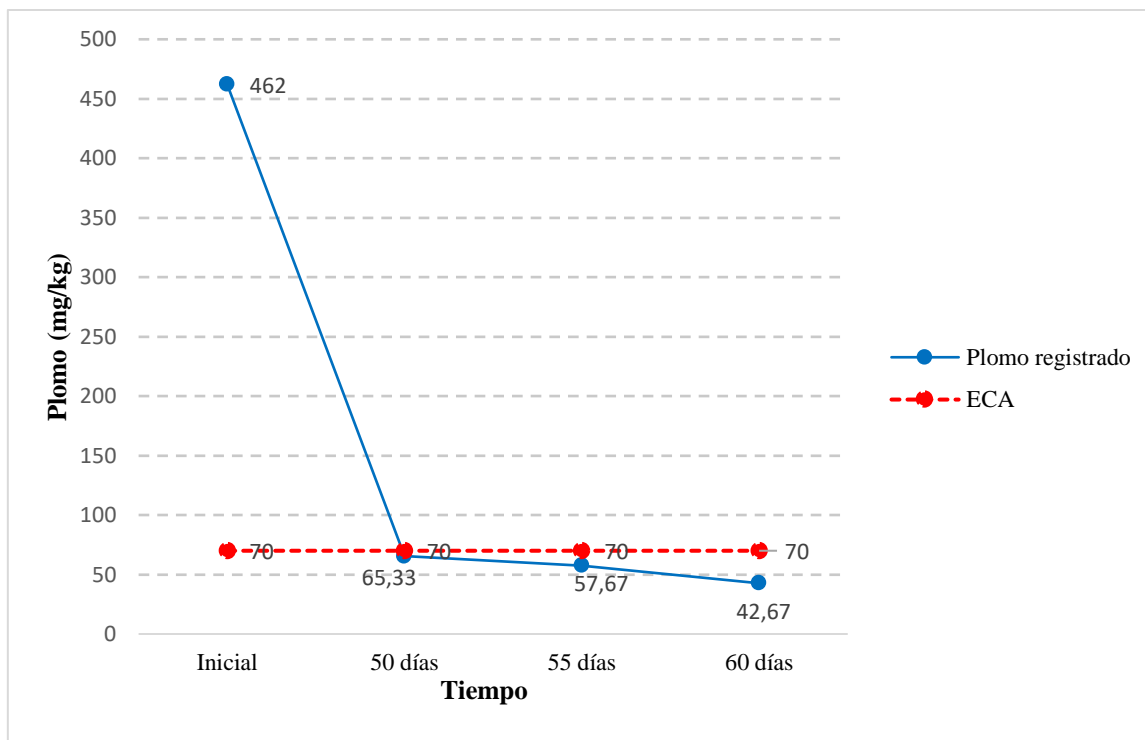


Figura 29. Concentración de plomo según dosis

La Figura 29, mostró los niveles de concentración de plomo, donde se evidencia que inicialmente el suelo agrícola presentó un nivel excesivo de plomo (462 mg/kg) sobrepasando el ECA para suelos agrícolas (70 mg/kg), ocasionando la pérdida de las funciones del suelo y deteriorando su calidad. Sin embargo, después de la aplicación de dosis de compost a base de cáscaras de naranja durante cierto tiempo, se pudo remover la concentración de plomo hasta niveles que no sobrepasan el ECA. Además, se pudo identificar que el tiempo que nos acerca al 100% fue a los 60 días, alcanzando una remoción de plomo promedio de 90.77%.

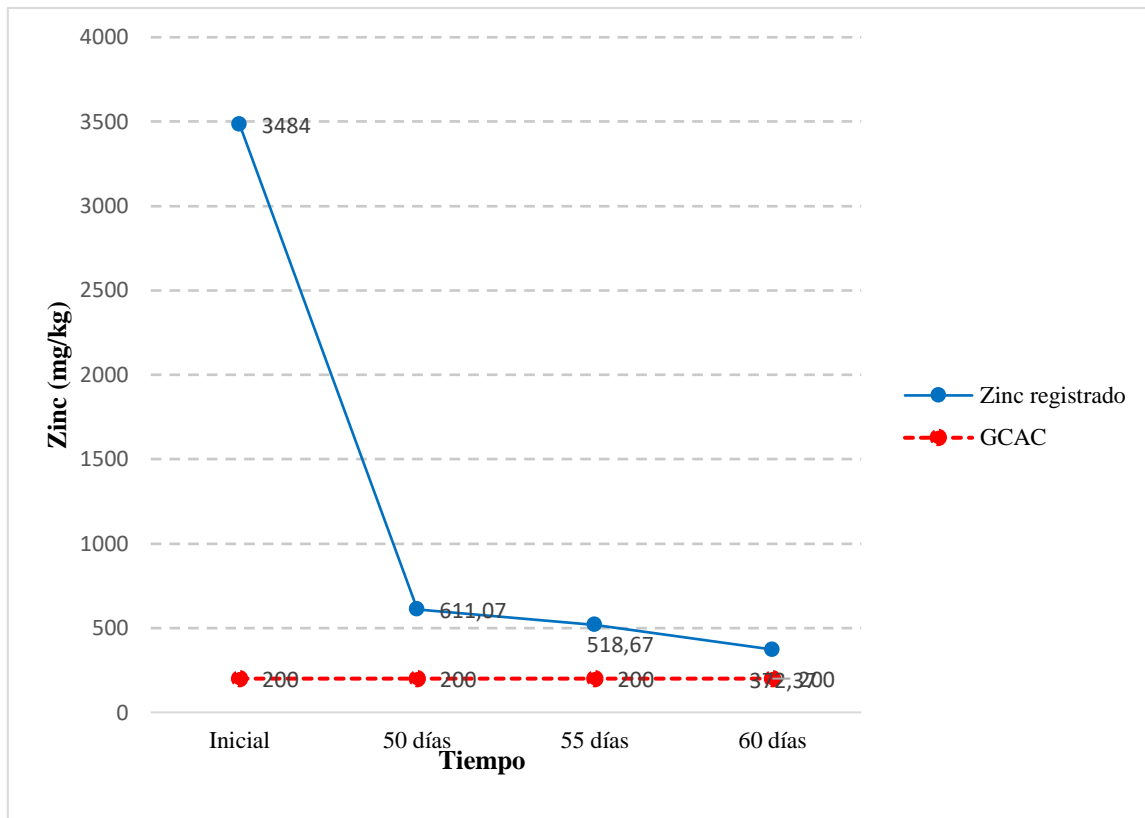


Figura 30. Concentración de zinc según el tiempo

La *Figura 30*, mostró los niveles de concentración de zinc, donde se evidencia que inicialmente el suelo agrícola presentó un nivel excesivo de zinc (3484 mg/kg) sobrepasando lo establecido en la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (GCAC) para suelos agrícolas (200 mg/kg), ocasionando la pérdida de las funciones del suelo y deteriorando su calidad. Sin embargo, después de la aplicación de dosis de compost a base de cáscaras de naranja durante cierto tiempo, se pudo remover la concentración de zinc, llegando hasta 372.37mg/kg, siendo un valor cercano a lo establecido en la GCAC. Además, se pudo identificar que el tiempo más cercano al 100% fue de 60 días, alcanzando una remoción de zinc promedio de 89.31%.

4.4 Variación de las propiedades fisicoquímicas del suelo según dosis de compost

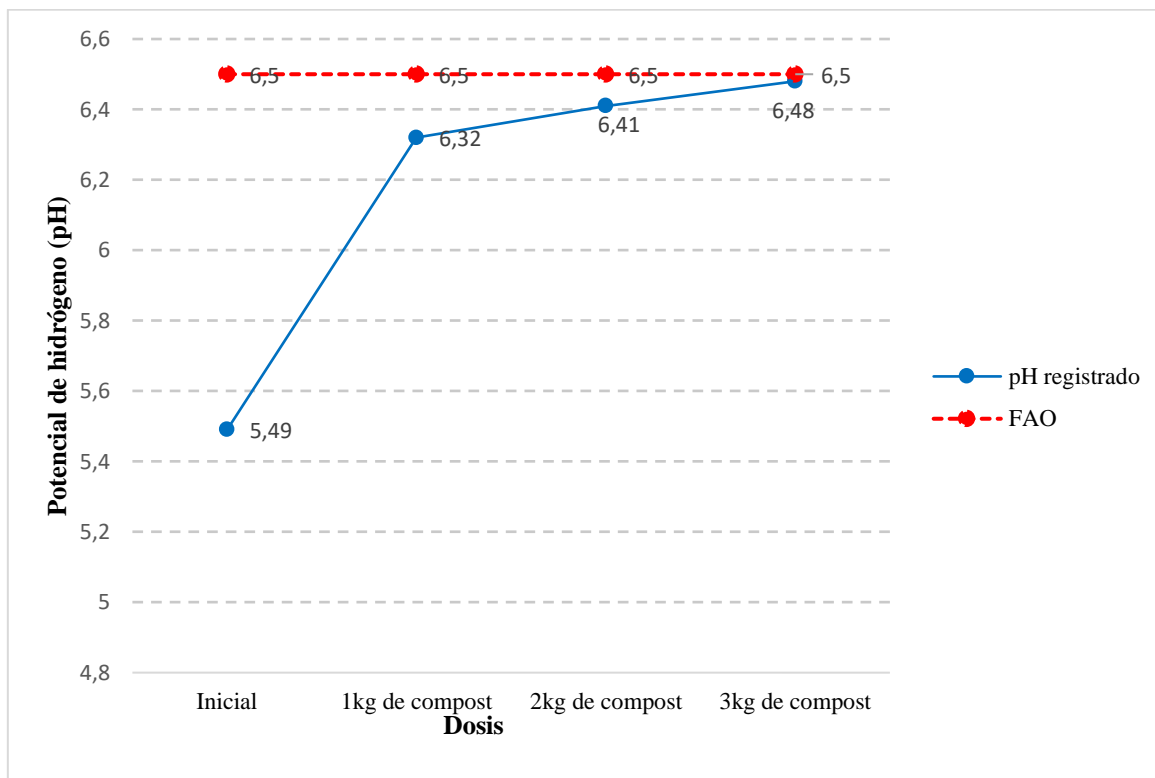


Figura 31. Potencial de hidrógeno del suelo

En la *Figura 31*, se mostró un gráfico lineal representativo del comportamiento del Potencial de hidrógeno del suelo agrícola, desde su análisis inicial hasta 60 días después de la aplicación de tratamientos (dosis de compost a base de cáscara de naranja). Donde se puede apreciar que con la aplicación de las dosis se logró aumentar los niveles de pH hasta mantenerse en un rango adecuado (6.0 - 6.5) adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos según la FAO, pues un suelo ácido (con rango menor a 5) daña las raíces impidiendo la absorción de nutrientes necesarios y un suelo alcalino (con un rango superior a 7) provocan gran presencia de minerales que vuelven infértiles a los suelos.

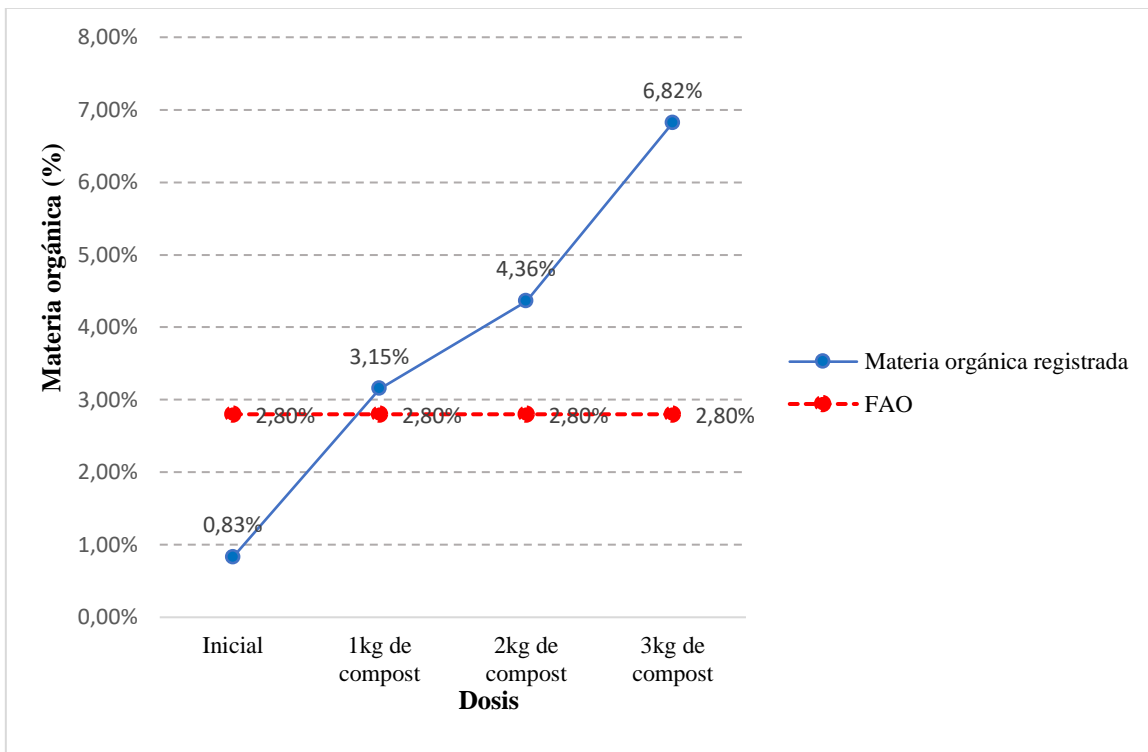


Figura 32. Materia orgánica del suelo

La Figura 32, mostró un gráfico lineal representativo del comportamiento de la materia orgánica del suelo agrícola, desde su análisis inicial hasta 60 días después de la aplicación de tratamientos (dosis de compost a base de cáscara de naranja). Donde se puede apreciar que con la aplicación de las dosis se logró aumentar los niveles de materia orgánica hasta mantenerse en un nivel alto de materia orgánica según la FAO (valores mayores a 2.8%), contribuyendo a la fertilidad del suelo.

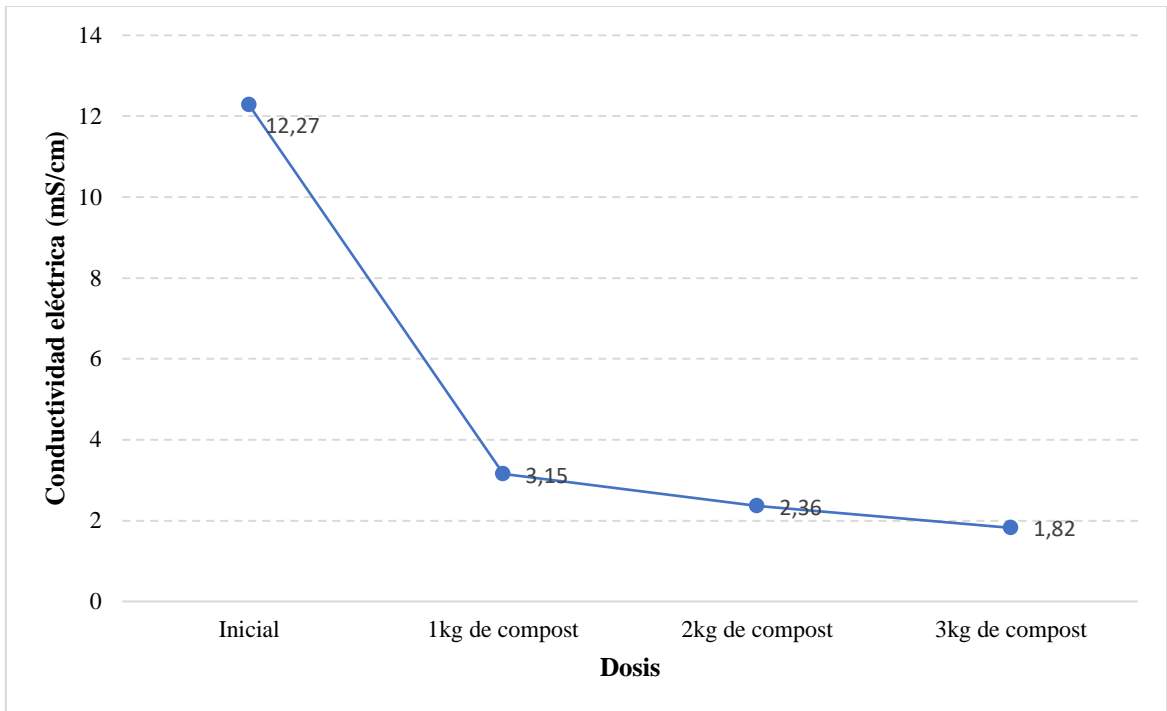


Figura 33. Conductividad eléctrica del suelo

La *Figura 33*, mostró un gráfico lineal representativo del comportamiento de la conductividad eléctrica del suelo agrícola, desde su análisis inicial hasta 60 días después de la aplicación de tratamientos (dosis de compost a base de cáscara de naranja). Donde se puede apreciar que con la aplicación de las dosis se logró disminuir los niveles de conductividad eléctrica hasta 1.82 mS/cm con la dosis 3, influyendo en gran medida en la reducción de esfuerzo de las raíces de las plantas para absorber los nutrientes.

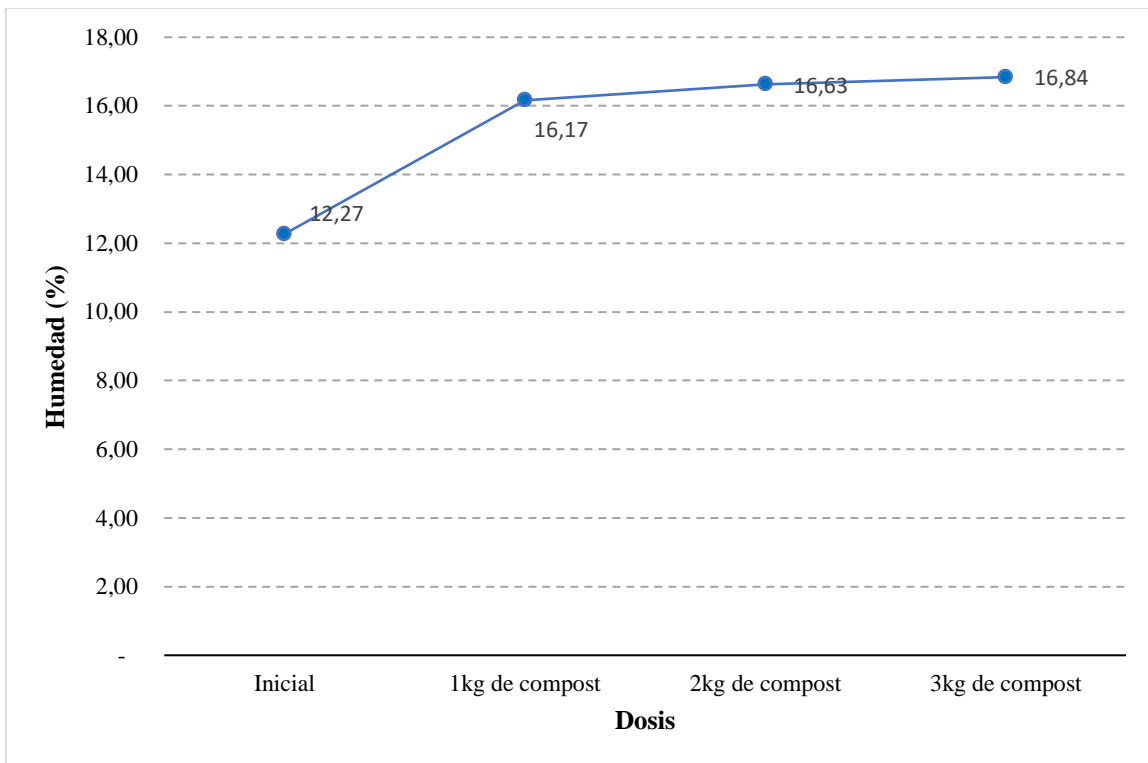


Figura 34. Humedad del suelo

La *Figura 34*, mostró un gráfico lineal representativo del comportamiento de la humedad del suelo agrícola, desde su análisis inicial hasta 60 días después de la aplicación de tratamientos (dosis de compost a base de cáscara de naranja). Donde se puede apreciar que con la aplicación de las dosis se logró aumentar los niveles de humedad hasta 16.84% con la dosis 3, favoreciendo el desarrollo de diversas especies vegetales.

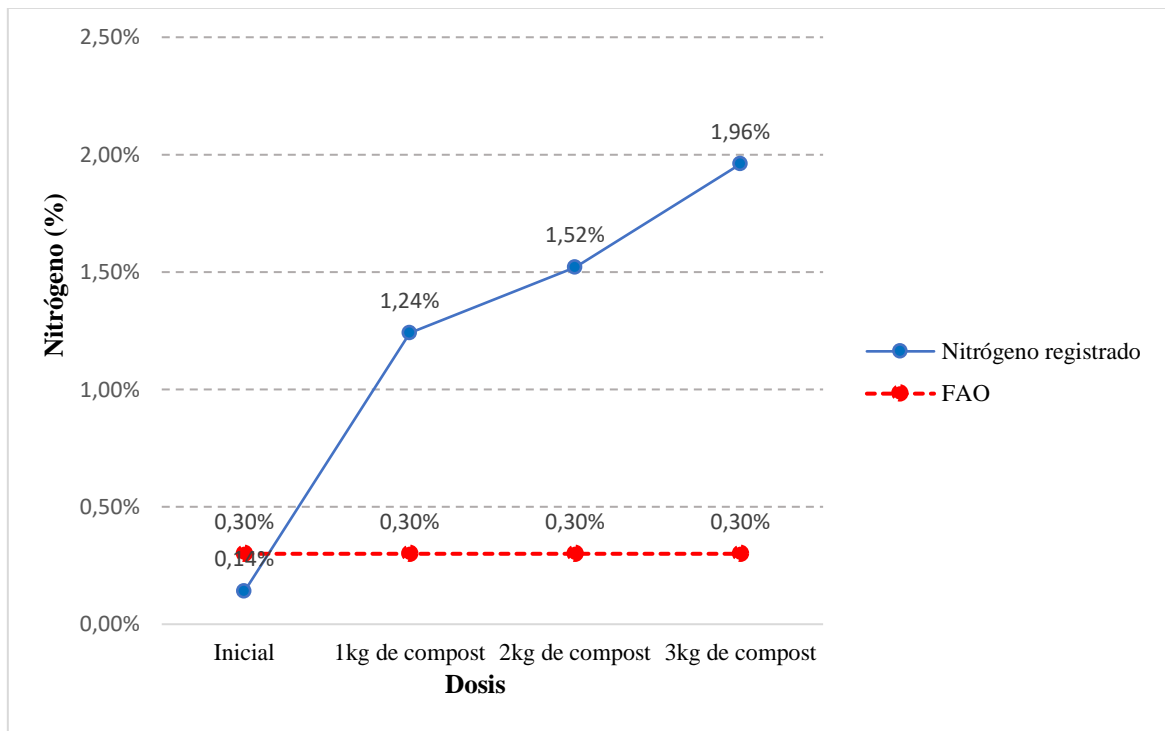


Figura 35. Nitrógeno del suelo

La *Figura 35*, mostró un gráfico lineal representativo del comportamiento de nitrógeno del suelo agrícola, desde su análisis inicial hasta 60 días después de la aplicación de tratamientos (dosis de compost a base de cáscara de naranja). Donde se puede apreciar que con la aplicación de las dosis se logró aumentar los niveles de nitrógeno hasta mantenerse en un nivel alta riqueza de nitrógeno según la FAO (valores mayores a 0.30%), contribuyendo a la fertilidad del suelo y producción de aminoácidos, que producen las proteínas que construyen las células, y es un componente esencial del ADN de la especie.

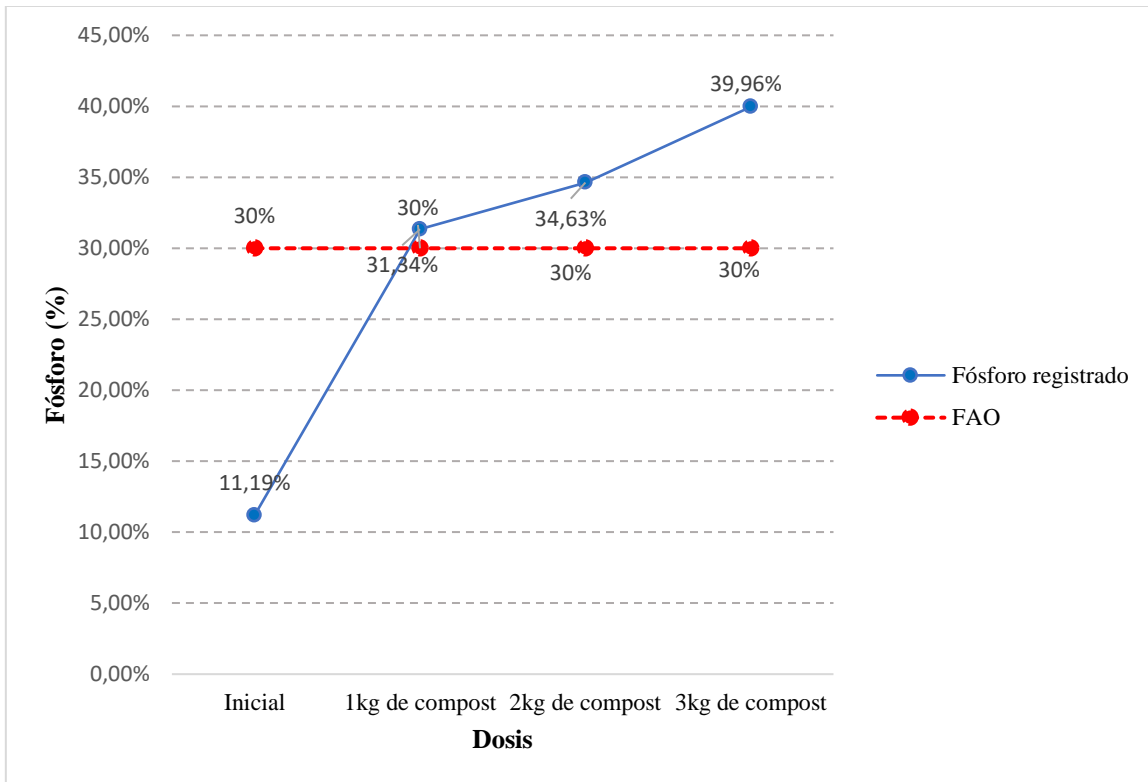


Figura 36. Fósforo del suelo

La Figura 36, mostró un gráfico lineal representativo del comportamiento de fósforo del suelo agrícola, desde su análisis inicial hasta 60 días después de la aplicación de tratamientos (dosis de compost a base de cáscara de naranja). Donde se puede apreciar que con la aplicación de las dosis se logró aumentar los niveles de fósforo hasta mantenerse en un nivel alto de fósforo según la FAO (valores mayores a 30%), porque la presencia de este macroelemento es esencial para el crecimiento de las especies vegetales.

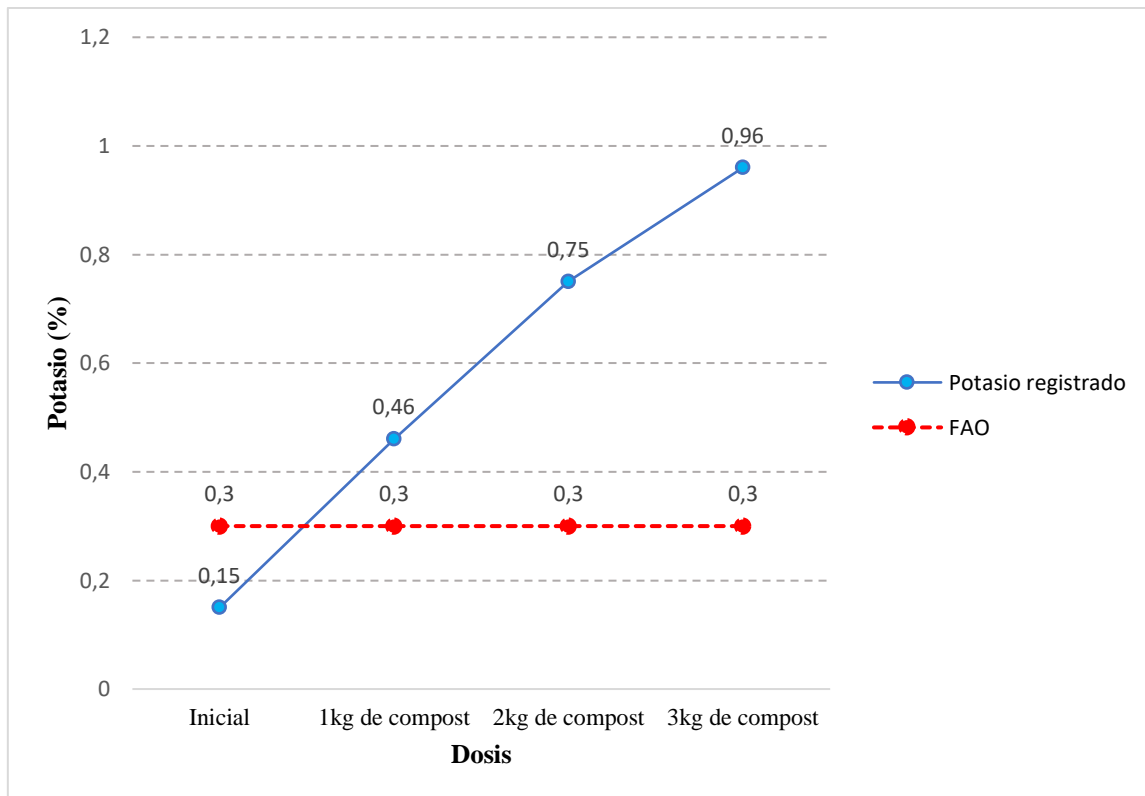


Figura 37. Potasio del suelo

La *Figura 37*, mostró un gráfico lineal representativo del comportamiento de potasio del suelo agrícola, desde su análisis inicial hasta 60 días después de la aplicación de tratamientos (dosis de compost a base de cáscara de naranja). Donde se puede apreciar que con la aplicación de las dosis se logró aumentar los niveles de potasio hasta mantenerse en un nivel alto de potasio según la FAO (valores mayores a 0.30%), contribuyendo en la disminución del potencial osmótico del agua celular, reduciendo así la pérdida de agua por las hojas y aumenta la habilidad de las células radicales para absorber el agua.

4.5. Pruebas de Hipótesis

4.5.1. Prueba de hipótesis específica 1

La hipótesis específica 1, que se sometió a prueba fue:

H₁: Las características de la cáscara de naranja recuperan la calidad del suelo degradado por metales tóxicos, río Rímac 2023.

H₀: Las características de la cáscara de naranja no recuperan la calidad del suelo degradado por metales tóxicos, río Rímac 2023

Tabla 2. Prueba de normalidad según características del compost

Metales tóxicos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pb	0,976	3	0,702
Zn	0,984	3	0,757

La Tabla 2, muestra los p-valores (sig.) de 0.702 y 0.757 para remoción de Pb y Zn, que al ser mayores de lo que establece la regla de decisión (0.05), los datos de remoción tienen un comportamiento normal, por lo tanto, es necesario utilizar una prueba paramétrica (T-Student) para contrastar la hipótesis.

Tabla 3. Prueba de T-Student según características del compost

Metales tóxicos	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Pb (Inicial – Final)	409,00000	11,13553	6,42910	381,33781	436,66219	63,617	2	0,000
Zn (Inicial - Zinc)	2984,03333	120,42219	69,52578	2684,88804	3283,17863	42,920	2	0,001

La Tabla 3, muestra los p-valores (sig.) de 0.000 y 0.001 para remoción de Pb y Zn, que al ser menores de lo que establece la regla de decisión (0.05), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por lo tanto, las características de la cáscara de naranja recuperan la calidad del suelo degradado por metales tóxicos, río Rímac 2023.

5.2. Prueba de hipótesis específica 2

La hipótesis específica 2, que se sometió a prueba fue:

H₁: La dosis utilizada para la recuperación de suelos por metales tóxicos es la adecuada.

H₀: La dosis utilizada para la recuperación de suelos por metales tóxicos no es la adecuada.

Tabla 4. Prueba de normalidad de remoción de metales tóxicos según dosis

Metales tóxicos	Dosis	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Remoción Plomo	Dosis 1kg	0,964	3	0,636
	Dosis 2kg	0,958	3	0,607
	Dosis 3kg	0,976	3	0,704
Remoción Zinc	Dosis 1kg	0,982	3	0,746
	Dosis 2kg	0,984	3	0,755
	Dosis 3kg	0,984	3	0,757

La Tabla 4, muestra los p-valores (sig) mayores a lo que establece la regla de decisión (0.05). Por lo cual, los datos de remoción tienen un comportamiento normal, siendo necesario utilizar una prueba paramétrica (Anova) para contrastar la hipótesis.

Tabla 5. Anova de remoción de metales tóxicos según dosis

Metales tóxicos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Remoción Plomo	Entre grupos	1,328	2	0,664	0,106	0,901
	Dentro de grupos	37,500	6	6,250		
	Total	38,828	8			
Remoción Zinc	Entre grupos	0,006	2	0,003	0,000	1,000
	Dentro de grupos	71,650	6	11,942		
	Total	71,655	8			

La Tabla 5, muestra p-valores (sig) de 0.901 y 1.000 para remoción de Pb y Zn, que al ser mayores de lo que establece la regla de decisión (0.05), indicamos que no existe una diferencia significativa, sólo diferencias mínimas

entre las remociones alcanzadas a partir de las dosis de compost de cáscara de naranja, sin embargo, se evaluó cuál es la dosis que destacada entre las demás a través de la prueba de Tukey.

Tabla 6. *HSD Tukey de la remoción de plomo según dosis*

DOSIS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Dosis 1kg	3	87,5900
Dosis 2kg	3	88,0233
Dosis 3kg	3	88,5300
Sig.		0,892

La Tabla 6 muestra las medias de las remociones de plomo, donde se identifica que existe diferencias mínimas entre las remociones con las dosis de compost de cáscara de naranja. Destacando la dosis de 3kg como la dosis adecuada.

Tabla 7. *HSD Tukey de la remoción de zinc según dosis*

DOSIS	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Dosis 2kg	3	85,5933
Dosis 1kg	3	85,6467
Dosis 3kg	3	85,6467
Sig.		1,000

La Tabla 7 muestra las medias de las remociones de zinc, donde se identifica que existe diferencias mínimas entre las remociones con las dosis de compost de cáscara de naranja. Destacando la dosis de 3kg como la dosis adecuada

4.5.3. Prueba de hipótesis específica 3

La hipótesis específica 3, que se sometió a prueba fue:

H₁: El tiempo para la aplicación del compost con cáscara de naranja para la recuperación de suelos degradados por metales tóxicos es la adecuada.

H₀: El tiempo para la aplicación del compost con cáscara de naranja para la recuperación de suelos degradados por metales tóxicos no es la adecuada.

Tabla 8. Prueba de normalidad de remoción de metales tóxicos según tiempo

Metales tóxicos	Tiempo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	g	Sig.
Remoción de plomo	50 días	0,986	3	0,776
	55 días	0,988	3	0,788
	60 días	0,960	3	0,615
Remoción de zinc	50 días	0,964	3	0,637
	55 días	0,964	3	0,637
	60 días	0,923	3	0,463

La Tabla 8, muestra los p-valores (sig) mayores a lo que establece la regla de decisión (0.05). Por lo cual, los datos de remoción tienen un comportamiento normal, siendo necesario utilizar una prueba paramétrica (Anova) para contrastar la hipótesis.

Tabla 9. Anova de remoción de metales tóxicos según tiempo

Metales tóxicos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Remoción Plomo	Entre grupos	37,416	2	18,708	79,454	,000
	Dentro de grupos	1,413	6	,235		
	Total	38,828	8			
Remoción Zinc	Entre grupos	71,648	2	35,824	31001,692	,000
	Dentro de grupos	,007	6	,001		
	Total	71,655	8			

La Tabla 9, muestra p-valores (sig) de 0.000 y 0.000 para remoción de Pb y Zn, que al ser menores de lo que establece la regla de decisión (0.05), indicamos que existe una diferencia significativa entre las remociones alcanzadas a partir de los tiempos, evaluándose cuál es el tiempo adecuado para la recuperación de los suelos a través de la prueba de Tukey

Tabla 10. *HSD Tukey de la remoción de plomo según tiempo*

TIEMPO		Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
50 días	3	85,8567		
55 días	3		87,5200	
60 días	3			90,7667
Sig.		1,000	1,000	1,000

La Tabla 10 muestra las medias de las remociones de plomo, donde se identifica que existe diferencias significativas durante los tiempos evaluados. Destacando el tiempo de 60 días como el tiempo adecuado para la recuperación del suelo.

Tabla 11. *HSD Tukey de la remoción de zinc según tiempo*

TIEMPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
50 días	3	82,4600		
55 días	3		85,1133	
60 días	3			89,3133
Sig.		1,000	1,000	1,000

La Tabla 11 muestra las medias de las remociones de Zinc, donde se identifica que existe diferencias significativas durante los tiempos evaluados. Destacando el tiempo de 60 días como el tiempo adecuado para la recuperación del suelo.

Por lo tanto, a partir de los resultados se concluye que el tiempo de 60 días para la aplicación del compost con cáscara de naranja para la recuperación de suelos degradados por metales tóxicos es la adecuada.

4.5.4. Prueba de hipótesis específica 4

La hipótesis específica 4, que se sometió a prueba fue:

H₁: Las propiedades fisicoquímicas de suelos contaminados por metales tóxicos varían a partir del uso de compost de cáscaras de naranja.

H₀: Las propiedades fisicoquímicas de suelos contaminados por metales tóxicos no varían a partir del uso de compost de cáscaras de naranja.

Tabla 12. Prueba de normalidad según propiedades fisicoquímicas

Parámetros fisicoquímicos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
pH	0,978	9	0,951
M.O.	0,832	9	0,051
C.E.	0,836	9	0,052
Humedad	0,855	9	0,085
Nitrógeno	0,870	9	0,124
Fósforo	0,843	9	0,059
Potasio	0,888	9	0,189

La Tabla 12, muestra los p-valores (sig) de los parámetros fisicoquímicos que fueron mayores a lo que establece la regla de decisión (0.05). Por lo tanto, los datos de remoción tienen un comportamiento normal, y es necesario utilizar una prueba paramétrica (T-Student) para contrastar la hipótesis.

Tabla 13. Prueba de T-Student de los parámetros fisicoquímicos

Parámetros fisicoquímicos	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
pH (Inicial – Final)	-,91111	,07474	,02491	-,96856	-,85366	-36,571	8	0,000
M.O (Inicial – Final)	-3,95000	1,61975	,53992	-5,19505	-2,70495	-7,316	8	0,000
C.E (Inicial – Final)	9,82556	,64185	,21395	9,33218	10,31893	45,924	8	0,000
Humedad (Inicial – Final)	-2,40000	,29845	,09948	-2,62941	-2,17059	-24,124	8	0,000
Nitrógeno (Inicial – Final)	-1,43111	,31271	,10424	-1,67148	-1,19074	-13,730	8	0,000
Fósforo (Inicial – Final)	-24,12111	3,76428	1,25476	-27,01459	-21,22763	-19,224	8	0,000
Potasio (Inicial – Final)	-,57444	,21634	,07211	-,74074	-,40815	-7,966	8	0,000

La Tabla 13, muestra los p-valores (sig.) menores de lo que establece la regla de decisión (0.05), donde se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Por lo tanto, las propiedades fisicoquímicas de suelos contaminados por metales tóxicos varían a partir del uso de compost de cáscaras de naranja.

4.5.5 Prueba de hipótesis general

H₁: El compostaje con cáscara de naranja mejora la calidad de los suelos degradados por metales tóxico Rio Rímac 2023.

H₀: El compostaje con cáscara de naranja no mejora la calidad de los suelos degradados por metales tóxico Rio Rímac 2023.

Para la comprobación de la hipótesis general, se evalúa todos los resultados obtenidos en las hipótesis específicas:

Hipótesis específica 1: Se obtuvieron p-valores (sig.) menores a 0.05. Hipótesis específica 2: Se obtuvieron p-valores (sig.) menores a 0.05. Hipótesis específica 3: Se obtuvieron p-valores (sig.) menores a 0.05. Hipótesis específica 4: Se obtuvieron p-valores (sig.) menores a 0.05.

Si, p-valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

Si, p-valor es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis alterna. En conclusión, el compostaje con cáscara de naranja mejora la calidad de los suelos degradados por metales tóxicos Rio Rímac 2023.

V. DISCUSIÓN

El compost de la cáscara de naranja tuvo un pH casi neutro (6.82), humedad de 42.15%, alto nivel de materia orgánica (41.28%), Nitrógeno de 1.36%, Fósforo de 0.57%, Potasio de 0.92% y relación C/N de 31.14%. Estos resultados al ser comparados con la NTP 201.208:2021 – Fertilizantes, cumplen con los requisitos establecidos en la norma que establece que el pH debe ser mayor a 6.5 y menor a 8.5; el contenido de humedad debe ser mayor al 35 % y menor de 50 % del peso del producto en base húmeda; el contenido de materia orgánica presente debe ser igual o mayor al 20 %, el nitrógeno no debe superar el 1.5% y el fósforo y potasio no deben superar el 1%. Por lo tanto, bajo los resultados obtenidos se puede incluir el compost de cáscara de naranja dentro de los abonos o fertilizantes orgánicos sólidos, y pueden ser almacenados sin alteraciones, ni tratamientos posteriores bajo condiciones ambientales adecuadas. Además, su aplicación en suelos contaminados por metales tóxicos durante 60 días, permitió la remoción de Plomo y Zinc del suelo, y según la FAO (2015), se recuperó y tiene las condiciones adecuadas para su uso en la agricultura.

Esto fue respaldado por Rafael *et al.* (2019) aplicaron residuos orgánicos para la elaboración de compost, reduciendo la población de maleza y logrando en el análisis fisicoquímico que los biocompost, sean óptimos para el pH, la materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo, el potasio y la relación C/N. Del mismo modo, Guinea & Leahu (2020) evaluaron el compostaje de residuos orgánicos e identificaron los parámetros de composición del material, logrando que en la primera semana el compost tuvo un pH es ácido y los valores de conductividad eléctrica son altos para las tres muestras, posteriormente en el proceso de compostaje los valores de pH aumentan, mientras que los valores de conductividad eléctrica disminuyen, el contenido de nitrógeno fue bajo en todas las muestras y disminuyó durante las primeras cinco semanas del proceso de compostaje, luego comenzará a aumentar ligeramente, finalmente el compost se obtuvo con éxito y cumplió con los estándares requeridos para uso agrícola. Sin embargo, contrastó con lo reportado por Debernardi *et al.* (2020) utilizaron cítricos, basado en modelos de compostaje en pilas mediante el uso de restos

de cáscara de naranja y caña de azúcar, para mejorar las características fisicoquímicas del compost que aportaran valor para su uso en la mejora de la calidad de los suelos. El pH del compost finalmente llegó a valores de 9.1, aplicando su uso en la producción de alimentos en la agricultura agroecológica.

La aplicación de dosis de compost de cáscaras de naranja en el suelo contaminado, permitió la remoción de metales tóxicos (Plomo y Zinc). Los mejores resultados fueron obtenidos a partir de la dosis 3 (3 Kg. de compost en 12 kg de suelo). En el caso de plomo, se logró la remoción promedio de 88.53% y en el caso de Zinc, se logró la remoción promedio de 85.65%. Estos resultados al ser comparados con el ECA-Suelo para el caso de plomo, el nivel de concentración de este metal (53mg/kg) no sobrepasa los valores máximos establecidos del ECA (70 mg/kg). Asimismo, al ser comparado con la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (GCAC) para el caso de Zinc, se identificó que la concentración de este metal (499.97 mg/kg), acercándose a lo establecido en la GCAC (200 mg/kg), resaltando el alto nivel de eficiencia de remoción alcanzado, por lo cual, se infiere que con la aplicación de mayor dosificación se puede obtener mayores niveles de remoción de los metales tóxicos (plomo y zinc).

Esto corrobora lo reportado por Alvarado y Hernández (2018), quien sustenta que la cáscara de naranja tiene la capacidad de remover metales pesados como el plomo y el zinc a través de un proceso de biosorción. Este proceso según Cardona *et al* (2013) se da principalmente por un fenómeno de intercambio iónico entre los iones metálicos en solución y los iones presentes en la cáscara de naranja, como la pectina que al ser tratada con Ca^{2+} , se une a la cadena poligalacturónica, y la remoción de metales por pectina tratada se da por un fenómeno de intercambio iónico entre el Ca^{2+} y los iones metálicos en solución hasta lograr un equilibrio. Tejada *et al*. (2016) determina que la efectividad de la cáscara de naranja como material biosorbente para la eliminación de metales pesados, lo que la convierte en una alternativa sostenible para el tratamiento de suelos contaminadas con plomo y zinc.

Además, estos resultados fueron superiores al ser comparados con lo reportado por Huang *et al.* (2020) quienes a través de una dosis eficiente de 60 g/kg de compost de estiércol, alcanzaron niveles de remoción del 80% de metales tóxicos. Respaldando, lo establecido por Pa & Yadanar (2021) quienes mediante la aplicación de 500 g de cáscaras de naranja añadido al 2000 g de suelo (misma relación que el presente estudio 1:4), lograron valores superiores al 85% de remoción de metales tóxicos, quedando en evidencia que los fertilizantes químicos se pueden sustituir por fertilizantes orgánicos (compost de cáscara de naranja), porque permiten la recuperación del suelo y aumentan sus niveles de fertilidad favoreciendo su uso para la producción agrícola. Caso similar a lo logrado por Guo *et al.* (2020), quien mediante funciones agronómicas del compost inmoviliza metales pesados y contaminantes orgánicos.

En el estudio, el tiempo de contacto (dosis y el suelo contaminado), que logró mayor remoción de metales tóxicos fue de 60 días. Estos resultados de tiempo indican que fueron menores al ser comparados con lo reportado por De Medina *et al.* (2020), pues mencionan que el tiempo necesario para la remoción de metales tóxicos con la aplicación de compostaje de residuos de cáscaras de naranja fue en 13 semanas. Este contexto, fue dado porque en el estudio de Medina *et al.* (2020) utilizaron distintas dosificaciones (dosis y suelo) en relación 1:5. Es decir menor cantidad de cáscaras de naranja dentro de su tratamiento. Siendo similar, a lo logrado por Polprasert y Kootatep (2018) quienes emplearon el compostaje con residuos municipales logrando descomponer los residuos orgánicos en un menor tiempo.

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas de suelos contaminados en el estudio se encontró que variaron significativamente a partir del uso de compost de cáscaras de naranja, hasta trasladarse a niveles adecuados para el desarrollo de la agricultura según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), basado en el logro de suelos con pH 6.48,

6.82% de materia orgánica, 1.82 mS/cm de conductividad eléctrica, 16.84% de humedad, 1.96% de nitrógeno, 39.96% de fósforo, 0.96% de potasio.

Estos resultados son similares a lo reportado por Tooundou *et al.* (2021), quienes prepararon tres compost de desechos diferentes mezclando desechos domésticos y desechos de alimentos con aditivos como fosfato natural y estiércol, logrando que las características químicas de los compost y la madurez de la materia orgánica impactaran altamente la adsorción de metales pesados. Además, el suelo obtuvo un pH ligeramente ácido y un alto potencial redox, que mejoraron la transferencia de nutrientes del suelo a las plantas en condiciones normales de riego. Del mismo modo, De Medina *et al.* (2020), determinó que todas las mezclas de compost (cáscara de naranja con material de carga como residuos vegetales, cumplieron con los requisitos para mejorar las propiedades fisicoquímicas de suelo; destacando la mejora de las concentraciones de nitrógeno total. Por su parte, Sallo *et al.* (2018) utilizaron residuos de naranja como biofertilizante para la recuperación de suelos agrícolas aplicó los residuos sólidos orgánicos en el proceso de compostaje para la elaboración de compost. Asimismo, los resultados presentan similitud en el pH, alcanzando un valor de 7.6.

VI. CONCLUSIONES

Las características del compost de la cáscara de naranja cumplieron con los requisitos establecidos en la norma NTP 201.208:2021, al presentar un pH casi neutro (6.82), humedad de 42.15%, alto nivel de materia orgánica (41.28%), Nitrógeno de 1.36%, Fósforo de 0.57%, Potasio de 0.92% y relación C/N de 31.14%. Por lo cual, se garantiza su uso como abono o fertilizante orgánico sólido.

La mejor dosis de compost de cáscaras de naranja fue la dosis 3 (3 Kg. de compost en 12 kg de suelo), porque favoreció la obtención de las máximas remociones de plomo y zinc del suelo contaminado en 88.53 y 85.65% respectivamente, direccionando el nivel de concentración de plomo (53mg/kg) al cumplimiento del ECA-Suelo (70mg/kg) y acercando el nivel de concentración de zinc (499.97mg/kg) al requisito establecido en la Guía de Calidad Ambiental Canadiense (200 mg/kg).

El tiempo de contacto (dosis y suelo contaminado) necesario para el logro de mayor remoción de metales tóxicos fue de 60 días, alcanzando remociones promedio de 90.77% de plomo y 89.31% de Zinc, quedando en evidencia el alto nivel de eficiencia de remoción del compost de cáscaras de naranja.

Las propiedades fisicoquímicas de suelos contaminados variaron significativamente a partir del uso de compost de cáscaras de naranja, hasta trasladarse a niveles adecuados para el desarrollo de la agricultura según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), basado en el logro de suelos con pH 6.48, 6.82% de materia orgánica, 1.82 mS/cm de conductividad eléctrica, 16.84% de humedad 1.96% de nitrógeno, 39.96% de fósforo, 0.96% de potasio.

VII. RECOMENDACIONES

Aplicar mayores dosificaciones en un mayor tiempo contacto para eliminar los niveles de metales tóxicos en el suelo.

Evaluar otros residuos orgánicos de origen cítrico que sean familia de la especie *Citrus sinensis*.

Evaluar una proyección de las cantidades de reducción de estos residuos en los botaderos, manifestando la contribución al respecto de su manejo.

REFERENCIAS

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (2005). Resumen de salud pública Zinc.

https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs60.pdf

Ala, Musa, Ruslan. Effect of compost enrichment with Trichoderma sp on the growth of Arabica coffee seedlings. DOI 10.1088/1755-1315/575/1/012145.

Alvarado, T.; Hernández, A. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el uso de orujo de naranja. Revista Colombiana de Investigación Agroindustriales, 5 (2), 9-32.

<https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1393>

Alvarado, Tatiana y Hernandez, Alva, Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja, 2018, [en línea]. Julio 2018 [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en:

<https://www.proquest.com/docview/2126524182/784F81CE432B4218PQ/1?accountid=37408>

Álvarez, Aldo. (2020). Clasificación de las investigaciones. Universidad de Lima.

<https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10818/Nota%20Acad%20c3%a9mica%20%20%2818.04.2021%29%20-%20Clasificaci%20c3%b3n%20de%20Investigaciones.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Antonangelo, Joao; Sun, Xiao; Zhang, Hailin. (2021). Las funciones del biocarbón co-compostado (COMBI) en la mejora de la calidad del suelo, la productividad de los cultivos y la mejora de los metales tóxicos. Revista de Gestión Ambiental. Vol 277, n°1.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720313682>

Arce, Siles; Calderón, Marilú. (2017). Suelos contaminados con plomo en la Ciudad de La Oroya Junín y su impacto en las aguas del Río Mantaro. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM, vol. 20 n°40, 48-55.

<https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/RFIGMMG-40-48.pdf>

Ballardo y Vargas. Adding value to home compost: Biopesticide properties through *Bacillus thuringiensis* inoculation.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.003>

Barnossi, Azeddin y Moussaid, Fatimazhare. Tangeri, banana and pomegranate peels valorization for sustainable environment a review.

<https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00574>

Cardona, A.; Cabañas, D.; Zepeda, A. (2013). Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II). *Ingeniería*, 17(1), 1-9.

<https://www.revista.ingenieria.uady.mx/Vol%2017/evaluacion.pdf>

Cortés, Sandra. (2022). Advierten altos niveles de metales en suelos de Copiapó.

Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://www.uc.cl/academia-en-los-medios/advierten-altos-niveles-de-metales-en-copiapo/>

Cordova, Audrey (2019). Perú: afectados por contaminación de metales pesados en su sangre exigen atención del Estado. *Contaminación ambiental*.

<https://www.france24.com/es/20190215-peru-metales-sangre-comunidades-Glencore>

Cotacallapa, Sucapuca; Vilca, Curo Y Coaguilla, El orujo de uva Italia como fuente de compuestos bioactivos y su aprovechamiento en la obtención de etanol y compost [en línea]. Octubre 2020, [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en:

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1666-77192020000100002

Debernardi, Aguilar, Nuñez. Composting of byproducts from the orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) and sugarcane (*Saccharum* spp. hybrids) agroindustries. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n3.82877>

Delgado, María; Mendoza, Karla Y Gonzales, María. Assessment Of The Composting Process Of Poultry Manure Using Different Mixtures Of Substrates, 2019. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>

De Medina, Lorena; Giraldi, Mario; Castillo, Eduardo; Morales, Laura. (2020). Valorización de residuos de piel de naranja mediante procesos de pre compostaje y vermi compost. *Sostenibilidad*, 12(18).

<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7626>

Department of Health New York State (2020). Suelos saludables, comunidades saludables.

https://www.health.ny.gov/environmental/outdoors/garden/docs/metales_jardinesurbanos.pdf

FAO. Suelos del planeta [en línea]. Julio 2017 [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en:

<https://blog.litoclean.es/2017/07/24/suelos-contaminados-degradado/>

Fernandez, Amo y Lucas, Mateos. Recovery of organic carbon from municipal mixed waste compost for the production of fertilizers. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.121805

Fernández, Benito; Mullisaca, Eliana; Huanchi, Luz. (2022). Nivel de contaminación del suelo con arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). Revista de Investigaciones Altoandinas, vol. 24, n°2.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572022000200131

Guo, Xiao; Liu, Hong; Zhang, Jun. (2020). El papel del biocarbón en el compostaje de residuos orgánicos y la mejora del suelo: una revisión. Gestión de residuos, vol. 102, n°1, 884-899.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X19307445>

Hamzah, Hashim y Zainuddin, Effect of organic matter on pathogen population during composting of municipal sludge. DOI 10.1088/1755-1315/616/1/012055

Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mc Graw Hill Interamericana. Disponible en: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Hernández, Sampieri, Fernández, Collado y Baptista Lucio, Definición conceptual o constitutiva [en línea]. Octubre 2014, [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2021]. Disponible en:

http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/2775/506_5.pdf?sequence=1

Huang, H.; Luo, L.; Huang, L.; Zhang, J.; Gikas, P.; Zhou, Y.. (2020). Efecto del compost de estiércol sobre la distribución de Cu y Zn en el suelo de la rizosfera y la acumulación de metales pesados por *Brassica juncea*. Contaminación el agua, el aire y el suelo, vol. 231, n°195.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-020-04572-4>

Huaranga-Moreno, Félix; Arteaga-Núñez, Josué; Huaranga-Arévalo, Félix. (2022). Remoción selectiva de plomo presente en relaves mineros utilizando nanodendrímeros de humus, compost, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos puros. *Arnaldoa*, 29(3).

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992022000300439

INIA Programa nacional de investigación en suelos – aguas y estudios especiales, 2018, [en línea]. Mayo 2018 [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.inia.gob.pe/programas-nacionales/>

Irigoin, José, Aplicación de Compost como fertilizante para mejorar los suelos agrícolas del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de Chota, 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31662>

Jiménez, Raymundo. Introducción a la contaminación de suelos. ed. Mundi Prensa, 2017 65 pp. ISBN: 9788484767893

Mahmoud, Abeer, Omer, Hamed y Mohammed, Amira. Enhancement of chemical composition and nutritive value of some fruits pomace by solid state fermentation DOI:10.21608/ejchem.2020.20655.2237

Martinez, Delvin. Clasificación dinámica de suelos usando métodos geofísicos. ed. Académica Española, 2016. 35 pp. ISBN: 8476846002

Medina, Socorro; Quintero, Roberto y Espinosa. Generación de un inoculante acelerador del compostaje. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.010>

MINAM. Guía para el muestreo de Suelos [en línea]. Noviembre 2014 [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en:

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

- Montatixe, Sánchez, Eche, Enríquez y Mauricio David, Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>
- Nicomedes, Teodoro, Tipos de investigación, 2018, [en línea]. Julio 2018 [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- Pa, Pa; Yadanar, Mya. (2021). Estudio sobre el uso de material vegetal como fertilizante. Revista Internacional de Desarrollo Ambiental y Rural, 12 (1), 142-148. Disponible en: <https://iserd.net/ijerd121/IJERD12-1.pdf#page=147>
- Polprasert, Chongrak, Koottatep, Thammarat, Organic Waste Recycling: Technology, Management and Sustainability, ed. IWA Publishing 2017, 105 pp, [en línea]. Julio 2017 [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2135702181/bookReader?accountid=37408>
- Rafael, Maria. Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos y aplicación del producto de microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos, SAPALLANGA – HUANCAYO 2019. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3511/Rafael%20Avila.pdf?sequence=1>
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. CienciAmérica, vol. 10, n°1. <https://www.cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356/698>
- Román, Pilar, Martínez, María, Pantoja, Alberto. Manual de compostaje del agricultor Experiencias en América Latina Santiago de Chile, 2018. 24 pp. [en línea]. Mayo 2018 [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2148559166/bookReader?accountid=37408>

- Sánchez, Tibayde. Caracterización microbiológica del proceso de compostaje a partir de residuos azucareros microbial [en línea]. Septiembre 2009, [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000300007
- Siles, Ana; Lopez, Maria y Lopez, Juan, Comparative analysis of phytotoxicity and compost quality in industrial composting facilities processing different organic wastes. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119820>
- Soto, M. & Olvera, D. (2020). Elementos Potencialmente Tóxicos (Cd, Hg, Pb Y Zn) en suelos impactados por planta recicladora de plomo (Zacatecas, México), a una década de parar operaciones. Revista Internacional de contaminación ambiental, 35 (3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000300651&script=sci_arttext
- Suarez, Estrella. Biological control of plant pathogens by microorganisms isolated from agro-industrial composts. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.10.008>
- Suarez, Estrella, Tracking organic matter and microbiota dynamics during the stages of lignocellulosic waste composting.
DOI: 10.1016/j.biortech.2013.07.122
- Tan, Liu, Zhang. Effect of matured compost and exogenous microbial inoculants on the composting process of digestate eluted from dry anaerobic digestion. DOI 10.1088/1755-1315/569/1/012025
- Tang, J.; Zhang, L.; Zhang, J.; Ren, L.; Zhou, Y.; Zheng, Y.; Luo, L.; Li, H.; Chen, A. (2020). Características fisicoquímicas, disponibilidad de metales y actividad enzimática en suelos contaminados con metales pesados remediados con biocarbón y compost. Ciencia del medio ambiente total, vol. 701 n°1. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719347424>
- Thi, K.; Van, T.; Thanh, L.; Ngoc, N.; Cong, T.; Phuong, N.; Thi, H.; Van, T.; Xuan, B. (2022). Compost para mejorar el cultivo sostenible del suelo y la productividad de los cultivos, estudios de casos en ingeniería química y ambiental, 6 (1).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016422000330>

Tejada, C.; Herrera, A.; Núñez, J. (2016). Remoción de plomo por biomasa residuales de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y Zuro de Maíz (*Zea mays*). Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica, 19(1); 169-178. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/126/92>

Toledo, Siles, Fernández, Seguimiento del proceso de compostaje de diferentes residuos agroindustriales: Influencia de las variables operativas en el impacto oloroso. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.042>

Toundou, Outéndé; Pallier, Virginie; Feuillade, Geneviève; Tozoa, Koffi. (2021). Impacto de las características agronómicas y orgánicas de los compost de desecho de Togo en el contenido de nutrientes de *Zea mays* L. bajo estrés hídrico. Revista de Gestión Ambiental, 285(1).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479721002206>

Vera, Sheyla. Elaboración De Compost A Partir De Los Residuos Orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa Copeinca S.A.C COPEINCA SAC, 2017 65 pp. ISBSN: 9788484767893 Tesis. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1475/MIN-VER-ROJ-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yang, Kangjie; Zhua, Longji; Zhao, Yue; Wei, Zimin; Chen, Xiaomeng; Yaob, Changhao; Meng, Qingqing; Zhao, Ran. Un método novedoso para eliminar metales pesados del sistema de compostaje: la combinación de bacterias funcionales y materiales adsorbentes. Tecnología Bioambiental, vol. 293 n°1, 2019.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419313252>

Yommi, Dewilda, Aziz, Rizki Y Restu, Handayani. The effect of adicional vegetables and fruits waste on the quality of compost of cassava chip industry solid waste on takakura composter, 2019.

DOI:10.1088/1757-899X/602/1/012060.

ANEXOS


Matriz de operacionalización

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente Compostaje de cáscara de naranja.	El compost es rico en su composición fisicoquímica se ha informado que tiene una capacidad recuperadora de suelos degradados por metales toxico mejorando la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas (Suárez <i>et al.</i> , 2013).	Se adicionó el compostaje de cáscara de naranja bajo ciertas condiciones de dosis y tiempo para la remoción de metales.	Características del compost con cáscara de naranja	C/N	%
				N	%
				P	Ppm
				K	Ppm
				Humedad	días
				PH	(1-14)
			Dosis del compostaje	M1: 1	Kg
				M2 2	
			M3: 3		
Tiempo de Remoción Metales	T1: 1	Días			
	T2: 2				
	T3: 3				
Variable Dependiente Calidad en suelos degradados por metales tóxicos	El desarrollo de las distintas actividades económicas genera un impacto negativo en la calidad del suelo, que junto a otros factores antropogénicos generan aún más la degradación de suelo por metales pesados (Montatixe & EchE, 2021)	La calidad del suelo fue evaluada mediante sus propiedades fisicoquímicas y eficiencia.	Propiedades Fisicoquímicas del suelo	Materia orgánica	%
				Conductividad eléctrica	dS/m
				C/N	%
				N	%
				P	Ppm
				K	Ppm
				Humedad	%
				pH	(1-14)
				Pb	mg/L
				Zn	mg/L
			pH	(1-14)	
			Eficiencia antes y después del compostaje	$[(cf = \frac{ci - cf}{ci})] * 100$	%

Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente: Compostaje de cáscara de naranja	Características de las cáscaras de naranja	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Población: 1000m² de suelos degradados</p> <p>Muestra: 5kg de suelo</p> <p>Unidad de análisis: 1 kg de suelo degradado</p> <p>Técnica: Observación</p> <p>Instrumentos: Fichas de características del compostaje y Ficha de caracterización del suelo.</p>
¿Cómo el compost de cáscara de naranja mejora la calidad de suelos degradados por metales tóxicos?	Utilizar el compost de cáscara de naranja para la mejora de la calidad del suelo degradado por metales tóxicos.	El compostaje con cáscara de naranja mejora la calidad de los suelos degradados por metales tóxicos Río Rímac 2023.		Condiciones de operación de compostaje	
Problemas Especificas	Objetivos Específicos	Hipótesis Especifico	Variable dependiente: Calidad en suelos degradados	Propiedades Físicoquímicas del suelo	
¿Cuáles son las características del compost con cáscara de naranja?	Determinar las características del compost de la cascara de naranja para recuperar los suelos contaminados por metales tóxicos.	Las características de la cáscara de naranja recuperan la calidad del suelo degradado por metales tóxicos, río Rímac 2023.			
¿Cuál es la mejor dosis para degradar los suelos contaminados por metales tóxicos?	Identificar la mejor dosis de compost para recuperar los suelos contaminados por metales tóxicos.	La dosis utilizada para la recuperación de suelos por metales tóxicos es la adecuada.		Eficiencia del suelo	
¿Cuál es el tiempo necesario para degradar los suelos contaminados por metales tóxicos?	Identificar el tiempo necesario para recuperar los suelos contaminados por metales tóxicos.	El tiempo para la aplicación del compost con cáscara de naranja para la recuperación de suelos por metales tóxicos es la adecuada.			
¿Cuál es la eficiencia en la mejora de los suelos degradados?	Determinar la eficiencia de la mejora de los suelos degradados por metales tóxicos con el uso compostaje de la cascara de naranja, río Rímac 2023.	El uso de compost de la cáscara de naranja es eficiente en la mejora de suelos degradados por metales pesados, río Rímac 2023.			

INSTRUMENTOS

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA 1: UBICACIÓN DEL SUELO DEGRADADO		
TÍTULO		Compostaje con cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos degradados por metales tóxicos, río Rímac 2023		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Tratamiento y gestión de los residuos		
ESCUELA		INGENIERÍA AMBIENTAL		
INTEGRANTE		Carbajal Chian, Francisco Alberto & Landauro Mantilla, Julio		
ASESOR		Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio	FECHA	03/10/20223
LUGAR		Rivera del río Rímac – Puente Huachipa	DISTRITO	Lurigancho
N° Muestra	Coordenadas UTM		Hora de la extracción de la muestra	Peso de la muestra (kg.)
	Este	Norte		
1	12° 0'49.04"S	76°53'55.29"O	10:25 AM	1
2	12° 0'49.06"S	76°53'55.24"O	10:45 AM	1
3	12° 0'49.08"	76°53'55.18"O	11:15 AM	1
4	12° 0'49.09"S	76°53'55.12"O	11:35 AM	1
5	12° 0'49.11"S	76°53'55.05"	11:55 AM	1


Lima, 3 de octubre del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE CIP
95556

Dr. Ing. JUAN JOSÉ ORDOÑEZ GÁLVEZ
CIP: 88772

JONNATAN VICTOR
BAÑON ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 28465*

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA 2: CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST DE CASCARA DE NARANJA					
TÍTULO		Compostaje con cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos degradados por metales tóxicos, río Rímac 2023					
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Tratamiento y gestión de los residuos					
ESCUELA		INGENIERÍA AMBIENTAL					
INTEGRANTE		Carbajal Chian, Francisco Alberto & Landauro Mantilla, Julio					
ASESOR		Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio				FECHA	
Muestra	C/N	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Humedad (%)	pH (1-14)	MO (%)
Compost de cascara de naranja	31.14	2.36	1.57	2.42	12.15	6.82	41.28


Lima, 3 de octubre del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE CIP
95556


Dr. ING. JUAN JOSÉ ORDÓÑEZ GALVEZ
DM: 88447308
CIP: 89772


JONATHAN VICTOR
BARÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 28465*

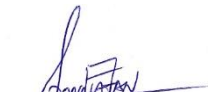

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA 3: PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE SUELO DEGRADADO POR METALES TOXICOS									
TÍTULO	Compostaje con cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos degradados por metales tóxicos, río Rímac 2023									
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y gestión de los residuos									
ESCUELA	INGENIERÍA AMBIENTAL									
INTEGRANTE	Carbajal Chian, Francisco Alberto & Landauro Mantilla, Julio									
ASESOR	Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio							FECHA		
Muestra	MO (kg)	CE Ms/cm	C/N (%)	N (%)	P (%)	K (%)	H (%)	pH (1-14)	Pb (pp)	Zn (pp)
Suelo degradado	0.84	12.27	22.34	0.14	11.19	0.15	18.4	5.49	462	3484


Lima, 3 de octubre del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE CIP
95556


Dr. Ing. JUAN JOSÉ ORDÓÑEZ GALVEZ
CIP: 89772


JONNATAN VICTOR
BARÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 26465*


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			FICHA 4: ANÁLISIS FISICOQUIMICOS DE LA MEJORA DEL SUELO										
TÍTULO			Compostaje con cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos degradados por metales tóxicos, río Rímac 2023										
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN			Tratamiento y gestión de los residuos										
ESCUELA			INGENIERÍA AMBIENTAL										
INTEGRANTE			Carbajal Chian, Francisco Alberto & Landauro Mantilla, Julio										
ASESOR			Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio									FECHA	
Tratamiento	Tiempo (días)	Dosis (kg)	MO (%)	CE (dS/m)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Humedad (%)	pH (1-14)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	EFICIENCIA	
												(%)	(%)
T1	50	1	3.14	3.14	1.21	31.31	0.44	16.14	6.37	68	609.7	85.28	82.50
		2	3.15	3.15	1.24	31.34	0.46	16.17	6.31	60	518.5	87.01	85.12
		3	3.17	3.17	1.28	31.38	0.49	16.21	6.27	44	372.1	90.48	89.32
T2	55	1	4.34	2.34	1.49	34.6	0.72	16.59	6.44	65	612.9	85.93	82.41
		2	4.36	2.36	1.52	34.63	0.75	16.63	6.41	58	519.9	87.45	85.08
		3	4.39	2.39	1.56	34.67	0.79	16.68	6.39	43	373.3	90.69	89.29
T3	60	1	6.79	1.79	1.93	39.93	0.93	16.8	6.52	63	610.6	86.36	82.47
		2	6.82	1.82	1.95	39.95	0.95	16.85	6.48	55	517.6	88.10	85.14
		3	6.86	1.86	1.99	39.99	0.99	16.88	6.45	41	371.7	91.13	89.33

Lima, 3 de octubre del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE CIP
95556


Dr. ING. JUAN JOSÉ ORDÓÑEZ GALVEZ
DNE: 1844728
CIP: 88772


JONATHAN VICTOR
BARÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 284651


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA 3: PROPIEDADES FISIQUÍMICAS DE SUELO DEGRADADO POR METALES TOXICOS							
TÍTULO		Compostaje con cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos degradados por metales							
LINEA DE INVESTIGACIÓN		Tratamiento y gestión de los residuos							
ESCUELA		INGENIERÍA AMBIENTAL							
INTEGRANTE		Carbajal Chian, Francisco Alberto & Landauro Mantilla, Julio							
ASESOR		Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio						FECHA	
Muestra	MO (kg)	CE Ms/cm	C/N (%)	N (%)	P (%)	K (%)	H (%)	pH (1-14)	
Suelo degradado	0.84	12.27	22.34	0.14	11.19	0.15	18.4	5.49	

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA 2: CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST DE CASCARA DE NARANJA						
TÍTULO		Compostaje con cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos degradados por metales tóxicos, río Rímac 2023						
LINEA DE INVESTIGACIÓN		Tratamiento y gestión de los residuos						
ESCUELA		INGENIERÍA AMBIENTAL						
INTEGRANTE		Carbajal Chian, Francisco Alberto & Landauro Mantilla, Julio						
ASESOR		Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio					FECHA	
Muestra	C/N	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Humedad (%)	pH (1-14)	MO (%)	
Compost de cascara de naranja	31.14	2.36	1.57	2.42	12.15	6.82	41.28	

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA 4: ANALISIS FISIQUÍMICOS DE LA MEJORA DEL SUELO							
TÍTULO		Compostaje con cáscara de naranja para la mejora de la calidad de suelos							
LINEA DE INVESTIGACIÓN		Tratamiento y gestión de los residuos							
ESCUELA		INGENIERÍA AMBIENTAL							
INTEGRANTE		Carbajal Chian, Francisco Alberto & Landauro Mantilla, Julio							
ASESOR		Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio							
Tratamiento	Tiempo (días)	Dosis (kg)	MO (%)	CE (dSm)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Humedad (%)	pH (1-14)
T1	50	1	3.14	3.14	1.21	31.31	0.44	16.14	6.37
		2	3.15	3.15	1.24	31.34	0.46	16.17	6.31
		3	3.17	3.17	1.28	31.38	0.49	16.21	6.27
T2	55	1	4.34	2.34	1.49	34.6	0.72	16.59	6.44
		2	4.36	2.36	1.52	34.63	0.75	16.63	6.41
		3	4.39	2.39	1.56	34.67	0.79	16.68	6.39
T3	60	1	6.79	1.79	1.93	39.93	0.93	16.8	6.52
		2	6.82	1.82	1.95	39.95	0.95	16.85	6.48
		3	6.86	1.86	1.99	39.99	0.99	16.88	6.45



Hitler Román Pérez
ING. AMBIENTAL

Metodología de analisis:

Metodo de Kjeldahl
 metodo del Olsen, extraccion con NaHCO₃=0.5M, p H 8.5
 Extraccion con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N, p H 7.0
 Saturacion con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N, p H 7.0
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B
 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

Equipo Utilizado:
Código interno:

Multiparametro Hanna edge
 6053633
 Espectrofotometro UV
 6007328
 Equipo de filtración con bomba de vacío
 653626
 Equipo Kjeldahl
 600956
 Equipo de destilación de gases
 6009523
 Mufla
 6009521
 Estufa marca BINDER
 Código interno: D06-007394
 Balanza analítica OHAUS
 Código interno: 06009513



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE MUESTRA MINERAL

SOLICITADO POR. : **JULIO LANDAURO MANTILLA**

Procedencia de muestra : Río Rímac, Lima

Recepción de muestra : Lima, 10 de Octubre del 2023

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRA

Muestra	Pb(mg/Kg)	Zn(mg/kg)
Sedimento	462	3484

Lima, 16 de Octubre del 2023


MSc. Atilio Mendoza Apelaya
Jefe Lab. ESPECTROMETRÍA

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427 , Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE NUEVE MUESTRAS

SOLICITADO POR : FRANCISCO CARBAJAL CHIAN

Procedencia de muestras : Río Rímac

Recepción de muestras : Lima, 23 de Noviembre 2023

RESULTADO DEL ANALISIS DE MUESTRAS

Muestras	Pb(mg/Kg)	Zn(mg/Kg)
T1D1	68	609.7
T1D2	60	518.5
T1D3	44	372.1
T2D1	65	612.9
T2D2	58	519.9
T2D3	43	373.3
T3D1	63	610.6
T3D2	55	517.6
T3D3	41	371.7

Lima, 30 de Noviembre del 2023


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. ESPECTROMETRIA



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe