

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
DE LA SALUD**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**TESIS:**

**EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN LA  
INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE  
RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA 2021**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL**

Presentada por:

**Bachiller: LUIS MARTÍN ORTIZ RUIZ**

Asesor:

**Dr. PERSI VERA ZELADA**

Cajamarca, Perú

2022

COPYRIGHT © 2022 by  
**LUIS MARTÍN ORTÍZ RUÍZ**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



### **UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

#### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

#### **TESIS APROBADA:**

#### **EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA 2021**

Para optar el Grado Académico de

#### **MAESTRO EN CIENCIAS**

#### **MENCIÓN: SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL**

Presentada por:

**Bachiller: LUIS MARTÍN ORTIZ RUIZ**

#### **JURADO EVALUADOR:**

Dr. Persi Vera Zelada  
Jurado Evaluador

Dr. Oscar Ranulfo Silva Rodríguez  
Jurado Evaluador

Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado  
Jurado Evaluador

M.Cs. Jimy Frank Oblitas Cruz  
Asesor

**Cajamarca, Perú**

**2022**



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

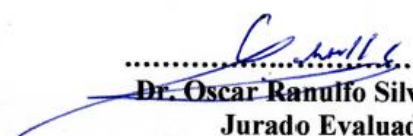
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**


Siendo las 11:10 horas, del día 18 de noviembre de dos mil veintidós, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. OSCAR RANULFO SILVA RODRÍGUEZ**, **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**, **M.Cs. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ** y en calidad de Asesor el **Dr. PERSI VERA ZELADA**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **“EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA 2021”**, presentada por el **Bachiller en Ingeniería Ambiental LUIS MARTÍN ORTIZ RUIZ**.


Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Aprobar con la calificación de Dieciséis (16) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bachiller en Ingeniería Ambiental LUIS MARTÍN ORTIZ RUIZ**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias de la Salud, con Mención en **SALUD OCUPACIONAL Y AMBIENTAL**.

Siendo las 12:45 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Persi Vera Zelada**  
Asesor

  
.....  
**Dr. Oscar Ranulfo Silva Rodríguez**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado**  
Jurado Evaluador

  
.....  
**M.Cs. Jimy Frank Oblitas Cruz**  
Jurado Evaluador

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi esposa  
Laura, mis hijos y al gran ejemplo en mi  
vida, mi Justita y mi madre, por su amor  
infinito y su ánimo para seguir adelante en  
el cumplimiento de mis metas de vida.

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
CAPÍTULO I .....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Justificación .....	3
1.3.1 Justificación científica .....	3
1.3.2 Justificación técnica .....	3
1.3.3 Justificación institucional.....	4
1.4 Objetivos de la investigación.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
 CAPÍTULO II .....	 6
MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Antecedentes del estudio .....	6
2.2 Bases teóricas.....	12
2.2.1 Lixiviado. ....	12
2.2.2 Dimensiones del tratamiento de los lixiviados.....	13
2.2.3 Eficiencia del tratamiento .....	15
2.2.4 Enfoques del cambio de comportamiento de saneamiento. ....	16
2.2.5 Principales teorías medioambientalistas .....	16
2.2.6 Salud pública.....	18
2.2 Bases conceptuales .....	20
2.3 Base legal.....	21
2.4 Definición de términos .....	23
2.5. Hipótesis .....	24
 CAPÍTULO III.....	 26
MARCO METODOLÓGICO.....	26
3.1 Diseño y tipo de la investigación .....	26
3.2 Población y muestra de estudio.....	26
3.3 Procedimiento de recopilación de datos .....	28
3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	32
3.4.1 Validez y confiabilidad del instrumento .....	32
3.4.2 Procesamiento y análisis de datos.....	32

CAPÍTULO IV .....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
4.1 Presentación de resultados .....	35
Resultados del tratamiento en temporada seca .....	35
Resultados del tratamiento en temporada de lluvia.....	36
CONCLUSIONES .....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	54
ANEXOS .....	62

## Índice de tablas

Tabla 1. Eficiencias de los tratamientos de los lixiviados de estaciones de residuos sólidos.....	16
Tabla 2. Límites máximos permisibles (LMP) para residuos sólidos.....	22
Tabla 3. Operacionalización de la variable.....	25
Tabla 4. Recolección de muestras para análisis.....	28
Tabla 5. Resultados del tratamiento en temporada seca.....	35
Tabla 6. Resultados del tratamiento en temporada de lluvia.....	36
Tabla 7. Determinación de la prueba de normalidad.....	41
Tabla 8. Parámetros con resultados por debajo de los límites de cuantificación.....	41
Tabla 9. Evaluación del cumplimiento de Límites Máximos Permisibles.....	46
Tabla 10. Comparación entre las muestras antes y después del tratamiento y en época seca y época lluvia.....	47
Tabla 11. Remoción de los parámetros que cambiaron.....	47
Tabla 12. Promedios de los resultados según cada factor.....	48



## Índice de figuras

Figura 1.	Ubicación de la planta de tratamiento de lixiviados de Cajamarca.....	27
Figura 2.	Monitoreo tratamiento-parámetros de metales.....	37
Figura 3.	Monitoreo tratamiento-parámetros de metales.....	38
Figura 4.	Monitoreo del tratamiento – DBO5 y DQO.....	39
Figura 5.	Monitoreo al tratamiento del potencial de hidrogeno y sólidos suspendidos totales.....	39
Figura 6.	Monitoreo del tratamiento coliformes totales .....	40
Figura 7.	Resultados de los parámetros por debajo de los límites de cuantificación	42
Figura 8.	Toma de los parámetros de campo pH, Conductividad, temperatura, en la poza sin tratar. ....	69
Figura 9.	Toma de muestra para el parámetro microbiológico en la poza sin tratar.	69
Figura 10.	Toma de muestra en la poza sin tratar con ayuda del brazo telescópico ..	70
Figura 11.	Descarga del lixiviado.....	70
Figura 12.	Materiales utilizados para la recolección de muestras.....	72

## RESUMEN

El presente trabajo determinó la eficiencia del tratamiento de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición de residuos sólidos, la cual se encuentra ubicada en el sector Palturo, caserío de San José de Canay, distrito de Jesús; provincia y departamento de Cajamarca en el año 2021. La toma de muestras fue realizada en las pozas de los lixiviados sin tratamiento y de las pozas tratadas, el tratamiento se realiza con hidróxido de calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y recirculación, se tomó un total de cuatro muestras en dos periodos, época seca y de lluvia. Los ensayos fueron realizados por el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, los resultados que se pudieron obtener a partir del análisis a nivel fisicoquímico y microbiológico, se presentan en los informes IE 0821629 - I, IE 1221744-I; Los parámetros identificados de arsénico, cromo, plomo, zinc y pH no tienen cambio significativo entre el ingreso y salida, en el caso de hierro, sólidos suspendidos totales, existe un incremento en la salida, para la demanda bioquímica de Oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) y la (DQO), tienen una remoción de 40.1 % y de 39.5 % esta eliminación es muy baja, en el parámetro microbiológico se tiene una remoción alta de 90 %, sin embargo, no cumple con el valor de referencia del Límite Máximo Permisible.

Se concluye que la eficiencia del tratamiento en los lixiviados es deficiente, debido a los procesos realizados en la planta, lo cual no ayuda para el cumplimiento normativo, dado que la prueba Anova obtiene un  $\text{Sig} = 1.000$ , siendo este valor  $p > 0.05$  por ende, se niega la hipótesis alternativa y se da la aceptación de la hipótesis nula.

Palabras clave: Lixiviado, parámetro, relleno sanitario, estiaje.

## ABSTRACT

The present work determined the efficiency of the leachate treatment in the solid waste treatment and disposal infrastructure, which is located in the Palturo sector, San José de Canay hamlet, Jesús district; province and department of Cajamarca in the year 2021. Sampling was carried out in the leachate pools without treatment and in the treated pools, the treatment is carried out with calcium hydroxide  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  and recirculation, a total four samples in two periods, dry season and rainy season. The tests were carried out by the Regional Water Laboratory of Cajamarca, the results that could be obtained from the physicochemical and microbiological analysis are presented in the reports IE 0821629 - I, IE 1221744-I; The identified parameters of arsenic, chromium, lead, zinc and pH do not have a significant change between input and output, in the case of iron, total suspended solids, there is an increase in output, for biochemical oxygen demand (BOD5) and the (COD), have a removal of 40.1% and 39.5% this removal is very low, in the microbiological parameter there is a high removal of 90%, however, it does not comply with the reference value of the Maximum Permissible Limit.

It is concluded that the efficiency of the leachate treatment is deficient, due to the processes carried out in the plant, which does not help for regulatory compliance, since the Anova test obtains a Sig = 1,000, this value being  $p > 0.05$  therefore, the alternative hypothesis is denied and the null hypothesis is accepted.

Keywords: Leachate, parameter, sanitary landfill, dry season.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

El aumento de residuos sólidos se considera uno de los problemas ambientales y sociales más relevantes, los cuales son una preocupación a nivel mundial, para sus gobernantes, autoridades y pobladores; El Perú es un país que ha manifestado una gran contaminación por residuos, según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, generados en hogares, parques, mercados, instituciones educativas, industria y residuos hospitalarios, etc. Todo esto ha ido en aumento debido a la modificación en los hábitos consumistas, la transformación de las actividades económicas y el avance tecnológico fueron generando un crecimiento considerable en la cantidad de desechos, los cuales son necesarios para las actividades del ser humano, que dejan generación y eliminación de productos. (1)

Por todos estos problemas ambientales, las plantas encargadas del tratamiento y última disposición que se tiene sobre los residuos sólidos, toman una gran importancia para reducir, reutilizar y reciclar, las cuales necesitan de tecnologías avanzadas, amigables con el ambiente, técnicas de mejoras continuas que optimicen su funcionamiento, prolonguen su vida útil y eviten los conflictos socio ambientales con el ámbito en los que ejercen algún tipo de impacto.

La Planta de tratamiento e infraestructura de residuos sólidos de Cajamarca, tienen problemas socio ambientales, los cuales están en aumento, debido al mal manejo que se dan a los lixiviados, los que se genera en sus procesos de escurrimientos, por fenómenos climáticos, precipitaciones pluviales, vientos, exposición a rayos solares, etc. Por lo que Bernache G. trata sobre el riesgo generado por la disposición final de residuos que genera el incremento de la contaminación, el cual es considerado un gran contaminante, al no recibir un manejo adecuado puede causar daños a aguas superficiales, subterráneas, por lo que una adecuada evaluación de sus componentes, ayudará a tomar decisiones para tratamientos óptimos y así mejorar áreas que podrían estar expuestas por soluciones dañinas, es por ello que mi trabajo es de vital importancia, el cual ayuda a evaluar la eficiencia en sus procesos de los lixiviados generados. (2)

## **1.2 Formulación del problema**

### **Problema general**

¿Cuál es la eficiencia en el tratamiento de los lixiviados, con relación a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; generados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021?

### **Problemas específicos**

¿Cuáles son los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras tomadas en periodos secos y de lluvia de los lixiviados generados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca?

¿Cuál es la eficiencia de tratamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras tomadas en periodos secos y de lluvia, respecto a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° – 2009 ¿MINAN, en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca en el año 2021?

### **1.3 Justificación**

#### **1.3.1 Justificación científica**

El Banco Mundial, señala que la población de Latinoamérica y las islas de Caribe generan alrededor de 231 millones de toneladas anuales de desperdicios, de estos, más de la mitad son residuos de alimentos, los que representan alrededor del 27% de residuos sólidos, son estos factores los que originan cambios climáticos, es por ello que existen inundaciones, enfermedades, océanos contaminados y mucho más, siendo un impacto devastador para el mundo (1).

Por este motivo, el trabajo de investigación en cuestión, resulta de importancia esencial, porque determinó la eficiencia de los lixiviados generados en la planta de tratamiento de Cajamarca, el estudio es el inicio para otros trabajos que presenten propuestas de mejora en los procesos de depuración de aguas contaminadas.

#### **1.3.2 Justificación técnica**

La escorrentía de lixiviados alejados del sitio inicial, generan contaminación de las fuentes que permiten la obtención del agua, lo que trae daños a la población. En la mayoría de casos se desarrollan afectaciones severas, en otros casos son moderadas, pero sea cual sea el tipo, el meollo es que no deberían existir este tipo

de filtraciones o escape de elementos lixiviados, los cuales puedan llegar a contaminar aguas superficiales y subterráneas que contaminen y afecten al medio ambiente. (2).

La investigación en desarrollo implicó el análisis de la eficiencia que se da a los lixiviados, en sus procedimientos de recirculación y el de agregar cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , lo cual es una práctica básica, aplicada generalmente al tratamiento que se da a las aguas residuales. La indagación sirvió para evaluar la eficacia de los lixiviados, con el fin de evitar contaminación en cuerpos receptores de aguas superficiales y subterráneas, los datos obtenidos tienen mucha importancia, los cuales sirven para establecer impactos ambientales, así como las acciones a tomar en cuenta, como tratamientos técnicos para la depuración de contaminantes tóxicos.

### **1.3.3 Justificación institucional**

Es responsabilidad de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, por medio de la oficina de Subgerencia de limpieza pública y ornato ambiental, velar por el mejoramiento del servicio de limpieza y el barrido de las avenidas y calles, la recolección de residuos sólidos, el transporte de los mismos y la disposición final que se les da, además de concientización, sensibilización y manejo apropiado de los desechos.

La presente investigación obtuvo resultados de los lixiviados crudos y tratados, con la finalidad de evaluar la eficiencia del tratamiento, con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°- 2009 del MINAN, para la expulsión de aguas residuales de residuos sólidos y lixiviados de rellenos de tipo sanitario.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar la eficiencia en el tratamiento de los lixiviados, con relación a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; generados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Evaluar la eficiencia del tratamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras tomadas en periodos secos y de lluvia de los lixiviados generados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca.
2. Comparar la eficiencia de tratamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras tomadas en periodos secos y de lluvia, con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° – 2009 MINAN, en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca en el año 2021.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del estudio

##### A nivel internacional

La investigación de Köfalusi GK, Aguilar que se refiere a los impactos de la descomposición de residuos sólidos que produce la ciudad del distrito federal de México en octubre del 2016, manifiesta que los procesos que se dan, desarrolla la descomposición de dichos lixiviados (residuos sólidos urbanos), producen un líquido llamado lixiviado, el cual contiene una cantidad excesiva de materia orgánica y está compuesto por metales pesados; la capacidad calorífica del biogás se da por la disposición concentrada del gas metano, y se encuentra de 20 a 25 MJ/m<sup>3</sup>, en comparación con 33 a 38 MJ/m<sup>3</sup> para el gas natural, además un metro cúbico de biogás puede generar que un bombillo de 60 watts quede encendido seis horas. (3).

El trabajo Del Puerto J y Valdés Y, referido a las amenazas ambientales y antrópicos sobre las aguas de la Comuna de Ondjiva Angola, se realizó en marzo del 2019, este estudio indicó que la falta de conocimiento sobre el tratamiento del agua, implica un elemento de riesgo elevado para la salud de los miembros. En los centros de salud no se desarrollan charlas educativas sobre la manera de prevención de este tipo de enfermedades que se originan por transmisión hídrica. Acerca del sistema del agua para consumo, es de notar que del 100% de personas que participaron de la entrevista, el 25% utiliza cloro, el 45% no utiliza ningún método de desinfección. De ello se puede concluir, que en la Comuna de Ondjiva existe contaminación directa de aguas, superficiales y subterráneas, por acciones

antrópicas. (4).

Daniel Tejada C, realizó un manejo integrado de residuos sólidos concentrados en la ciudad La Paz. Este estudio se ejecutó con la finalidad de obtener un diagnóstico en la manera de cómo se manejan los residuos sólidos, una vez recaudada los datos se pudo hacer estrategias para mantener un desarrollo sostenible con el cuidado ambiental (5).

Como es común, Giraldo E, en su investigación denominado Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios, realizado en el año 1997, menciona que las pozas, tienen una abundante presencia de patógenos, sustancias tóxicas, metales pesados y residuos orgánicos. Se observó que para la remoción del DBO, se afecta por la baja eliminación de los metales pesados, como el hierro que actúa como un agente acomplejante, es por ello que la situación de los rellenos sanitarios del Perú, debe ser un asunto preocupante, actualmente se encuentran registrados, al Ministerio del Ambiente, un total de 34 plantas, aún no ha sido establecido una norma (Eca para lixiviados) que regule la calidad y características, para su posterior descarga a cuerpos de agua natural (6).

El estudio de Ramón J. y Niño Carvajal L, referido a contaminación de acuíferos con residuos sólidos en el relleno sanitario en Bucaramanga Colombia, en la que se concluyó que la contaminación fisicoquímica, de acuíferos por lixiviados: Se realizó a una profundidad de 14 m bajo el nivel del agua, por cargas tóxicas. Se encontró en las aguas subterráneas de los pozos, arsénico, lo cual es una gran preocupación, porque envenena gradualmente, durante 5 a 20 años, causando, cáncer de piel, cáncer de vejiga y de riñones (7).

El estudio de Alvis C. referente a una evaluación de 2015 del sistema de tratamiento de lixiviados en un Recinto Municipal en Barcelona, en el cual concluyó que la estación depuradora de Aguas Residuales (PTAR) no funcionaba correctamente, lo que generaba una discrepancia en la eficiencia de desaparición de TSS (Sólidos Totales en Suspensión). Los valores de DBO y DQO en las infraestructura de disposición final se redujeron en un promedio de 52% y 29%. (8).

Los investigadores Polo M. y Guevara E, en su trabajo referido a acuíferos por efecto de contaminación de lixiviados, del proceso de tratamiento de desechos de residuos Sólidos, del municipio Libertador estado de Carabobo en el año 2015, concluyó que la estación depuradora de aguas residuales (PTAR) no funcionaba correctamente, lo que generaba una diferencia, en la eficiencia de eliminación de TSS (Sólidos Totales en Suspensión). Ello implica que la membrana microporosa mantiene suspendidas las partículas que se hallan en la solución, no considera a las bacterias nocivas entre un 85% y 95% de residuos sólidos de tipo inorgánicos. Asimismo traslada otras sustancias que se hallan diluidas con concentraciones superiores de sales, dentro de las que se encuentra el Na, Ca, B, Fe, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y HCO<sub>3</sub>; Los valores de DBO y DQO, de aguas residuales se redujeron en un promedio de 52% y 29%. Se concluyó que las aguas subterráneas fueron contaminadas por actividades geotécnicas, dicha contaminación se evidencia en los pozos ubicados aguas abajo, con elevadas concentraciones de manganeso, aluminio y hierro, se evidencia presencia de sulfuro de hidrógeno y coliformes fecales, por lo que se determina contaminación por lixiviados en Guásima (9).

### **A nivel nacional**

Sánchez Chávez, realizó su estudio de tesis sobre el análisis de lixiviados en las plantas de tratamiento de Carhuashjirca 2018, en la cual se concluye, que los (LMP) del Decreto Supremo N°- 2009 – Minan, son superados en los parámetros químicos y microbiológicos, estos lixiviados son altamente tóxicos para la quebrada Vientojirca, lo cual traerá repercusiones nocivas al ambiente y también al bienestar y salud de los pobladores. (10).

En la tesis realizada en el 2018 por Chucos Palomino, llamada Consecuencias ambientales del manejo de lixiviados, en un botadero denominado “El Porvenir”, en el componente de tipo físico que implica un 62% de impacto, considerándose el más dañado de los tres componentes, la variación en la calidad analizada en el suelo, con un valor de importancia de -71%, por lo que se determina que existe alteraciones significativas al entorno ambiental, por la generación de lixiviados, los cuales no son tratados para mitigar sus riesgos socio ambientales (11).

Quincho Damián en el año 2017, realiza su estudio basado en la percepción que poseen las progenitoras, acerca de los riesgos del ambiente que son provocados por el ineficiente control de los residuos sólidos de la ciudad de Túcume, llegando a concluir, que las aguas contaminadas por estos desechos traen consigo enfermedades, como son a la piel, a la vista y gastrointestinales, a su vez una gran cantidad de vectores (12).

Chirinos, manifiesta que, en cuanto al análisis del tratamiento del sistema físico-químico de la infraestructura de lixiviados municipales por parte de Unión Andina

de Cementos S.A.A., referente a los valores de aceite y grasa son altos, principalmente por el ineficiente funcionamiento de las trampas, sólidos obtenidos en solo dos experimentos, los valores corresponden a parámetros no aceptables de calidad del agua que será utilizada para el riego. (13).

El proceso adecuado de residuos sólidos, según la legislación peruana, comienza desde la segregación y culmina en la disposición final, sin embargo, hay aspectos ambientales que se presentan pos tratamiento, teniendo como ejemplo: Los lixiviados, gases contaminantes, vectores infecciosos, etc., los cuales no solo afectan al medio ambiente, sino de forma directa, causan alteración en la salud de las personas. Con el afán de mitigar los impactos ambientales causados por residuos sólidos, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) (2), tiene las funciones de monitorear, fiscalizar e imponer medidas a las plantas, rellenos sanitarios y otros, de municipalidades, regionales como provinciales y/o distritales donde se realicen daños al medio ambiente, (14).

SUNASS, en su informe referente al problema presente en los sistemas de tratamiento de lixiviados, más conocidos como aguas residuales, en las Empresas Prestadoras de Servicio del Perú, nos detalla que por el consumo directo de alimentos de tallo bajo o tallo alto, que fueron regados con aguas que provienen de aguas no tratadas, personifican un riesgo de contaminación biológico, cabe resaltar que las aguas residuales terminan en ríos, causan impactos dañinos al ecosistema originados por la ruptura de la cadena trófica (15).

### **A nivel local**

Gallardo y Pichén, en su estudio referente a la Evaluación sobre el cuidado que se da a las aguas de desechos sólidos en la planta de tratamiento y disposición final, de los residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca en el año 2019; Evaluaron la eficiencia del tratamiento de la fracción orgánica, en dicho estudio pudieron determinar, que los valores de DBO5 y DQO, se encuentran elevadas concentraciones de carga tóxica (16).

Según Chávez, en su estudio de evaluación de filtrado mediante roca, midió los parámetros fisicoquímicos de los lixiviados de la planta de tratamiento y disposición final de desechos sólidos de Cajamarca, los cuales pasaron por percolación en tres filtros compuestos por gravilla y carbón mineral, dicho estudio sirvió para determinar una elevada concentración de DBO y DQO los cuales superan los LMP del DS- 2009-MINAM (17)

En este año 2021, se reportaron 1977.55 hectáreas de superficies degradadas por residuos sólidos municipales, de las cuales 32.5, están en el área de Cajamarca, en el año 2018, se pronosticó que la generación de residuos sólidos en la provincia de Cajamarca, fue de 176.53 toneladas mensuales.(18).

Los lugares determinados para recolectar los desechos sólidos de las municipalidades se han convertido en zonas muy importantes, sin embargo, falta uniformizar criterios a los procedimientos y actividades asociadas al gestionamiento de residuos sólidos. Según los indicadores ambientales, en los últimos años, Lima, es la región con mayor generación de residuos sólidos municipales, cuyo valor reportado está por encima del resto de regiones. En la región Cajamarca, durante el periodo 2014 – 2019, se ha ido disminuyendo el

volumen total de residuos generados por año, cuyo pico máximo se tuvo en el año 2015, con un valor de 192 962.2 toneladas (19).

La provincia de Cajamarca, cuenta con una infraestructura precaria, ubicada en el distrito de Jesús, la misma que atiende a las municipalidades de Llacanora, Namora, Jesús, Cajamarca y Baños del Inca, su funcionamiento y operación cuenta con instrumento de gestión ambiental, dicha planta no es de ayuda para los lixiviados.

Sánchez Holguín, define como Residuo sólido urbano, aquel producto que se da dentro de los sectores que involucran una ciudad o lugar habitado por el ser humano, los cuales se generan en las casas, empresas, lugares públicos, mercados, etc.; La basura tiene sustancias orgánicas, que son desperdicios de comida, papel, cartón, restos de madera y sustancias inorgánicas como plásticos, metales, vidrios y otro tipo de sustancias peligrosas (20).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Lixiviado**

Según Giraldo, el lixiviado es un líquido, producto del agua que entra en contacto con restos enterrados, reuniendo sustancias que originalmente estaban dentro del residuo, por lo que termina contaminada (6).

#### **2.2.1.1 Tratamiento de lixiviados en la planta de residuos sólidos de Cajamarca**

Según Willy Chillón, los procesos de purificación que dan a los lixiviados de la planta de curación de desechos sólidos de la ciudad de Cajamarca son dos, la

recirculación, la cual consiste en almacenar en una poza las aguas negras, las cuales son trasladadas mediante un sistema mecánico de bombeo (motobombas) de vuelta a la celda de residuos municipales, con la intención de disminuir su peso orgánico. En el segundo tratamiento se utiliza la cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  la cual es un gran floculante y precipitador de metales como es el arsénico, cadmio, zinc, entre otros, a su vez se encarga de ajustar el pH en desechos ácidos (21).

### **2.2.2 Dimensiones del tratamiento de los lixiviados.**

Para Velasco, la mayoría de los desechos lixiviados contienen sustancias orgánicas, metales pesados, microorganismos causantes de enfermedades, agentes de limpieza, nitrógeno, fósforo, que en conjunto causan daños al hábitat de los seres vivos, por lo tanto, a la salud pública, por lo que se requiere una evaluación óptima durante la limpieza (22). La calidad de los lixiviados en los países con elevada economía, no es la misma que en los países menos desarrollados, se puede decir que la concentración de DQO, DBO, amoníaco, metales y sedimentos en el material líquido de los rellenos sanitarios en los países pobres, es mucho mayor que en países en desarrollo, con procesos más limpios de alta tecnología. La cantidad de lixiviado, donde se vean afectados los sistemas de infiltración y drenaje, impermeabilización, provocará la contaminación del suelo, aguas subterráneas y superficiales. En algunos casos, los lixiviados contienen cantidades significativas de compuestos orgánicos volátiles (COV) en forma disuelta. Muchos de estos compuestos son tan tóxicos que su liberación puede causar daños irreversibles en el bienestar de las personas, se dividen en tres grupos:



Compuestos especialmente dañinos: benceno, cloruro de vinilo y 1,2-dicloroetano. Compuestos de clase A: compuestos que ocasionan afectaciones significativas al entorno ambientales, tales como: acetaldehído, anilina, tricloroetileno, etc. Compuestos clase B: generan una menor afectación al ambiente, de estos, la acetona y el etanol pertenecen a este grupo. Para Escrig, se debe recordarse que los lixiviados contienen todos los grupos de contaminantes, los cuales resultan del consumo excesivo de materias primas industriales, excluyendo los productos naturales (23).

#### **2.2.2.1 Parámetros microbiológicos de los lixiviados**

Para Sánchez CC, las amenazas para el bienestar y salud más común, asociada con el consumo de agua dulce potable, son los padecimientos producidos por virus, bacterias y parásitos, hay varias clasificaciones de agentes patógenos que pueden ser transmitidos por medio del agua potable que ha sido contaminada. Los cambios en la gama de patógenos dependen de variables como el aumento de todos los seres vivos, el mayor uso de aguas residuales, los cambios en conducta de la población o las intervenciones médicas, la migración etc. (24).

#### **2.2.2.2 Parámetros físicos-químicos de los lixiviados**

Según Mayorca NM las propiedades fisicoquímicas del agua, actúa como un excelente disolvente en los compuestos orgánicos, polares o no polares; por lo tanto, allí se pueden encontrar una gran cantidad de diferentes sustancias sólidas, líquidas y gaseosas, que pueden cambiar sus propiedades, la simple observación de los contaminantes del agua, a través de los sentidos tales como el olfato, el gusto y la vista, no es una medida precisa, pero sí indica que uno de los afluentes no es saludable. (25).

### **2.2.2.2 Parámetros Metales totales de los Lixiviados**

Según Díaz, existen muchos factores, los cuales causan daños a los ecosistemas, entre ellos encontramos a los metales pesados, los cuales son generados por, la minería, agricultura, industria y residuos urbanos, este estudio detalla que puede contaminarse más de 200 millones de metros cúbicos diarios, los metales causan muchos daños a los animales y plantas, debido a que se encuentran elevadas concentraciones en suelos, ríos y quebradas.(26)

### **2.2.3 Eficiencia del tratamiento.**

De la Vega menciona que, sobre la eficiencia que debe de presentar las plantas de tratamiento, se hace determinando el grado de remoción de contaminantes entre la carga de lixiviados que entra a la planta de tratamiento, o a una unidad de ella y la carga que es vertido en ríos conocido como el flujo de salida (27).

La ecuación que se utilizó para la determinación del porcentaje de remoción de contaminantes es:

$$\text{Remoción (\%)} = (C_a - C_e) / C_a \times 100$$

Donde:

C<sub>a</sub>=Concentración afluente

C<sub>e</sub>=Concentración del efluente

Además, se consideró estos porcentajes para determinar la eficiencia teniendo en cuenta la tabla que se puede observar de manera consecuente.

*Tabla 1.*  
*Eficiencias de los tratamientos de los lixiviados de estaciones de residuos sólidos.*

Eficiencia	Rango
Baja	< 40%
Media	41% a 70%
Alta	71% a más

Nota: Basado en Narváez (28) referente a evaluación de eficiencia

#### **2.2.4 Enfoques del cambio de comportamiento de saneamiento.**

Existen diferentes enfoques de la modificación, referido al cambio de comportamiento que tiene la humanidad hacia el saneamiento e higiene según UNICEF, el enfoque de información, educación y comunicación, que se ampara en él envió de mensajes de sensibilización, para lograr cambios de conductas de la salud pública, este enfoque abarca medios de difusión, comunicación grupal o personal y acciones participativas, además se fundamentan en la modificación de actividades sanitarias limpias. Los enfoques ambientales a menudo están predeterminados a los mensajes en materia de salud, sobre todo en torno a los riesgos sanitarios de los niños. El enfoque comunitario cuya idea central es la movilización colectiva de grupos de personas. Se recurre a procesos combinados para lograr un acuerdo sobre las acciones y formular nuevas reglas en torno a un comportamiento. Estas normas contribuyen a crear nuevas presiones sociales encaminadas a favorecer programas de saneamiento (29).

#### **2.2.5 Principales teorías medioambientalistas**

Para Sergi Valera, la teoría de la percepción ambiental también se basa en un conjunto compartido de creencias sobre los conceptos globales y el medio ambiente: Ver a las personas como agentes activos, orientados y participativos

en el proceso de percepción. Una combinación de aspectos más o menos cognitivos, interpretativos y evaluativos de la teoría de la percepción del contexto. Habrá cuatro contribuciones fundamentales que se analizarán en la forma como se percibe el contexto: la contribución de Berlyne, también la teoría ecológica sobre la percepción de Gibson, asimismo la teoría del funcionalismo del estudioso Brunswick y el enfoque de tipo transaccional de la percepción del investigador Ames. (30).

Las propiedades constitutivas del ambiente de Berlyne, tiene dos contribuciones principales a la percepción ambiental. Una recopilación, descripción otorgada o comparativa del medio ambiente (Propiedades colativas) y análisis de la capacidad humana (29). Las propiedades sintéticas del entorno son aquellas que provocan una respuesta exploratoria, curiosa, en quienes perciben un determinado estímulo ambiental (en un sentido amplio, se entiende como imagen del entorno). En la medida en que se evidencien ciertas proporciones y combinaciones, despiertan la curiosidad de las personas ya que provocan cierto tipo de discrepancias en lo perceptivo, obligándolos a comparar ese estímulo con otros en un intento de resolver los conflictos.

En otras palabras, estas propiedades funcionan generando un direccionamiento de la atención hacia el estímulo y el problema generado, haciéndonos así involucrarnos con el cuidado al medio ambiente, así la teoría de Berlyne ha tenido una clara influencia en el estudio de la elección del paisaje.

### **El funcionalismo probabilístico de Brunswick**

La teoría del funcionalismo de Egon Brunswick se sustenta en la idea principal que plantea que la información que perciben de forma sensorial el cual proviene

del entorno y permite a las personas percibir el ambiente, nunca está perfectamente correlacionada con el entorno real. Como resultado, las personas reciben constantemente símbolos y señales de gran complejidad y engañosas sobre el medio ambiente. Esto significa que las personas que observan el entorno deben hacer juicios de probabilidad sobre la situación real y hacer juicios sobre el medio ambiente. (30).

### **La perspectiva ecológica de Gibson**

La teoría del funcionalismo de Egon Brunswick se basa en la concepción universal de que la información proveniente de los sentidos que perciben el entorno y permite a las personas percibir el entorno nunca está perfectamente correlacionada con el entorno real. Como resultado, las personas reciben de manera continua diversas señales complejas y que pueden resultar engañosas sobre el entorno ambiental. Este tipo de ambigüedad perceptual significa que las personas que observan el entorno deben hacer juicios de probabilidad sobre la situación real y sobre el medio ambiente.

## **2.2.6 Salud pública**

### **2.2.6.1 Inadecuada disposición de los residuos municipales en el Perú**

El Ministerio del Medio Ambiente informa que las plantas de disposición última de desechos sólidos en ambientes y lugares que se consideren inadecuados ponen en peligro a la población, por la presencia de microorganismos, vectores y animales e insectos (moscas, ratas y cucarachas). Puede propagar enfermedades y empeorar la salud, desde una simple diarrea hasta una fiebre tifoidea severa, u otras enfermedades más graves (31).

Alimentar al ganado (cerdos, vacas, cabras y aves) en los vertederos es otro peligro para la salud pública, ya que estos desechos a menudo se mezclan, con desechos infecciosos. El personal que clasifica los residuos sólidos, de los rellenos sanitarios enfrenta los mayores riesgos para la salud, ya que trabaja sin medidas de seguridad y sufre enfermedades gastrointestinales, microbiológicas o virales, además de lesiones graves en las manos, ojos e infecciones respiratorias. La quema indiscriminada en estas áreas degrada la calidad del aire junto con el olor desagradable que provocan las emisiones gaseosas, provenientes de la descomposición de aquellos residuos de tendencia orgánica en los residuos sólidos (32)

#### **2.2.6.2 Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario**

Según Novelo y Sandoval, el relleno sanitario de Mérida, se empleó como material de cobertura, el suelo típico de la región, es un material calcáreo compuesto principalmente por carbonatos de calcio y magnesio. Sahcab, produce altas concentraciones de sodio y potasio, así como pH alcalino y metales pesados, que seguirán aumentando a medida que el vertedero viva. La mayor cantidad del lixiviado y materia orgánica se encuentra en forma soluble o coloidal, debido a que las partículas más grandes se han retirado de la cabina. Los procesos físico-químicos deben llevarse a cabo a un pH bajo para una buena eficiencia de separación orgánica.(33).

## 2.2 Bases conceptuales

### **Relleno sanitario**

Según Digesa, un relleno sanitario se refiere a una planta para la depuración de la disposición última, la cual está adecuadamente equipada, por lo que permite la disposición salubre y medioambiental que mantenga la seguridad sobre el control de los residuos sólidos. Incluye una tecnología para la disposición final de residuos sólidos hallados en el suelo, haciendo uso de principios de ingeniería destinados al confinamiento de los residuos en áreas previamente equipadas, con equipos para controlar y gestionar las emisiones (líquidas y gaseosas), para descomponer los materiales orgánicos contenidos en los lixiviados. (34).

**Relleno sanitario manual:** Utilice herramientas simples como rastrillos y compactadores manuales para esparcir, compactar y cubrir los desechos, el volumen diario de manejo de desechos no supera las 20 toneladas. (35)

**Relleno sanitario semi mecanizado:** Según Jaramillo, el volumen máximo diario no debe tener un exceso mayor a las 50 toneladas de residuos sólidos. La distribución, la compactación y la cobertura de los residuos debe hacerse contando con el apoyo de equipos mecánicos.(35)

### **Residuos sólidos**

Según el INEI los residuos Sólidos son todos los materiales que ya cumplieron con su trabajo, no son útiles y son eliminados, como papel y cartón, vidrio, cerámica, chatarra, madera, plástico, cuero, textiles, etc.(36).

## **Tratamiento de Residuos sólidos**

Según Aguilera, la clasificación sobre los desechos sólidos, debe realizarse correctamente en el hogar, es aquí donde comienza la mayor parte de estos desechos, debido al poco conocimiento y escaso interés en reducir, reutilizar y reciclar, que ayudará significativamente al desperdicio (37).

### **2.3 Base legal**

**Ley N° 28611 - Ley General del Medio Ambiente en Perú.** En esta Ley se norma procesos asociados a las aguas residuales, también a su vez establece a los ciudadanos derechos y deberes al medio ambiente, la cual garantiza lugares saludables, equilibrados para desarrollar nuestras actividades (38).

**Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.** – En el decreto existen los patrones de calidad ambiental establecidos para el agua, se visualiza los grados de concentración de los elementos, las sustancias, los parámetros fisicoquímicos y biológicos, encontrados dentro del agua que no impliquen un riesgo sustancial para el bienestar físico y mental de los seres humanos ni para el medio ambiente. (38)

**Decreto Supremo N° -2009 – MINAM – Límites Máximos Permisibles (LMP)** de aguas residuales de desechos sólidos. En este Decreto Supremo se establecen los límites máximos permisibles (LMP) para aquellos efluentes de bases que generan desechos sólidos, esto con la intención de reducir o eliminar los efectos.



Tabla 2.  
Límites máximos permisibles (LMP) para residuos sólidos.

Parámetros	Unidad	LMP
<b>I Generales</b>		
1 Potencial de hidrógeno pH		7,5
2 Sólidos suspendidos totales	mg/L	30
<b>II Orgánicos</b>		
3 DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /L	20
4 DQO	mg O <sub>2</sub> /L	120
5 Hidrocarburos totales de petróleo		
<b>III Inorgánicos</b>		
6 Arsénico (As)	mg/L	0,1
7 Cadmio (Cd)	mg/L	0,1
8 Cobre (Cu)	mg/L	0,5
9 Cromo (Cr)	mg/L	0,1
10 Hierro (Fe)	mg/L	2
11 Mercurio (Hg)	mg/L	0,01
12 Plomo (Pb)	mg/L	0,5
13 Zinc (Zn)	mg/L	0,5
<b>IV Biológico</b>		
14 Coliformes totales	NMP/100 mL	1 000

Nota: Decreto supremo N°-2009-Minam. (38)

**Ley N° 27314: Ley general de residuos sólidos.**

El 23-12-2016 fue aprobado el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual estipula la derogación de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.

**Decreto Legislativo N° 1278.** Dicho decreto se encarga de verificar los procesos actividades y sus operaciones, las cuales se dan en sus gestiones y manejos de residuos sólidos, también se incluye las diferentes fuentes donde son generados, a la vez determinan sus traslados y los lugares apropiados para su disposición final (38).

**Decreto Supremo No 014-2017-MINAM, Reglamento de la Ley de Gestión de Residuos Sólido.** El elemento normativo en cuestión tiene como fin la reglamentación del Decreto Legislativo No 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, con el objetivo de generar el aseguramiento de la maximización regular de la eficiencia sobre el uso que se le da a los materiales, además de la gestión regular y manejo de desechos sólidos, lo cual implica la minimización en el origen de desechos provenientes de una fuente, la valorización de tipo material y también energética de los residuos sólidos (38).

#### **2.4 Definición de términos**

**Lixiviados:** El lixiviado es un líquido, producto generado a partir de la unión del agua y la basura enterrada, recogiendo gran cantidad de sustancias y terminando muy contaminados. El lixiviado de vertederos está casi siempre contaminado por materia orgánica y metales pesados (39).

**Residuo domiciliario:** Se gestan por actividades conocidas como domésticas realizadas en los hogares, por residuos de alimentos, plásticos, latas, etc. (39)

**Residuo comercial:** Generados por entidades comerciales que ofrecen bienes y servicios, productos de aseo personal, latas, etc. incluyen los residuos de instituciones públicas y privadas(39).

**Residuo producidos por la limpieza de espacios públicos:** Estos son producidos por los servicios de limpieza y barrido de avenidas, calles, calzada, parques, entre otras áreas públicas, compuestos por papeles, latas, plásticos, envolturas, residuos de alimentos, restos de plantas, etc. (39)

## **2.5. Hipótesis**

### **Hipótesis general**

Ha: Es eficiente el tratamiento de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021

H0: No es eficiente el tratamiento de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021

### **Hipótesis específicas**

Los valores de los criterios fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras tomadas en periodos secos y de lluvia de los lixiviados generados dentro de los cimientos de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, sobrepasan lo establecido en los Límites Máximos Permisibles (LMP) estipulados en el Decreto Supremo N° – 2009 MINAN

Al comparar la eficiencia en el tratamiento de los criterios fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras tomadas durante periodos secos y de lluvia, con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° – 2009 MINAN, en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca en el año 2021, se muestra ineficiente.

### **Variables**

El estudio consideró como variable el tratamiento de los lixiviados generados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021.

**Tabla 3. Operacionalización de la variable**

EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA, 2021.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	INSTRUMENTO
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL				
Tratamiento de los lixiviados generados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021.	Proceso de eliminación de contaminante de alto contenido de materia orgánica, patógenos y sustancias tóxicas como metales pesados y constituyentes orgánicos. Giraldo (14)	Determinar la	Contaminantes	Valores lixiviados	<7,5 mg/L	Tabla no 01 Límites máximos permisibles
		eficiencia del	Fisicoquímicos	sin tratamiento	<30 mg/L	
		tratamiento de	Orgánicos	Valores lixiviados	<20 mg/L	Informes de ensayo químico
		lixiviados, según el	Microbiológicos	tratados	<0,5 mg/L prom.	Informes de ensayo físico-químico
		cumplimiento de los			<120 mg/L	
		parámetros con las			<1000 mg/L	
		referencias	Eficiencia del	Baja	<40%	
		seleccionadas,	Tratamiento.	Media	41% a 70%	
		posterior al proceso.		Alta	De 71% a más	

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Diseño y tipo de la investigación**

La investigación desarrollada fue de diseño no experimental, descriptiva observacional, de corte longitudinal, ya que se observó y analizó las muestras en dos periodos, uno de época seca y el otro de lluvia. Se desarrolló un sistema teórico ligada a una escala cualitativa, por medio de definiciones conceptuales y operacionales de proposiciones teóricas para luego aplicar a una agrupación de datos que nos permitió contrastar la hipótesis.

#### **3.2 Población y muestra de estudio**

##### **1. Ubicación de la investigación**

Los lixiviados de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca se encuentra ubicada en el sector Palturo, caserío San José de Canay, distrito de Jesús, provincia y departamento de Cajamarca, de la manera que se observa en la figura.



Figura 1. Ubicación de la planta de tratamiento de lixiviados de Cajamarca

## 2. Población

La población estuvo conformada por los lixiviados de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca.

## 3. Muestra

La muestra del presente estudio estuvo conformada por:

Muestra 1: Lixiviados crudos, antes del tratamiento. LST

Muestra 2: Lixiviados tratados. LT

Tabla 4.

*Recolección de muestras para análisis*

Muestra	Fecha de muestreo	Temporada
Monitoreo 1: Muestra 1 Lixiviados sin tratamiento Muestra 2 Lixiviados tratados	30/08/2021	Seca
Monitoreo 2: Muestra 3 Lixiviados sin tratamiento Muestra 4 Lixiviados tratados	22/12/2021	Lluvia

**Unidad de análisis.**

La unidad de análisis considerada en la presente investigación fue los lixiviados.

**Ámbito de estudio.**

La infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca.

**Objeto de estudio**

Lixiviados generados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca.

**3.3 Procedimiento de recopilación de datos**

El primer paso que se realizó en la investigación fue solicitar la autorización a la persona que ocupa la Gerencia de Desarrollo Ambiental de la municipalidad de Cajamarca, Ing. Gilmer Muñoz Espinoza, el cual nos brindó el permiso con la constancia de fecha del 23 de julio del año 2021.

Como segundo paso se indagó con el personal, los procedimientos que realizan en la planta de tratamiento, procesos que dan a los lixiviados, los cuales fueron obtenidos mediante entrevistas, los cuales ayudaron a llegar con mejor claridad a los objetivos trazados en la investigación.

### **En campo**

Se identificó los puntos para la toma de muestras, a partir del uso de un equipo de posicionamiento a nivel global, como el GPS marca Garmin, modelo GPSmap 62s; donde se emparejó los puntos LST (Lixiviado Sin Tratar) con coordenadas; Este 788553, Norte 9201518, con una altitud de 2.833 m.s.n.m y el punto LT (Lixiviado Tratado) con coordenadas; Este 788399, Norte 9201413, con una altitud de 2.820 m.s.n.m.

Para el proceso de medición de parámetros de campo (pH, Temperatura y conductividad), se utilizó el equipo multiparámetro marca Thermo Scientific, modelo Orión VersasStar sn V04062, con su electrodo marca Orión RT1-13040, dicho equipo se verificó con buffer de pH 4, 7, 10, de marca Merck y para conductividad el buffer 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , marca Merck, estos datos fueron adjuntados a la cadena de custodia.

Luego se procedió a la toma de muestras basándome en el documento

INS- ANA-R-I\_y\_E-ENV.10 de la empresa SGS del Perú SAC, el cual sirve como instrumento para los monitoreos de agua, dicha herramienta se encuentra basada en documentos internacionales el Standar Methods for the examination of wáter and wastewater, donde se recomienda métodos y procesos, cantidades, volúmenes, materiales, preservantes, tiempo perecible para su análisis etc., para los análisis en agua, estas actividades se realizados con elevados estándares de calidad los cuáles certifican que los resultados sean óptimos.

Las muestras fueron tomadas cumpliendo con los estándares de calidad necesarios, utilizando materiales de primer uso y así evitar alteraciones en los resultados, cada muestra fue tomada de acuerdo al método de ensayo por el cual fueron analizadas.



- ✓ Ensayo de pH: Se utilizó frascos de material de plástico con capacidad de 250 ml, dicha muestra no se preserva según el método APHA 4500hb, constituye una de las pruebas más relevantes en la química del agua, mide valores de acides y alcalinidad (40).
- ✓ Para el análisis de Sólidos Totales en suspensión, se utilizó un frasco de plástico de 1 litro, este análisis no requiere preservación, según el método APHA 2540D, este ensayo determina la proporción de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con porosidad de 0.45 micras. (40).
- ✓ Para la toma química de oxígeno se necesitó un recipiente de 250 mL, la muestra será preservada con 0.5mL o 10 gotas de Ácido Sulfúrico 1:1, este método permite evaluar cuantitativamente las sustancias oxidables con ayuda de dicromato de potasio en disoluciones con ácido sulfúrico según método APHA 5220d (40).
- ✓ Para la demanda bioquímica de oxígeno en concordancia con el método APHA 5210B, se necesita llenar el frasco completamente sin dejar burbuja de aire, se debe mantener  $>0^{\circ}\text{C}$  a  $\leq 6^{\circ}\text{C}$ . (40).
- ✓ Para la delimitación de hidrocarburos totales de petróleo se realiza según el método EPA METHOD 8260D, la recolección de muestra se realizó en un frasco de vidrio ámbar, la cual no debe contener burbuja de aire y será preservada con ácido sulfúrico. (40).
- ✓ Para el análisis total de metales se realizó con el método EPA - 200.8, se necesita un frasco de plástico de alta resistencia que tenga la capacidad de 200 mL, dicha muestra fue preservada con ácido nítrico Ácido Nítrico 1:1 pH  $< 2$  (añadir aprox. 0.3mL o 6gotas) (40).

- ✓ Para el método APHA 3500Cr-B, cromo hexavalente se necesita frascos de plástico o de vidrio con una capacidad de 250 mL, dicha muestra fue conservada con 4 mL de solución Sulfato de Amonio, más 5mL de Hidróxido de sodio 1N (la muestra debe estar en rango de pH de 9.3 a 9.7). almacenar a:  $>0^{\circ}\text{C}$  a  $\leq 6^{\circ}\text{C}$ . (40).
- ✓ Para el método de Numeración de Coliformes Totales, Termotolerantes y E. Coli por el Método Del NMP, se necesitó 01 frasco estériles de vidrio de 500 mL, se realiza con la técnica de tubos múltiples, para lo cual se efectúa con volúmenes decrecientes correspondientes a la muestra, dichos tubos son inoculados dentro de un medio de cultivo (Caldo Lauril Triptosa, añadir 0,01 g/L de púrpura de bromocresol.), la mezcla de los resultados de tipo positivo y negativo es empleada en la determinación del Número Más Probable (NMP) según tablas especiales. (40).

Análisis y resultados de las muestras lixiviadas tomadas de la infraestructura de tratamiento y disposición final, fue realizada en el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, el cual renovó su acreditación el año 2017, en la ISO/IEC 17025 del Laboratorio.

**Para la recolección de muestras:**

- ✓ Epps.
- ✓ 02 cadenas de custodia.
- ✓ 01 brazo telescópico.
- ✓ 01 Coolers.
- ✓ 05 unidades de Ice pack.
- ✓ Preservante de solución buffer  $(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)$ .

- ✓ Preservante de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- ✓ Preservante de NaOH 1N.
- ✓ 02 frascos de plástico de alta densidad transparentes de 1 litro.
- ✓ 01 frasco estériles de vidrio de 500 mL.
- ✓ 01 frasco de plástico de alta densidad de 250 mL.
- ✓ 01 frasco de plástico de alta densidad de 500 litro.
- ✓ 01 frasco de vidrio color ámbar de boca ancha de 1 litro.

### **3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

#### **3.4.1 Validez y confiabilidad del instrumento**

Como instrumentos empleados para recopilar datos se tiene los informes de ensayo IE 0821629 y IE 1221744, los cuales fueron emitidos por el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca, cumpliendo con los análisis físico-químicos, microbiológicos, que cuentan con la acreditación del Instituto Nacional de la calidad tal como se muestra en el anexo 3.

Así también para la eficiencia del proceso se tuvo en cuenta la tabla de límites máximos permisibles y el formato de monitoreo de descarga de efluentes validado por el MINAM los que se muestran en el anexo 4.

#### **3.4.2 Procesamiento y análisis de datos**

El análisis de datos se desarrolla en dos partes, una primera parte con un análisis descriptivo, en donde los resultados obtenidos son menores a los límites de cuantificación, es decir aquellos valores están establecidos en un nivel inferior al rango conocido como los límites máximos permisibles con los que se compara

después de realizar el respectivo análisis de laboratorio, la segunda parte se desarrolló un análisis de estadística inferencial. Para este caso estadístico se hace uso de las incertidumbres de los resultados dado que éstas representan la variabilidad del resultado que en si representa a la muestra simple.

En el análisis inferencial se realiza las pruebas de comparación de dos muestras, para verificar si dichas muestras son estadísticamente similares o diferente; luego se aplica la mixtura de distribuciones para obtener una media general y evaluar si se cumple con los límites máximos permisibles para aguas residuales de una estación de desechos sólidos.

### **3.5 Proceso de recojo de información.**

Como inicio para la obtención de información relevante, se entrevistó con el responsable de la Supervisión de la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca, el cual autorizó para el desarrollo de la investigación.

Se procedió a verificar los procesos depurativos que se realizan a dichas aguas contaminadas, las cuales son recolectadas en pozas impermeabilizadas para después ser tratadas con métodos básicos, los procesos que se realizan para disminuir la toxicidad de estas aguas contaminadas, son el verter cal hidratada sólida, lo cual dificulta una mejor homogenización, dicho reactivo llega a parar al fondo de estas pozas, perdiendo a si su eficacia en la remoción de metales, disminuye su capacidad coagulante, a su vez no se aprecia la recirculación la cual ayuda a dar oxigenación y aumentar las bacterias aerobias, las que ayudan a degradar materia orgánica.

Las muestras fueron tomadas de acuerdo al método que pide el análisis, utilizando frascos de vidrios esterilizados, de 1 litro para las muestras microbiológicas, de

plástico para los análisis fisicoquímicos, dichas tomas se realizaron en dos épocas del año, la primera en época seca, el 30 de agosto del 2021 y la segunda en época de lluvia, el 22 de diciembre del mismo año, para cada fecha se monitoreo dos puntos los cuales estaban conformadas por los lixiviados sin tratar LST, con coordenadas UTM E-7885553, N-9201518, altitud 2.833 m s. n. m los lixiviados tratados LT, con coordenadas UTM E-788399, N-9201413. Altitud 2.820 m s. n. m.

Las características de las muestras tomadas en las pozas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca, fueron determinadas por métodos normalizados, fisicoquímicos y microbiológicos, en el Laboratorio de Agua, emitiendo los Informes de ensayo N° IE 0821629 y N° IE 1221744.

Después se continuó con el análisis los datos recopilados de ambos periodos con los límites máximos permisibles determinados por el Decreto Supremo N°-2009-MINAM, el cual se adjunta en el anexo 4.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Presentación de resultados

Para el abordaje de la presente investigación se realizaron dos monitoreos, el primero en época seca y el segundo se realizó durante la época de lluvia, dichos resultados se presentan en la tabla 5.

*Nota: Informes de ensayo No IE 0821629, INACAL -PERÚ*

*Tabla 5.  
Resultados del tratamiento en temporada seca*

Temporada	Parámetro	Unidad	LMP	Lixiviado tratado	Lixiviado sin tratamiento	Tipo de evaluación
Seca	Cadmio (Cd)	mg/L	0,1	< LCM	0.002	Descriptiva
Seca	Cobre (Cu)	mg/L	0,5	< LCM	< LCM	Descriptiva
Seca	Mercurio (Hg)	mg/L	0,01	< LCM	< LCM	Descriptiva
Seca	Coliformes Totales	NMP/100 mL	1000	5400	54000	Inferencial
Seca	Arsénico (As)	mg/L	0,1	0.086	0.079	Inferencial
Seca	Cromo (Cr)	mg/L	0,5	0.302	0.459	Inferencial
Seca	Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	Mg O <sub>2</sub> /L	20	1722.3	2884.7	Inferencial
Seca	Demanda química de oxígeno DQO	mg O <sub>2</sub> /L	120	3376.1	5596.8	Inferencial
Seca	Hierro (Fe)	mg/L	2	9.415	8.499	Inferencial
Seca	Potencial de hidrógeno pH	pH	0,5 a 0,8	8.56	8.23	Inferencial
Seca	Plomo (Pb)	mg/L	0,5	0.015	0.010	Inferencial
Seca	Sólidos suspendidos totales	mg/L	30	538.0	38.0	Inferencial
Seca	Zinc (Zn)	mg/L	0,5	0.390	0.423	Inferencial

*Nota: Informes de ensayo No IE 0821629, INACAL -PERÚ*

Los datos obtenidos del informe de ensayo N° IE. 08212, distribuidos en la tabla 5 nos muestra los valores de los parámetros, según los límites máximos permisibles, en la temporada seca y observamos que el Cadmio, cobre y mercurio se encuentran en un nivel inferior respecto a los límites de cuantificación de método (<LCM) tanto antes como después de tratamiento de los lixiviados, Los Coliformes totales han disminuido de 54000 a 5400 NMP/100 mL, pero se encuentra en un nivel superior a los límites máximos permisibles que es de 1000 NMP/100 mL. La DBO<sub>5</sub> y DQO muestran disminución des pues del tratamiento con valores de 1722,3 y 3376,1 respectivamente, pero que se encuentran por encima de los LMP. A diferencia del pH, plomo y los sólidos suspendidos que después del tratamiento de los lixiviados muestran un aumento siendo sus valores después del tratamiento 8,56; 0,015 y 538,0 respectivamente y de igual manera estos valores se encuentran por encima de los LMP

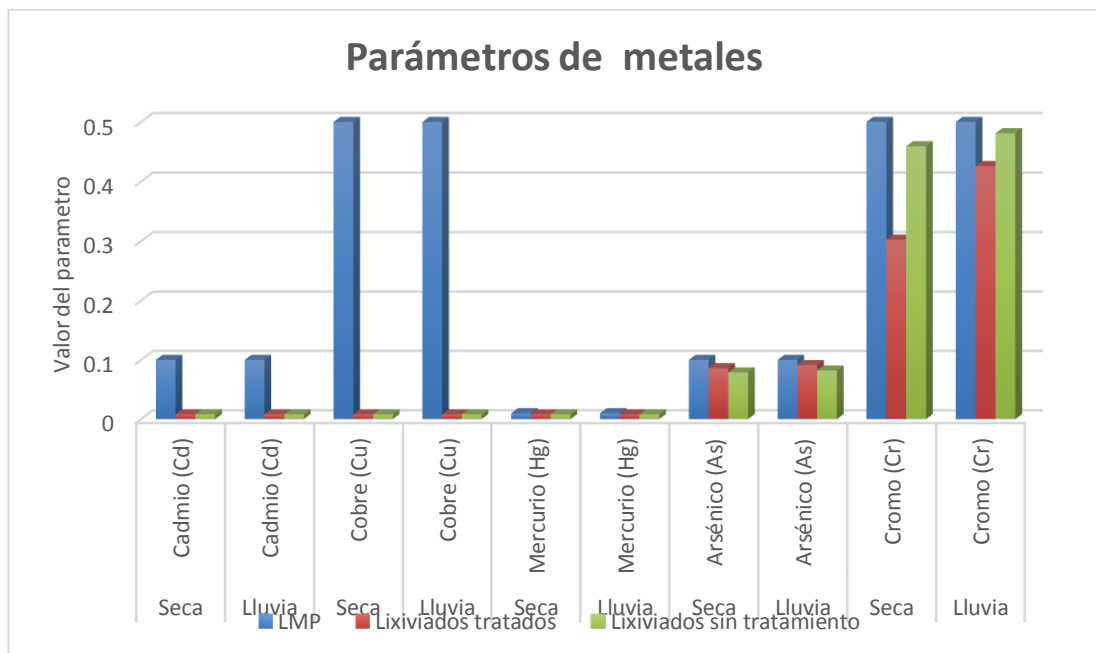
*Tabla 6.*  
**Resultados del tratamiento en temporada de lluvia**

Temporada	Parámetro	Unidad	LMP	Lixiviado tratado	Lixiviado sin tratamiento	Tipo de evaluación
Lluvia	Cadmio (Cd)	mg/L	0,1	< LCM	0.002	Descriptiva
Lluvia	Cobre (Cu)	mg/L	0,5	< LCM	< LCM	Descriptiva
Lluvia	Mercurio (Hg)	mg/L	0,01	< LCM	< LCM	Descriptiva
Lluvia	Coliformes totales	NMP/100 mL	1000	8000	80000	Inferencial
Lluvia	Arsénico (As)	mg/L	0,1	0.091	0.082	Inferencial
Lluvia	Cromo (Cr)	mg/L	0,5	0.426	0.481	Inferencial
Lluvia	Demanda bioquímica de oxígeno DBO <sub>5</sub>	Mg O <sub>2</sub> /L	20	1740.6	2900.5	Inferencial
Lluvia	Demanda química de oxígeno DQO	mg O <sub>2</sub> /L	120	3408.3	5610.4	Inferencial
Lluvia	Hierro (Fe)	mg/L	2	9.523	8.518	Inferencial

Lluvia	Potencial de hidrógeno pH	pH	0,5 a 0,8	8.42	8.2	Inferencial
Lluvia	Plomo (Pb)	mg/L	0,5	0.022	0.016	Inferencial
Lluvia	Sólidos suspendidos totales	mg/L	30	743	49.0	Inferencial
Lluvia	Zinc (Zn)	mg/L	0,5	0.552	0.501	Inferencial

*Nota: Informes de ensayo No IE 1221744-I, INACAL -PERÚ*

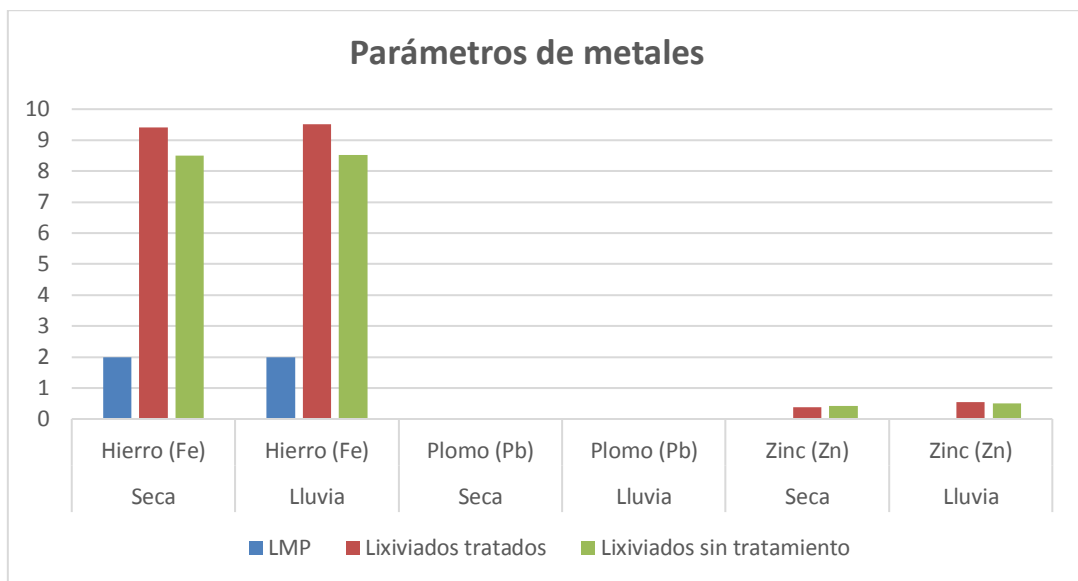
En la tabla 6 se observan los resultados generados a partir del análisis de los parámetros en la temporada de lluvia, donde el cadmio, cobre y mercurio muestran valores menores al límite de cuantificación de método. Con respecto a los coliformes totales, la DBO<sub>5</sub> y DQO observamos una disminución, después de tratamiento quedando los valores de 8000; 1740,6 y 3408,3 respectivamente, pero tales valores se encuentran por encima de los LMP. A diferencia del pH, el plomo y los sólidos suspendidos han aumentado sus valores después del tratamiento respectivo como son los valores de 8,42; 0,022 y 743,0 respectivamente encontrándose estos valores por encima de los LMP.



**Figura 2. Monitoreo tratamiento-parámetros de metales**

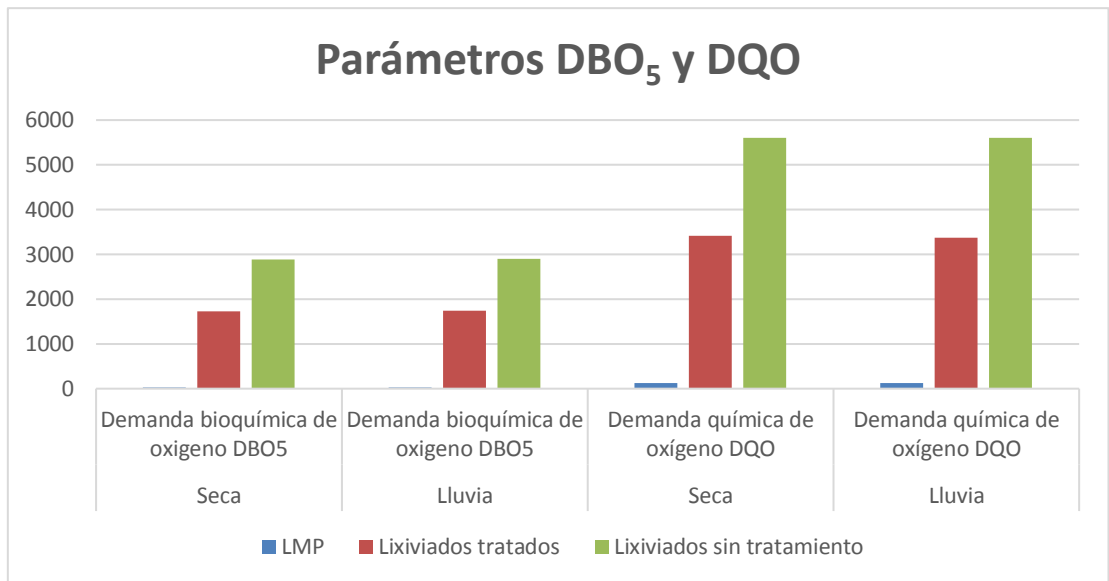


En la figura 2 se observa que los lixiviados de la planta de disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, la presencia de los metales cadmio, cobre, mercurio, arsénico y cromo es mínima, ya que se encuentran de modo inferior a los límites máximos permisibles (LMP) tanto en la temporada seca y de lluvia, esto se debe a que los residuos que son vertidos de la población cajamarquina no están contaminados con metales.



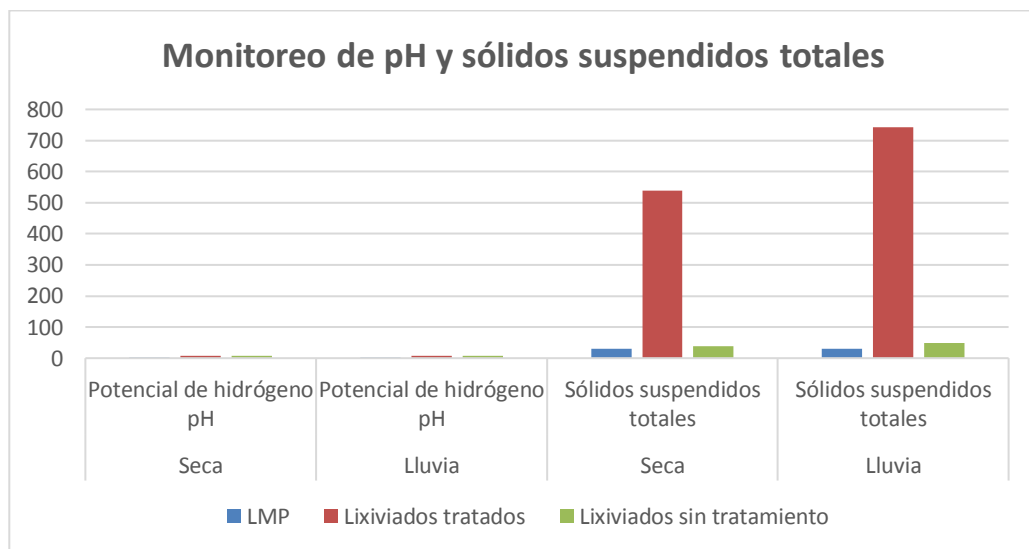
**Figura 3. Monitoreo tratamiento-parámetros de metales**

En la figura 3 se observa que los lixiviados muestran presencia de hierro, se encuentra por encima de los límites máximos permisibles (LMP), el cual después de su respectivo tratamiento aumenta tanto en la temporada seca y de lluvia, esto debido a que algunas fábricas y empresas vierten sus residuos que contienen hierro, la razón porque aumenta después del tratamiento se debe a que existe remoción por la recirculación. Con respecto a los demás metales como el plomo y el zinc estos se encuentran presentes en los lixiviados en una cantidad mínima.



**Figura 4. Monitoreo del tratamiento – DBO<sub>5</sub> y DQO.**

En la figura 3 observamos que los parámetros DBO<sub>5</sub> y DQO, superan los límites máximos permisibles, en ambas épocas, el tratamiento dado a los lixiviados de la planta de tratamiento y disposición final de Cajamarca es deficiente en estos parámetros, esto debido a que la cal hidratada no disminuye estos parámetros.



**Figura 5. Monitoreo al tratamiento del potencial de hidrogeno y sólidos suspendidos totales**

En la figura 5 se observa que el potencial de hidrógeno, tanto en la temporada seca y de lluvia, se encuentra en intervalos aceptable según los límites máximos permisibles (LMP), se observa que los sólidos suspendidos totales se hallan por encima de los LPM y después del tratamiento aumentan debido al proceso de recirculación.

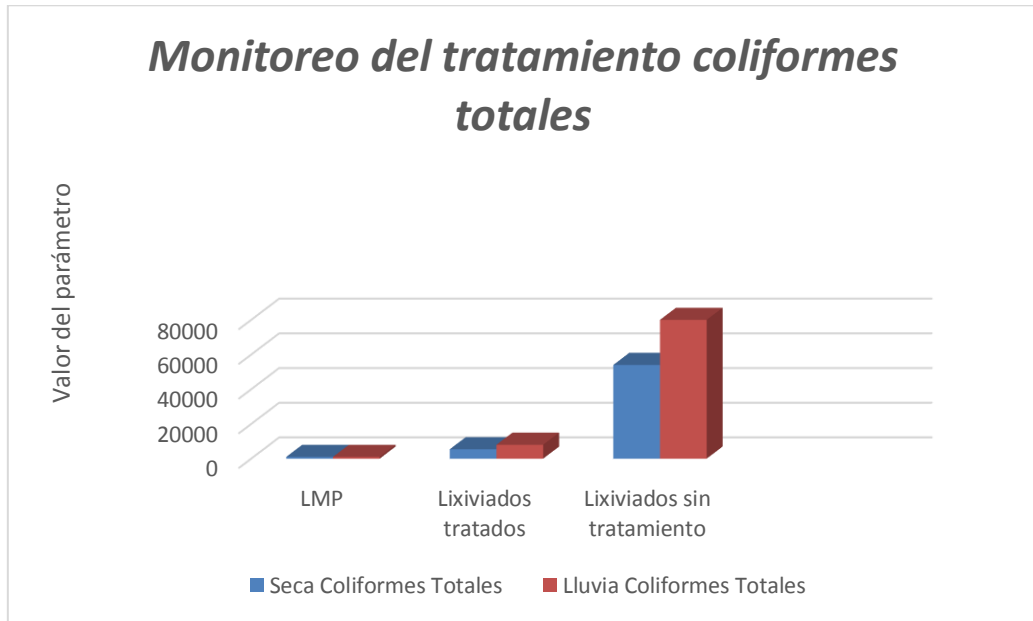


Figura 6. *Monitoreo del tratamiento coliformes totales*

En la figura 6 se evidencia que los coliformes totales están en nivel superior a los límites máximos permisibles (LMP), y después del tratamiento de los lixiviados, disminuye, esto es debido a que la cal hidratada elimina los microorganismos presentes.

#### 4.1.1 Análisis estadístico descriptivo de parámetros con valores por debajo de los límites de cuantificación

##### Prueba de normalidad

Es importante determinar si la información obtenida de la muestra mantiene una distribución de rango normal o no, para ello se optó por emplear Shapiro-Wilks, ya que los datos de la muestra son en base a 14 parámetros a medir.

*Tabla 7.*  
**Determinación de la prueba de normalidad**

	Shapiro - Wilks		
	Estadístico	gl	Sig
Tratamiento de los lixiviados	0,994	14	0.001

Lo que se observa en la tabla 7 es que la variable no sigue una distribución normal porque el p-valor es  $< \alpha$  (0.05), a partir de ello se utilizó la prueba Z de utilizando las medias y la prueba Anova que permitió ver si hay variaciones en las muestras después del tratamiento de lixiviados.

**a) Análisis estadístico:**

Los parámetros que se encuentran por debajo del Límite de Cuantificación del Método de Ensayos de Laboratorio son el Cadmio, Cobre y Mercurio, según lo descrito en la tabla 5. En base a dicha tabla vamos a insertar los valores de los límites de cuantificación del método que se muestra en la tabla 6.

*Tabla 8.*  
*Parámetros con resultados por debajo de los límites de cuantificación.*

Parámetro	Unidad	LMP	LCM	Temporada	Lixiviado Tratado	Lixiviado Sin Tratar
Cadmio (Cd)	mg/L	0,1	0,002	Seca	<LCM	0,002
				Lluvia	<LCM	0,002
Cobre (Cu)	mg/L	0,5	0,018	Seca	<LCM	<LCM
				Lluvia	<LCM	<LCM
Mercurio (Hg)	mg/L	0,01	0,0003	Seca	<LCM	<LCM
				Lluvia	<LCM	<LCM

Nota:

LMP: Límite máximo permisibles

LCM: Límite de cuantificación del método

En la tabla 8 observamos que los parámetros, en ambas épocas, se presentan por debajo de los límites de cuantificación del método (LCM), los mismos se hallan inferiormente a los límites máximos permisibles (LMP), ya que la presencia de estos parámetros en los lixiviados es mínima.

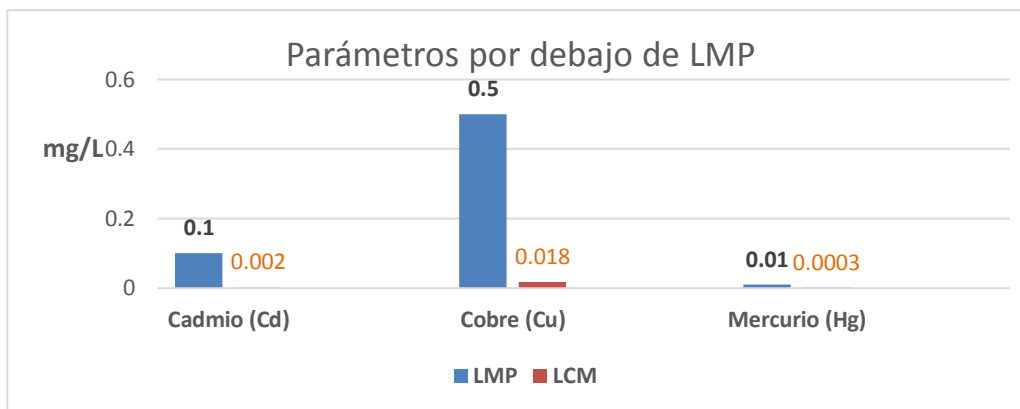


Figura 7. *Resultados de los parámetros por debajo de los límites de cuantificación*

En la figura 5 se visualiza que los límites máximos permisibles (LMP) del Cadmio, el cobre y el mercurio se encuentran por encima de los valores obtenidos en el análisis, siendo estas LMP mayores que los límites de cuantificación del método (LCM), estos se dan por cuanto que los lixiviados tratados en la planta de tratamiento de Cajamarca existen una cantidad muy ínfima de estos elementos.

**b) Descripción estadística:**

Para considerar como resultados confiables, el laboratorio debe tener los límites de cuantificación del método menores a los límites máximos permisibles, es decir la capacidad de medición de laboratorio debe ser menor a los límites regulatorios. Este principio se podría considerar hasta lógico, sin embargo, debemos basarnos en alguna referencias, para análisis en lixiviados de residuos sólidos, están relativamente en desarrollo, pero ayuda mucho tomar las referencias de aplicados a agua potable; es así que (Calder & Schmitt, 2010) describen que las metas de nivel máximo de contaminantes (MCLG) es mayor que los Límite de Cuantificación Prácticos (PQL), es decir  $MCLG > PQL$  (pag. 810). Basados en esta referencia podemos ver que los límites de cuantificación del método para Cadmio, Cobre y Mercurio son mucho menores que los límites máximo-permisibles (LMP) respectivamente.

A partir del análisis de los resultados obtenidos para Cadmio, Cobre y Mercurio, podemos decir que los Lixiviados no presentan contenido de sustancias relacionadas con dichos elementos por encima de los LMP, es decir cumple con la calidad ambiental para estos parámetros, además como las concentraciones están por debajo de los Límite de Cuantificación, no es necesario ni es factible evaluar el rendimiento de remoción para los parámetros en mención.

#### **4.1.2 Análisis estadístico inferencial de parámetros con valores por encima de los límites de cuantificación**

##### **a) Análisis estadístico:**

Los parámetros que se hallan por encima de los Límites de Cuantificación de cada método, se hace uso de la incertidumbre, como parte de la variabilidad de cada muestra que se tomó de igual manera para época seca como para época de lluvia. Los valores reportados tendrán la siguiente forma de representación:

$$X_i \pm U_i$$

Donde:

X: Representa el valor medio de la medición.

U: Representa la incertidumbre expandida de la medición.

i: Representa el parámetro a medir.

El término de incertidumbre está asociado a la dispersión de los datos, tal como se menciona en la Guía CG4 EURACHEM/CITAC (2012) “Cuantificación de la incertidumbre en medidas analíticas”, en la tercera edición inglesa (primera edición española) en la cual se describe que la incertidumbre implica el parámetro relacionado

a los resultados de medición caracterizados por la dispersión de los valores atribuibles de manera racional al mesurando. Incluso, citando un fragmento de la fuente se refiere que:

La incertidumbre medición implica distintos componentes y de gran variación. Una parte de ellos pueden evaluarse por medio de la distribución estadística de resultados de una secuencia de mediciones que tienen como característica distintiva sus Desviaciones estándar experimentales. Los componentes restantes, los cuales también pueden caracterizarse por desviaciones estándar, pueden evaluarse a partir de la presunción de distribuciones de probabilidad, las cuales encuentran su base en la experiencia adquirida, asimismo en informaciones extra (EURACHEM/CITAC, 2012, pág. 2). Por lo que, de la experiencia del estudio, de tomar muestras para su respectivo análisis, fueron muchas las probabilidades de obtener desviaciones estándar mínimas con relación a los promedios de los valores de cada parámetro, cuyos resultados se presentan en la tabla 7.

Siendo la incertidumbre la fuente de variabilidad de una muestra, pero para verificar si hay cumplimiento, para ambas épocas realizamos la combinación de ambas muestras considerando un aporte de 50 % y aplicamos el principio de “Mixtura de dos probabilidades normales” descrito por (Ipiña & Durand, 2008) en su libro “Estadística Inferencial y Análisis de Datos” de donde se puede ver las siguientes formulas:

$$E(X) = \pi_1\mu_1 + (1 - \pi_1)\mu_2$$

$$var(X) = \pi_1(1 - \pi_1)(\mu_1 - \mu_2)^2 + \pi_1(\sigma_1)^2 + (1 - \pi_1)(\sigma_2)^2$$

Donde:

$E(X)$ : Es la esperanza matemática, es decir el valor representativo, media general.

$\pi$ : es la proporción o probabilidad de aportación.

$\mu$ : media de una muestra

$\sigma$  : Desviación estándar de una muestra

1 y 2: identificación de las muestras a combinar

Luego de haber combinado las muestras realizamos la prueba  $Z$  para comparando con los LMPs para determinar los parámetros que cumplen o no cumplen con dicha normatividad, dicha prueba se base en la siguiente formula:

$$Z = \frac{X_i - LMP_1}{\sigma_{total}}$$

Luego se determina el valor de  $p$ , para aceptar o rechazar las hipótesis estadísticas, descritas a continuación:

$H_0$ : Si el valor de  $p$  es mayor o igual a 0.05, entonces se cumple con el valor del LMP.

$H_1$ : Si el valor de  $p$  es menor a 0.05, entonces no se cumple con el valor del LMP.



Tabla 9.  
Evaluación del cumplimiento de Límites Máximos Permisibles.

Parámetro	LMP	Resultados		Incertidumbres		Promedio	$\sigma_{Total}$	Valor de Z (*)	p-valor (*)
		Época Seca	Época Lluvia	$\sigma_{seca}$	$\sigma_{lluvia}$				
As (mg)	0.1	0.086	0.091	0.0095	0.0102	0.0885	0.0102	-1.59	0.945
Cr (mg/L)	0.5	0.3024	0.4592	0.0245	0.0259	0.3808	0.0824	-2.05	0.980
Fe (mg/L)	2	9.415	9.523	1.0074	1.0102	9.469	1.0102	10.46	0.000
Pb (mg/L)	0.5	0.0145	0.022	0.0016	0.0201	0.01825	0.0147	-46.22	1.000
Zn (mg/L)	0.5	0.3896	0.552	0.0355	0.0492	0.4708	0.0918	-0.45	0.674
SST (mg/L)	30	538	743	67.79	71.28	640.5	123.87	6.97	0.000
pH a 25°C	6.5 a 8.5	8.56	8.42	0.90	0.87	8.49	0.89	-0.02	0.506
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	20	1722.3	1740.6	122.28	128.30	1731.45	125.66	19.26	0.000
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	120	3376.1	3408.3	447.25	449.60	3392.2	448.72	10.31	0.000
Col. Tot. (NMP/100 mL) (**)	1000	5400	8000	1800; 14000	1000; 19000	6573	1820; 23731		
Log [Col.Tot.] (**)	3.00	3.73	3.90	0.445	0.639	3.82	0.56	2.07	0.019

NOTA:

(\*) Los valores Z y p-valor se determinó mediante el Software del Minitab, el cual se encuentra en el Anexo.

(\*\*) La evaluación del parámetro de coliformes totales se realiza en base a una conversión logarítmica, debido a que tienen una distribución exponencial (\*).

**Conclusión:**

Los valores que no cumple con los LMP, son el Fe, los SST, el DBO<sub>5</sub>, el DQO y los Coliformes Totales, los demás parámetros que cumplen con los valores de referencia de los LMP, son el As, Cr, Pb, Zn y pH.

Luego de evaluar el cumplimiento de los LMP, sigue la evaluación de la significancia de los cambios de concentración de cada uno de los parámetros, para lo cual realizamos la prueba Anova de un factor descrito en los anexos, del cual, se obtiene un Sig = 1.000, siendo este valor  $p > 0.05$ . Entonces, la hipótesis alternativa es rechazada y se acepta la hipótesis nula.

Siendo las hipótesis las siguientes:

H<sub>0</sub>: el tratamiento de los lixiviados en la Infraestructura de Tratamiento y disposición de residuos sólidos de Cajamarca 2021 no es eficiente.

H<sub>a</sub>: el tratamiento de los lixiviados en la Infraestructura de Tratamiento y disposición de residuos sólidos de Cajamarca 2021 es eficiente.

Tabla 10.

Comparación entre las muestras antes y después del tratamiento y en época seca y época lluvia.

Tratamiento Época	Antes de tratamiento		Después del tratamiento		p-valor de ANOVA	
	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia	Época	Tratamiento
As (mg)	0,0787	0,082	0,086	0,091	0,548	0,113
Cr (mg/L)	0,4592	0,481	0,3024	0,4592	0,376	0,376
Fe (mg/L)	8,499	8,518	9,415	9,523	0,934	0,003
Pb (mg/L)	0,0096	0,016	0,0145	0,022	0,215	0,384
Zn (mg/L)	0,4234	0,501	0,3896	0,552	0,059	0,933
pH a 25°C	8,23	8,2	8,56	8,42	0,71	0,062
SST (mg/L)	38	49,3	538	743	0,082	0,028
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	2884,7	2900,5	1722,3	1740,6	0,985	0,000
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	5596,8	5610,4	3376,1	3408,3	0,99	0,000
Col. Tot. (NMP/100 mL)	54000	80000	5400	8000	0,773	0,044
Log [Col.Tot.]	4,7324	4,9031	3,7324	3,9031	0,832	0,014

Nota:

(\*) Los p-valor de ANOVA se han determinado mediante el Software de Minitab.

#### Conclusión:

Para el factor “Época” podemos ver que no existe diferencia significativa entre las muestras de época seca y de lluvia.

Para el factor “Tratamiento” podemos observar que hay diferencia significativa en los parámetros de Fe, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO y Coliformes Totales.

En base los parámetros que no cumplen con los LMP y los parámetros que existe diferencia significativa de las medias antes del tratamiento y después del tratamiento, determinaremos el porcentaje de remoción de cada uno de ellos.

Tabla 11.

Remoción de los parámetros que cambiaron.

Época	Antes de tratamiento		Después del tratamiento		% Remoción
	Época Seca	Época Lluvia	Época Seca	Época Lluvia	
Fe (mg/L)	8,499	8,518	9,415	9,523	-11,3%
SST (mg/L)	38	49,3	538	743	-1367,4%
DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	2884,7	2900,5	1722,3	1740,6	40,1%
DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	5596,8	5610,4	3376,1	3408,3	39,5%
Col. Tot. (NMP/100 mL)	54000	80000	5400	8000	90,0%

También se presenta los resultados de las medias de acuerdo a la época del año y en base al tratamiento de los lixiviados, tales resultados pueden ser observados en la tabla 12.

*Tabla 12.*  
*Promedios de los resultados según cada factor.*

Parámetros	Tratamiento		Época	
	Antes	Después	Seca	Lluvia
As (mg)	0,080	0,089	0,082	0,087
Cr (mg/L)	0,470	0,381	0,381	0,470
Fe (mg/L)	8,509	9,469	8,957	9,021
Pb (mg/L)	0,013	0,018	0,012	0,019
Zn (mg/L)	0,462	0,471	0,407	0,527
pH a 25°C	8,22	8,49	8,40	8,31
SST (mg/L)	43,7	640,5	288,0	396,2
DBO5 (mgO2/L)	2893	1731	2304	2321
DQO (mgO2/L)	5604	3392	4486	4509
Col. Tot. (NMP/100 mL)	65727	6573	17076	25298
Log [Col.Tot]	4,8177	3,8177	4,2324	4,4031

## DISCUSIÓN

Giraldo E, en el año 1997, sostienen que las sustancias tóxicas, metales pesados y residuos orgánicos (6) de rellenos sanitarios no cumplen con los requisitos que exigen las normas ambientales, la presente investigación, evidencia que los parámetros de Fe, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO y Coliformes Totales, superan los límites máximos permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° – 2009 s.

Para el factor Tratamiento podemos observar que se eleva los Sólidos Suspendidos, de 38 mg/L a 538 mg/L, en la época seca y en la época de lluvia, se obtiene resultados parecidos con 49.0 mg/L a 743 mg/L, esto concuerda con la investigación realizada por Chávez (17) quien determinó, en el año 2017 en la infraestructura de tratamiento y disposición final de Cajamarca, una elevada concentración de Sólidos totales de 14,450 mg/L, superando los LMP del DS. 2009- MINAM.

No existe remoción en los parámetros que miden la materia orgánica, lo que indica que el valor final no cumple con los LMP, son deficientes los procesos usados, los cuales se realizan por la cal hidratada y la de bombeo, Gallardo y Pichén, (16) en su tesis realizada en el año 2019, en la planta de tratamiento de residuos sólidos de Cajamarca, llegaron a encontrar elevadas concentraciones de carga tóxica, el DBO con un porcentaje de 3000% y la DQO, de 920%, de esta manera se define que los lixiviados de la planta de tratamiento y disposición final de Cajamarca, no disminuyen su carga orgánica.

Por otro lado los parámetros que están en nivel inferior a los límites de cuantificación del método, análisis del laboratorio, (LCM), son Cadmio (Cd), Cobre (Cu) y Mercurio (Hg), en base a estos resultados, se puede decir que éstos metales no se pueden lixiviar, ni

se extraen a partir de los residuos sólidos, los materiales con estos elementos no se dispone en la planta de tratamiento y disposición final de la ciudad de Cajamarca, dichos resultados se apoya en lo mencionado por el Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental quienes indican que en la región Cajamarca, durante el periodo 2014 – 2019, se ha ido disminuyendo el volumen total de residuos generados por año, cuyo pico máximo se tuvo en el año 2015.

El contenido de coliformes totales, se ha removido en un 90 %, pero no es suficiente para cumplir con el valor del LMP, lo cual indica que la cal hidratada, no es un desinfectante, las condiciones de pH puede disminuir el crecimiento y reproducción de los microorganismos, para que no aumenten, el pH debe estar por 12, tal como lo indica Jiménez, Barrios, & Maya en su artículo “Estabilización Alcalina de Lodos Generados en un Tratamiento Primario Avanzado”; (41) sin embargo, el pH del lixiviado no cumpliría, para lo cual se tendría que utilizar soluciones ácidas para llegar a cumplir con el decreto supremo.

Como resultado de los procesos dados a las pozas de los lixiviados de la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, no ayudan a disminuir la carga tóxica, existe una amplia preocupación debido a que se puede producir daños irreversibles a la salud pública, lo que menciona Ramón J. y Niño Carvajal (7) quienes sostienen que las poblaciones se pueden envenenar gradualmente, durante 5 a 20 años, causando, cáncer de piel, de vejiga y de riñones.

Finalmente podemos observar que no hay diferencia en ambas estaciones, con respecto al Fe, en época seca, antes del tratamiento (mg/L) 8,499 y después del tratamiento 9,415, en época de lluvia, antes del tratamiento (mg/L) 8,518 y después del tratamiento 9,523; Chucos Palomino (11), determina en su estudio que existe daños irreversibles para el medio ambiente los cuales se ocasionan por los lixiviados.

## CONCLUSIONES

El análisis generado en base a la información recopilada durante el estudio, permite concluir que:

Los tratamientos de los lixiviados, que se dan a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, no son eficientes y no cumplen con el Decreto Supremo N° – 2009 MINAN, debido a que el uso de la cal hidratada y el proceso de recirculación no ayudan para el cumplimiento normativo, dichos resultados se determinan en los informes presentados N° 0821629I y N° 0821629I.

El tratamiento para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en ambas pozas de los lixiviados, en época seca, según el informe de ensayo N° 0821629I, donde los Sólidos totales suspendidos, llegan a superar el LMP, el lixiviado sin tratamiento, arroja un resultado de 38 mg/L, el tratado 538 mg/L, en el caso del Hierro, existe una superación, de 4 veces el decreto, el lixiviado sin tratamiento arroja un resultado de 8.499 mg/L, mientras que el lixiviado tratado tubo 9.415 mg/L, para la determinación de DBO5, los resultados son de 2884.7 mg/L, en la poza sin tratamiento y en la tratada de 1722.3,mg/L, en la DQO, se obtiene resultados de 5596.8 mg/L, en los lixiviados sin tratamiento, mientras que para los tratados, los resultados son de 3376.1, los coliformes totales, arrojan resultados de 54000, NMP/L, en la poza no tratada, mientras que los resultados para el lixiviado tratado, disminuyo en 5400, NMP/L, con respecto al pH se logró determinar resultados mayores, que superan el decreto supremo, en la poza sin tratamiento se encontró un pH, básico de 8.23, mientras que en los lixiviados tratados su pH es de 8.56., dichos resultados determinan el ineficiente tratamiento que se realiza en la Infraestructura de Tratamiento y disposición de residuos sólidos de Cajamarca.

Se concluye también que el tratamiento de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos es ineficiente, en periodos de lluvia, esto se demostró según el informe de ensayo N° 0821629I, donde los Sólidos totales suspendidos, son más elevados en esta época, el lixiviado sin tratamiento, arroja un resultado de 49 mg/L, para el tratado 743 mg/L, el Hierro, arrojo resultados, de 8.518 mg/L, en la poza sin tratamiento y en la poza tratada de 9.523 mg/L, con respectó a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, se obtiene resultados de 2900.5 mg/L, en la poza sin tratamiento y en la tratada de 1740.6, mg/L, la Demanda Química de Oxigenó, arrojo resultados de 5610.4 mg/L, en la poza sin tratamiento, mientras que para la poza tratada, fue de 3408.3 mg/L, los coliformes totales, arrojan resultados de 80000, NMP/L, en la poza no tratada, mientras que los resultados en los lixiviados tratado, disminuye a 5400, NMP/L, el Zinc para ambas pozas presenta un pequeño aumento superando a los LMP, el pH mantiene su alcalinidad de 8.2 en el lixiviado sin tratado y de 8.42 para la poza con tratamiento, esta apoca es la más crítica por el aumento de volumen en las pozas, lo cual podría causar contaminación.

Por último, los lixiviados de la Infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, Coliformes Totales, DBO5, DQO, Hierro, pH, Sólidos Suspendidos y Zinc, no cumplen con los valores de referencia, de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° – 2009 MINAN, según los informes de ensayo ya mencionados, por lo tanto existe ineficiencia en los procesos, los cuales pueden llegar a ocasionar daños irreversibles a la salud y el ambiente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Banco Mundial. Cambio climático[Internet]. Whashington, Estados Unidos: Banco Mundial - Aif; 2022 [Consultado 15 de agosto del 2021]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview>
2. Bernache G. Riesgo de contaminación por disposición final de residuos: Un estudio de la región centro occidente de México. Rev Int Contam Ambient [Internet]. 2012 [Consultado 13 de octubre del 2021]; (28)99-107. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000500014](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000500014)
3. Köfalusi GK, Aguilar GE. Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. Rev Redalyc. Org. Gaceta ecológica [Internet]. 2006 [Consultado 16 de agosto del 2021]; (79):39-51. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53907903.pdf>
4. Del Puerto JA, Valdés YM. Peligros ambientales y antrópicos sobre las aguas de la Comuna de Ondjiva, Angola. Rev. Scielo Ing Hidráulica y Ambient [Internet]. 2021[Consultado 18 de setiembre del 2021. ];42(3):14-28. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1680-03382021000300022](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382021000300022)
5. Daniel tejada Cota. Manejo de residuos urbanos en la ciudad de la paz , estrategias para el desarrollo sustentable 2013. [Consultado 25 de setiembre del 2021]; Disponible [file:///C:/Users/FAMILIA/Downloads/tejada\\_d.pdf](file:///C:/Users/FAMILIA/Downloads/tejada_d.pdf)
6. Giraldo E. Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: avances recientes. Rev Ing[Internet]. 1997[Consultado 20 de agosto del 2021]; (14):44-55. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/268121715.pdf>
7. Ramón JL, Ramón JA, Niño Carvajal LX. Contaminación fisicoquímica de acuíferos por los lixiviados generados del relleno sanitario El Carrasco, de Bucaramanga. Rev.

- Unilasallista Peoducción + Limpia[Internet]. 2016[Consultado 12 de setiembre del 2021];(11)1 Disponible en: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/2879>
8. Alvis C. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales del complejo urbanístico Barcelona de Indias[Tesis de posgrado] [Internet]. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito; 2015[Consultado 26 de setiembre del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/305/Alvis%20Yepes%2c%20Cristhi%20an%20-%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  9. Polo M, Guevara E. Contaminación de acuíferos por efecto de los lixiviados en el área adyacente al vertedero de desechos sólidos la guásima, municipio libertador, estado Carabobo[Tesis de posgrado] [Internet]. Venezuela: Universidad de Carabobo; 2001 [Consultado 20 octubre del 2021]Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/a8n2/8-2-1.pdf>
  10. Sánchez WA. Evaluación de los lixiviados generados en el botadero de carhuashjirca y los impactos ambientales generados en la quebrada vientojirca–Independencia–Huaraz–Ancash–2018[Tesis de Pregrado] [Internet]. Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo; 2018[Consultado el 17 de noviembre del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4239>
  11. Chucos AA. Impacto ambiental del manejo de residuos sólidos del botadero “El Porvenir”-El Tambo[Tesis de pregrado][Internet]. Perú: Universidad Continental; 2020[Consultado 10 de octubre del 2021]; Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8794/4/IV\\_FIN\\_107\\_T\\_I\\_Chucos\\_Palomino\\_2020.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8794/4/IV_FIN_107_T_I_Chucos_Palomino_2020.pdf)
  12. Quincho YJ. Percepción de las madres sobre riesgos ambientales para la salud relacionados con el inadecuado manejo de residuos sólidos-Túcume, Perú, 2017[Tesis

- de pregrado][Internet]. Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo; 2018[Consultado 27 de noviembre del 2021] Disponible en: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1220/1/TL\\_QuinchoDamianYenifer.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1220/1/TL_QuinchoDamianYenifer.pdf)
13. Chirinos LA. Evaluación del sistema de tratamiento fisicoquímico de la planta de aguas residuales domésticas de Unión Andina de Cementos SAA[Tesis de pregrado][Internet]. Perú: Universidad Nacional del Callao; 2014[Consultado 19 noviembre del 2021]; Disponible en: [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/571/LuciaAlejandra\\_Tesis\\_titulo\\_profesional\\_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/571/LuciaAlejandra_Tesis_titulo_profesional_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
  14. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. La Fiscalización ambiental de Residuos Sólidos[Internet]. Perú, Perú: Minist del Ambient; 2016[Consultado 16 de noviembre del 2021]; Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=6471](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=6471)
  15. Vega JPM, Peña JM. Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución[Internet]. Lima, Perú: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento; 2008[Consultado 10 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/3.-Sunass-GIZ-PROAGUA-2008.-Diagn%C3%B3stico-situacional-de-los-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-las-EPS-del-Per%C3%BA-y-propuestas-de-soluci%C3%B3n.pdf>
  16. Gallardo RG, Pichén JN. Evaluación del tratamiento de la fracción orgánica de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, 2019[Tesis de pregrado][Internet]. Perú: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo; 2019[Consultado 09 de enero del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/1011/EVALUACIDELTRA>

[TAMIENTO20DELA20FRACCI0ORGNICADELOSLIXIVIADOSENLA%20INFRA ESTRUCTURADETRATAMIENTOYDISPOSICIFINALDERESIDUOSLIDOSOCAJ AMARCA2019..pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

17. Chávez CF. Evaluación del filtro roca en el tratamiento fisicoquímico del lixiviado en la planta de tratamiento de residuos sólidos-Cajamarca [Tesis de pregrado][Internet]. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca; 2017. [Consultado 10 de febrero del 2022]; Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1730/TESIS..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
18. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. OEFA identifica 1585 Botaderos informales a Nivel Nacional [Internet]. Lima, Perú: OEFA - Org Evaluación y Fisc Ambient; 2018[Consultado 15 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://www.oefa.gob.pe/oefa-identifica-1585-botaderos-informales-nivel-nacional/ocac07/>
19. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental [Internet]. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente; 2017 [Consultado 17 de diciembre del 2021]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>
20. Sánchez G. Gestión integral de residuos sólidos urbanos en los municipios de Actopan, San Salvador y el Arenal del estado de Hidalgo [Tesis de doctorado][Internet]. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; 2007 [Consultado 25 de enero del 2022]. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/82>
21. Willy Chilón. Tratamientos de Residuos Sólidos Hospitalarios[Internet]. Cajamarca, Perú; 2015 [Consultado 16 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://www.clubensayos.com/Ciencia/TRATAMIENTO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS->

[HOSPITALARIOS/32474.html](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57243039011)

22. Velasco F, Chapa JR, et al. Impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares (Nuevo León) sobre la calidad del agua superficial y subterránea. Rev. Redalyc. Mex Ciencias Geológicas [Internet]. 2015 [Consultado 16 de marzo del 2022]; (32)3. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57243039011>
23. Escrig JD. El impacto ambiental de las actividades industriales: el cambio necesario. Rev. Escrig [Internet]. 2008 [Consultado 17 de febrero del 2016]; (1)1. Disponible en: <https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2520/06escrig.pdf?sequence=1>
24. Sánchez CC. Enfermedades infecciosas relacionadas con el agua en el Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica [Internet]. 2018[Consultado 20 de enero del 2022]; (35):309-16. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342018000200020](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200020)
25. Mayorca NM. Reducción de la carga orgánica en lixiviado estabilizado del botadero municipal de San Ramón mediante oxidación avanzada Foto-Fenton [Tesis de pregrado][Internet]. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2017 [Consultado 18 de enero del 2022]; Disponible en: [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1392/MMNM\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1392/MMNM_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
26. Diaz Visitación, Palcon Isuiza. Determinación de la Influencia de los lixiviados en la concentración de metales pesados del suelo del botadero municipal de Moyobamba. Entre Cienc e Ing [Intenet]. 2020 [Consultado 20 de febrero del 2022]; 14(27):9-18. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4040>
27. De la Vega MY. Eficiencia en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Rev. Inst Nac Desarro Soc [Internet]. 2012 [Disponible 14 de marzo del 2022]; (1)1-3 Disponible

en:

<http://indesol.gob.mx/cedoc/pdf/III.%20Desarrollo%20Social/Agua%20y%20Saneamiento/Eficiencia%20en%20Plantas%20de%20Tratamiento%20de%20Aguas%20Residuales.pdf>

28. Jhon Alexander Narváez Salazar, Colombia [Internet]; Consultado 16 de marzo del 2021]. Productividad laboral en actividades de Mantenimiento, <https://predictiva21.com/productividad-laboral-actividades-mantenimiento/>
29. Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia. Marco mundial para el agua, el saneamiento y la higiene en las zonas urbanas [Internet]. Nueva York, Estados Unidos: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia; 2019[Consultado 20 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://www.unicef.org/media/66436/file/Global%20Framework%20for%20Urban%20Water,%20Sanitation%20and%20Hygiene-Spanish.pdf>
30. Sergi Valera S. Elementos básicos de Psicología Ambiental. Rev. Psicología Ambiental El funcionalismo probabilístico de brunswik [Internet]. 2022 [Consultado 27 de enero del 2022]; (1)1. Disponible en: [http://www.ub.edu/psicologia\\_ambiental/psicologia\\_ambiental](http://www.ub.edu/psicologia_ambiental/psicologia_ambiental)
31. Ministerio del Ambiente. Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos [Internet]. Lima, Perú: Minist del Ambient; 2016 [Consultado 20 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/IMPRIMIR-PLANRES-2016-2024-25-07-16.pdf>
32. Ministerio de Salud-DIRESA. Guía técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos [Internet]. Lima, Perú: Ministerio de Salud; 2004[Consultado 26 de octubre del 202]. Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/1650.pdf>
33. Novelo RIM, Sandoval EC, Riancho MRSC, René EB. Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario. Rev. Redalyc.

- Ingeniería [Internet]. 2002 [Consultado 27 de noviembre del 2021]; 2(6): 7-12.  
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46760201.pdf>
34. Ministerio de Salud. Reglamento para el Diseño, Operación y Mantenimiento de Infraestructuras de Disposición Final de Residuos Sólidos del Ámbito Municipal: Rellenos Sanitarios [Internet]. Lima, Perú: Dirección General de Salud Ambiental; 2009 [Consultado 25 de octubre del 2021]. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Relleno\\_sanitario.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Relleno_sanitario.pdf)
  35. Jaramillo J. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales [Internet]. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente; 2002[Consultado 10 de agosto del 2021]. Disponible en: <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128200240.pdf>
  36. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Residuos Sólidos [Internet]. Lima, Perú: INEI - Inst Nac Estadística e Informática; 2018[Consultado 25 de setiembre del 2021]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1756/cap05.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1756/cap05.pdf)
  37. Aguilera DJ. Gestión de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de madre de dios boca colorado, provincia de Manu de la región Madre de Dios, año 2016[Tesis de pregrado][Internet]. Perú: Universidad Tecnológica de los Andes; 2016 [Consultado 20 de agosto del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/98/1/Tesis-%20Gestion%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20domiciliarios%20en%20el%20distrito%20de%20Madre%20de%20Dios.pdf>
  38. Sistema Nacional de Información Ambiental. Normas [Internet]. Lima,Perú: Minist del Ambient; 2022[Consultado 26 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/normas>
  39. Diccionario de términos medioambientales. Ambientum [Internet]; 2022 [Consultado 16 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://www.ambientum.com/diccionario-de->

[terminos-medioambientales-letra](#)

40. Documento INS-I-I&E-ENV.22 de la empresa SGS del Perú SAC.

[Consultado 26 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://www.sgs.pe/>

41. Jiménez, Blanca; Barrios, José Antonio; Maya, Catalina. Estabilización Alcalina de Lodos Generados en un Tratamiento Primario Avanzado Documento Instituto de Ingeniería UNAM. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales

[Consultado 26 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://www.sgs.pe/>



## ANEXOS

### 1. Constancia de permiso.



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CAJAMARCA**  
GERENCIA DE DESARROLLO AMBIENTAL

**"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"**

### CONSTANCIA

Por medio de la presente se deja constancia que el señor Luis Martín Ortiz Ruiz, identificado con DNI N° 41995868, Ingeniero Ambiental con CIP: 234394, realizara la toma de muestras en las pozas de lixiviados, en las instalaciones de la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca, para poder realizar estudios referentes a su tesis "EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA 2021".

Se expide la presente a solicitud del interesado.

 Municipalidad Provincial de Cajamarca  
Gerencia de Desarrollo Ambiental  
  
Ing. Germán Antonio Muñoz Espinoza  
Gerente de desarrollo ambiental

Cajamarca 23 de julio del 2021

## 2: Informes de laboratorio Época seca



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



### INFORME DE ENSAYO N° IE 0821629-I<sup>(1)</sup>

#### DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **LUIS MARTIN ORTIZ RUIZ**  
Dirección -  
Persona de contacto **LUIS MARTIN ORTIZ RUIZ** Correo electrónico [lortiz\\_epg20@unc.edu.pe](mailto:lortiz_epg20@unc.edu.pe)

#### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **30.08.21** Hora de Muestreo **10:10 a 11:40**  
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -  
Procedimiento de Muestreo -  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de puntos de muestreo **02**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**  
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**  
Referencia de la Muestra: **TESIS: EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA 2021**

#### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-882** Cadena de Custodia **CC - 629 - 21**  
Fecha y Hora de Recepción **30.08.21 14:40** Inicio de Ensayo **30.08.21 14:50**  
Reporte Resultado **10.09.21 14:30**

**FIRMA DIGITAL**  
GRC GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

Firmado digitalmente por NEYRA  
JAICO Edder Miguel FAU  
20403744108.pdf  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 10.09.2021 17:09:35 -05:00

Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

Cajamarca, 16 de septiembre de 2021

INFORME DE ENSAYO N°

IE 0821629-I<sup>(1)</sup>

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			LT	LST	-	-	-	-
Código Laboratorio			0821629-01	0821629-02	-	-	-	-
Matriz			Proceso	Proceso	-	-	-	-
Descripción			Lixiviación	Lixiviación	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Jesús	Jesús	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	1.479	0.882	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	0.086	0.079	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	1.756	1.308	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.183	0.226	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	79.52	43.67	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	0.002	-	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.086	0.093	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	0.302	0.459	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	9.415	8.499	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	2098.0	1993.8	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.036	0.034	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	53.57	20.75	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.338	0.135	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	0.016	0.005	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0550	1662.6	1589.0	-	-	-	-
Níquel (Ni)	mg/L	0.0060	0.182	0.218	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	12.58	29.58	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	0.015	0.010	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	32.30	32.20	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	0.016	0.006	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	11.66	8.198	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	0.133	0.028	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.408	0.240	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	0.300	0.050	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	0.185	0.194	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	0.390	0.423	-	-	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Silice (SiO <sub>2</sub> )	mg/L	0.2225	24.94	17.54	-	-	-	-

INFORME DE ENSAYO N°

IE 0821629-I<sup>(1)</sup>

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código de la Muestra			LT	LST	-	-	-	-
Código Laboratorio			0821629-01	0821629-02	-	-	-	-
Matriz			Proceso	Proceso	-	-	-	-
Descripción			Lixiviación	Lixiviación	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Jesús	Jesús	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.0380	6.430	1.040	-	-	-	-
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.0650	3028.3	3507.6	-	-	-	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0500	0.730	0.240	-	-	-	-
Bromuro (Br <sup>-</sup> )	mg/L	0.0350	3.140	3.460	-	-	-	-
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.0640	0.880	0.460	-	-	-	-
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	0.0700	4.490	13.59	-	-	-	-
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.0320	15.25	81.27	-	-	-	-
(*) pH a 25°C	pH	NA	8.56	8.23	-	-	-	-
(*) Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	23190.0	35950.0	-	-	-	-
(*) Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5000	538.0	38.0	-	-	-	-
(*) Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH <sub>3</sub> /L	0.1500	1224.9	4026.0	-	-	-	-
Cianuro Libre	mg/L	0.0020	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*) Cromo hexavalente	mg Cr+6	0.0420	<LCM	<LCM	-	-	-	-
(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6000	1722.3	2884.7	-	-	-	-
(*) Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3000	3376.1	5596.8	-	-	-	-
(*) Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	76.4	130.6	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
(*) Coliformes Totales	NMP/ 100mL	1.8	54 x 10 <sup>2</sup>	54 x 10 <sup>3</sup>	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado





**INFORME DE ENSAYO N° IE 1221744-J<sup>(1)</sup>**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre	LUIS MARTIN ORTIZ RUIZ		
Dirección	-		
Persona de contacto	LUIS MARTIN ORTIZ RUIZ	Correo electrónico	<a href="mailto:lortizr_epg20@unc.edu.pe">lortizr_epg20@unc.edu.pe</a>

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo	<b>22.12.21</b>	Hora de Muestreo	<b>14:15 a 17:00</b>
Responsable de la toma de muestra	<b>Cliente</b>	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>		
Número de puntos de muestreo	<b>02</b>		
Ensayos solicitados	<b>Fisicoquímicos- Microbiológicos</b>		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	<b>TESIS: EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA 2021</b>		

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	<b>SC-882</b>	Cadena de Custodia	<b>CC - 744 - 21</b>
Fecha y Hora de Recepción	<b>23.12.21</b>	<b>08:00</b>	Inicio de Ensayo <b>23.12.21</b> <b>11:30</b>
Reporte Resultado	<b>31.12.21</b>	<b>17:1150</b>	

**FIRMA DIGITAL**  
GMC GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

Firmado digitalmente por NEYRA JAICO Edder Miguel FAU 20453748166 sds  
Módulo: Soy el autor s i documento  
Fecha: 02.01.2022 17:10:15 -1:00

Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

Cajamarca, 02 de enero de 2022

### 3: Informes de laboratorio Época de lluvia



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA  
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-084



#### INFORME DE ENSAYO N°

**IE 1221744-I<sup>(1)</sup>**

ENSAYOS			QUIMICOS					
Código de la Muestra			LT	LST	-	-	-	-
Código Laboratorio			0821629-01	0821629-02	-	-	-	-
Matriz			Proceso	Proceso	-	-	-	-
Descripción			Lixiviación	Lixiviación	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Jesús	Jesús	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Metales Totales					
Plata (Ag)	mg/L	0.0190	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aluminio (Al)	mg/L	0.0230	1.684	0.965	-	-	-	-
Arsénico (As)	mg/L	0.0050	0.091	0.082	-	-	-	-
Boro (B)	mg/L	0.0260	1.812	1.326	-	-	-	-
Bario (Ba)	mg/L	0.0040	0.195	0.237	-	-	-	-
Berilio (Be)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Bismuto (Bi)	mg/L	0.0160	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Calcio (Ca)	mg/L	0.1240	79.81	43.76	-	-	-	-
Cadmio (Cd)	mg/L	0.0020	<LCM	0.002	-	-	-	-
Cerio (Ce)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Cobalto (Co)	mg/L	0.0020	0.092	0.098	-	-	-	-
Cromo (Cr)	mg/L	0.0030	0.426	0.481	-	-	-	-
Cobre (Cu)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Hierro (Fe)	mg/L	0.0230	9.523	8.518	-	-	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.0510	21063.4	2004.5	-	-	-	-
Litio (Li)	mg/L	0.0050	0.039	0.036	-	-	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	0.0190	53.72	20.96	-	-	-	-
Manganeso (Mn)	mg/L	0.0030	0.406	0.166	-	-	-	-
Molibdeno (Mo)	mg/L	0.0020	0.023	0.007	-	-	-	-
Sodio (Na)	mg/L	0.0550	1681.2	1596.2	-	-	-	-
Niquel (Ni)	mg/L	0.0060	0.193	0.223	-	-	-	-
Fósforo (P)	mg/L	0.0240	14.45	30.26	-	-	-	-
Plomo (Pb)	mg/L	0.0040	0.022	0.016	-	-	-	-
Azufre (S)	mg/L	0.0910	34.18	33.19	-	-	-	-
Antimonio (Sb)	mg/L	0.0050	0.019	0.008	-	-	-	-
Selenio (Se)	mg/L	0.0180	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Silicio (Si)	mg/L	0.1040	11.95	8.275	-	-	-	-
Estaño (Sn)	mg/L	0.0070	0.142	0.030	-	-	-	-
Estroncio (Sr)	mg/L	0.0030	0.421	0.251	-	-	-	-
Titanio (Ti)	mg/L	0.0040	0.321	0.0523	-	-	-	-
Talio (Tl)	mg/L	0.0030	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Uranio (U)	mg/L	0.0040	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Vanadio (V)	mg/L	0.0040	0.202	0.201	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.0180	0.552	0.501	-	-	-	-
Mercurio (Hg)	mg/L	0.0003	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Silice (SiO2)	mg/L	0.2225	25.04	18.02	-	-	-	-

Cajamarca, 02 de enero de 2022



Firmado digitalmente por NEYRA JAICO Edder Miguel FAU

JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERU  
e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@regioncajamarca@hotmail.com FON: 099000 anexo 1140.

#### 4. Límites máximos permisibles dados por el Minam.

**Tabla N° 01**

**Límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de tratamiento de residuos sólidos y lixiviados de rellenos sanitarios y de seguridad**

	Parámetros	Unidad	LMP	Método de ensayo
<b>I</b>	<b>Generales</b>			
1	pH		6,5 – 8,5	APHA 4500-H+ - B Pág. 4-90 a 4-94 21ava edición

	Parámetros	Unidad	LMP	Método de ensayo
2	Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	30	APHA 2540-D Pág. 2-58 a 2-59 21ava edición
<b>II</b>	<b>Orgánicos</b>			
3	DOO	mg/L	120	EPA method 410.1 600/4-79-020 REVISED MARCH
4	DBO	mg/L	20	APHA -AWWA-WEF 5210 B. 21st edition
5	Hidrocarburos Totales de Petróleo		10	DIN EN ISO 9377-2. Julio 2001
<b>III</b>	<b>Inorgánicos</b>			
6	Amonio (como N)	mg/L	10	
7	Arsénico total	mg/L	0,1	APHA 3114-C Pág. 3-37 a 3-38 21ava edición
8	Cadmio total	mg/L	0,1	APHA 3111-B, Pág 3-17 a 3-19, 21st Edition.
9	Cobre total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
10	Cromo VI (*)	mg/L	0,1	Standard Methods for the examination of water and wastewater APHA-AWWA-WEF. 3500 Cr-B 21 st Edition
11	Hierro total	mg/L	2	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
12	Mercurio total	mg/L	0,01	APHA 3112-B Pág. 3-23 a 3-24 21ava edición
13	Plomo total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava edición
14	Zinc total	mg/L	0,5	APHA 3111-B Pág. 3-17 a 3-19 21ava Edición
<b>IV</b>	<b>Biológico</b>			
15	Coliformes totales	NMP/100 mL	1 000	APHA 9221 B Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21st Edition

(\*) En muestra no filtrada

**5: Figura de monitoreos de lixiviados.**



*Figura 8. Toma de los parámetros de campo pH, Conductividad, temperatura, en la poza sin tratar.*



*Figura 9. Toma de muestra para el parámetro microbiológico en la poza sin tratar.*





*Figura 10. Toma de muestra en la poza sin tratar con ayuda del brazo telescópico*



*Figura 11. Descarga del lixiviado*

6. Documento INS-I-I&E-ENV.22 de la empresa SGS del Perú SAC

CANTIDAD DE MUESTRA Y REQUISITOS PARA ENSAYOS DE MUESTRAS AMBIENTALES								
Determinación (Servicio)	Matriz	Método de análisis	Tipo de envase	Tamaño mínimo de muestra	Tipo de muestra	Preservación	Tiempo de Almacenamiento	Laboratorio
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 5210 B	Plástico ó Vidrio ámbar	250 mL	puntual composito	Llenar el frasco completamente, sin dejar burbujas de aire. Almacenar de : >0°C a ≤ 6°C.	48 horas	Callao Cajamarca Arequipa
Aceites y Grasas	Agua	ASTM D3921 – 96 (Reapproved 2011) (Validado)	Vidrio ámbar boca ancha, tapas con liner de teflón o .	500mL (***) Por cada 10 muestras o menos, <u>enviar una muestra por triplicado.</u>	puntual	Adicionar aprox. 2.5mL de H2SO4 (1:1) hasta un pH < 2	No aplica Nota: 28 días, si se envía contramuestra	Callao Arequipa
Acidez	Agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2310	Plástico ó Vidrio ámbar	250mL	puntual	Llenar el frasco completamente, no dejar burbuja de aire. Almacenar entre > 0°C a ≤ 6°C (°)	14 días	Callao Cajamarca Arequipa
Alcalinidad total + Carbonatos + Alcalinidad Carbonatos + Bicarbonatos + Alcalinidad Bicarbonatos+ Alcalinidad Hidroxido+ Alcalinidad Fenoltaleina	Agua	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2320 B	Plástico ó Vidrio ámbar	500mL	puntual	Llenar el frasco completamente, no dejar burbuja de aire. Almacenar entre > 0°C a ≤ 6°C (°)	14 días	Callao Cajamarca Arequipa (excepto alcalinida fenoltaleina)
Aldicarb/ Contaminantes Orgánicos Negativos (2,4-D, 2,4-DB, 2,4,5-T, Fenoprop, Dicloroprop,	Agua / Agua <sup>4</sup>	U.S. EPA. Method 538 (Validado)	Vial VOA de 40 mL completamente lleno, sin burbuja	40 mL 1 vial de 40mL preservado por punto de muestreo. Por cada 20 muestras o menos enviar una muestra por triplicado.	puntual	C/vial contiene los preservantes: 400 u del Acetato de amonio(154g/L) + 80 uL de omadina (32 g/L). Llenar el frasco completamente, no dejar burbuja de aire, no enjuagar el vial con la muestra. Almacenar	No Aplica Nota: 14 días si se envía contramuestra	Callao

7. Materiales para la toma de muestras.



*Figura 12. Materiales utilizados para la recolección de muestras.*





## 9. Hoja de datos de la Cal hidratada

QUIMICA UNIVERSAL LTDA.

CAL HIDRATADA



Química  
Universal

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUIMICOS (HDS)

Fecha de versión : may-19  
Versión : 1.1

#### 1. Identificación de la mezcla y del proveedor

Nombre de la mezcla : CAL HIDRATADA O APAGADA  
Código interno de la mezcla : 6064084445  
Nombre del proveedor : QUIMICA UNIVERSAL LTDA.  
Dirección : Lo Zañartu 092 , Quilicura, Santiago, Chile  
**Teléfono de Emergencia en Chile** : **CITUC (562) 26353800**  
Fono : 227834400  
e-mail : [VENTAS@QUIMICAUNIVERSAL.CL](mailto:VENTAS@QUIMICAUNIVERSAL.CL)

#### 2. Información sobre la mezcla

Nombre químico : Hidróxido de Calcio  
Fórmula Química :  $\text{Ca(OH)}_2$   
Sinónimos : Calcita, Tiza  
Número Naciones Unidas : No aplica  
Número CAS : No aplica

#### 3. Identificación de los Riesgos

Marca etiqueta :  
Clasificación de riesgo del producto químico : Ninguna

##### a) Peligro para la salud de las personas

Efectos de una sobreexposición aguda (por una vez)

Inhalación : Irritación leve  
Contacto con la Piel : Ninguna  
Contacto con los Ojos : Irritación leve  
Ingestión : Indigestión leve  
Efecto de una sobreexposición crónica (Largo :

Señal de seguridad NCh1411/4

Salud: 2      Inflamabilidad: 0      Reactividad: 0



b) Peligro para el medio ambiente : Ninguno

c) Peligro especiales del producto : Ninguno

#### 4. Medidas de primeros auxilios

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:

a) **Inhalación** : Respirar aire puro  
b) **Contacto con la Piel** : Lavar con agua  
c) **Contacto con los Ojos** : Lavar con agua  
Notas especiales para uso médico : N/A

página 1 de 3

## 10. Solicitud de Consideración.

### SOLICITUD DE CONSIDERACIÓN

Cajamarca, 11 de noviembre del 2022

Asunto: Revisión estadísticas de tesis

Señores del Jurado encargados de la de revisión de la Tesis del Sr. Luis Martín Ortiz Ruiz intitulada "EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CAJAMARCA 2021"

Quien suscribe es el Magister Ingeniero Fernando Camilo Joaquín Rodríguez, con experiencias desarrolladas en diferentes laboratorios acreditados, tanto con entidades nacionales como extranjeras, así como también en la docencia universitaria, me presento a ustedes y expongo lo siguiente:

En base a una consulta realizada por el maestrante Luis Martín Ortiz Ruiz, para dar mi opinión desde el punto de vista estadístico, por lo cual doy los siguientes comentarios:

Respecto a la tabla 7, en dicha tabla se observa que los resultados obtenidos en laboratorio son menores a los límites de cuantificación de cada parámetro, es decir, no se reportó algún valor numérico para poder realizar una evaluación de estadística inferencial, por lo cual, es dable que se haga uso un análisis descriptivo a dichos resultados.

Respecto a la tabla 8, se muestra un análisis haciendo uso de la incertidumbre, la pregunta es ¿Por qué hacer uso de la incertidumbre en una investigación? Partimos del principio que para realizar un análisis estadístico inferencia es necesario determinar el valor más representativo - que generalmente es el promedio - y la variabilidad que es un parámetro muy importante para dicho análisis estadístico. La variabilidad generalmente se determina de un conjunto de datos (mínimo 3 datos por grupo o nivel) con lo cual se determina la desviación estándar de dicho conjunto de muestras, sin embargo, la variabilidad también se puede representar mediante la incertidumbre de las mediciones, incluso es una medida más robusta debido a que incluye otras fuentes de variación en las medición; por lo tanto al conocer el valor representativo y la variación de dicho valor - que es la incertidumbre - se puede realizar el análisis inferencial. Las incertidumbres son estimadas por cada laboratorio que realiza ensayos acreditados, y estas son consideradas dentro de una distribución normal y una probabilidad del 95%, con un factor de cobertura  $k$  igual a 2, esta información se puede encontrar en la guía CG4 de la EURACHEM/CITAC (2012, p. 2) cuyo título es "Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement", es por eso que luego se puede aplicar la prueba  $Z$  para un análisis inferencial, así como el ANOVA.

Lo descrito en los párrafos anteriores, es dar una opinión desde mi experiencia profesional e invocar que puedan considerar una revisión basados en un enfoque adicional, sin perjuicio de desmerecer su opinión, sino con la finalidad de aportar con un "granito de arena" a su digno trabajo.

Esperando tomen en consideración lo solicitado,

Cordialmente,



Fernando Camilo Joaquín Rodríguez  
ING. QUÍMICO  
R. CIP. N° 210121

# 11: Pruebas estadísticas

Estadística en Minitab

HOJA DE TRABAJO 1

## ANOVA de un solo factor: As (mg) vs. Época

### Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales  
Hipótesis alterna      No todas las medias son iguales  
Nivel de significancia       $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Época	2	Lluvia; Seca

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Época	1	0.000017	0.000017	0.51	0.548
Error	2	0.000067	0.000034		
Total	3	0.000084			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0057942	20.41%	0.00%	0.00%

### Medias

Época	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Lluvia	2	0.08650	0.00636	(0.06887; 0.10413)
Seca	2	0.08235	0.00516	(0.06472; 0.09998)

Desv.Est. agrupada = 0.00579418

### Comparaciones en parejas de Tukey

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

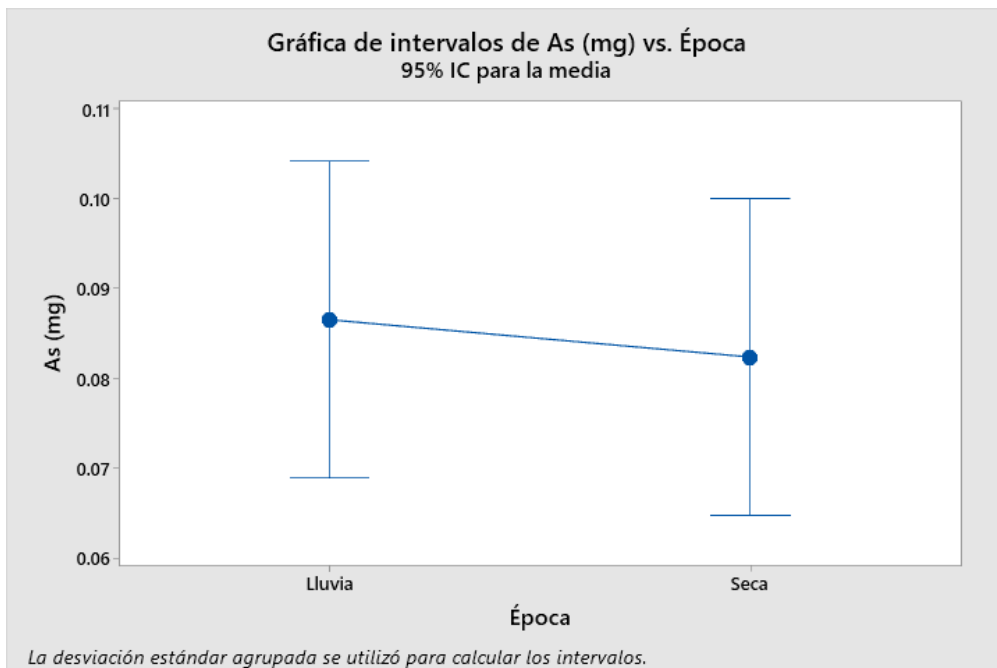
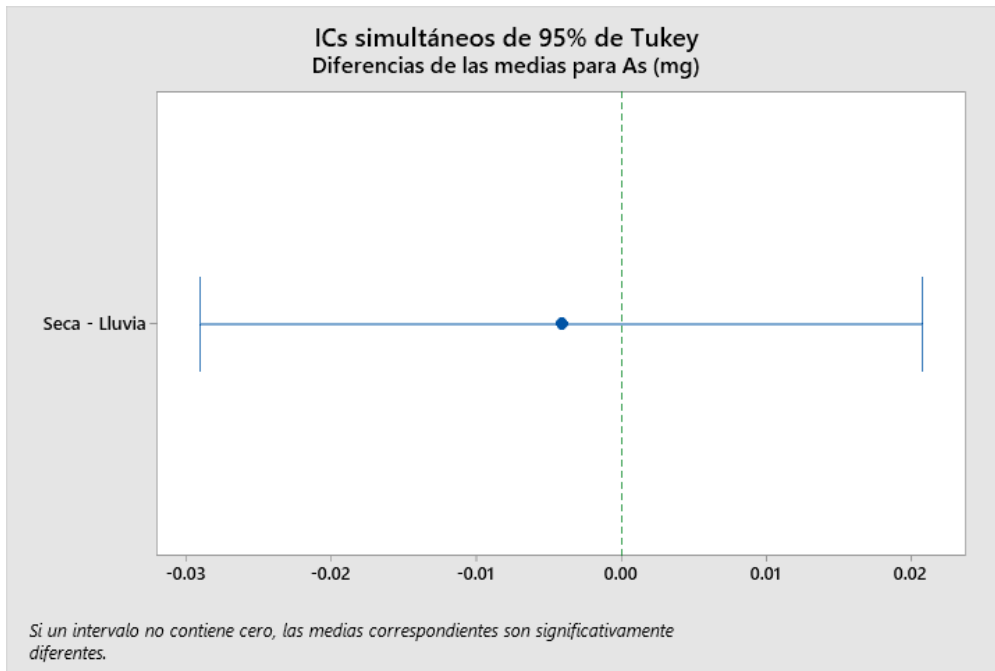
Época	N	Media	Agrupación
Lluvia	2	0.08650	A
Seca	2	0.08235	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Seca - Lluvia	-0.00415	0.00579	(-0.02908; 0.02078)	-0.72	0.548

Nivel de confianza individual = 95.00%



HOJA DE TRABAJO 1

## ANOVA de un solo factor: Cr (mg/L) vs. Época

### Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales  
 Hipótesis alterna      No todas las medias son iguales  
 Nivel de significancia       $\alpha = 0.05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Época	2	Lluvia; Seca



## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Época	1	0.007974	0.007974	1.27	0.376
Error	2	0.012531	0.006265		
Total	3	0.020505			

## Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0791541	38.89%	8.34%	0.00%

## Medias

Época	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Lluvia	2	0.4701	0.0154	(0.2293; 0.7109)
Seca	2	0.3808	0.1109	(0.1400; 0.6216)

Desv.Est. agrupada = 0.0791541

## Comparaciones en parejas de Tukey

### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

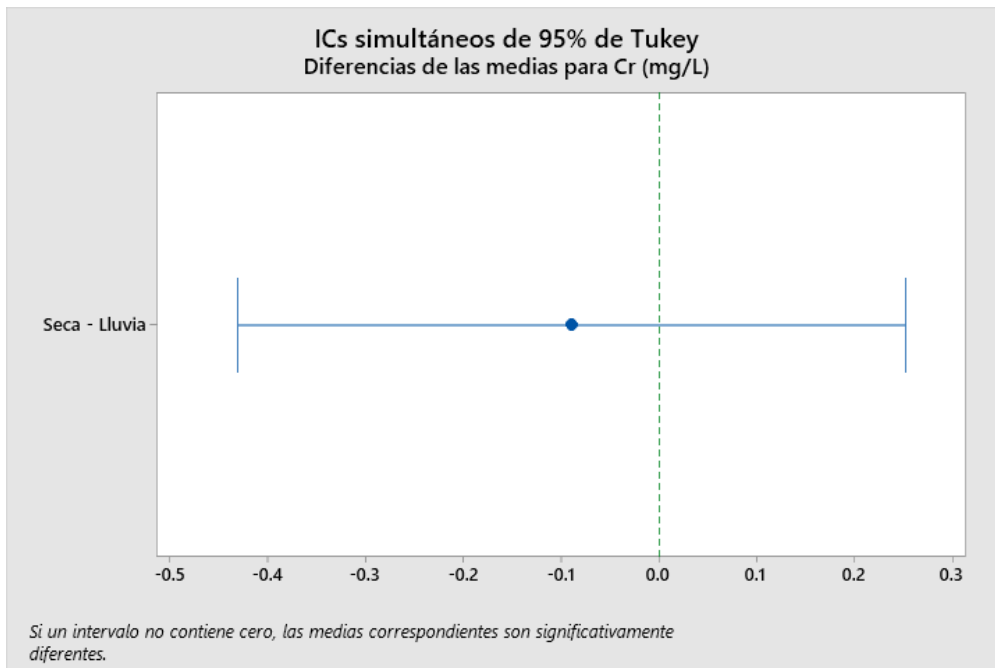
Época	N	Media	Agrupación
Lluvia	2	0.4701	A
Seca	2	0.3808	A

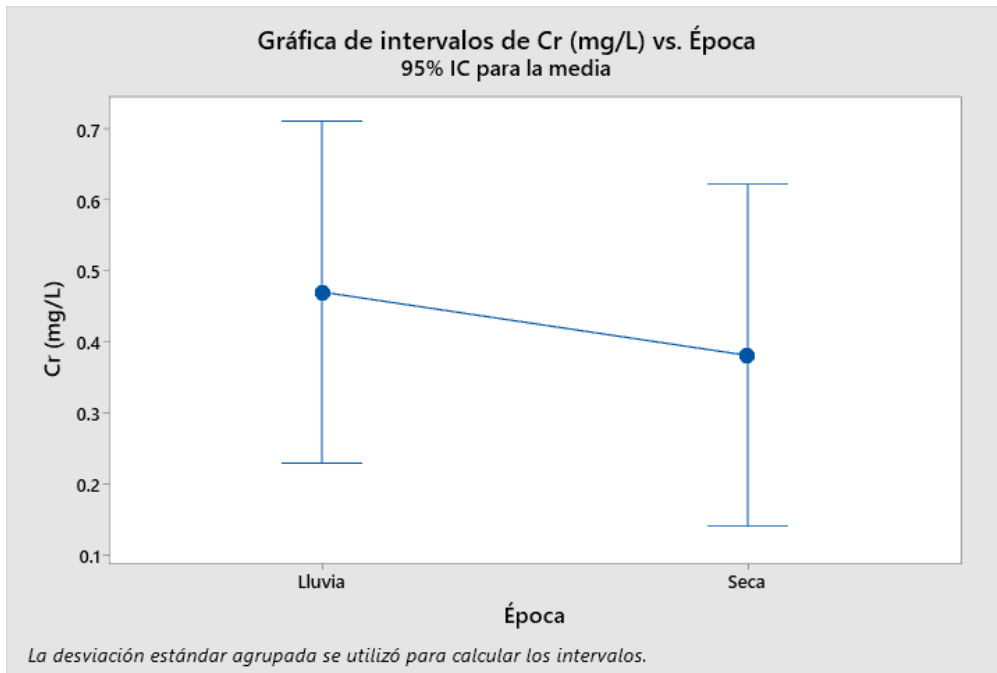
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

## Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Seca - Lluvia	-0.0893	0.0792	(-0.4299; 0.2513)	-1.13	0.376

Nivel de confianza individual = 95.00%





HOJA DE TRABAJO 1

## ANOVA de un solo factor: Fe (mg/L) vs. Época

### Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales  
 Hipótesis alterna      No todas las medias son iguales  
 Nivel de significancia       $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Época	2	Lluvia; Seca

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Época	1	0.004032	0.004032	0.01	0.934
Error	2	0.924540	0.462270		
Total	3	0.928573			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.679905	0.43%	0.00%	0.00%

### Medias

Época	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Lluvia	2	9.021	0.711	(6.952; 11.089)
Seca	2	8.957	0.648	(6.888; 11.026)

Desv.Est. agrupada = 0.679905

### Comparaciones en parejas de Tukey

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

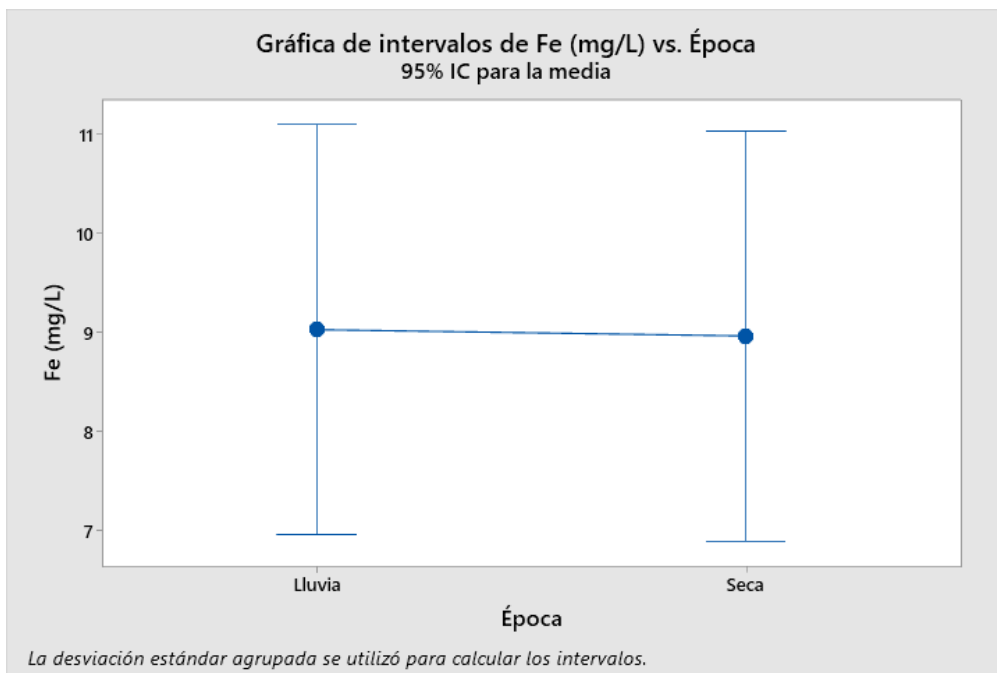
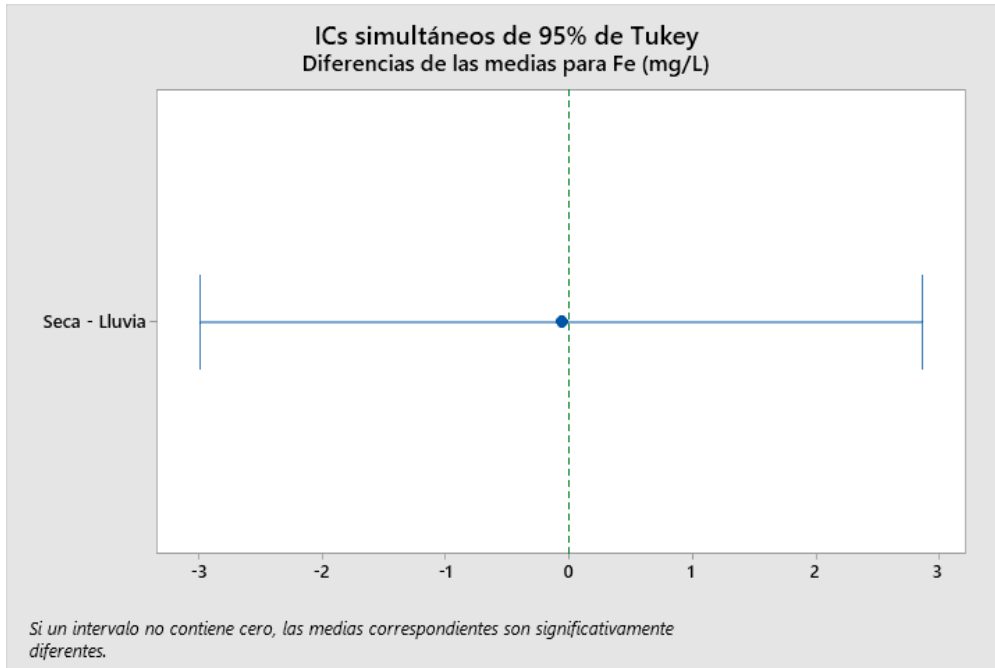
Época	N	Media	Agrupación
Lluvia	2	9.021	A
Seca	2	8.957	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Seca - Lluvia	-0.063	0.680	(-2.989; 2.862)	-0.09	0.934

Nivel de confianza individual = 95.00%



HOJA DE TRABAJO 1

### ANOVA de un solo factor: Pb (mg/L) vs. Época

#### Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales  
 Hipótesis alterna      No todas las medias son iguales

Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Época	2	Lluvia; Seca

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Época	1	0.000048	0.000048	3.22	0.215
Error	2	0.000030	0.000015		
Total	3	0.000078			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0038733	61.68%	42.52%	0.00%

### Medias

Época	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Lluvia	2	0.01900	0.00424	(0.00722; 0.03078)
Seca	2	0.01205	0.00346	(0.00027; 0.02383)

Desv.Est. agrupada = 0.00387331

### Comparaciones en parejas de Tukey

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

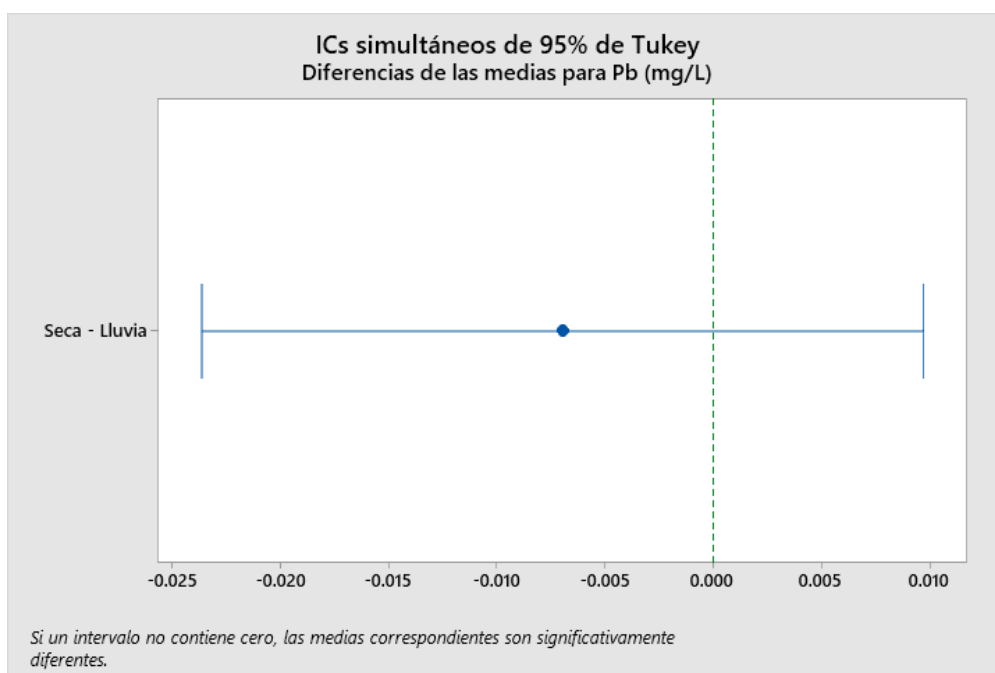
Época	N	Media	Agrupación
Lluvia	2	0.01900	A
Seca	2	0.01205	A

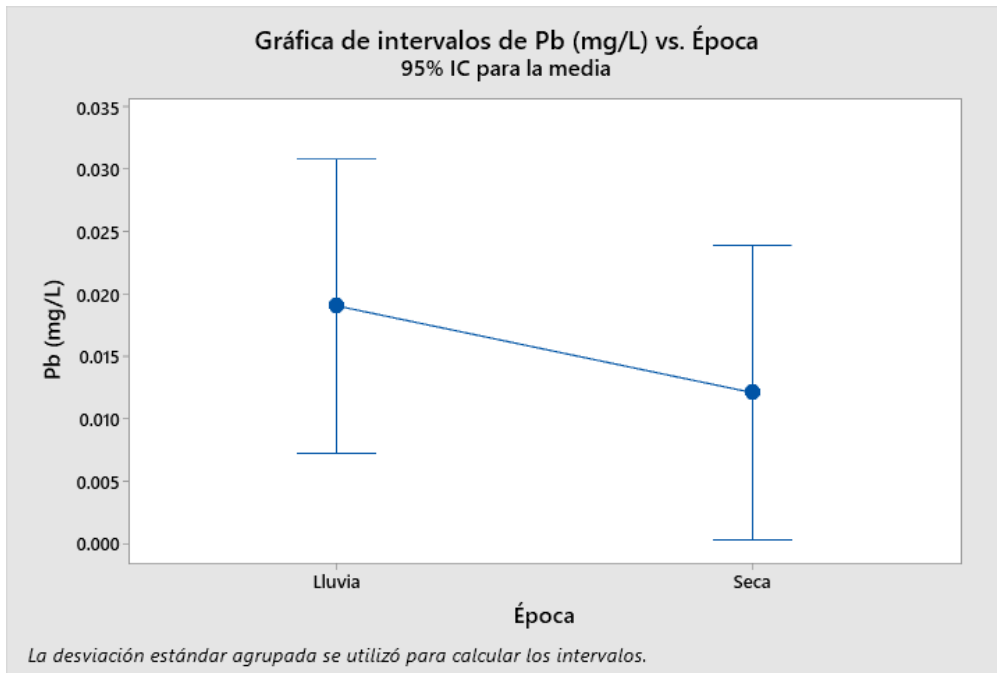
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Seca - Lluvia	-0.00695	0.00387	(-0.02362; 0.00972)	-1.79	0.215

Nivel de confianza individual = 95.00%





HOJA DE TRABAJO 1

## ANOVA de un solo factor: Zn (mg/L) vs. Época

### Método

Hipótesis nula      Todas las medias son iguales  
 Hipótesis alterna      No todas las medias son iguales  
 Nivel de significancia       $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Época	2	Lluvia; Seca

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Época	1	0.014400	0.014400	15.39	0.059
Error	2	0.001872	0.000936		
Total	3	0.016272			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0305918	88.50%	82.75%	53.99%

### Medias

Época	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Lluvia	2	0.5265	0.0361	(0.4334; 0.6196)
Seca	2	0.4065	0.0239	(0.3134; 0.4996)

Desv.Est. agrupada = 0.0305918

### Comparaciones en parejas de Tukey

#### Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Época	N	Media	Agrupación
Lluvia	2	0.5265	A
Seca	2	0.4065	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

### Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Seca - Lluvia	-0.1200	0.0306	(-0.2516; 0.0116)	-3.92	0.059

Nivel de confianza individual = 95.00%

