

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES**



Evaluación de riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos urbanos y rurales en los distritos costeros de la Provincia de Huaura-Lima, Perú

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR

Luis Alberto Toledo Veliz

ASESOR

Diego Alexander Zavala Vicuña

Huaura, Perú

2024

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

### Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

**Datos de la obra**

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 030 - 2024/UCSS/FCAA/DI

Siendo las 09:00 a.m. del viernes 05 de julio de 2024 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- |                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| 1. Amada Victoria Larco Aguilar  | presidente      |
| 2. Blanca Aurora Arce Barboza    | primer miembro  |
| 3. Juana Francisca Reyes Pintado | segundo miembro |
| 4. Diego Alexander Zavala Vicuña | asesor(a)       |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Evaluación de riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos urbanos y rurales en los distritos costeros de la Provincia de Huaura-Lima, Perú**, que presenta el bachiller en Ciencias Ambientales, **Luis Alberto Toledo Veliz**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente acta al decanato de la Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL**.

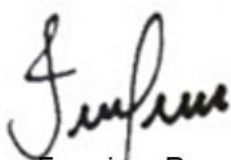
Lima, 05 de julio de 2024.



Amada Victoria Larco Aguilar  
Presidente



Blanca Aurora Arce Barboza  
1° miembro



Juana Francisca Reyes Pintado  
2° miembro



Diego Alexander Zavala Vicuña  
Asesor(a)

## Anexo 2

### CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE **TESIS** / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Tarma, 22 de octubre de 2024

Señor(a),  
Wilfredo Mendoza Caballero  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: “Evaluación de riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos urbanos y rurales en los distritos costeros de la Provincia de Huaura-Lima, Perú”, presentado por Luis Alberto Toledo Veliz con código de estudiante 2014200560 y DNI 70766254 para optar el **título profesional**/ grado académico de Ingeniero Ambiental ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %** (poner el valor del porcentaje).\* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Alexander Zavala Vicuña', is written over a horizontal line.

Firma

Diego Alexander Zavala Vicuña

DNI N°: 47079319

ORCID: 0000-0003-4582-7434

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales – UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## **DEDICATORIA**

A mi hija Lindsey Toledo Díaz, quien me ha enseñado a ver la vida desde otra perspectiva y con sentimientos profundos que solo un padre puede encontrar en su pequeña princesa; a ella, quien me permitió comprender el verdadero sentido de la vida y es por quien lucho cada día.

A mis padres Alberto Toledo Alarcón y Rosa Veliz García, puesto que, sin ellos, no sería posible estar presente en este mundo y, además, fueron mi fortaleza en tiempos difíciles, permitiendo levantarme cada vez que creía haber caído, a ellos quienes son mi ejemplo y siempre estaré orgulloso de tenerlos.

A mis hermanos Michael Toledo Veliz y Christopher Toledo Veliz; quienes me han apoyado en incontables oportunidades, logrando hacerme sentir que soy capaz de lograr mis objetivos siempre.

A mis demás familiares y amigos que me han apoyado directa e indirectamente en cada momento de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, dado que, sin él nada es posible, siendo mi guía espiritual día a día y permitiéndome salir bien ante toda adversidad.

A mi asesor, el ingeniero Diego Alexander Zavala Vicuña, quien me brindó su apoyo desinteresadamente; gracias a su orientación, y consejos que me han ayudado notablemente, permitiéndome concluir el presente trabajo de investigación.

A mi hija Lindsey Toledo Díaz, quien me brindó el tiempo necesario, con la finalidad de permitirme lograr concluir satisfactoriamente con este gran paso de mi desarrollo profesional.

A mis padres Alberto Toledo Alarcón y Rosa Veliz García por apoyarme en todo momento y por haberme formado en un ambiente lleno de valores fundamentales para el desarrollo de mi vida personal, así como para mi vida profesional.

A mis hermanos Christopher Toledo Veliz y Michael Toledo Veliz, quienes me apoyaron durante el desarrollo de la investigación, especialmente durante la fase de campo.

# INDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
INDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas especializadas.....	12
1.2.1. Residuos sólidos.....	12
1.2.2. Gestión y manejo de residuos sólidos.....	16
1.2.3. Puntos críticos de residuos sólidos.....	17
1.2.4. Riesgos ambientales.....	17
1.2.5. Guía de riesgos ambientales.....	18
1.2.6. Suelo.....	18
1.2.7. Contaminación del suelo.....	19
1.2.8. Metales pesados.....	19
1.2.9. Efectos adversos de los metales pesados.....	23
1.2.10. Gases de efecto invernadero.....	23
1.2.11. El metano (CH <sub>4</sub> ).....	24
1.2.12. El dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	24
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
2.1. Diseño de la investigación.....	27



2.2. Lugar y fecha.....	27
2.3. Población y muestra.....	34
2.4. Técnicas e instrumentos.....	35
2.5. Descripción de la investigación.....	35
2.6. Identificación de variables y su mensuración.....	44
2.7. Análisis estadístico de datos.....	44
2.8. Materiales y equipos.....	45
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	46
3.1. Clasificación de los puntos críticos de residuos sólidos.....	46
3.1.1. Consideraciones para la identificación de los puntos críticos.....	47
3.2. Volumen de los puntos críticos.....	49
3.3. Metales pesados en las muestras de suelo de los puntos críticos.....	50
3.3.1. Suelo residencial / parques.....	51
3.3.2. Uso de suelo agrícola.....	55
3.4. Evaluación de riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos.....	59
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES.....	83
4.1. Identificación y clasificación de los puntos críticos de residuos sólidos.....	83
4.2. Niveles de metales pesados en el suelo de los puntos críticos de residuos sólidos.....	85
4.3. Evaluación de riesgo ambiental de los puntos críticos de residuos sólidos.....	88
4.3.1. Determinación de escenarios de riesgo.....	89
4.3.2. Probabilidad de ocurrencia, gravedad de las consecuencias y estimación del riesgo.....	90
4.3.3. Evaluación y caracterización del riesgo ambiental.....	92
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	93
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.....	95
REFERENCIAS.....	97
TERMINOLOGÍA.....	110
APÉNDICES.....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Distritos de la Provincia de Huaura</i> .....	28
Tabla 2. <i>Priorización de los puntos críticos de residuos sólidos</i> .....	35
Tabla 3. <i>Valores establecidos según la probabilidad de consecuencias</i> .....	39
Tabla 4. <i>Rango del límite del entorno natural</i> .....	41
Tabla 5. <i>Rango del límite del entorno humano</i> .....	41
Tabla 6. <i>Rango del límite del entorno socioeconómico</i> .....	41
Tabla 7. <i>Valoración asignada según gravedad de consecuencias</i> .....	42
Tabla 8. <i>Variables de estudio, indicadores, medidas y métodos empleados</i> .....	44
Tabla 9. <i>Clasificación y ubicación de puntos críticos de residuos sólidos en estudio</i> .....	46
Tabla 10. <i>Volumen de los puntos críticos de residuos sólidos</i> .....	49
Tabla 11. <i>Resultados de análisis de metales pesados en muestras de suelo de los puntos críticos</i> .....	50
Tabla 12. <i>Peligros identificados en los puntos críticos de residuos sólidos</i> .....	59
Tabla 13. <i>Escenarios de riesgo del entorno natural – general</i> .....	60
Tabla 14. <i>Escenarios de riesgo del entorno humano – general</i> .....	61
Tabla 15. <i>Escenarios de riesgo entorno socioeconómico – general</i> .....	62
Tabla 16. <i>Escenarios de riesgo, causas y consecuencias del entorno natural</i> .....	63
Tabla 17. <i>Escenarios de riesgo, causas y consecuencias de entorno económico</i> .....	64
Tabla 18. <i>Escenarios de riesgo, causas y consecuencias del entorno socioeconómico</i> .....	65
Tabla 19. <i>Estimación de la probabilidad de escenarios de riesgo para el entorno natural</i> .....	66
Tabla 20. <i>Estimación de la probabilidad de escenarios de riesgo para el entorno humano</i> .....	67
Tabla 21. <i>Estimación de la probabilidad de los escenarios de riesgo para el entorno socioeconómico</i> .....	67
Tabla 22. <i>Estimación de gravedad de las consecuencias del entorno natural</i> .....	68
Tabla 23. <i>Estimación de gravedad de las consecuencias del entorno humano</i> .....	69
Tabla 24. <i>Estimación de la gravedad de las consecuencias del entorno socioeconómico</i> .....	69
Tabla 25. <i>Estimación del riesgo ambiental del entorno natural</i> .....	70

Tabla 26. <i>Estimación del riesgo ambiental del entorno humano</i> .....	71
Tabla 27. <i>Estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico</i> .....	71
Tabla 28. <i>Riesgo ambiental de los puntos críticos evaluados</i> .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación de los distritos involucrados en la investigación.....	29
<i>Figura 2.</i> Toma de muestras de suelo de los puntos críticos.....	37
<i>Figura 3.</i> Etiquetado de muestras de suelo tomadas en los puntos críticos.....	38
<i>Figura 4.</i> Estimación del riesgo ambiental.....	42
<i>Figura 5.</i> Tabla de doble entrada para la estimación del riesgo ambiental.....	43
<i>Figura 6.</i> Escala de valoración de la evaluación y caracterización del riesgo ambiental.....	43
<i>Figura 7.</i> Cantidad de puntos críticos según consideraciones de su ubicación.....	48
<i>Figura 8.</i> Cantidad de puntos críticos según el tipo de contaminación y vulnerabilidad del entorno.....	48
<i>Figura 9.</i> Valores de arsénico obtenido en puntos de muestreo – Uso de suelo residencial / parques.....	52
<i>Figura 10.</i> Valores de cadmio obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo residencial / parques.....	53
<i>Figura 11.</i> Valores de cromo obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo residencial / parques.....	53
<i>Figura 12.</i> Valores de mercurio obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo residencial / parques.....	54
<i>Figura 13.</i> Valores de plomo obtenido en puntos de muestreo – Uso de suelo residencial / parques.....	55
<i>Figura 14.</i> Valores de arsénico obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo agrícola.....	56
<i>Figura 15.</i> Valores de cadmio obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo agrícola.....	56
<i>Figura 16.</i> Valores de cromo obtenido en puntos de muestreo.....	57
<i>Figura 17.</i> Valores de mercurio obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo agrícola.....	58
<i>Figura 18.</i> Valores de plomo obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo agrícola.....	58
<i>Figura 19.</i> Estimación del riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCCC-1.....	72

<i>Figura 20. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCCC-2.....	73
<i>Figura 21. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCHY-3.....	73
<i>Figura 22. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCHY-4.....	74
<i>Figura 23. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCHO-5.....	74
<i>Figura 24. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCHO-6.....	75
<i>Figura 25. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCHA-7.....	75
<i>Figura 26. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCHA-8.....	76
<i>Figura 27. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCSM-9.....	76
<i>Figura 28. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCSM-10.....	77
<i>Figura 29. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCVA-11.....	77
<i>Figura 30. Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico</i>	
PCVA-12.....	78
<i>Figura 31. Comparación de los riesgos según el tipo de punto crítico evaluado.....</i>	81
<i>Figura 32. Caracterización del riesgo ambiental.....</i>	82

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Formato de registro de identificación de puntos críticos.....	112
Apéndice 2. Galería de fotos del punto crítico PCCC-1.....	113
Apéndice 3. Galería de fotos del punto crítico PCCC-2.....	114
Apéndice 4. Galería de fotos del punto crítico PCHY-3.....	115
Apéndice 5. Galería de fotos del punto crítico PCHY-4.....	116
Apéndice 6. Galería de fotos del punto crítico PCHO-5.....	117
Apéndice 7. Galería de fotos del punto crítico PCHO-6.....	118
Apéndice 8. Galería de fotos del punto crítico PCHA-7.....	119
Apéndice 9. Galería de fotos del punto crítico PCHA-8.....	120
Apéndice 10. Galería de fotos del punto crítico PCSM-9.....	121
Apéndice 11. Galería de fotos del punto crítico PCSM-10.....	122
Apéndice 12. Galería de fotos del punto crítico PCVA-11.....	123
Apéndice 13. Galería de fotos del punto crítico PCVA-12.....	124
Apéndice 14. Informe de laboratorio - Metales pesados.....	125
Apéndice 15. Propuesta del Plan de erradicación y monitoreo de puntos críticos de residuos sólidos basado en la evaluación de riesgos ambientales.....	127

## RESUMEN

La problemática de los residuos sólidos ha aumentado con el paso del tiempo, según los datos registrados hasta el 2019, cada habitante de Latinoamérica genera aproximadamente un kilo de basura al día; asimismo, en el Perú se genera 7 906 913 toneladas de residuos sólidos municipales; la acumulación de los residuos genera diversos impactos en el suelo, aire o agua, así como en la salud y el desarrollo socioeconómico de la población; además, el bajo interés y la exigua aplicación de normativas dificulta afrontar de manera puntual el problema. El objetivo de la investigación fue evaluar los riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos en los distritos costeros de la provincia de Huaura. Se identificaron y seleccionaron 12 puntos críticos permanentes, los cuales fueron clasificados en tipo urbano y rural; además, se analizó la concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo) en el suelo; posteriormente se identificaron escenarios de riesgos y se determinó el nivel de peligrosidad, probabilidad de ocurrencia, gravedad de consecuencias, entre otros factores que integran la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del Ministerio del Ambiente. Los resultados revelaron que, de los cinco metales evaluados, el arsénico alcanzó un máximo de 11,73 mg/kg, cadmio 7,97 mg/kg, cromo 14,92 mg/kg, mercurio 0,46 mg/kg y el plomo 678,56 mg/kg; igualmente, se identificó que muchos de los puntos presentaron una gran composición de residuos de construcción y demolición. Se concluyó que, de los 12 puntos críticos, cinco correspondieron al tipo rural, de los cuales tres presentaron riesgo significativo y los otros dos presentaron riesgo moderado; de los siete de tipo urbano, seis representaron riesgos significativos y uno presentó riesgo moderado; respecto a los metales pesados, el cadmio y el plomo sobrepasaron los valores establecidos en el ECA suelo 2017 en algunos puntos críticos.

**Palabras Claves:** *Contaminación del suelo, metales pesados, puntos críticos de residuos sólidos, residuos sólidos, riesgo ambiental.*

## ABSTRACT

The problem of solid waste has increased over time, according to data recorded until 2019, each inhabitant of Latin America generates approximately one kilo of garbage per day; Likewise, in Peru 7,906,913 tons of municipal solid waste are generated; The accumulation of waste generates various impacts on the soil, air or water, as well as on the health and socioeconomic development of the population; Furthermore, the low interest and the meager application of regulations make it difficult to deal with the problem in a timely manner. The objective of the research was to evaluate the environmental risks of solid waste critical points in the coastal districts of the province of Huaura. 12 permanent critical points were identified and selected, which were classified into urban and rural types; In addition, the concentration of heavy metals (arsenic, cadmium, chromium, mercury and lead) in the soil was analyzed; Subsequently, risk scenarios were identified and the level of danger, probability of occurrence, severity of consequences, among other factors that make up the Environmental Risk Assessment Guide of the Ministry of the Environment, were determined. The results revealed that, of the five metals evaluated, arsenic reached a maximum of 11.73 mg/kg, cadmium 7.97 mg/kg, chromium 14.92 mg/kg, mercury 0.46 mg/kg and lead 678.56 mg/kg; Likewise, it was identified that many of the points presented a large composition of construction and demolition waste. It was concluded that, of the 12 critical points, five corresponded to the rural type, of which three presented significant risk and the other two presented moderate risk; Of the seven urban types, six represented significant risks and one presented moderate risk; Regarding heavy metals, cadmium and lead exceeded the values established in the 2017 ECA soil in some critical points.

**Keywords:** *Soil contamination, heavy metals, critical points of solid waste, solid waste, environmental risk.*



## INTRODUCCIÓN

El problema ocasionado por la inadecuada gestión de residuos sólidos se viene desarrollando desde muchos años atrás y, con el paso del tiempo ha ido incrementando significativamente, principalmente asociados al desarrollo y evolución de la ciencia y tecnología; asimismo, el incremento de los residuos sólidos a través del tiempo se debe al crecimiento poblacional y el aumento del consumismo (Bernache, 2015; Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2021); si bien el tema de los residuos afecta en gran medida a la totalidad de países existentes, muchos de ellos han logrado controlarlos debido a que la participación comunitaria y el cumplimiento de la legislación ambiental son estrictos y obligatorios (Fazenda y Tavares, 2016).

Según la Defensoría del Pueblo (2019) cada habitante de Latinoamérica genera aproximadamente un kilo de basura al día; además, se estima que el problema de los residuos sólidos siga en incremento, debido a que las acciones que favorezcan el reaprovechamiento de estos son mínimas; asimismo, señala que el reciclaje y la economía circular, pueden crear soluciones y/o minimizar la problemática ambiental.

En el Perú, según los datos obtenidos y actualizados hasta el periodo 2019, se estima que existe una generación total de 7 906 913 toneladas de residuos sólidos municipales, de estos, cerca del 60 % corresponde al tipo orgánico, los cuales tienen potencial de ser valorizados mediante técnicas especializada de bajo costo; los residuos inorgánicos reaprovechables representan cerca del 20 % y, por último, cerca del 15 % corresponde a residuos con características no valorizables (MEF, 2021).

Uno de los problemas causados por la carencia de una adecuada gestión de los residuos sólidos, es la disposición de residuos a cielo abierto, el cual genera diversos impactos, ya sea al entorno humano, ambiental o social; entre las principales consecuencias se encuentra la proliferación de vectores, los cuales son perjudiciales para la salud de las personas y del ambiente en general, muchos de estos vectores (ratas, ratones, moscas, cucarachas, entre

otros) son considerados plagas y transmiten diversas enfermedades a la población (Higueras, 2010; Leal, 2002), las principales enfermedades atribuidas a estos vectores son, la rabia, fiebre tifoidea, encefalitis, peste bubónica, entre otros, que pueden incluso ser mortales; asimismo, la emisión de gases por parte de la descomposición de residuos puede resultar perjudicial para el ser humano (Higueras, 2010). Respecto al daño ambiental que generan los residuos, los principales elementos afectados son el suelo, agua y aire, incluyendo las aguas superficiales; la ribera de los cuerpos de agua como ríos, lagos, entre otros, son transformados en grandes depósitos de residuos, teniendo como consecuencia la alteración de la composición del agua, lo que conlleva principalmente al desarrollo del proceso de eutrofización y un desequilibrio del ecosistema, del mismo modo ocurre con los cuerpos de agua subsuperficiales, los cuales son afectados por los lixiviados generados por la descomposición de los residuos (Soto, 2018). En lo que corresponde al sector social, Vallejo (2016) señala que la disposición de residuos sólidos en zonas inadecuadas genera costos económicos y sociales como la reducción de turismo, devaluación de propiedades, costos por salud de las personas afectadas directa e indirectamente, entre otros; asimismo, existe un desperdicio de materiales que pueden ser valorizados según sus características orgánicas e inorgánicas.

El presente trabajo de investigación pretende identificar y evaluar los riesgos de los puntos críticos de residuos sólidos en los distritos costeros de la Provincia de Huaura en los entornos naturales, humanos y socioeconómicos. Dando énfasis en la contaminación de suelo por metales pesados como un indicador para la estimación del riesgo ambiental; además, busca brindar una base de datos para conocer los riesgos a lo que se encuentra expuesto la población y el medio circundante a estos puntos. Con la información brindada en la presente investigación, las entidades responsables podrán adoptar las medidas necesarias para priorizar la eliminación y prevención, y a su vez una reestructuración de la gestión de los residuos sólidos en su jurisdicción, enfocadas en la mejora de la calidad ambiental y el bienestar socioeconómico.

La investigación realizada presenta la siguiente estructura: Capítulo I: Marco teórico, Capítulo II: Materiales y métodos, Capítulo III: Resultados, Capítulo IV: Discusiones, Capítulo V: Conclusiones y Capítulo VI: Recomendaciones.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar los riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos urbanos y rurales en los distritos costeros de la Provincia de Huaura-Lima, Perú.

### **Objetivos específicos**

- Identificar los puntos críticos de residuos sólidos en cada distrito costero de la Provincia de Huaura y clasificarlo según su ubicación en urbano y rural.
- Evaluar los niveles de metales pesados (plomo, cadmio, arsénico, mercurio y cromo) en el suelo a consecuencia de la contaminación por la permanencia de puntos críticos de residuos sólidos en los distritos costeros de la Provincia de Huaura-Lima.
- Determinar el riesgo ambiental de los puntos críticos de residuos sólidos basándose en su clasificación (urbano y rural) en los distritos costeros de la Provincia de Huaura – Lima y comparar los resultados para clasificarlos según el nivel de riesgo ambiental presentado.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes

### Internacionales

Rodriguez (2023) en la investigación “Diseño de un plan de acción para minimizar los riesgos ambientales que ocasiona el botadero municipal del cantón la libertad. Santa elena, 2022 - 2023”, Ecuador; planteó como objetivo planificar una metodología para minimizar los riesgos ambientales ocasionados por el botadero municipal del Cantón La Libertad. El estudio fue no experimental del tipo descriptivo y transversal. La población estuvo representada por las viviendas cercanas al botadero municipal y la muestra estuvo conformada por 40 familias; las técnicas empleadas para la recolección de datos fueron la encuesta y la matriz de riesgo ambiental. La metodología consistió en la identificación de los riesgos ambientales mediante la aplicación de la matriz de riesgos con la finalidad de lograr la mitigación y corrección de los impactos que estos riesgos puedan ocasionar a las zonas adyacentes al botadero en los entornos natural y humano. Los resultados que obtuvieron señalan que los principales riesgos al entorno humano corresponden a la generación de enfermedades respiratorias y de la piel; por otro lado, señala respecto al entorno natural, los principales riesgos corresponden a la contaminación de agua y suelo, ocasionando la generación de vectores como moscas, roedores y otros, evidenciando la relación de los riesgos entre ambos entornos evaluados. Concluyó que para minimizar el impacto ambiental es fundamental la implementación de la propuesta del plan “Basura cero”.

Piza *et al.* (2020) en el estudio “Impacto ambiental que ocasiona el basurero a cielo abierto en el recinto La Hernestina del cantón Montalvo”, Ecuador; el objetivo fue determinar indicadores de contaminación y desinterés de autoridades para la elaboración de una ordenanza que permita la implementación de una empresa pública para la gestión

de los residuos sólidos. La investigación fue no experimental del tipo correlacional. La población estuvo representada por los habitantes del recinto la Hernestina y la muestra estuvo compuesta por 67 habitantes. La técnica empleada para la recopilación directa, mediante la observación de las zonas afectadas por el basurero; asimismo, a la población se les aplicó encuestas para determinar el nivel de afectación. La metodología consistió en la aplicación de encuesta a la población afectada por la presencia del basurero con preguntas relacionadas a la adecuada gestión de residuos sólidos, así como la identificación de los niveles de contaminación en las principales zonas adyacentes al botadero. Los resultados obtenidos de la evaluación de la población indican un alto nivel de contaminación del agua y suelo por efecto de los residuos sólidos, así como un alto desinterés por parte de las autoridades. Concluyeron que es necesario la implementación de una empresa pública de residuos sólidos para adecuar la gestión de los residuos sólidos del recinto la Hernestina, prevaleciendo la protección del ambiente y velando por la salud de la población afectada.

Ortiz (2013) en el estudio “Estrategias de mitigación, eliminación y recuperación para puntos críticos de aseo prioritarios en la localidad de Fontibón, UPZ 75”, Bogotá, Colombia; tuvo como objetivo formular propuestas de mitigación, eliminación y recuperación para puntos críticos de aseo prioritarios en la localidad de Fontibón, en la UPZ 75. El estudio fue del tipo no experimental con carácter descriptivo explicativo. La población estuvo representada por la totalidad de los puntos con problemas de aseo en la localidad de Fontibón y la muestra estuvo conformada por 20 puntos de aseo. La técnica para la recopilación de la información fue la observación directa de puntos críticos. La metodología consistió en la recolección de datos como la cantidad y el tipo de residuo durante un periodo de mes y medio; posterior a ello, realizó la valoración de los puntos identificados, para la cual empleó una matriz en donde consideró principalmente el tipo de residuo encontrado en cada punto crítico; asimismo, presentó una propuesta para la eliminación y recuperación del área degradada. Los resultados obtenidos permitieron evidenciar la existencia de materiales peligrosos, los cuales representan un alto riesgo a la salud pública y al medio ambiente. Concluyó que los puntos críticos están en su mayoría compuestos por residuos de construcción, resaltando que generalmente es debido al cambio de vida de la población; sin embargo, señala que algunos presentan residuos contaminados, los cuales pueden ser perjudiciales tanto para el ambiente, como para la salud de las personas; además, presenta una lista de medidas de mitigación y

recuperación de las zonas afectadas, las cuales van desde la limpieza del área, la valorización económica y ambiental de las zonas afectadas hasta la articulación con las entidades del estado.

## **Nacionales**

Buleje *et al.* (2020) en la investigación “Evaluación de riesgo producido por puntos críticos de residuos sólidos en el distrito de Comas utilizando el método Grey Clustering”, Lima, Perú; tuvo como objetivo evaluar el riesgo causado por los puntos críticos empleando la metodología de Grey Clustering. La investigación fue no experimental. La población estuvo constituida por los puntos críticos del distrito de Comas y la población por los puntos identificados en la avenida Tupac Amaru. La metodología consistió en la aplicación del método de Grey Clustering y la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM; establecieron los puntos críticos a evaluar y luego realizaron el monitoreo durante tres días; los datos obtenidos fueron empleados para el desarrollo del método Grey Clustering, obteniendo los puntos centrales de cada clase Grey, luego evaluaron cada función de whitenización. Los resultados demostraron que, cada uno de los puntos críticos presentaron valores finales de 0,40; 0,60; 0,51; 0,68 y 0,32; lo cual permitió clasificar a cada uno según el nivel de riesgo correspondiente. Concluyeron que, de los cinco puntos críticos evaluados, tres de ellos representaron riesgos moderados y los otros dos riesgos leves, no obstante, manifestaron que deben de ser erradicados de manera inmediata, porque es un problema que va en aumento y puede generar graves consecuencias a futuro, asimismo, señalaron que la metodología empleada es muy precisa para determinar los riesgos de los puntos críticos, debido a su facilidad de adaptación y al alto nivel de incertidumbre existente.

Felix y Rodriguez (2020) llevaron a cabo el estudio “Disposición final de residuos sólidos municipales en un relleno sanitario manual para la gestión ambiental - Distrito de Tayabamba – 2020”, La Libertad, Perú. El objetivo fue determinar estrategias para una adecuada disposición final de residuos sólidos y evaluar la calidad de suelo a fin de determinar la concentración de metales pesados. La investigación fue del tipo descriptivo no experimental. La población estuvo representada por los habitantes del distrito, así como los puntos críticos; la muestra correspondió a 283 domicilios y tres puntos críticos de residuos

sólidos. Las técnicas que aplicaron fueron la encuesta, para evaluar la percepción de la población y la Guía para Muestreo de Suelos del MINAM. La metodología consistió en la evaluación de la calidad de suelo mediante el análisis de muestras de suelo, para lo cual emplearon la espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados permitieron evidenciar la percepción de la población respecto a la formación de puntos críticos de residuos sólidos; respecto a las muestras de suelo, para plomo obtuvieron valores de 24,8 y 15,8 mg/kg; para cadmio valores menores a 0,1 mg/kg; cromo 63,6, 69,4 y 14,4 mg/kg y para arsénico obtuvieron valores de 24,8 y 15,8 mg/kg. Concluyeron que, los niveles de metales pesados del suelo evaluado no superaron los Estándares de Calidad Ambiental; asimismo, los macronutrientes evaluados se encontraron en bajas concentraciones. Finalmente modelan y proponen la implementación de un relleno sanitario para la disposición final de residuos, con la finalidad de reducir los puntos críticos de residuos sólidos y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Murillo (2019) en el estudio “Evaluación de los residuos provenientes de las actividades de construcción en la urbanización Paseo del Mar en Nuevo Chimbote”, Ancash, Perú; el objetivo fue evaluar la disposición de residuos provenientes de las actividades de construcción, priorizando la identificación y diagnóstico de los puntos críticos. El estudio correspondió al diseño no experimental, del tipo descriptivo. Las técnicas e instrumentos que empleó fueron la observación directa y la encuesta. La población estuvo representada por 1460 viviendas de la urbanización Paseo del Mar y la muestra correspondió a 50 viviendas. La metodología consistió en la identificación de los puntos críticos y la encuesta a los moradores de las 50 viviendas en la zona en estudio; asimismo, realizó la evaluación de los resultados mediante una matriz de aspectos e impactos. Los resultados que obtuvo permitieron evidenciar que los principales factores para la formación de los puntos críticos corresponden a la falta de cultura ambiental de la población. Concluyó que, los principales impactos ocasionados por la acumulación de estos residuos es la contaminación del aire por partículas finas, la contaminación del suelo y la contaminación visual; además tras el resultado de las encuestas, manifestó que es en gran parte responsabilidad de la municipalidad, debido a que no cuentan con la implementación de un área adecuado para la disposición de dichos residuos.

Pérez (2019) en la investigación “El diagnóstico del servicio de limpieza pública del distrito de Íllimo, Lambayeque – Perú, 2019”, Lambayeque, Perú; el objetivo fue detallar la situación actual del distrito de Íllimo. El estudio fue no experimental. La principal técnica empleada fue la observación directa. La población estuvo representada por el servicio de limpieza del distrito de Íllimo y la muestra correspondió a la zona urbana del distrito en mención. La metodología consistió en el análisis de la documentación de origen municipal, así como la observación directa de la gestión de residuos sólidos municipales; además empleó la Guía para el cumplimiento de la Meta 3 del año 2019 a fin de identificar los puntos críticos de residuos sólidos; posterior a ello, empleó una matriz de doble entrada (Leopold), en donde consideró el medio con mayor susceptibilidad por la inadecuada gestión de residuos sólidos. Concluyó que, en el distrito de Íllimo no existe una adecuada gestión de los residuos sólidos, teniendo como principal problema la disposición final de los residuos en un botadero a cielo abierto y la permanencia de seis puntos críticos que sumaron un total de 121 m<sup>3</sup>; además, la presencia de dicho botadero generó una zona degradada, lo que sugirió que, la salud laboral, el paisaje y la naturaleza son los medios que presentan mayor susceptibilidad a sufrir impactos negativos.

Quispe y Silvestre (2019) realizó la investigación “Nivel de concentración de metales pesados en relación con los estándares de calidad ambiental (ECAs-suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica”, Perú. El objetivo planteado fue determinar los niveles de concentración de metales pesados en el suelo del área de influencia del botadero de Pampachacra. El diseño fue descriptivo no experimental. Las técnicas empleadas consistieron en la observación y el fichaje. La población estuvo representada por 13 ha del botadero y la muestra por 20 puntos de muestreo en el área de influencia. La metodología consistió en la toma de muestras de suelo en época de avenida y de estiaje; posteriormente, para la obtención de los valores de las muestras de suelo emplearon la espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados que obtuvieron indicaron una alta variabilidad en los valores reportados en cada uno de los elementos evaluados; para el cadmio obtuvieron valores entre 0,9 – 1,34 mg/kg, plomo 3,6 – 32,74 mg/kg y cromo 1,19 – 60,6 mg/kg, por otro lado, el arsénico presentó valores en un rango de 7,6 y 222,4 mg/kg y el mercurio valores entre 0,01 y 22,7 mg/kg. Concluyeron que, los metales cadmio, plomo y cromo presentan valores por debajo de los estándares en ambas épocas evaluadas; sin embargo, el arsénico y el mercurio presentan valores superiores a los



estándares en algunos puntos muestreados, evidenciando así la contaminación ambiental en la zona evaluada.

Gonzales (2018) realizó la investigación “Evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados” Cajamarca, Perú. El objetivo fue evaluar el riesgo ambiental generado por los productos lixiviados y su respectiva toxicidad. La investigación correspondió al diseño no experimental, del tipo descriptivo transversal. La población estuvo representada por las pozas de lixiviación de la planta de tratamiento de residuos sólidos. La metodología consistió en la recopilación de la información referente a los antecedentes de la planta de tratamiento y a sus protocolos de operación; a su vez, evaluó la toxicidad de lixiviados mediante la medición de diversos parámetros fisicoquímicos. Los resultados demostraron que en las pozas los parámetros evaluados exceden los límites máximos permisibles, obteniendo valores del DQO, excediendo en 2711,4 % del LMP, arsénico total con un exceso de 88 %, cobre total 386,4 %, cromo VI en 633 %, hierro en 1415 %, aceites y grasas en 3658,5 % y DBO<sub>5</sub> 186 % del LMP; asimismo, la contaminación predominó principalmente en el suelo y el recurso hidrogeológico, debido a la percolación de los líquidos generados. Concluyó que el nivel de riesgo ambiental generado por la planta de tratamiento es significativo, propiciando la contaminación de los cuerpos de agua y como consecuencia la generación de intoxicaciones por consumo de agua contaminada; asimismo, presentó una propuesta para la optimización de la planta de tratamiento que se enfocó en el redimensionamiento y mejora tecnológica del sistema, así como la aplicación de actividades de segregación, reciclaje, educación ambiental y buenas prácticas en el distrito y en la propia planta de tratamiento.

Soto (2018) realizó la investigación “Evaluación de los riesgos ambientales que ocasionan la disposición clandestina de los residuos sólidos en la ribera del Río Sicra a través de sistemas de información geográfica, en Lircay, Huancavelica”, Huancavelica, Perú. El objetivo fue determinar los riesgos ambientales ocasionados por la inadecuada disposición de residuos sólidos mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. La investigación correspondió al diseño no experimental del tipo descriptivo correlacional. La técnica empleada fue la observación directa. La población estuvo constituida por 10 zonas

con presencia de residuos sólidos en la ribera del Río Sicra. La metodología que empleó consistió en la utilización de sistemas de información geográfica, mediante el programa ArcGIS; realizó la delimitación y el análisis de cada punto establecido; asimismo, desarrolló la evaluación del impacto ambiental. Los resultados obtenidos permitieron identificar a 10 puntos de vertimientos de residuos sólidos; respecto al impacto ambiental generado, tres puntos representaron un impacto categorizado como bajo, y los otros cuatro representaron nivel alto; además de ello, con base en la caracterización que realizó, los residuos de mayor generación fueron de tipo orgánico con un 35,21 % (17 105,8 kg/mes). El autor concluyó que existe un alto riesgo ambiental para el Río Sicra, mostrando a su vez un grave deterioro ambiental, asimismo, señala que la utilización de sistemas de información geográfica es de gran utilidad para evaluar este tipo de riesgos en el ambiente.

Torres (2018) en la investigación “Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Cancharani de la ciudad de Puno”, Puno, Perú; el objetivo consistió en evaluar la contaminación del suelo por presencia de metales pesados en un botadero a cielo abierto. La investigación correspondió al tipo cuantitativo no experimental. La principal técnica que empleó para la recolección de datos fue la observación. La población estuvo representada por el botadero Cancharani y la muestra correspondió a nueve puntos de muestreo. La metodología consistió en la toma de muestras de suelo a una profundidad de 40 cm, los cuales fueron distribuidos según la dimensión del botadero; posterior a ello, para el desarrollo del análisis de suelo aplicó la espectrometría de absorción atómica y empleó el modelo Kriging para la distribución. Los resultados demostraron una alta variabilidad en las concentraciones de los metales pesados en estudio; los datos que obtuvo indicaron que, respecto al plomo, cadmio y cobre las concentraciones sobrepasaron los límites máximos permisibles; no obstante, las concentraciones de arsénico y plomo estuvieron por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para el suelo agrícola. Concluyó que, el suelo del botadero de Cancharani presentó gran contaminación por metales pesados, donde los datos correspondieron a: plomo 90 mg/kg, cadmio 2,2 mg/kg y cobre 153 mg/kg, mientras que para arsénico 31 mg/kg y mercurio 0,37 mg/kg. Además, propuso la ejecución de monitoreos de contaminantes como metales pesados en las zonas afectadas a fin de prevenir daños mayores al ambiente y a la población; asimismo, instó la construcción

de un relleno sanitario y la ejecución de programas de segregación y manejo de residuos sólidos.

Lozano (2017) en el estudio “Identificación y evaluación de los riesgos ambientales generados por la disposición final de residuos sólidos en el distrito de Lari, Arequipa”, Lari, Perú; el objetivo consistió en evaluar los riesgos ambientales de la disposición final de residuos sólidos. La investigación correspondió al diseño no experimental de tipo descriptivo explicativo. Las técnicas empleadas fueron la encuesta y la observación. La metodología consistió en la identificación, análisis y evaluación de los riesgos ambientales mediante la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM; asimismo, empleó encuestas para conocer la situación actual del manejo de residuos sólidos en el distrito y realizó la caracterización de los residuos sólidos. Los resultados evidenciaron que el Distrito de Lari carece de instrumentos de gestión ambiental; además, con la caracterización de los residuos sólidos demostró que el 70,89 % corresponde al tipo orgánico; respecto a los riesgos ambientales; los resultados indicaron que la eliminación de gases tóxicos producto de la quema de residuos sólidos, la liberación de metano y la generación de lixiviados han sido clasificados como riesgos de nivel alto. Concluyó que el problema de los residuos sólidos radica en la inadecuada disposición hecha en un botadero, el cual representa altos riesgos de contaminación ambiental, principalmente por la generación de lixiviados, el cual es fuente de contaminación al suelo y cuerpos de agua; asimismo, indicó que el desconocimiento de la población acerca de la probabilidad de ocurrencia de algún peligro perjudicial para su salud y la del ambiente acrecienta más la problemática en el distrito.

López y Monzón (2015) realizaron la investigación “Evaluación del impacto ambiental y propuesta de un plan de manejo de residuos municipales, del área urbana del distrito de Marcabal, Sánchez Carrión, La Libertad”, La Libertad, Perú. El objetivo fue evaluar el impacto ambiental causado por el manejo inadecuado de residuos sólidos municipales. El estudio fue no experimental, del tipo descriptivo. La población estuvo representada por la población urbana del distrito Marcabal y la muestra corresponde a 21 viviendas censadas. La metodología consistió en la utilización de una matriz de causas y efectos, en la cual incluyeron los factores del entorno y las acciones de la gestión de residuos sólidos, posterior a ello realizaron la determinación de la importancia de cada impacto identificado en donde

evaluaron las características de extensión, duración y reversibilidad. Los resultados evidenciaron que el valor cuantitativo del impacto ambiental alcanzó un valor de -186,3; mientras que, en la matriz de significancia establecieron 17 impactos significativos, 39 despreciables y 10 beneficiosos. Finalmente, concluyeron que, si bien en el distrito de Marcabal no hay impactos altamente significativos, resaltan que, la presencia de estos impactos es mayor a los impactos positivos, lo cual derivó al diagnóstico de un deficiente manejo de sus residuos sólidos; asimismo, indicaron, que es necesario implementar programas para el reaprovechamiento de residuos sólidos con la finalidad de lograr un cambio y mejora en el distrito de Marcabal.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Residuos sólidos**

Se denomina residuo a todo aquel material, del cual su propietario se desprende a consecuencia del consumo de algún producto, bien o servicio, el cual será manejado mediante la valorización del tipo de material del cual este compuesto, de no ser factible su valorización, procede al desarrollo de la etapa de disposición final (Decreto Legislativo N.º 1278, 2016).

Bolaños y Doreyi (2020) definen a los residuos como todo elemento que ha sido generado como consecuencia de cualquier tipo de actividad del ser humano ya sean productivas o consumistas, afirmando que el estado de los residuos puede variar según sea el caso (líquido, sólido, semisólido o gaseoso); asimismo, Salazar (2018) los define como aquellas sustancias o productos que ya no son necesarias para el propietario, pero que tienen potencial para ser aprovechados por otras personas; igualmente, Sarmiento *et al.* (2016) señalan que la definición de residuos está orientada a definir a aquel producto que puede presentar características sólidas o semisólidas y que carece de valor para su propietario, teniendo este, la necesidad de deshacerse del mismo, el cual puede tener repercusión en la salud de las personas así como el medio en el cual habita; de manera general, se entiende por residuos a todo aquel material generado por las actividades económicas, productos y servicios expuesto a ser desechado por su propietario (Gonzalvo, 2018).

## **A. Clasificación de residuos sólidos**

Para el establecimiento de la clasificación de los residuos, existen diversas perspectivas que van desde la entidad u organismo que lo clasifica, hasta el lugar en donde radica, por ello, no es posible definirlos de una forma análoga. Sin embargo, hay entidades que logran hacer la clasificación a un nivel mayor, es el caso de la Organización Panamericana de la Salud, quienes clasifican a los residuos según el volumen, inflamabilidad, procedencia y su nivel de fermentación (Bustos, 2009)

Bolaños y Doreyi (2020) establecen que para realizar la clasificación de los residuos se debe considerar tanto el origen, como la peligrosidad de estos; en lo que respecta a su peligrosidad, se encuentran los peligrosos (radioactivos, tóxicos, infecciosos, fármacos o fisiológicos) o los no peligrosos (vidrio, papel, cartón, residuos no infecciosos) y referido al origen, se encuentran los de tipo urbano (sólidos, sanitarios, comerciales), industriales, de servicios de salud, de ingeniería o construcción y agroforestal.

Callirgos y Mendez (2015) mencionan que la clasificación de residuos sólidos puede desarrollarse de manera estructural, en la cual resalta el mantenimiento de atributos desde el inicio hasta la disposición final, según esto, los residuos se clasifican en residuos sólidos orgánicos y residuos inertes; asimismo, los autores indican que los residuos pueden clasificarse de acuerdo con su estado físico en sólidos, líquidos y gaseosos, que se producen a partir de las actividades humanas.

Según lo establecido en el Decreto Legislativo N.º 1278 (2016), los residuos están clasificados en categorías; según el tipo de manejo que reciban se pueden clasificar como peligrosos y no peligrosos, asimismo, según su autoridad pueden ser de tipo municipal y no municipal, siendo ambas las formas más representativas de clasificación; no obstante, la norma señala que pueden existir otras clasificaciones.

## **B. Clasificación según su autoridad**

- **Residuos municipales**

Los residuos sólidos municipales también conocidos como residuos del ámbito de la gestión municipal, corresponde a los residuos de origen domiciliario y a todos aquellos que se derivan de las actividades de la limpieza de los espacios públicos (incluyendo playas, actividades comerciales y otras actividades no domiciliarias, que generen residuos con características que puedan ser asimiladas a los servicios de limpieza pública) que se encuentren dentro del ámbito de su jurisdicción (Decreto Legislativo 1278, 2016); gran cantidad de estos residuos, también conocidos como residuos urbanos, están compuestos por la denominada basura doméstica, entre los principales residuos de este tipo se encuentran los restos orgánicos de la preparación diaria de los alimentos, papeles, bolsas, papel periódico, cartón, botellas plásticas, entre otras, que son generadas por la sociedad y que no están consideradas, ni clasificadas dentro de los pertenecientes a carácter peligroso (Fazenda y Tavares, 2016).

La gestión de los residuos del tipo municipal en el Perú debe manejarse de manera coordinada y concertada en armonía con las normativas de las autoridades nacionales, sectoriales y en concordancia con las políticas de desarrollo nacional y regional. Asimismo, es responsabilidad de las municipalidades provinciales adoptar medidas de gestión regularizadas, contratos de concesión, convenios u otra medida legal que facilite y permita eficientemente la prestación de servicios en materia de residuos sólidos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016).

- **Residuos sólidos no municipales**

Los residuos no municipales o también conocidos como de gestión no municipal son todos aquellos residuos que se generan en actividades extractivas, productivas y de servicios, los cuales pueden caracterizarse por ser del tipo peligroso y no peligroso (Decreto Legislativo N.º 1278, 2016). Asimismo, en el mismo Decreto Legislativo se establece que el generador debe proporcionar al operador autorizado, sus residuos correctamente segregados y

acondicionados, a fin de garantizar su valorización y su posterior disposición final en un relleno sanitario.

Pueden ser de dos tipos los residuos de gestión no municipal (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014). Los cuales se presentan a continuación:

- Son considerados peligrosos aquellos residuos que presentan algún tipo de contaminante o presentan propiedades con potencial de generar daño a la salud pública o al ambiente en el que se encuentra, por lo cual deben ser dispuestos en rellenos de seguridad.
- Los no peligrosos son los residuos que presentan características distintas a los residuos municipales, por lo cual no pueden ser considerados como tal, pero tampoco presentan características peligrosas, algunos de ellos pueden ser los residuos de construcción y demolición, residuos industriales y los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

### **C. Clasificación según su naturaleza**

- **Residuos orgánicos**

Son todos aquellos productos o sobras provenientes de cualquier organismo vivo (Comisión para la Cooperación Ambiental [CCA], 2017). Durante el proceso de descomposición, estos residuos se caracterizan por presentar emisiones de gases como el dióxido de carbono y el metano; asimismo, generan una gran cantidad de lixiviados; los residuos pertenecientes a esta clasificación pueden ser reaprovechados mediante diversos tratamientos y técnicas como el compostaje, lombricultura, entre otras (OEFA, 2016).

- **Residuos inorgánicos**

Son todos aquellos residuos que presentan tiempos de degradación natural muy lenta (muchos de ellos sobrepasan los cientos de años), muchos de estos residuos se caracterizan por ser valorizables; sin embargo, generalmente para tratar de reaprovechar estos residuos es necesario emplear diversos mecanismos y tratamientos que van desde un

reaprovechamiento manual, hasta la utilización de mecanismos industrializados, para posteriormente ser reincorporados al mercado; estos residuos se caracterizan por derivar de algún mineral y/o de productos sintéticos (Lazo y Ñaños, 2013; Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278, 2017).

### **1.2.2. Gestión y manejo de residuos sólidos**

La gestión de residuos sólidos es la disciplina que está orientada a encargarse del control de los residuos desde el momento de su generación hasta alcanzar su disposición final, velando por el cumplimiento y garantizando la concordancia y armonía con toda legislación y política ambiental estipulada (Comisión Económica para América Latina [CEPAL], 2016).

Según MINAM (2016), la gestión de los residuos sólidos está relacionada con toda acción de diseño y planificación de estrategias orientada a la evaluación y ejecución de políticas, planes y programas para el adecuado manejo de los residuos sólidos considerados dentro de la clasificación del ámbito municipal o no municipal en toda la jurisdicción del país.

El Decreto Legislativo N.º 1501 que modifica el Decreto Legislativo N.º 1278 de la ley de gestión integral de residuos sólidos (2020), señala que el adecuado manejo de los residuos sólidos comprende procesos como la segregación, barrido y limpieza de espacios públicos, recolección selectiva, transporte, almacenamiento, acondicionamiento, valorización, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

La gestión de los residuos tiene como finalidad primordial evitar la generación de los residuos o en caso no pueda evitarse, esta debe de ser minimizada, basándose en la aplicación de las 4R (reducir, reutilizar, reciclar y reparar), en el caso de que no sea posible la aplicación de lo antes mencionado, se debe realizar el tratamiento correspondiente para la disposición final de los residuos (Mansour y Shafy, 2018).



### **1.2.3. Puntos críticos de residuos sólidos**

Según lo establecido en el Decreto Supremo 014-2017-MINAM, (2017) los puntos críticos son todos aquellos lugares en los cuales se realiza la disposición temporal de residuos sólidos de manera inadecuada, generando problemas ambientales y sociales; la identificación, limpieza y eliminación de dichos puntos críticos debe ser realizada por la municipalidad local en la cual se ubiquen; asimismo, es función de la municipalidad prevenir la formación de dichos puntos críticos a través de la implementación de diversos planes estratégicos.

De igual manera, en Colombia, el Decreto 2981 por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo (2013) considera como puntos críticos a aquellos lugares donde se acumula gran cantidad de residuos sólidos, los cuales generan olores desagradables y proliferación de diversos vectores, causando problemas sanitarios.

Según manifiesta la Defensoría del Pueblo (2019), ante la existente falta de compromiso y capacidad de las municipalidades y/o EO – RS contratadas para realizar actividades de barrido y limpieza de espacios públicos, almacenamiento, recolección y transporte de residuos sólidos, surgen estos puntos críticos, los cuales representan un alto riesgo ambiental, debido principalmente a la emisión de gases, generación de lixiviados y el riesgo a la salud pública; la responsabilidad de la erradicación de dichos puntos críticos recae en cada una de las municipalidades correspondientemente (Decreto Supremo 014-2017-MINAM, 2017).

### **1.2.4. Riesgos ambientales**

Según la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM (2010), riesgo ambiental es la probabilidad que un peligro en específico ocurra y afecte de una manera u otra al ambiente y su biodiversidad, incluyendo al ser humano. Los riesgos ambientales se determinan según la probabilidad de que se efectúen causando daños, según los afectados, las características generadas por estos daños, la gravedad de los daños y sobre la percepción de los posibles afectados a tales riesgos, incluyendo la dimensión de la zona afectada (Árias y Cárdenas, 2016).

### **1.2.5. Guía de riesgos ambientales**

Es un instrumento orientado a la gestión ambiental nacional, el cual permite a las distintas áreas relacionadas con el sector ambiental, desarrollar evaluaciones ambientales, permitiendo conocer los riesgos generados por una fuente puntual; la metodología consiste en realizar un análisis a escenarios propuestos relacionados con tres aspectos, humano, ecológico y socioeconómico, luego se deberá realizar la estimación de los riesgos en matrices establecidas, para finalmente caracterizar los riesgos de acuerdo a tres niveles: leve, moderado y significativo (MINAM, 2010).

Según la Guía para la Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM (2010) para lograr la óptima evaluación de los riesgos ambientales se deberá realizar la identificación de los peligros, la determinación de escenarios de riesgo, la estimación de la probabilidad, estimación de la gravedad de las consecuencias y la estimación y caracterización del riesgo ambiental correspondientemente.

### **1.2.6. Suelo**

Es un recurso natural que contiene diversos compuestos como agua, aire, materia orgánica y minerales, el cual se encuentra estructurado por capas denominadas horizontes; asimismo, la interacción de diversos elementos y procesos naturales en un tiempo determinado tiene como resultado la formación de este recurso, brindándole características propias como textura, color, consistencia, entre otras propiedades (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2016). La definición del término suelo puede variar según el contexto sobre el cual se desarrolle, tratándose de una perspectiva ambiental, existen también diversas definiciones que involucran principalmente la función que tiene este recurso en el medio donde se encuentra y en el proceso ecosistémico en el cual participa (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2002).

Desde un punto de vista ambiental, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo (2008), define al suelo como una capa de componentes orgánico y mineral, que se encuentra en la superficie, el cual es fundamental para el desarrollo y crecimiento de diversos seres vivos

como las plantas; asimismo, señala que el suelo presenta propiedades distintas a las de su fuente de origen, por lo cual se le considera como un producto de la transformación del medio rocoso.

### **1.2.7. Contaminación del suelo**

Se denomina contaminación del suelo a la adición de cualquier sustancia u otro elemento que sobrepase los límites establecidos en dicho cuerpo receptor y que puede causar daños de cualquier magnitud (Rodríguez *et al.*, 2019).

Las causas de la contaminación del suelo son diversas, desde fuentes naturales, hasta los de origen antrópico que generalmente introducen contaminantes de forma directa al suelo, tal es el caso de la acumulación de residuos sólidos en zonas no adecuadas (Tarazona, 2014). Las principales fuentes antropogénicas de contaminación del suelo derivan de la inadecuada disposición de residuos de parte de las actividades económicas, así como las de origen domiciliario, municipales, entre otros; los daños producidos varían según la composición de residuos que se genera; entre los principales daños ocasionados por este tipo de actividades se encuentra la generación de lixiviados que además de contaminar el suelo, se infiltran y contaminan los cuerpos de agua subterráneos (Baderna, 2011).

### **1.2.8. Metales pesados**

Se considera metal pesado a todo aquel elemento que presente características particulares, principalmente su alta densidad y que se consideren altamente peligrosos incluso en concentraciones mínimas; entre los principales metales pesados se encuentran al plomo, mercurio, cadmio, cromo, entre otros (Lucho *et al.*, 2005). Asimismo, Londoño *et al.* (2016) señala que estos elementos se caracterizan por presentar un peso atómico que sobrepasan los  $4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , además, cuentan con masa y peso atómico superior al 20, a excepción de los metales alcalinos y alcalinotérreos.

## **A. Cadmio (Cd)**

Metal de color blanco azulado, considerado uno de los elementos más tóxicos del planeta; su masa atómica es 112,4 g/mol y su densidad relativa es de ocho; naturalmente este elemento no se encuentra en estado libre, encontrándose asociado a distintos elementos, generalmente asociado al zinc (Peris, 2006).

Ramírez (2002) señala que el cadmio es considerado un agente altamente contaminante asociado a la contaminación ambiental, debido a que es persistente en el tiempo y se transporta fácilmente a través del viento y el agua, produciendo efectos negativos al ser humano y al ambiente en general; asimismo, señala que es un subproducto resultante de las actividades metalúrgicas de otros elementos de gran producción como el plomo y zinc, representando una alta producción indirecta de este metal que generalmente termina en la naturaleza.

La solubilización del Cd en el suelo es un proceso que ocurre continuamente, cuando esto ocurre, se inicia una serie de reacciones que favorecen la retención del metal en el suelo; las características que presente el medio, como los niveles de pH, presencia de cationes y aniones orgánicos e inorgánicos, entre otros, determinarán la biodisponibilidad y movilidad de este metal en los sistemas acuáticos y terrestres (Cullen y Maldonado, 2013).

## **B. Cromo (Cr)**

Es un metal que se encuentra principalmente en diversos medios, como rocas, animales y el suelo en general; el Cr puede encontrarse en distintos estados, ya sea líquido, estado sólido o gaseoso, encontrándose principalmente como cromo (0), cromo (III) y cromo (VI); de estas formas, el 0 y el VI, se producen generalmente en el sector industria, mientras que el trivalente (III) predomina en los organismos vivos y también es generado en las industrias durante el proceso de cromado y creación de pigmentos (Agency for Toxic Substances and disease Registry [ATDRS], 2006).

El cromo hexavalente (VI) es considerada la forma más tóxica del cromo, a su vez, es el más empleado a nivel industrial, debido a las propiedades que presenta como la acidez, oxidación y por su capacidad de formar sales insolubles, estando ampliamente ligado a las industrias curtientes, elaboración de pigmentos fotográficos, pirotecnias, en residuos de acero inoxidable, cemento y otros (Nordberg, 2012). Asimismo, Molina *et al.* (2010), manifiestan que la contaminación al suelo por este metal puede deberse principalmente a la adición de residuos provenientes de industrias generadoras de energía eléctrica.

### **C. Mercurio (Hg)**

Metal con número atómico 80 y peso atómico 200,5; se encuentra clasificado como un metal de transición; este metal presenta alta volatilidad, lo cual le permite estar presente en la atmósfera; asimismo, presenta baja solubilidad en el agua; no obstante, ello depende de la forma en la cual se encuentre este elemento (Lominchar *et al.*, 2010).

Considerado como el único elemento metálico en estado líquido que es posible encontrar en la naturaleza, es un elemento altamente tóxico y presenta un color brillante característico, similar al de la plata (Español, 2012). La toxicidad del mercurio depende de la forma química en la cual se encuentre, pudiendo ser mercurio elemental, mercurio inorgánico divalente, metilmercurio y di metilmercurio; siendo el metilmercurio una de las formas más tóxicas (León y Peñuela, 2012).

Casas *et al.* (2015) señalan que, a la actualidad, existe una gran emisión de mercurio a la atmósfera, la cual se da por medios naturales y medios artificiales, siendo este último, el resultado de la utilización de este elemento en la producción de diversos productos industriales, los cuales terminan directa e indirectamente afectando la salud de las personas y el medio en el cual se encuentran como es el caso de suelos, masas de agua, etc.

### **D. Plomo (Pb)**

Elemento metálico de color gris azulado, su número atómico es 82 y su densidad es de 11,4 g/cm<sup>3</sup>, es considerado como uno de los elementos que presentan mayor grado de toxicidad;

las emisiones de este metal son originadas principalmente por actividades como la producción de cemento y hierro, así como el consumo de combustibles fósiles y la quema de residuos; de manera natural las emisiones de plomo se deben a las erupciones volcánicas e incendios forestales (Sharma y Dubey, 2005).

La lluvia es una de las formas mediante el cual el plomo llega al suelo y a los cuerpos de agua; asimismo, otro mecanismo es el proceso de sedimentación; al entrar en contacto con algunos de los cuerpos receptores, el plomo se adhiere a las partículas del ambiente; los restos de pinturas generados por desgaste de algunas edificaciones, son la principal fuente de contaminación de plomo en el suelo; mientras que la contaminación del agua se da por los vertimientos de desechos contaminados y la infiltración de suelos contaminados (Molina *et al.*, 2010). Cuando existe exposición del plomo al ambiente a través de cualquier medio de contaminación, este metal puede ser transferido a los organismos vivos por distintos medios; siendo los principales por inhalación directa o mediante la incorporación de dicho metal en las cadenas tróficas en donde puede ser ingerido por los seres humanos (Salas-Marcial *et al.*, 2019)

### **E. Arsénico (As)**

El arsénico está clasificado como metaloide, su número atómico es 33 y presenta un color gris plateado brillante; en la naturaleza se encuentra a nivel de impureza de otros elementos, es considerado un elemento altamente tóxico, sin embargo, algunas de sus formas orgánicas intervienen en los procesos metabólicos de algunos seres vivos (Ramírez, 2013). Las principales aportaciones antropogénicas de arsénico al ambiente se deben a la adición de pesticidas, explotación minera, uso de combustibles fósiles, entre otros (Rangel *et al.*, 2015). Por otro lado, Ramírez (2013) enfatiza que la mayor emisión de As a nivel industrial deriva de las refinerías y fundiciones; asimismo indica que el uso constante de detergentes domésticos es una de las principales aportaciones de este elemento a los cuerpos de agua. Los estudios indican que, debido a sus propiedades fisicoquímicas, este elemento puede incorporarse fácilmente a la cadena alimenticia, ocasionando una alta biodisponibilidad, quedando demostrado que actualmente las aguas subterráneas presentan niveles elevados de este metal (Rangel *et al.*, 2015).

### **1.2.9. Efectos adversos de los metales pesados**

Los metales pesados se caracterizan por su alta persistencia, logrando permanecer por largos periodos de tiempo en la cadena alimenticia e incluso llegar a bioacumularse en el organismo del ser humano (Wu *et al.*, 2010); estos y otros contaminantes presentan diversas concentraciones en el medio ambiente, el cual está regido principalmente por acciones antrópicas como inadecuado manejo de residuos contaminados, derrames de sustancias peligrosas, entre otros (Pineda y Rodríguez, 2015).

- **Efectos adversos en el medio ambiente**

Debido a su alto nivel de toxicidad y persistencia, los metales pesados como As, Cd, Pb, Hg, entre otros, representan un riesgo para la calidad del suelo (Chen *et al.* 2015). Romero (2009) señala que la presencia de diversos metales pesados en el suelo, generan cambios en las propiedades de este recurso, como es la modificación de la alcalinidad, cambio en la productividad e incluso desertificación; la contaminación por metales pesados en el ambiente es un proceso silencioso, que se manifiesta cuando ya ha generado algún cambio drástico en el entorno e incluso ha generado el daño a la salud del ser humano.

Los metales pesados en el suelo, actúan mediante diversas rutas, en general, realizan la complejación con diversos compuestos orgánicos, con otros aniones como el sulfato, F y fosfato, los cuales precipitan como minerales y en algunos casos sufren un proceso de volatización, el cual favorece su disponibilidad para ser asimilados en las cadenas tróficas; asimismo, los metales pesados pueden infiltrarse y movilizarse a través de los cuerpos de agua superficiales como subsuperficiales (Pabón *et al.* 2020).

### **1.2.10. Gases de efecto invernadero**

Según Benavides y León (2007) define que, son considerados como gases de efecto invernadero todos los componentes gaseosos naturales y antropogénicos presentes en la atmósfera, capaces de absorber y emitir radiación infrarroja; entre los principales gases de origen natural se encuentran el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozono y vapor de agua. Saynes *et al.* (2016) señalan que las principales fuentes de emisión de dichos gases a

la atmósfera proviene de actividades humanas realizadas directa e indirectamente, siendo los gases de mayor porcentaje de emisión el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O; como consecuencia de la cantidad, concentración y emisión constante de estos gases a la atmósfera, se origina un desequilibrio que conlleva al aumento del calentamiento global, lo cual acarrea drásticos cambios en la naturaleza y la población humana que pueden ser irreversibles (Compañía Española de Petróleo [CEPSA], 2015).

#### **1.2.11. El metano (CH<sub>4</sub>)**

El metano es un gas radiactivamente activo y es considerado uno de los gases más importantes en el efecto invernadero, su producción consta de una serie de procesos anaerobios y es eliminado por reacciones con radicales hidroxilos, convirtiéndose finalmente en dióxido de carbono (Benavides y León, 2007). Además, la cantidad presente de metano en la atmósfera a finales de los años 90' sufrió un cambio significativo, aumentando su concentración hasta en un 50 % en comparación de la era preindustrial; debiéndose principalmente a emisiones de origen antropogénico (Benavides y León, 2007).

Las principales fuentes de emisión antropogénicas de CH<sub>4</sub> son la producción de energía, el manejo y disposición de residuos, la ganadería y la agricultura; mientras que la principal de origen natural son los humedales (Denman *et al.*, 2007). Respecto a la emisión proveniente de los desechos, el incremento poblacional y una inadecuada gestión de los residuos sólidos, conlleva a que se incremente la emisión de metano a la atmósfera, las emisiones procedente de dichos residuos están estrechamente relacionadas con el tipo de residuo que se genere, debido a que principalmente está relacionado con la acumulación de residuos de origen orgánico; asimismo, estudios han demostrado que esto se encuentra relacionada con el nivel socioeconómico de la población (Vicari, 2015).

#### **1.2.12. El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El CO<sub>2</sub> es un gas que se encuentra conformado por un átomo de carbono y dos de oxígeno, presenta características incoloras e inodoras y, su principal fuente de generación y emisión a la atmósfera se encuentra estrechamente relacionada a los procesos de combustión, respiración y fermentación respectivamente (Arroyo y Ramírez, 2020). El dióxido de



carbono es uno de los principales gases de efecto invernadero por debajo del vapor de agua, además, es considerado un regulador del calentamiento global (Benavides y León, 2007).

En relación a los residuos sólidos, la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera se da principalmente por acciones de incineración a cielo abierto, en México según estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía la emisión de este y otros gases provenientes de la incineración ha incrementado en un 130 % entre los años 1990 y 2010 (Ortiz *et al.*, 2015); por otro lado la descomposición de los residuos sólidos también genera emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, contribuyendo así al impacto negativo del ambiente, principalmente al incremento del efecto invernadero (Salmerón *et al.*, 2017).

### **1.2.13. Marco normativo nacional**

#### **A. Ley N.º 28611 - Ley General del Ambiente**

La Ley General del Ambiente es la norma suprema referida a la gestión ambiental en el Perú, en dicha norma se establecen los lineamientos necesarios para asegurar la existencia de un ambiente adecuado para el desarrollo de la calidad de vida de las personas; así como el aseguramiento de la no contaminación del ambiente ni de los elementos que la componen, teniendo como principal objetivo alcanzar el desarrollo sostenible (Ley General del Ambiente, 2005).

#### **B. Decreto Legislativo N.º 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

El presente decreto establece los derechos, responsabilidades y obligaciones que tiene la sociedad, orientada a alcanzar la eficiencia respecto al adecuado uso de los materiales, asimismo establece el aseguramiento de una adecuada gestión de residuos sólidos desde el momento de la generación del residuo hasta alcanzar su disposición final, abarcando las distintas fuentes de generación existentes (Decreto Legislativo N.º 1278, 2016).

**C. Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM – Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

La presente norma tiene como objetivo lograr la regulación de la gestión de los residuos sólidos, fomentando el uso eficiente de materiales e insumos mediante la minimización de la generación de residuos; asimismo, busca promover la adecuada segregación, la valorización y su adecuada disposición final según corresponda (Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM, 2017).

**D. Decreto Legislativo N.º 1501 - Decreto Legislativo que modifica el Decreto Legislativo N.º 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

El presente Decreto establece las modificaciones de la Ley de gestión integral de residuos sólidos, aprobada por Decreto Legislativo N.º 1278; se realiza la modificación de catorce artículos y la adición de otros, los cuales son priorizados para adecuar la gestión de los residuos sólidos de forma eficiente; entre las modificaciones se encuentra la adición y modificación de funciones de las entidades competentes; así como la obligatoriedad de programas para el adecuado manejo de los residuos sólidos a los gobiernos locales dentro de su jurisdicción, entre otros (Decreto Legislativo N.º 1501, 2020).

**E. Decreto Supremo N.º 001-2022-MINAM - Decreto Supremo que modifica el Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM, y el Reglamento de la Ley N.º 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 005-2010-MINAM**

Según el artículo 1 del Decreto Supremo N.º 001-2022-MINAM (2022):

El presente Decreto Supremo tiene por objeto modificar el Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM; así como el Reglamento de la Ley N.º 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 005-2010-MINAM. (p. 2).

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La presente investigación presentó un diseño no experimental del tipo descriptivo transversal, en donde se evaluó el problema según como se presentó en cada uno de los distritos y con relación a ello se desarrolló la investigación.

Según lo manifestado por Hernández *et al.* (2014), el diseño no experimental de una investigación es aquel en el cual las variables no han sido manipuladas, afirmando que el investigador no espera intencionalmente generar algún efecto sobre las demás variables, por el contrario, se analiza al fenómeno en su estado natural y los efectos que desarrolla en un tiempo determinado.

### **2.2. Lugar y fecha**

La Provincia de Huaura está ubicada a 153 km de distancia al norte de Lima, tienen una superficie total de 4 891,92 km<sup>2</sup>; sus límites geopolíticos son: por el norte con las provincias de Barranca, Cajatambo, Oyón y Ocos; por el lado este con la provincia de Pasco, por el sur con la provincia de Huaral y por el oeste con el Océano Pacífico. Su capital es la ciudad de Huacho y está conformada por 12 distritos, de los cuales seis se ubican en la zona costera y otros seis en la zona baja y alto andina (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

En la actualidad, la provincia de Huaura cuenta con un relleno sanitario, en donde se realiza la disposición final de los residuos sólidos provenientes de los distritos que forman parte de la presente investigación, sin embargo, la formación de puntos críticos es uno de los principales problemas que se acrecientan con el paso del tiempo y los distritos involucrados

no han desarrollado una adecuada gestión para erradicar el problema presentado.

La presente investigación, se desarrolló en los distritos costeros de la Provincia de Huaura, que están conformados por seis distritos que son Caleta de Carquín, Hualmay, Huacho, Huaura, Santa María y Végueta; la Tabla 1 muestra a detalle la clasificación de los distritos de la provincia de Huaura. La investigación se llevó a cabo entre los años 2022 y 2023, teniendo una duración de ocho meses. Los seis primeros meses se refieren al proceso preliminar, el cual se empleó para determinar la permanencia y las actividades que se desarrollan en cada uno de los puntos críticos, con el propósito de seleccionar a los más representativos de cada distrito. En la Figura 1, se puede observar la ubicación de los distritos involucrados en la presente investigación.

**Tabla 1**

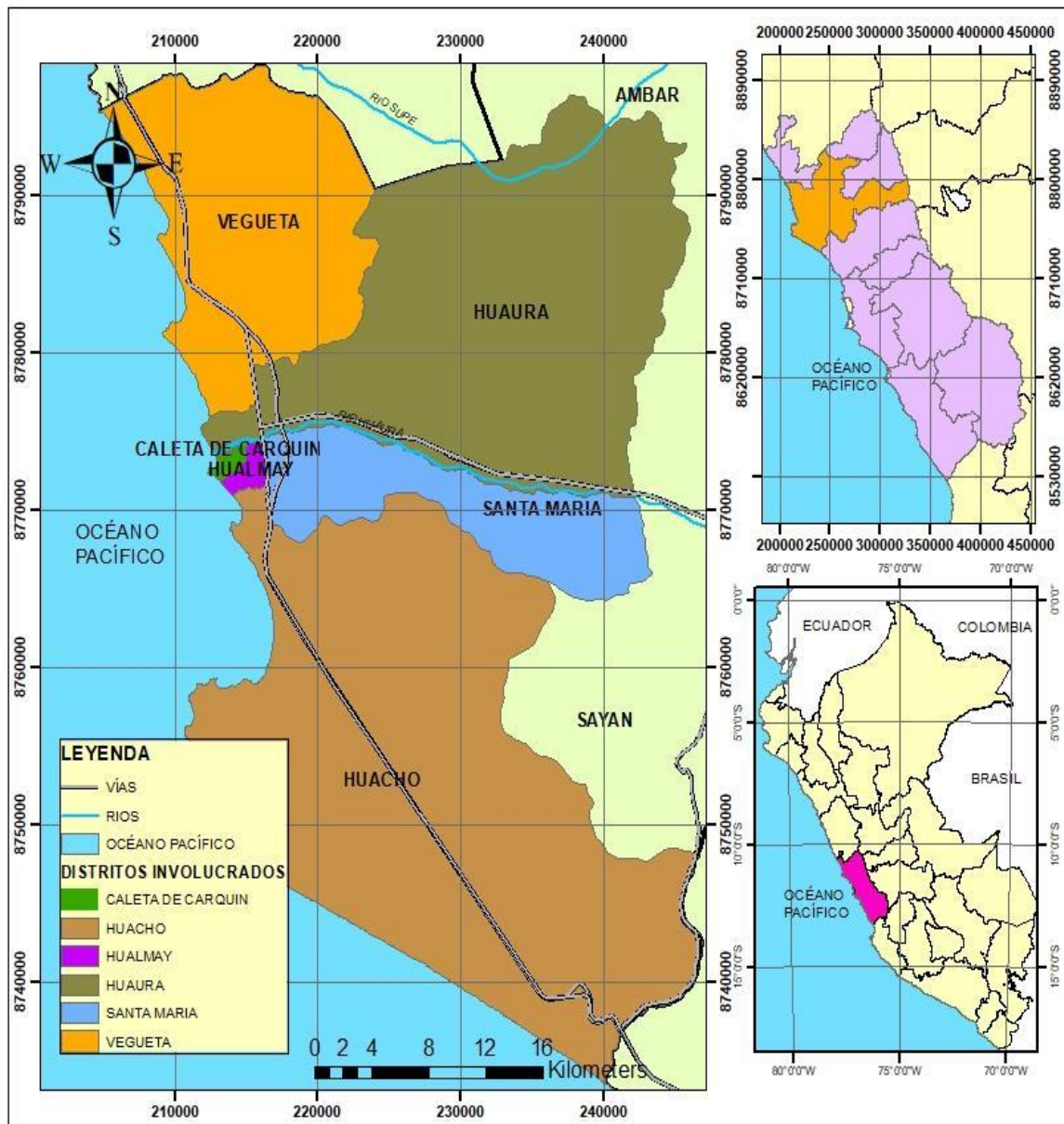
*Distritos de la Provincia de Huaura*

Distritos costeros	Distritos bajo y alto andinos
Huaura	Ámbar
Huacho	Checras
Hualmay	Leoncio Prado
Caleta de Carquín	Paccho
Santa María	Santa Leonor
Végueta	Sayán

*Nota.* Adaptado del Plan de Desarrollo Concertado de la Provincia de Huaura 2016 – 2021, Municipalidad Provincial de Huaura, 2016.

**Figura 1**

*Ubicación de los distritos involucrados en la investigación*



 <b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA</b> <b>PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL</b>	
MAPA	MAPA DE UBICACIÓN DE LOS DISTRITOS INVOLUCRADOS EN LA INVESTIGACIÓN
TESIS	EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y RURALES EN LOS DISTRITOS COSTEROS DE LA PROVINCIA DE HUAURA-LIMA
ELABORADO POR	Bach. TOLEDO VELIZ, Luis Alberto
ESCALA	1:200 000
FECHA	DICIEMBRE 2022
DATUM	WGS 84 - ZONA 18 S
01	

## **Características generales de la Provincia de Huaura**

Según los datos establecidos por la Municipalidad Provincial de Huaura (2016) el distrito presenta las siguientes características:

### **A. Flora y fauna**

Como recurso natural es abundante y muy diversa, se puede encontrar desde especies marinas como algas, anchovetas, bonito, entre otras, hasta especies de planta y animales empleadas en la medicina, forraje, alimentación, industria, etc., muchas de estas especies son propias de las zonas altitudinales (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

### **B. Actividades productivas**

- **Agricultura**

Debido a que particularmente está formado por un valle, la actividad principal es la agricultura, siendo proveedor del mercado en la capital del país, proporcionando productos de primera necesidad como menestras, papa, frutas, hortalizas y maíz amarillo para las avícolas; asimismo, se producen productos de exportación como el choclo, maíz amarillo duro, espárragos, alcachofas, fresas, entre otros (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

- **Pesca**

Se desarrolla la pesca artesanal y la pesca industrial, teniendo esta última su desarrollo en los distritos de Végueta, Caleta de Carquín y Huacho, en dónde se realizan actividades directamente relacionadas con la producción y exportación de aceite y harina de pescado, así como la producción de conservas (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

- **Otras actividades**

Las zonas bajas y altoandinas se caracterizan por el desarrollo de actividades agropecuarias, mientras que en la zona costera se desarrolla las actividades empresariales enfocadas

principalmente en comercio, servicios y actividad industrial (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

### **C. Características demográficas de la Provincia de Huaura**

Según los datos estadísticos del XII Censo de Población, XII de Viviendas y II de Comunidades Indígenas, la provincia cuenta con una población de 227 685 habitantes, de los cuales, el 90,1 % de la población total está ubicada en zonas urbanas, mientras que el 9,9 % restante se ubica en zonas rurales (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018).

#### **Distritos costeros de la provincia de Huaura**

##### **A. Caleta de Carquín**

El distrito de Caleta de Carquín fue fundado el 30 de setiembre de 1941, mediante la ley N.º 9389; comprende una población 7 326 habitantes, de los cuales, más del 97 % se encuentran establecidas en zonas urbanas y la población restante en zonas rural; se encuentra situado a 14 m s.n.m. y presenta una extensión de 2,04 km<sup>2</sup> (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

El distrito de Caleta de Carquín limita por el Sur con el distrito de Hualmay, por el Este con el distrito de Hualmay, por el Oeste con el Océano Pacífico y por el Norte con el distrito de Huaura (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

Entre las principales actividades económicas más representativas que se desarrollan en este distrito se encuentran la pesca artesanal, la pesca de nivel industrial (harina de pescado) y la agricultura; en lo que se refiere a la actividad comercial, está representada por actividades de menor escala, encontrando bodegas, panaderías, farmacias, entre otras (Municipalidad Distrital Caleta de Carquín, 2019).

## **B. Huacho**

Distrito creado el 4 de julio de 1873, mediante ley N.º 24886, es la capital de la Provincia de Huaura; se encuentra ubicado a 149 kilómetros al norte de la capital Lima en las coordenadas 77°36'24" de longitud este y 11°06'22 de latitud sur; se sitúa a 35,25 m s.n.m. y presenta una extensión de 717,02 km<sup>2</sup> (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

El distrito de Huacho limita por el Norte con el distrito de Hualmay, por el sur con el distrito de Chancay, por el oeste con el Océano Pacífico y por el este con los distritos de Sayán y Santa María (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

La principal actividad económica que se desarrolla en el distrito es el comercio y los servicios, siendo el más representativo a nivel de la Provincia de Huaura; asimismo, la población se dedica a la pesca artesanal e industrial, en menor escala se dedican a la agricultura, principalmente por la población ubicada en zonas no tan céntricas (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

## **C. Hualmay**

Fundado el 6 de diciembre de 1918 mediante ley N.º 2918, cuenta con una extensión territorial de 5,81 km<sup>2</sup> y se encuentra situado a 22 m s.n.m., su capital es el pueblo que lleva el mismo nombre; se encuentra ubicado a 150 kilómetros de la capital del Perú, ubicado exactamente al margen izquierdo del río Huaura, con coordenadas 11°05'45" de latitud S y 77°36'4" longitud W (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

El distrito de Hualmay limita por el sur con el distrito de Huacho, por el norte con los distritos de Caleta de Carquín, y el distrito de Huaura, por el oeste con el Océano Pacífico y por el este con el distrito de Santa María (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).



La principal actividad económica que se desarrolla en el distrito corresponde al comercio, siendo esta la principal fuente de ingresos de las familias del distrito.

#### **D. Huaura**

Distrito creado el 6 de agosto 1936, se encuentra ubicado a 150 km al norte de la capital del Perú, en coordenadas 11°04'18" de latitud S y 77°36'03" longitud W; cuenta con una superficie total de 484,43 km<sup>2</sup> y situado a una altura de 67 m s.n.m. (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

El distrito de Huaura limita por el sur con el distrito de Santa María, por el Norte con los distritos de Végueta y Supe, por el Este con el distrito de Sayán, por el oeste con el Océano Pacífico, por el suroeste con los distritos de Hualmay y Santa María y por el noreste con el distrito de Ámbar (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

#### **E. Santa María**

Creado el 6 de diciembre del año 1918, mediante ley N.º 2918, se encuentra ubicado a 149 km al norte de la capital Lima, en coordenadas 10°05'36" de longitud sur y 77°55'30" longitud oeste, cuenta con una extensión de 127,51 km<sup>2</sup> y está situado a una altura promedio de 80 m s.n.m. (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

El distrito de Santa Maria limita por el sur con el distrito de Sayán, por el norte con el río Huaura, por el este con la provincia de Huaral y por el oeste con el distrito de Huacho (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

La actividad potencial con la que cuenta es el turismo; sin embargo, aún no ha logrado explotar al máximo dicha actividad; este distrito presenta muchos recursos que pueden ser aprovechados, tal es el caso de la gastronomía, costumbres místicas, entre otros (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

## **F. Végueta**

Distrito creado el 23 de agosto de 1920 por Ley regional 273; su capital el poblado de Végueta, que se encuentra situado a 23 m s.n.m., se encuentra ubicado a 14 km al norte del distrito de Huacho, en coordenadas 11°01'19" de latitud sur y 77°38'36" longitud W, tiene una extensión de 253,7 km<sup>2</sup> (Municipalidad Distrital de Végueta, 2019).

Según la Ley N.º 15515, el distrito de Végueta limita por el sur y el este con el distrito de Huaura, por el norte con la provincia de Barranca y por el oeste con el Océano Pacífico (Municipalidad Provincial de Huaura, 2016).

Entre las principales actividades económicas que se desarrollan en el distrito destacan la agricultura y la ganadería; asimismo, gran parte de la población se dedica a la pesca artesanal; por otro lado, el distrito de Végueta es reconocido debido a su alto potencial turístico y por albergar a grandes industrias del sector pesquero y avícola (Municipalidad Distrital de Végueta, 2019).

### **2.3. Población y muestra**

#### **A. Población**

La población de estudio se encontró representada por la totalidad de los puntos críticos permanentes que se encuentran en los distritos costeros de la Provincia de Huaura (Caleta de Carquín, Hualmay, Huacho, Huaura, Santa María y Végueta).

#### **B. Muestra**

La muestra estuvo representada por doce puntos críticos permanentes ubicados en los distritos costeros de la Provincia de Huaura, los cuales fueron clasificados según el criterio del autor como urbanos y rurales, considerando la ubicación de los distritos según el Censo Nacional: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas (INEI, 2018).

En la Tabla 2 se muestra la priorización de los puntos críticos, los cuales fueron seleccionados considerando los más representativos de cada distrito.

**Tabla 2**

*Priorización de los puntos críticos de residuos sólidos*

Distritos costeros de la Provincia de Huaura	Clasificación del punto crítico	
	Urbano	Rural
Caleta de Carquín	X	X
Huacho	(2)X	
Hualmay	X	X
Huaura	X	X
Santa María	X	X
Végueta	X	X

#### **2.4. Técnicas e instrumentos**

Las técnicas empleadas en el presente trabajo de investigación fueron la observación, la revisión bibliográfica y el análisis de documentos municipales asociados al manejo de residuos sólidos; asimismo, se realizó la revisión de otros estudios relacionados con el tema de la investigación. Respecto a la toma de muestras correspondiente a la evaluación de metales pesados, se siguió el procedimiento establecido en la Guía de Muestreo de Suelo (MINAM, 2014); posterior a haberse obtenido los resultados de laboratorio se realizó la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo – ECA (MINAM, 2017). Para determinar el nivel de riesgo ambiental que representan cada punto crítico fue necesario emplear los resultados del análisis de metales pesados, composición de residuos, clasificación del punto crítico, entre otros; posteriormente se logró asignar un valor establecido determinando la clasificación a cada uno de los puntos críticos en relación con el riesgo ambiental que representa.

#### **2.5. Descripción de la investigación**

Para el desarrollo de la presente investigación, se establecieron cuatro fases (preliminar, de campo, laboratorio y gabinete), las cuales se especifican a continuación:

- **Fase preliminar**

En esta fase se recolectó toda la información para el desarrollo de la investigación:

- En primer lugar, se abordó toda información referente al diagnóstico actual de la gestión y manejo de los residuos sólidos en cada uno de los distritos seleccionados.
- Se estableció el procedimiento para la identificación y toma de muestras de suelo de cada uno de los puntos críticos de residuos sólidos.
- Se establecieron los aspectos logísticos para las demás fases establecidas.

- **Fase de campo**

La fase de campo se desarrolló mediante diversas actividades:

- a. Reconocimiento**

- Se realizó el recorrido por los distritos de Huaura, Huacho, Hualmay, Caleta de Carquín, Santa María y Végueta a fin de identificar los 12 puntos críticos para el desarrollo de la investigación (se realizó la identificación de los puntos críticos, debido a que muchos de los distritos no cuentan con una base de datos referente a los puntos críticos de su jurisdicción), se realizó el seguimiento a cada uno de estos durante un periodo de seis meses, con la finalidad de determinar su representatividad en cada distrito, para ello fue fundamental constatar la permanencia e identificar la interacción de los entornos ambiental, humano y socioeconómico con cada uno de ellos, para esta actividad se empleó el formato de registro de puntos críticos (ver Apéndice A). Posteriormente, fueron clasificados en urbanos y rurales según las propias características del lugar de ubicación con base en los datos registrados en el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática - INEI; asimismo, se realizó la medición del volumen de cada uno de los puntos críticos.

## b. Toma de muestra

Se realizó la toma de muestras de suelo provenientes de los puntos críticos de residuos sólidos, el procedimiento empleado se basó en los lineamientos de la Guía para el Muestreo de Suelos del MINAM (2014).

El muestreo consistió en la toma de submuestras en cada punto crítico, las cuales posteriormente fueron homogenizadas para formar una muestra compuesta representativa, para ello se empleó una distribución de rejillas regulares sobre cada punto crítico, permitiendo así abarcar la totalidad de la zona de estudio y evitar espacios vacíos donde pueden no ser evaluados contaminaciones puntuales. Posteriormente las muestras fueron envasadas en bolsas de polietileno para asegurar su integridad, las cuales fueron rotuladas y enviadas al laboratorio para el análisis correspondiente.

### Figura 2

*Toma de muestras de suelo de los puntos críticos*



*Nota.* Proceso de excavación y toma de muestra de suelo posterior a la homogenización de cada submuestra.

- **Fase de laboratorio**

Para determinar la concentración de los metales pesados (Pb, Cr, Hg, Cd y As) las muestras de suelo debidamente etiquetadas (Figura 3) fueron enviadas al laboratorio de la empresa Servicios Analíticos Generales S.A.C. el cual se encuentra acreditado por el Instituto Nacional de Calidad. El análisis se desarrolló según el método EPA 3050 – B (1996) / Method 200,7 Rev. 4,4 EMMC Versión 1994.

**Figura 3**

*Etiquetado de muestras de suelo tomadas en los puntos críticos*



*Nota.* Etiquetado de muestras de suelo y presentación de cadena de custodia.

- **Fase de gabinete**

Durante esta etapa se realizó el ordenamiento y estructuración de todos los datos que se recolectaron durante la fase de campo; la contaminación de suelo por metales pesados y los tipos de residuos en los puntos críticos fueron empleados como indicadores para definir los riesgos ambientales, por lo cual se determinó la peligrosidad de los puntos críticos según los resultados del análisis de suelo por contaminación de metales pesados en donde se evaluó Pb, Cr, Hg, Cd y As.

Los resultados obtenidos de la evaluación de las muestras de suelo fueron empleados como indicadores para determinar las bases de la presente investigación. En tal sentido, se elaboró

de modo general la evaluación del riesgo ambiental de los puntos críticos de residuos sólidos seleccionados en la Provincia de Huaura, por lo cual fue necesario seguir una adaptación de los lineamientos de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales (MINAM, 2010). El desarrollo de este procedimiento comprendió actividades como:

**a. Identificación de los peligros**

En primer lugar, se identificó los peligros que van a generar algún tipo de riesgo, para ello se estableció el área en donde se encuentra el punto crítico y la zona circundante con potencial a sufrir algún tipo de riesgo proveniente del mismo.

**b. Determinación de escenarios**

Luego de tener identificado todos los peligros posibles, se realizó una propuesta de posibles escenarios de riesgo; para el desarrollo de esta fase fue necesario emplear una tabla de doble entrada, en la cual se insertó la actividad relacionada con la formación, permanencia y eliminación incorrecta de los puntos críticos identificados.

**c. Estimación de la probabilidad**

Siguiendo los lineamientos de las normas antes mencionadas, se asignó una probabilidad de ocurrencia para cada uno de los escenarios establecidos en la fase anterior. En la Tabla 3, se especifica el valor que se le otorga según la probabilidad de ocurrencia.

**Tabla 3**

*Valores establecidos según la probabilidad de consecuencias*

Valor	Probabilidad
5	Muy probable < a una vez por semana
4	Altamente probable > a una vez por semana y < a una vez al mes
3	Probable > a una vez por mes y < que una vez al año
2	Posible > a una vez al año y < cada 05 años
1	Poco probable > a una vez cada 05 años

*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, por MINAM (2010).

La probabilidad de ocurrencia para cada uno de los escenarios de riesgo en la presente investigación ha sido priorizada según lo observado durante la fase de observación y siguiendo la información establecida en la literatura, a fin de lograr una mejor precisión en el otorgamiento de un valor para cada uno de estos.

#### **d. Estimación de gravedad de consecuencias**

Para calcular el valor de la gravedad de las consecuencias, se estimó, considerando tres entornos de manera diferenciada (natural, humano y socioeconómico), todo ello siguiendo las fórmulas propuestas en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales (MINAM, 2010):

- Gravedad entorno natural = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + calidad del medio.
- Gravedad entorno humano = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + población afectada.
- Gravedad entorno socioeconómico = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + patrimonio y capital productivo.

Respecto a las fórmulas presentadas:

- La cantidad de la sustancia, material u otro componente emitido al entorno.
- La peligrosidad que puede generarse a consecuencia de alguna sustancia en particular.
- La extensión del alcance generado a consecuencia del impacto ocasionado.
- La calidad del medio está referido a las consecuencias, cambios y/o alteraciones que pueden surgir como resultado del impacto generado.
- La población afectada corresponde al total de individuos que se encuentran involucrados en la zona de riesgo.
- El patrimonio y capital productivo está representado por la valoración que presentan dentro de su entorno.

Los datos correspondientes al rango de valores para el entorno natural, entorno humano y entorno socioeconómico se muestran en las Tablas 4, 5 y 6 respectivamente.



**Tabla 4***Rango del límite del entorno natural*

Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Calidad Del Medio
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso (emplazamiento)	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Baja

*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, MINAM (2010).

**Tabla 5***Rango del límite del entorno humano*

Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población Afectada
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy alto
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso (emplazamiento)	Bajo
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Muy bajo

*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, MINAM (2010).

**Tabla 6***Rango del límite del entorno socioeconómico*

Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Patrimonio y capital productivo
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual	Baja

*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, MINAM (2010).

Posteriormente, se asignó un valor para referirse a la gravedad de las consecuencias de cada entorno, el cual estuvo representado por un intervalo entre uno y cinco tal cual se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Valoración asignada según gravedad de consecuencias*

Valor	Valoración	Valor asignado
Crítico	20 – 18.5	5
Grave	17 – 15.4	4
Moderado	14 – 11.3	3
Leve	10 – 8.2	2
No relevante	7 – 5	1

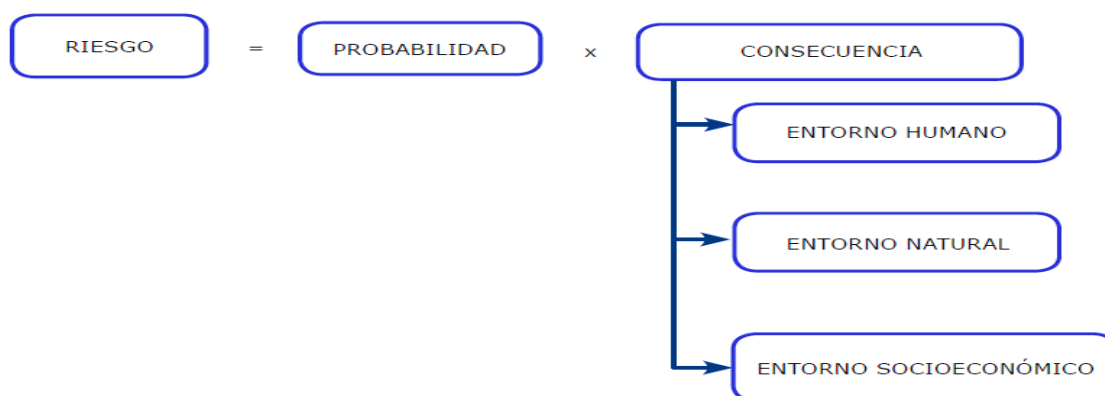
*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, MINAM (2010).

**e. Estimación del riesgo ambiental**

Para el cálculo de la estimación del riesgo ambiental fue necesario operar con los valores obtenidos en la estimación de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias según el entorno evaluado (Figura 4).

**Figura 4**

*Estimación del riesgo ambiental*



*Nota.* De MINAM. (2010). Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales p. 31.

Para realizar la estimación de los riesgos ambientales, fue necesario el desarrollo de tres tablas de doble entrada (una para cada entorno considerado); es necesario que, en cada una de las tablas desarrolladas se consideren cada uno de los escenarios propuestos, su probabilidad y consecuencia. La Figura 5 muestra el llenado de los valores en la tabla de




doble entrada según su probabilidad y consecuencia; paralelamente muestra los rangos de valores de acuerdo con la clasificación del nivel de riesgo.

**Figura 5**

*Tabla de doble entrada para la estimación del riesgo ambiental*

		Consecuencia				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2	E1				
	3					
	4			E2		
	5					

	Riesgo Significativo :	16 - 25
	Riesgo Moderado :	6 - 15
	Riesgo Leve :	1 - 5





Nota. De MINAM. (2010). Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales p. 32.

f. Evaluación y caracterización del riesgo ambiental

En esta etapa, se promedió cada uno de los entornos establecidos (en porcentaje), posteriormente se realizó la adición y se halló la media de los tres entornos, con dichos datos se obtuvo el resultado final, el cual permitió clasificar los escenarios en uno de los tres niveles propuestos, los cuales fueron: riesgo significativo, moderado y leve (Figura 6).

**Figura 6**

*Escala de valoración de la evaluación y caracterización del riesgo ambiental*

	Valor Matricial	Equivalencia Porcentual (%)	Promedio (%)	
 Riesgo Significativo :	16 - 25	64 - 100	82	 RIESGO ALTO
 Riesgo Moderado :	6 - 15	24 - 60	42	
 Riesgo Leve :	1 - 5	1 - 20	10,50	

Nota. De MINAM. (2010). Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales p. 33.

## 2.6. Identificación de variables y su mensuración

En la investigación se realizó la evaluación de parámetros químicos como son los metales pesados (Pb, Cr, Hg, Cd, As) y se observó su composición y ubicación, permitiendo así, realizar la evaluación de los riesgos ambientales de cada punto crítico; a su vez, estos fueron clasificados en urbanos y rurales según su localización, tal cual se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Variables de estudio, indicadores, medidas y métodos empleados*

Variables	Indicador	Medida	Metodología
Puntos críticos de residuos sólidos	Clasificación según ubicación	Urbano Rural	Nivel de Centro Poblado / Ciudad según INEI, 2018.
Riesgos ambientales	Análisis de riesgo ambiental	Valor Matricial	Probabilidad/Consecuencia (Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales – MINAM, 2010).
	Evaluación de riesgo ambiental	(valor numérico establecido)	
Riesgos ambientales	Caracterización del riesgo ambiental	Equivalencia porcentual (%)	Promedio de los valores obtenidos según el entorno evaluado (Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales - MINAM, 2010).
	Metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo)	mg/kg	EPA 3050 – B (1996) / Method 200,7 Rev. 4, 4 EMMC Versión 1994

## 2.7. Análisis estadístico de datos

El análisis de los datos se desarrolló empleando estadística descriptiva, permitiendo describir significativamente un grupo de datos a través de indicadores estadísticos; los cuales pueden desarrollarse de modo univariado o multivariado, según las condiciones que se presenten en la investigación (Vargas, 2007). A modo general, los gráficos, tablas de doble entrada y los datos presentados en la investigación, fueron procesados mediante el programa Microsoft Excel 2019.

## **2.8. Materiales y equipos**

- **Materiales**

- Bolsas ziploc
- Catastro de cada municipalidad
- Documentos municipales relacionados al tema de investigación
- Guantes
- Herramientas (pico, pala y badilejo)
- Hojas de identificación para puntos críticos
- Libreta de apuntes
- Mascarilla
- Recipiente plástico
- Útiles de escritorio
- Wincha

- **Equipos**

- Celular
- Impresora
- Laptop

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Clasificación de los puntos críticos de residuos sólidos

La Tabla 9 muestra la clasificación de los puntos críticos en los distritos costeros de la provincia de Huaura.

**Tabla 9**

*Clasificación y ubicación de los puntos críticos de residuos sólidos en estudio*

Código	Distrito	Centro Poblado/ AA. HH/Otros	Coordenadas (UTM)		Clasificación
			Este	Norte	
PCCC-1	Caleta de Carquín	Caleta de Carquín	212889,56	8773299,96	Urbano
PCCC-2	Caleta de Carquín	La Villa Carquín	212605,95	8772485,8	Rural
PCHY-3	Hualmay	Hualmay	216554,87	8770082,59	Urbano
PCHY-4	Hualmay	Truchero	214061,96	876947526	Rural
PCHO-5	Huacho	Huacho	215949,4	8772391,66	Urbano
PCHO-6	Huacho	Huacho	213965,68	8771462,1	Urbano
PCHA-7	Huaura	Ant. Panam. Norte	216083,35	8775740,86	Rural
PCHA-8	Huaura	Huaura	215722,66	8777152,68	Urbano
PCSM-9	Santa María	Los Pinos	219184,73	8773657,53	Urbano
PCSM-10	Santa María	AA.HH. San Bartolomé	217566,45	8770516,89	Rural
PCVA-11	Végueta	Expansión urbana Santa Cruz	215589,52	8777835,59	Urbano
PCVA-12	Végueta	Asociación Mar Dorado	210816,75	8784979,66	Rural

Durante la clasificación de los centros poblados, AA.HH., y otras denominaciones de los espacios estudiados como urbano o rural, fue necesario emplear la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática; asimismo, se empleó los criterios priorizados por el autor y la entidad antes mencionada para la clasificación de ciertos espacios no definidos.

La clasificación según la ubicación de los 12 puntos críticos de residuos sólidos evaluados dejó como resultado que siete corresponden al ámbito urbano, cuyas características se aprecian en los Apéndices B, D, F, G, H, J y L y cinco al ámbito rural, los cuales se muestran en los Apéndices C, E, I, K y M respectivamente. Para el distrito de Huacho se definió a ambos puntos críticos como tipo urbano debido a las características propias de su ubicación.

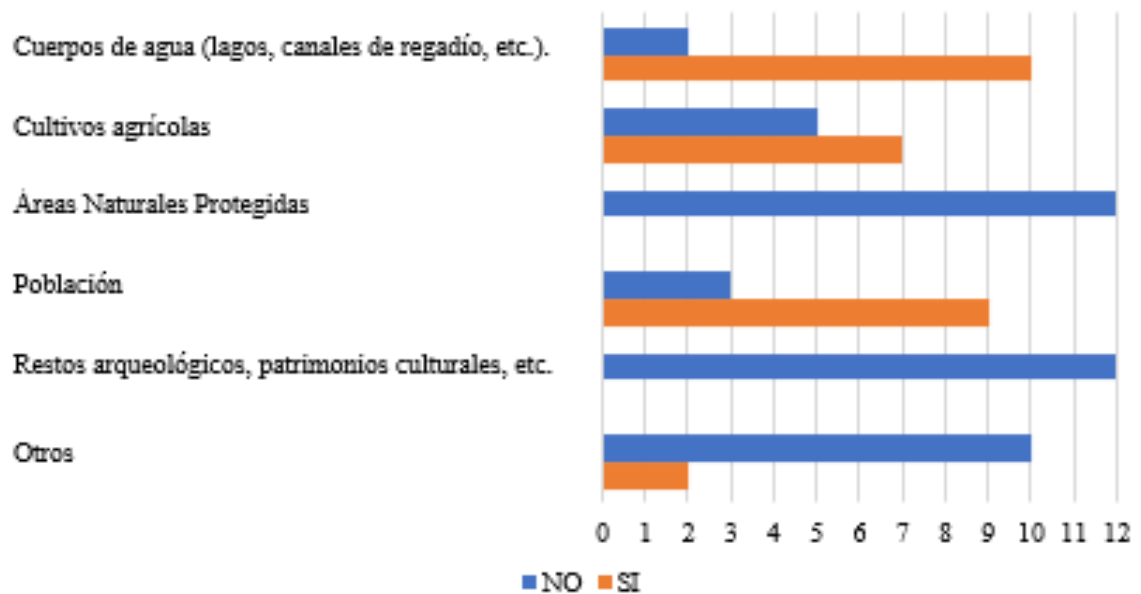
### **3.1.1. Consideraciones para la identificación de los puntos críticos**

Durante el proceso de identificación de los puntos críticos, fue necesario emplear un registro para lograr obtener a detalle la información más relevante de cada uno de estos, en el Apéndice A se muestra una serie de ítems en las cuales se marcó con un aspa lo observado durante la etapa de identificación.

La Figura 7 muestra la proximidad que tiene cada uno de los puntos críticos con zonas en las cuales pueden generar algún tipo de impacto de mayor significancia; por otro lado, en la Figura 8 se muestra la cantidad de puntos críticos en los cuales se realiza algún tipo de actividad que puede incrementar el riesgo que estos representan con su entorno.

**Figura 7**

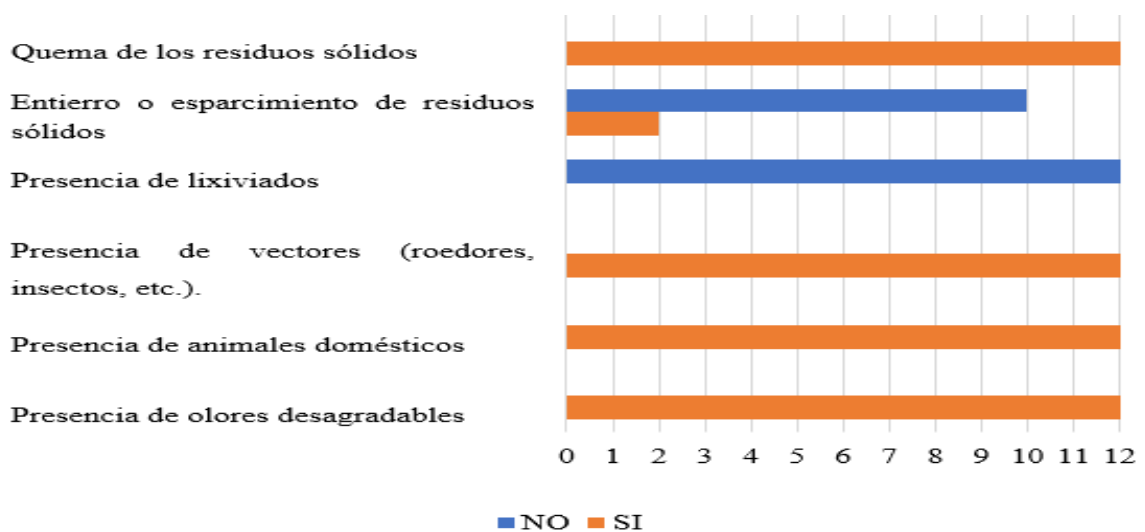
*Cantidad de puntos críticos según consideraciones de su ubicación*



La barra anaranjada indica la cantidad de puntos críticos que están ubicados a menos de 75 m de alguno de los cuerpos naturales, patrimonios y población mostrados en la Figura 7, mientras que la azul indica la cantidad que no se encuentran dentro de los 75 m establecidos. El ítem considerado como otros indica la proximidad de los puntos críticos al océano.

**Figura 8**

*Cantidad de puntos críticos según el tipo de contaminación y vulnerabilidad del entorno*





La barra anaranjada indica la cantidad de puntos críticos en los cuales se realiza alguna de las actividades o hay presencia de alguno de los vectores y/o animales señalados en la presente figura, mientras que la barra azul indica la ausencia de estos.

### 3.2. Volumen de los puntos críticos

Cada uno de los puntos críticos presentaron características distintas según el distrito en el cual se ubicaron; sin embargo, los que se encontraron dentro del mismo distrito presentaron características similares, debido a que en ellos se realiza la disposición de residuos combinados proveniente de personas naturales y jurídicas de zonas urbanas y rurales; por lo cual resultó imposible sectorizar en un mismo distrito según el criterio establecido.

Para establecer el volumen de los puntos críticos priorizados en la investigación, se procedió a realizar la medición según el protocolo establecido en los lineamientos de la Guía para el cumplimiento de la Meta 3 del Ministerio de Economía y Finanzas, orientado a la erradicación de puntos críticos de residuos sólidos; la Tabla 10 muestra a detalle el volumen, área y perímetro de cada uno de los puntos críticos evaluados.

**Tabla 10**

*Volumen de los puntos críticos de residuos sólidos*

Punto de muestreo	Distrito	Clasificación	Volumen (m <sup>3</sup> )	Área	Perímetro
PCCC-1	Caleta de Carquín	Urbano	72	1435	255
PCCC-2	Caleta de Carquín	Rural	975	3606	328
PCHY-3	Hualmay	Urbano	98	3817	265
PCHY-4	Hualmay	Rural	211	646	380
PCHO-5	Huacho	Urbano	2240	1723	536
PCHO-6	Huacho	Urbano	1680	5000	293
PCHA-7	Huaura	Rural	350	1013	279
PCHA-8	Huaura	Urbano	84	560	190
PCSM-9	Santa María	Urbano	101	502	356
PCSM-10	Santa María	Rural	960	564	165
PCVA-11	Végueta	Urbano	1350	6597	340
PCVA-12	Végueta	Rural	2250	19750	667

Los puntos críticos establecidos en la investigación correspondieron a un volumen mayor a los 70 m<sup>3</sup>, esto debido a que se priorizó los más representativos de cada distrito, los resultados mostraron variabilidad en el volumen de cada uno de ellos, el punto de muestreo PCCC-1 fue el de menor volumen con 72 m<sup>3</sup> clasificado como urbano y ubicado en el distrito Caleta de Carquín y el de mayor volumen fue el punto PCVA-12 con 2250 m<sup>3</sup>, ubicado en el distrito de Végueta y clasificado como rural, es importante señalar que este último estuvo conformado en más del 50 % por materiales de construcción y demolición.

### 3.3. Metales pesados en las muestras de suelo de los puntos críticos

El análisis de las muestras de suelo tomadas se realizó mediante la metodología EPA 3050 – B (1996) / Method 200,7 Rev. 4,4 EMMC Versión 1994 en el laboratorio de Servicios Analíticos Generales S.A.C. La Tabla 11 muestra los resultados entregados por el laboratorio respecto al análisis de los metales pesados de cada uno de los puntos críticos evaluados.

**Tabla 11**

*Resultados de análisis de metales pesados en muestras de suelo de los puntos críticos*

Distrito	Código	Clasificación	Metales pesados				
			(mg/kg)				
			As	Cd	Cr	Hg	Pb
Caleta de Carquín	PCCC-1	Urbano	11,65	2,46	9,37	0,37	72,44
	PCCC-2	Rural	5,34	2,99	6,34	0,46	21,16
Hualmay	PCHY-3	Urbano	9,63	5,57	9,32	0,18	20,38
	PCHY-4	Rural	11,73	2,63	11	0,31	56,71
Huacho	PCHO-5	Urbano	7,654	1,88	9	0,27	14,78
	PCHO-6	Urbano	9,24	2,18	9,39	0,13	24,6
Huaura	PCHA-7	Rural	10,4	3,67	11,3	0,33	109,99
	PCHA-8	Urbano	11,49	2,7	10,28	0,32	48
Santa María	PCSM-9	Urbano	8,43	2,04	8,73	0,2	34,84
	PCSM-10	Rural	6,44	2,71	9,78	0,11	16,87
Végueta	PCVA-11	Urbano	8,21	7,97	14,92	0,18	678,56
	PCVA-12	Rural	10,03	2,51	11,7	0,24	40,46

Los resultados en la tabla anterior dejan evidencia la presencia de los metales pesados en cada uno de los puntos críticos; sin embargo, los niveles de concentración varían independientemente de la ubicación y clasificación otorgada. El Apéndice N muestra a detalle el informe de ensayo entregado por el laboratorio.

A nivel general, los valores obtenidos por cada metal pesados son los siguientes:

- **Arsénico (As):** Los valores de este metal se encuentra en un mínimo de 5,34 mg/kg, hasta un máximo de 11,73 mg/kg, los resultados muestran que en cada punto muestreado no se supera los límites máximos permisibles para este contaminante.
- **Cadmio (Cd):** Los valores de este metal se encuentra en un mínimo de 1,88 mg/kg, hasta un máximo de 7,97 mg/kg.
- **Cromo (Cr):** Los valores de este metal se encuentra en un mínimo de 6,34 mg/kg, hasta un máximo de 14,92 mg/kg.
- **Mercurio (Hg):** Los valores de este metal se encuentra en un mínimo de 0,11 mg/kg, hasta un máximo de 0,46 mg/kg.
- **Plomo (Pb):** Los valores de este metal se encuentra en un mínimo de 16,87 mg/kg, hasta un máximo de 678,56 mg/kg.

Para tener datos precisos, los resultados de metales pesados antes mostrados fueron clasificados según el tipo de uso de suelo (uso de suelo residencial/parques y uso de suelo agrícola) de acuerdo con lo establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para suelo del MINAM (2017).

### **3.1.2. Suelo residencial / parques**

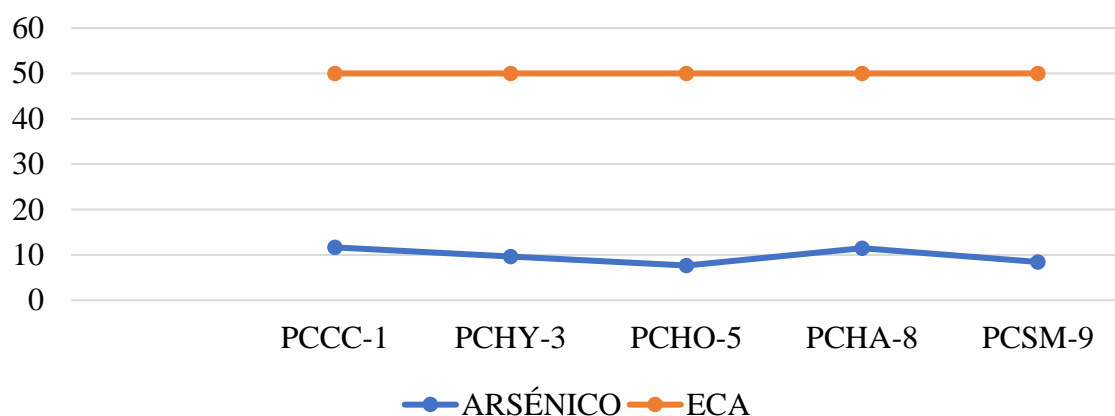
En el presente tipo de uso de suelo se evaluaron cinco puntos críticos, a continuación, se presenta la comparación de los datos obtenidos con los estándares de calidad ambiental para suelo.

## A. Arsénico (As)

El resultado del análisis de As para el uso de suelo residencial/parques presentó las siguientes características, teniendo como valor mínimo el punto PCHO-5 con 7,654 mg/kg y como valor máximo 11,65 mg/kg, correspondiente al punto PCCC-1. Los valores obtenidos se encontraron por debajo del valor establecido en el ECA Suelo, tal cual se muestra en la Figura 9.

**Figura 9**

*Valores de arsénico obtenido en puntos de muestreo – Uso de suelo residencial / parques*



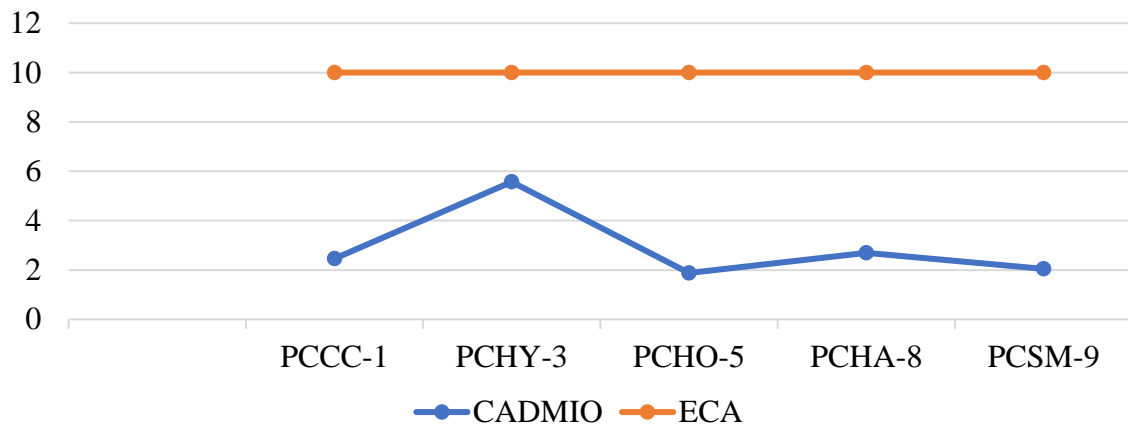
*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de arsénico obtenidos.

## B. Cadmio (Cd)

El resultado del análisis de Cd para el uso de suelo residencial/parques presentó como valor mínimo el punto PCHO-5 con 1,88 mg/kg y como valor máximo 5,57 mg/kg, correspondiente al punto PCHY-3 (Figura 10); todos los valores obtenidos se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA Suelo – 2017.

**Figura 10**

*Valores de cadmio obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo residencial / parques*



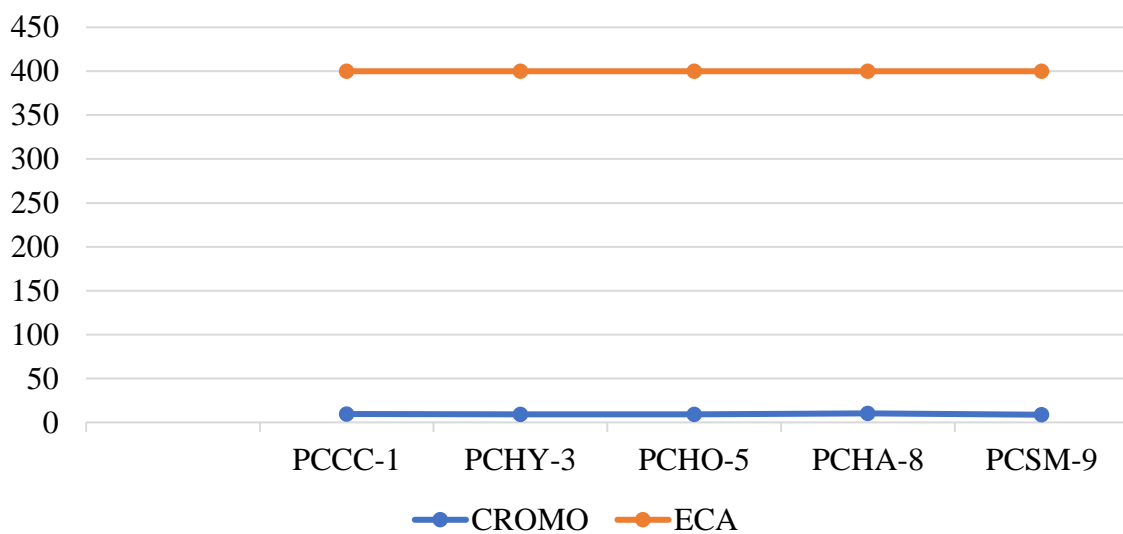
*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de cadmio obtenidos.

### C. Cromo (Cr)

El resultado del análisis de Cr para el uso de suelo residencial/parques presentó como valor mínimo el punto PCSM-9 con 8,73 mg/kg y como valor máximo 10,28 mg/kg, correspondiente al punto PCHA-8 (Figura 11). Los valores obtenidos no superaron lo establecido en el ECA Suelo - 2017.

**Figura 11**

*Valores de cromo obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo residencial / parques*



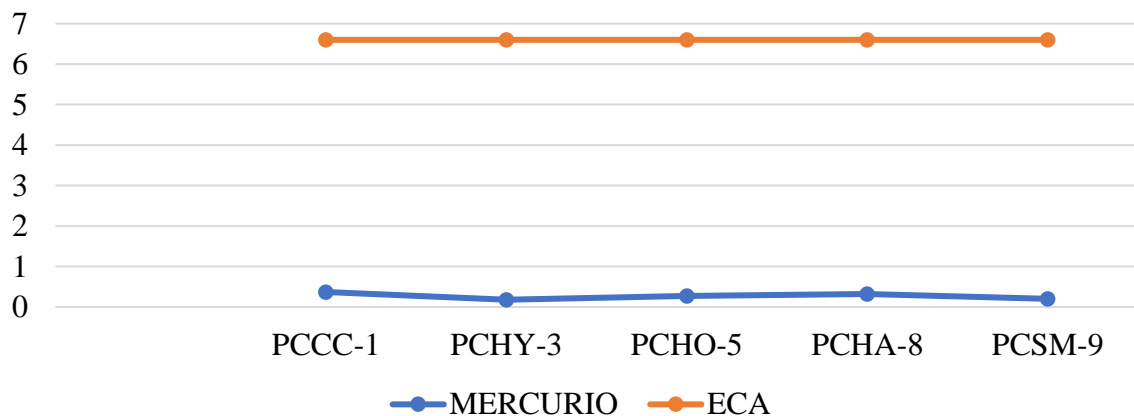
*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de cromo obtenidos.

#### D. Mercurio (Hg)

El resultado del análisis de Hg para el uso de suelo residencial/parques presentó como valor mínimo el punto PCHY-3 con 0,18 mg/kg y como valor máximo 0,37 mg/kg, correspondiente al punto PCCC-1 (Figura 12). Todos los valores obtenidos se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA Suelo – 2017.

**Figura 12**

*Valores de mercurio obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo residencial / parques*



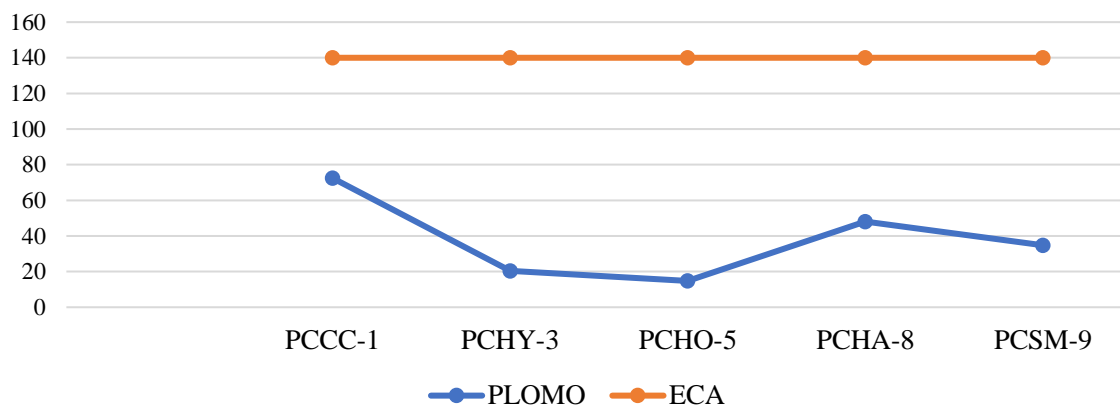
*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de mercurio obtenidos.

#### E. Plomo (Pb)

El resultado del análisis de Pb para el uso de suelo residencial/parques presentó como valor mínimo el punto PCHO-5 con 14,78 mg/kg y como valor máximo 72,44 mg/kg, correspondiente al punto PCCC-1 (Figura 13). Todos los valores obtenidos se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA Suelo - 2017.

**Figura 13**

*Valores de plomo obtenido en puntos de muestreo – Uso de suelo residencial / parques*



*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de mercurio obtenidos.

### 3.1.3. Uso de suelo agrícola

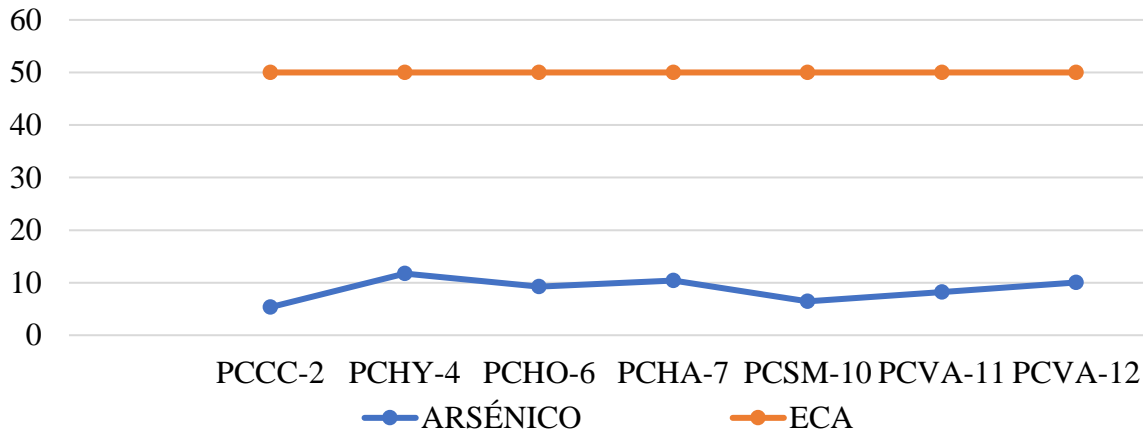
En el uso de suelo agrícola se evaluó la mayor cantidad de puntos críticos, siendo considerados siete del total, a continuación, se presenta la evaluación y comparación de los datos obtenidos con los estándares de calidad ambiental.

#### A. Arsénico (As)

El resultado del análisis de As para el uso de suelo agrícola presentó, como valor mínimo el punto PCSM-10 con 6,44 mg/kg y como valor máximo 11,73 mg/kg, correspondiente al punto PCHY-4 (Figura 14); Los valores obtenidos se encontraron por debajo de lo establecido en el ECA Suelo - 2017.

**Figura 14**

*Valores de arsénico obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo agrícola*



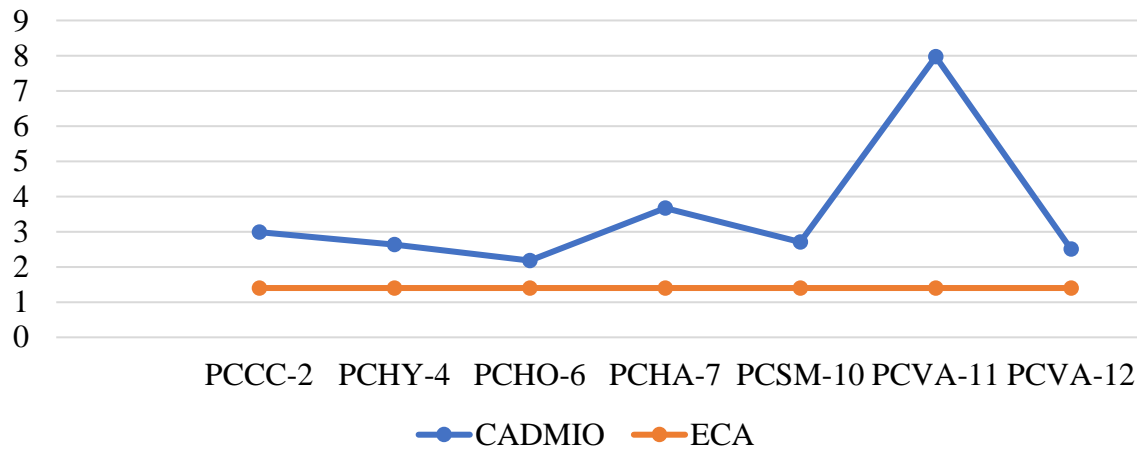
*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de mercurio obtenidos.

**B. Cadmio (Cd)**

El resultado del análisis de Cd para el uso de suelo agrícola presenta como valor mínimo el punto PCHO-6 con 2,18 mg/kg y como valor máximo 7,97 mg/kg, correspondiente al punto PCVA-11 (Figura 15). Todos los valores obtenidos superaron el límite establecido en el ECA Suelo - 2017.

**Figura 15**

*Valores de cadmio obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo agrícola*



*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de mercurio obtenidos.

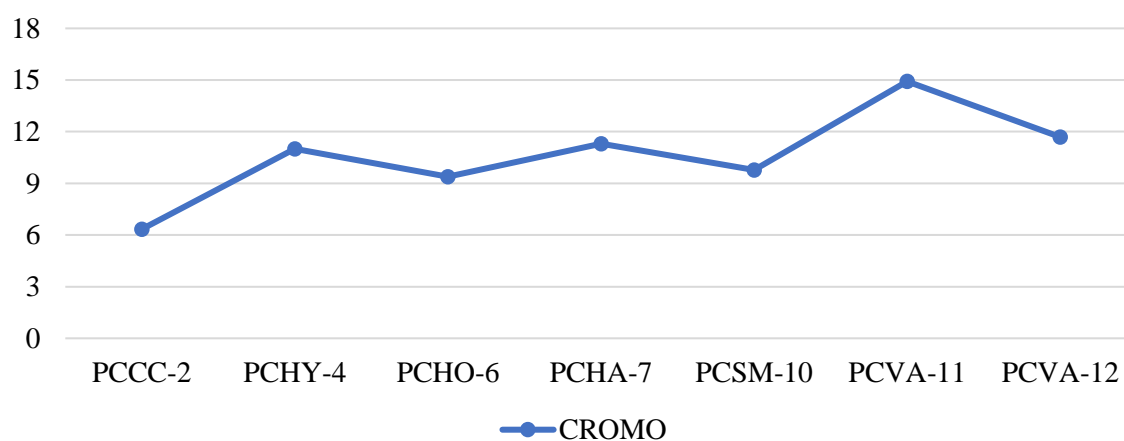


### C. Cromo (Cr)

El resultado del análisis de Cr para el uso de suelo agrícola presentó como valor mínimo el punto PCCC-2 con 6,34 mg/kg y como valor máximo 14,92 mg/kg correspondiente al punto PCVA-11. En los datos establecidos en el ECA Suelo – 2017 se considera que los valores de cromo obtenidos no aplican para el uso de suelo agrícola. La Figura 16 muestra la distribución de los valores obtenidos en cada punto de muestreo.

**Figura 16**

*Valores de cromo obtenido en puntos de muestreo*

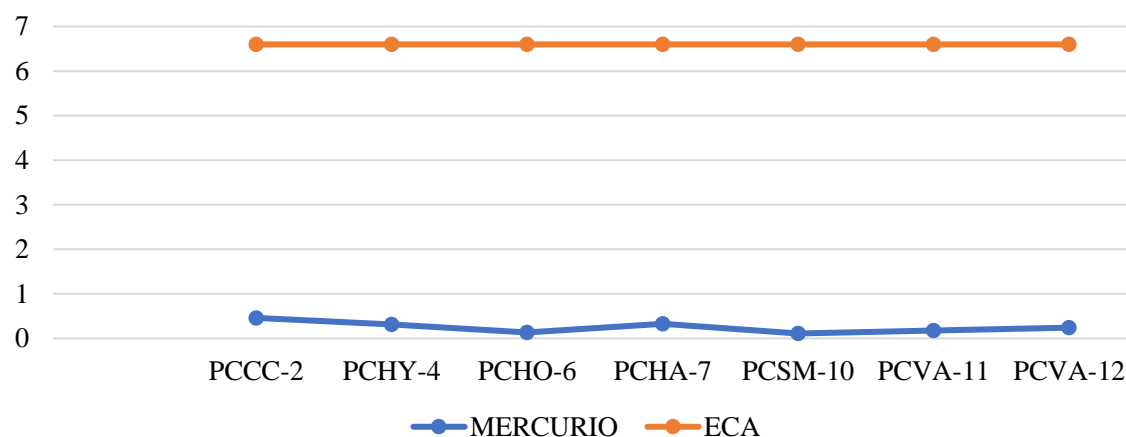


### D. Mercurio (Hg)

El resultado del análisis de Hg para el uso de suelo agrícola presentó como valor mínimo el punto PCSM-10 con 0,11 mg/kg y como valor máximo 0,46 mg/kg, correspondiente al punto PCCC-2 (Figura 17). Los valores obtenidos se encontraron por debajo del límite establecido en el ECA Suelo - 2017.

**Figura 17**

*Valores de mercurio obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo agrícola*



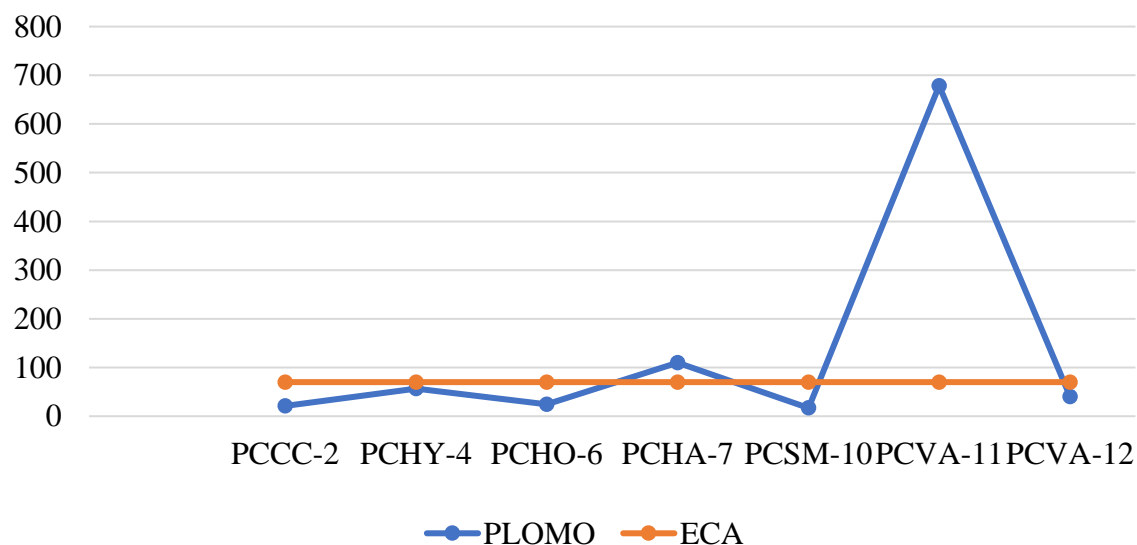
*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de mercurio obtenidos.

### **E. Plomo (Pb)**

El resultado del análisis de Pb para el uso de suelo agrícola presentó como valor mínimo el punto PCSM-10 con 16,87 mg/kg y como valor máximo 678,56 mg/kg, correspondiente al punto PCVA-11 (Figura 18). De los siete puntos de muestreo, los puntos PCHA-7 y PCVA-11 superaron el límite establecido en el ECA Suelo - 2017, mientras que los demás puntos presentaron valores por debajo del límite.

**Figura 18**

*Valores de plomo obtenido en puntos de muestreo - Uso de suelo agrícola*



*Nota.* La línea anaranjada representa el valor del ECA suelo y la línea azul los valores de mercurio obtenidos.

### 3.4. Evaluación de riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos

#### A. Identificación de peligros

A nivel general, se realizó la identificación de peligros en la evaluación de riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos, dichos peligros fueron clasificados según tres entornos, que son: Natural, humano y socioeconómico (Tabla 12), con la finalidad de lograr delimitar las zonas y sujetos que podrían verse afectados a consecuencia de los riesgos generados.

**Tabla 12**

*Peligros identificados en los puntos críticos de residuos sólidos*

Identificación de peligros	Entorno
Inadecuada disposición de residuos sólidos	General
Exposición de contaminantes a cuerpos receptores naturales	Natural
Exposición directa o indirecta de la población a contaminantes	Humano
Exposición de residuos a propiedades aledañas. Exposición de residuos a patrimonios culturales.	Socioeconómico

*Nota.* Identificación de peligros a nivel general del proceso de evaluación y según el entorno evaluado; el peligro central de la investigación corresponde a los residuos sólidos.

#### B. Formulación de escenarios

Para la formulación de los escenarios a manera general, se consideró cada uno de los entornos establecidos en un inicio, los cuales fueron evaluados de manera diferenciada.

Para el entorno natural se consideró cuatro escenarios de riesgos, con sus causas y consecuencias respectivamente, con el objetivo de definir la ruta de los procedimientos posteriores, este entorno está estrictamente relacionada con el impacto al ambiente por la formación, permanencia y eliminación de los puntos críticos, la Tabla 13 muestra a detalle los escenarios propuestos para este entorno.

**Tabla 13***Escenarios de riesgo del entorno natural - general*

Tipología	Sustancia o evento	Escenario de riesgos	Causas	consecuencias
Antrópico	Residuos sólidos	Generación de lixiviados	Inadecuada disposición de residuos Descomposición de residuos sólidos	Contaminación de metales pesados en el suelo e infiltración en cuerpos de agua creando reacciones de complejación, volatilización y presentando biodisponibilidad para su asimilación. (Pabón <i>et al.</i> , 2020)
Antrópico	Residuos sólidos	Emisión de metano a la atmósfera	Descomposición de los residuos sólidos orgánicos presentes	Contribuye la formación de ozono troposférico (UNEP, 2021).
Antrópico	Residuos sólidos	Emisión de polvos y material particulado (PM 10 y PM 2.5)	Elevación de polvo y material particulado por entierro y remoción de residuos sólidos	Hojas cubiertas por el material en suspensión, causando la disminución de la fotosíntesis y desarrollo de plantas (Padilla y Villegas, 2018)
Antrópico	Residuos sólidos	Emisión de CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O.	Incineración de residuos sólidos	Generación de problemas respiratorios, mareos, dolor de cabeza (Quispicuro, 2014).

En la Tabla 14, se muestran la información del entorno humano, para el cual, se ha considerado cuatro escenarios de riesgo; enfocados principalmente en la posible afectación a la población circundante y población foránea que tenga contacto directo e indirecto con los puntos críticos, puesto que se ha observado que hay gran presencia de personas que acuden a dichos puntos críticos a realizar diversas actividades que están orientadas principalmente con el reaprovechamiento de algunos residuos.

**Tabla 14***Escenarios de riesgo del entorno humano - general*

Tipología	Sustancia o evento	Escenario de riesgos	Causas	Consecuencias
Antrópico	Residuos sólidos	Proliferación de vectores (insectos, roedores y animales domésticos contaminados)	Acumulación de residuos orgánicos que son fuente de alimento para insectos, roedores y animales domésticos (cerdos, aves de corral, perros, entre otros).	Afectación a la salud de la población mediante la generación de enfermedades como la rabia, fiebre tifoidea, peste bubónica, entre otros (Higuera, 2010)
Antrópico	Residuos sólidos	Generación de olores desagradables (amoníaco, H <sub>2</sub> S y otros.)	Descomposición de residuos orgánicos	Afectación a la salud de la población por alergias y enfermedades respiratorias (Higuera, 2010)
Antrópico	Residuos sólidos	Fuente de generación de daños físicos y biológicos	Presencia de materiales punzocortantes	Daños físicos y lesiones percutáneas que pueden conducir a infección de diversas enfermedades.
Antrópico	Residuos sólidos	Exposición a materiales nocivos	Disposición de restos de herbicidas, insecticidas, combustibles, etc.	Afectación a la salud de la población (Intoxicación / muerte)

Respecto al entorno socioeconómico, en la Tabla 15 se ha considerado tres escenarios de riesgo, en el cual se priorizó el riesgo que presentan las propiedades de la población y los atractivos de las zonas adyacentes a los puntos críticos.

**Tabla 15***Escenarios de riesgo entorno socioeconómico – general*

Tipología	Sustancia o evento	Escenario de riesgos	Causas	Consecuencias
Antrópico	Residuos sólidos	Emisión de polvos y material particulado (PM 10 y PM 2.5)	Elevación de polvo y material particulado por entierro y remoción de residuos sólidos	Hojas cubiertas por el material en suspensión, causando la disminución de la fotosíntesis y desarrollo de los cultivos (Padilla y Villegas, 2018)
Antrópico	Residuos sólidos	Exposición a residuos sólidos	Residuos sólidos dispuestos inadecuadamente a cielo abierto cerca y/o dentro de predios urbanos o rurales	Devaluación de predios
Antrópico	Residuos sólidos	Exposición a residuos sólidos	Inadecuada disposición de residuos sólidos	Disminución de ingresos económicos por actividades turísticas

### C. Estimación de la probabilidad

Para el desarrollo de esta fase, fue necesario asignar un valor a cada escenario de riesgo, lo cual facilitó conocer la probabilidad de ocurrencia de cada uno de ellos; los resultados de cada punto crítico se asemejaron entre sí; no obstante, la mayor variación se enfoca según el entorno evaluado, la ubicación de cada punto crítico y la concurrencia de este.

En la Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18 se muestran los escenarios de riesgo según el entorno a evaluar; asimismo, se presentan las causas y consecuencias de cada uno de estos; en el entorno natural se han considerado nueve escenarios, para el entorno humano once y para el entorno socioeconómico tres.

**Tabla 16**

*Escenarios de riesgo, causas y consecuencias del entorno natural*

Ubicación	Escenario de riesgos	Causas	Consecuencias
Distritos Costeros de la Provincia de Huaura	Generación de lixiviados	- Inadecuada disposición de residuos  - Descomposición de residuos sólidos	Contaminación de metales pesados en el suelo e infiltración en cuerpos de agua creando reacciones de complejación, volatización y presentando biodisponibilidad para su asimilación. (Pabón <i>et al.</i> , 2020)
	Presencia de arsénico	Disposición de restos de herbicidas, equipos electrónicos, conservantes de madera, etc.	Contaminación al agua, bajo crecimiento de plantas, causa ecotoxicidad (Cortes, 2022).
	Presencia de cadmio	Disposición de restos y/o envases de pinturas, estabilizantes, etc.	Alta disponibilidad en el suelo, bajo crecimiento y deterioro de especies vegetales (Herrera, 2000)
	Presencia cromo	Disposición de restos y/o envases de pinturas, materiales tratados con derivados de cromo.	Inhibe el crecimiento de la planta, causa clorosis (Beltrán y Gómez, 2014)
	Presencia de mercurio	Disposición de restos y/o envases de pesticidas, baterías, termómetros, lámparas.	Disminución de la capacidad de las plantas para realizar fotosíntesis (Beltrán y Gómez, 2014).
	Presencia de plomo	Disposición de restos y/o envases de pinturas, baterías, lubricantes, pesticidas.	Evita la síntesis de proteínas, impide el desarrollo de la fotosíntesis (Blaz y Rodríguez, 2015).
	Generación de metano a la atmósfera	Descomposición de los residuos sólidos orgánicos presentes	Contribuye la formación de ozono troposférico (UNEP, 2021).
	Emisión de polvo y otras partículas (PM 10 y PM 2.5)	Entierro y remoción de residuos sólidos	Hojas cubiertas por el material en suspensión, causando la disminución de la fotosíntesis y desarrollo de los cultivos (Padilla y Villegas, 2018)
	Emisión de GEI (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O).	Incineración de residuos sólidos	Generación de problemas respiratorios, mareos, dolor de cabeza (Quispicuro, 2014).

**Tabla 17***Escenarios de riesgo, causas y consecuencias del entorno humano*

Ubicación	Escenario de riesgos	Causas	Consecuencias
Distritos Costeros de la Provincia de Huaura	Generación de lixiviados	Inadecuada disposición de residuos Descomposición de residuos sólidos	Contaminación de metales pesados en el suelo e infiltración en cuerpos de agua creando reacciones de complejación, volatización y presentando biodisponibilidad para su asimilación. (Pabón <i>et al.</i> , 2020)
	Presencia de arsénico	Disposición de restos de herbicidas, equipos electrónicos, conservantes de madera, etc.	Irritación en el sistema respiratorio, daños cardiovasculares y neuropatía periférica (ATSDR], 2009).
	Presencia de cadmio	Disposición de restos y/o envases de pinturas, estabilizantes, etc.	Intoxicación, dolor torácico, insuficiencia respiratoria, diarrea, vómitos (Pérez y Azcona, 2012).
	Presencia cromo	Disposición de restos y/o envases de pinturas, materiales tratados con derivados de cromo.	Irritación en ojos y tracto respiratorio, erupciones cutáneas (Molina, <i>et al.</i> , 2010)
	Presencia de mercurio	Disposición de restos y/o envases de pesticidas, baterías, termómetros, lámparas.	Intoxicación, trastornos neurológicos y del comportamiento, efectos neuromusculares (OMS, 2017)
	Presencia de plomo	Disposición de restos y/o envases de pinturas, baterías, lubricantes, pesticidas.	Intoxicación grave, discapacidad intelectual, cambios de comportamiento, muerte (OMS, 2022).
	Fuente de vectores	Acumulación de residuos orgánicos como fuente de alimento para insectos, roedores y animales domésticos (cerdos, aves de corral, entre otros).	Transmisión de enfermedades como la rabia, fiebre tifoidea, peste bubónica, entre otros (Higueras, 2010)
	Generación de metano a la atmósfera / olores desagradables (amoníaco, H <sub>2</sub> S y otros.)	Descomposición de los residuos sólidos orgánicos presentes	Afectación a la salud de la población por alergias y enfermedades respiratorias (Higueras, 2010)
	Emisión polvo y otras partículas (pm 10 y 2.5)	Entierro y remoción de residuos sólidos	Riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, riesgos de cáncer (OMS, 2022).



**Tabla 18***Escenarios de riesgo, causas y consecuencias del entorno socioeconómico*

Ubicación	Escenario de riesgos	Causas	Consecuencias
Distrito Costero de la Provincia de Huaura	Emisión de polvo y otras partículas	Elevación de polvo y material particulado por entierro y remoción de residuos sólidos	Hojas cubiertas por el material en suspensión, causando la disminución de la fotosíntesis y desarrollo de los cultivos (Padilla y Villegas, 2018)
	Exposición a residuos sólidos	Residuos sólidos dispuestos inadecuadamente a cielo abierto cerca y/o dentro de predios urbanos o rurales	Devaluación de predios debido a la baja calidad de vida.
	Disminución de atractivos recreacionales y potencial de inversión.	Residuos sólidos dispuestos inadecuadamente	- Pérdida de atractivos turísticos - Disminución de ingresos económicos por actividades turísticas

Para la estimación de la probabilidad de los escenarios evaluados, los datos variaron según cada uno de los puntos críticos, por ejemplo, el nivel considerado en la generación de metano estuvo orientado a la cantidad y tipo de residuos que conformaron cada punto crítico, esto debido a que la probable emisión de metano fue considerada distinta cuando el punto crítico estuvo formado por mayor cantidad de residuos de construcción y demolición, a diferencia de otro formado por residuos orgánicos susceptibles a la degradación; del mismo modo, cada uno de estos puntos críticos se diferenció de aquellos en los cuales a pesar de contener residuos orgánicos, se evidenció el desarrollo de acciones de incineración a cielo abierto.

Los resultados mostrados en las Tablas 19, 20 y 21 indican una alta probabilidad de ocurrencia de los escenarios de riesgo propuestos para cada uno los puntos críticos considerados en la investigación.

**Tabla 19***Estimación de la probabilidad de los escenarios de riesgo para el entorno natural*

Escenario de riesgo	Entorno natural											
	PC CC -1	PC CC -2	PC HY -3	PC HY -4	PC HO -5	PC HO -6	PC HA -7	PC HA -8	PC SM -9	PC SM -10	PC VA -11	PC VA -12
	Generación de lixiviados	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Presencia de arsénico	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia de cadmio	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia cromo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia de mercurio	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia de plomo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Generación de metano a la atmósfera/ olores desagradables	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
Emisión de polvo y otras partículas (PM 10 y PM 2.5)	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
Emisión de GEI (CO <sub>2</sub> Y N <sub>2</sub> O)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

*Nota.* Los números representan el grado de probabilidad de ocurrencia de cada escenario de riesgo, los rangos van desde uno (menor probabilidad) al cinco (mayor probabilidad). Elaboración propia.

**Tabla 20***Estimación de la probabilidad de los escenarios de riesgo para el entorno humano*

Escenario de riesgo	Entorno humano											
	PC CC -1	PC CC -2	PC H Y- 3	PC H Y- 4	PC H O- 5	PC H O- 6	PC H A- 7	PC HA -8	PC SM -9	PC SM -10	PC VA -11	PC VA -12
Generación de lixiviados	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Presencia de arsénico	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia de cadmio	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia cromo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia de mercurio	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia de plomo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Generación de metano a la atmósfera/ olores desagradables (amoníaco, H <sub>2</sub> S y otros.)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Emisión de polvo y otras partículas (PM 10 y PM 2.5)	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
Emisión de GEI (CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Generación de daños físicos/biológicos	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4
Fuente de vectores	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

*Nota.* Los números representan el grado de probabilidad de ocurrencia de cada escenario de riesgo, los rangos van desde uno (menor probabilidad) al cinco (mayor probabilidad). Elaboración propia.

**Tabla 21***Estimación de probabilidad de los escenarios de riesgo para el entorno socioeconómico*

Escenario de riesgo	Entorno socioeconómico											
	PC CC -1	PC CC -2	PC H Y- 3	PC H Y- 4	PC H O- 5	PC H O- 6	PC H A- 7	PC HA -8	PC SM -9	PC SM -10	PC VA -11	PC VA -12
Emisión de polvo y otras partículas	2	3	5	5	4	5	5	2	2	2	2	2
Exposición a residuos sólidos	4	4	5	3	4	4	3	4	4	4	4	4
Disminución de potencial de inversión.	5	4	4	3	4	5	2	5	5	5	5	5

*Nota.* Los números representan el grado de probabilidad de ocurrencia de cada escenario de riesgo, los rangos van desde uno (menor probabilidad) al cinco (mayor probabilidad). Elaboración propia.

## D. Estimación de la gravedad de consecuencias

La estimación de la gravedad de consecuencias fue posible gracias a la aplicación de las fórmulas establecidas en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM, las cuales se rigen basándose en la cantidad, peligrosidad, extensión y entorno evaluado.

Los resultados obtenidos fueron elevados; las Tablas 22, 23 y 24 muestran los resultados finales obtenidos en los puntos críticos; de los cinco niveles de clasificación definidos, en la investigación se evidenciaron valores considerados como moderados, graves y críticos.

Cada uno de los valores registrados fueron procesados según los indicadores establecidos en la investigación (clasificación del punto crítico por ubicación, nivel de metales pesados, tipos de residuos, y otras particularidades), reflejando la realidad de lo observado durante el proceso de identificación de cada uno de los puntos críticos.

**Tabla 22**

*Estimación de gravedad de las consecuencias del entorno natural*

Escenario de riesgo	Entorno natural											
	PC CC	PC CC	PC H Y-	PC H Y-	PC H O-	PC H O-	PC H A-	PC HA	PC SM	PC SM	PC VA	PC VA
	-1	-2	3	4	5	6	7	-8	-9	-10	-11	-12
Generación de lixiviados	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Presencia de arsénico	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4
Presencia de cadmio	3	5	3	5	4	5	5	3	3	5	5	5
Presencia cromo	4	5	4	5	4	5	5	4	4	5	5	5
Presencia de mercurio	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4
Presencia de plomo	3	3	3	3	4	4	5	3	3	4	5	4
Generación de metano a la atmósfera/ olores desagradables	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5	5	4
Emisión de polvo y otras partículas (PM 10 y PM 2.5)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Emisión de GEI (CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O)	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5

*Nota.* Los números representan la gravedad de las consecuencias de cada escenario de riesgo, los rangos van desde uno (no relevante) al cinco (crítico). Elaboración propia.

**Tabla 23***Estimación de gravedad de las consecuencias del entorno humano*

Escenario de riesgo	Entorno humano											
	PC CC	PC CC	PC H Y- 3	PC HY	PC HO	PC HO	PC HA	PC HA	PC SM	PC SM	PC VA	PC V A- 12
	-1	-2		-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	
Generación de lixiviados	3	3	3	3	4	4	3	3	3	4	3	3
Presencia de arsénico	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia de cadmio	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5
Presencia cromo	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5
Presencia de mercurio	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Presencia de plomo	4	3	4	3	4	4	5	4	4	4	5	4
Generación de metano a la atmósfera/ olores desagradables (amoníaco, H <sub>2</sub> S y otros.)	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	3
Emisión de polvo y otras partículas (PM 10 y PM 2.5)	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4
Emisión de GEI (CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O)	4	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4
Generación de daños físicos/biológicos	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4
Fuente de vectores	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4

*Nota.* Los números representan la gravedad de las consecuencias de cada escenario de riesgo, los rangos van desde uno (no relevante) al cinco (crítico). Elaboración propia.

**Tabla 24***Estimación de gravedad de las consecuencias del entorno socioeconómico*

Escenario de riesgo	Entorno socioeconómico											
	PC CC	PC CC	PC H Y- 3	PC HY	PC HO	PC HO	PC HA	PC HA	PC SM	PC SM	PC VA	PC V A- 12
	-1	-2		-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	
Emisión de polvo y otras partículas	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3
Exposición a residuos sólidos	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4
Disminución de potencial de inversión.	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	5	4

*Nota.* Los números representan la gravedad de las consecuencias de cada escenario de riesgo, los rangos van desde uno (no relevante) al cinco (crítico). Elaboración propia.

La particularidad de los datos obtenidos resalta la gravedad de los escenarios de riesgo presentes en cada uno de los distritos costeros de la provincia de Huaura a consecuencia de la inadecuada gestión de los residuos sólidos.

### E. Estimación del riesgo ambiental

Para establecer los valores de la estimación del riesgo ambiental, fue necesario emplear los datos resultantes de la probabilidad de ocurrencia y los datos de la gravedad de las consecuencias; los valores presentados en las Tablas 25, 26 y 27 muestran los resultados de los escenarios de riesgos establecidos para cada uno de los doce puntos críticos evaluados en la investigación, para ello fue necesario realizar la estimación según cada entorno considerado en la investigación.

**Tabla 25**

*Estimación del riesgo ambiental del entorno natural*

Escenario de riesgo	Puntos críticos											
	PC CC -1	PC CC -2	PC HY -3	PC HY -4	PC HO -5	PC HO -6	PC HA -7	PC HA -8	PC SM -9	PC SM -10	PC VA -11	PC VA -12
Generación de lixiviados	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Presencia de arsénico	12	12	12	12	16	16	16	12	12	16	16	16
Presencia de cadmio	12	20	12	20	16	20	20	12	12	20	20	20
Presencia cromo	16	20	16	20	16	20	20	16	16	20	20	20
Presencia de mercurio	12	12	12	12	16	16	16	12	12	16	16	16
Presencia de plomo	12	12	12	12	16	16	20	12	12	16	20	16
Generación de metano a la atmósfera	20	20	20	20	25	25	25	20	20	25	25	20
Emisión de polvo y otras partículas (PM 10 y PM 2.5)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Emisión de GEI (CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O)	20	20	20	20	25	25	25	20	20	25	25	25

*Nota.* Los valores resultan del producto de la probabilidad de ocurrencia y gravedad de las consecuencias, tal cual se muestra en la Figura 4. Elaboración propia.

**Tabla 26***Estimación del riesgo ambiental del entorno humano*

Escenario	Puntos críticos											
	PC CC	PC CC	PC HY	PC HY	PC HO	PC HO	PC HA	PC HA	PC SM	PC SM	PC VA	PC VA
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
Generación de lixiviados	9	9	9	9	12	12	9	9	9	12	9	9
Presencia de arsénico	16	12	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16
Presencia de cadmio	16	16	16	16	16	20	20	16	16	20	20	20
Presencia cromo	16	16	16	16	16	20	20	16	16	20	20	20
Presencia de mercurio	16	12	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16
Presencia de plomo	16	12	16	12	16	16	20	16	16	16	20	16
Fuente de vectores	25	20	25	20	25	25	20	25	25	25	20	20
Generación de metano a la atmósfera /												
Generación de olores desagradables (amoníaco, H <sub>2</sub> S y otros.)	20	15	20	15	20	20	15	20	20	20	15	15
Emisión de polvo y otras partículas	20	20	20	20	20	25	20	20	20	25	20	20
Emisión de GEI (CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O)	15	20	20	20	25	25	20	20	20	25	20	20
Generación de daños físicos/biológicos	16	16	16	16	20	16	16	16	16	25	16	16

*Nota.* Los valores resultan del producto de la probabilidad de ocurrencia y gravedad de las consecuencias, tal cual se muestra en la Figura 4. Elaboración propia.

**Tabla 27***Estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico*

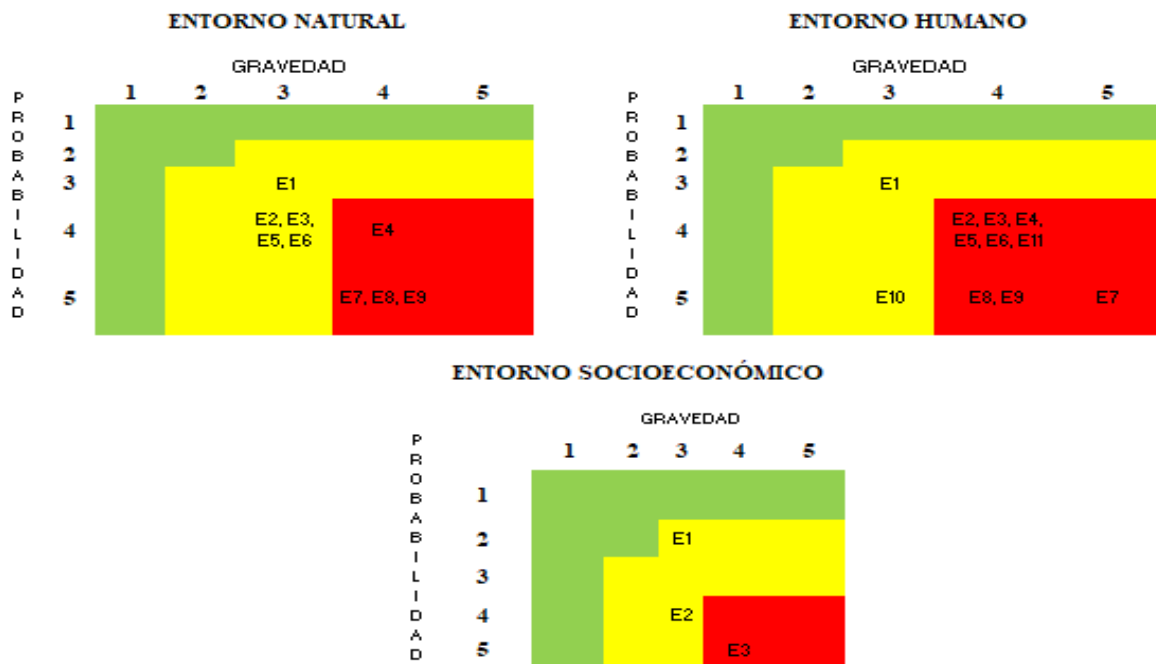
Escenario	Puntos críticos											
	PC CC-1	PC CC-2	PC HY-3	PC HY-4	PC HO-5	PC HO-6	PC HA-7	PC HA-8	PC SM-9	PC SM-10	PC VA-11	PC VA-12
	Emisión de polvo y otras partículas	6	9	15	15	12	15	20	6	6	6	6
Exposición a residuos sólidos	12	12	15	9	16	12	9	16	16	12	12	16
Disminución de potencial de inversión	20	12	16	12	16	15	6	20	20	20	25	20

*Nota.* Los valores resultan del producto de la probabilidad de ocurrencia y gravedad de las consecuencias, tal cual se muestra en la Figura 4. Elaboración propia.

Para determinar la estimación del riesgo ambiental de cada escenario de riesgo fue necesario emplear los valores obtenidos en las Tablas 25, 26 y 27 y considerar los niveles establecidos en la Figura 5. Las Figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30 muestran la ubicación según la clasificación del riesgo ambiental de cada escenario evaluado.

**Figura 19**

*Estimación del riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCCC-1*

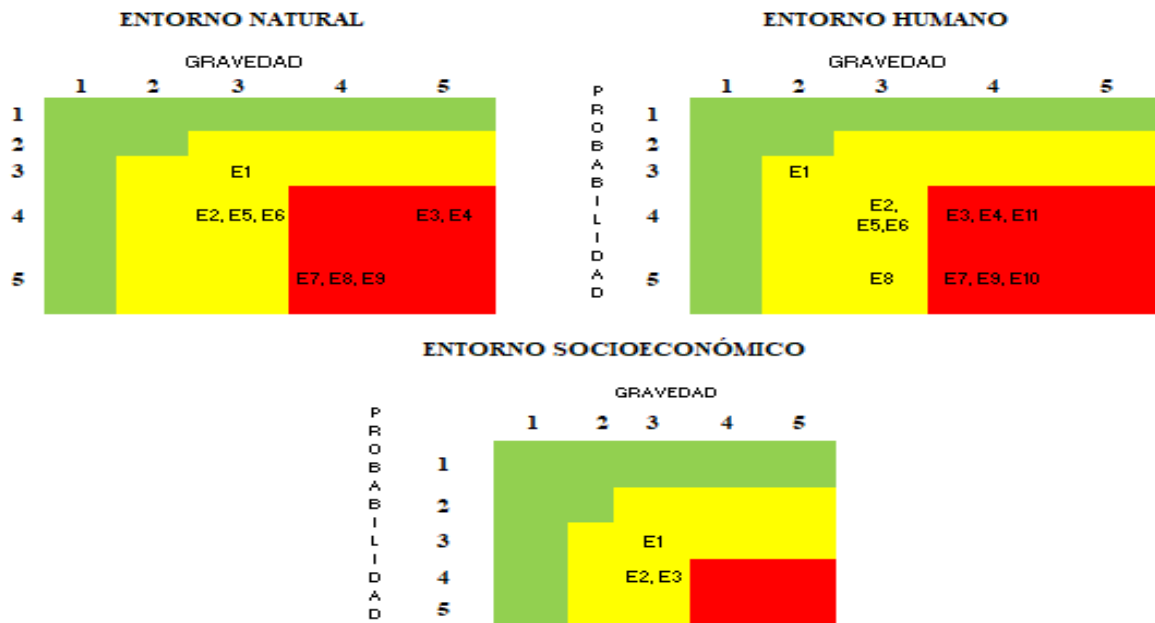


*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.



**Figura 20**

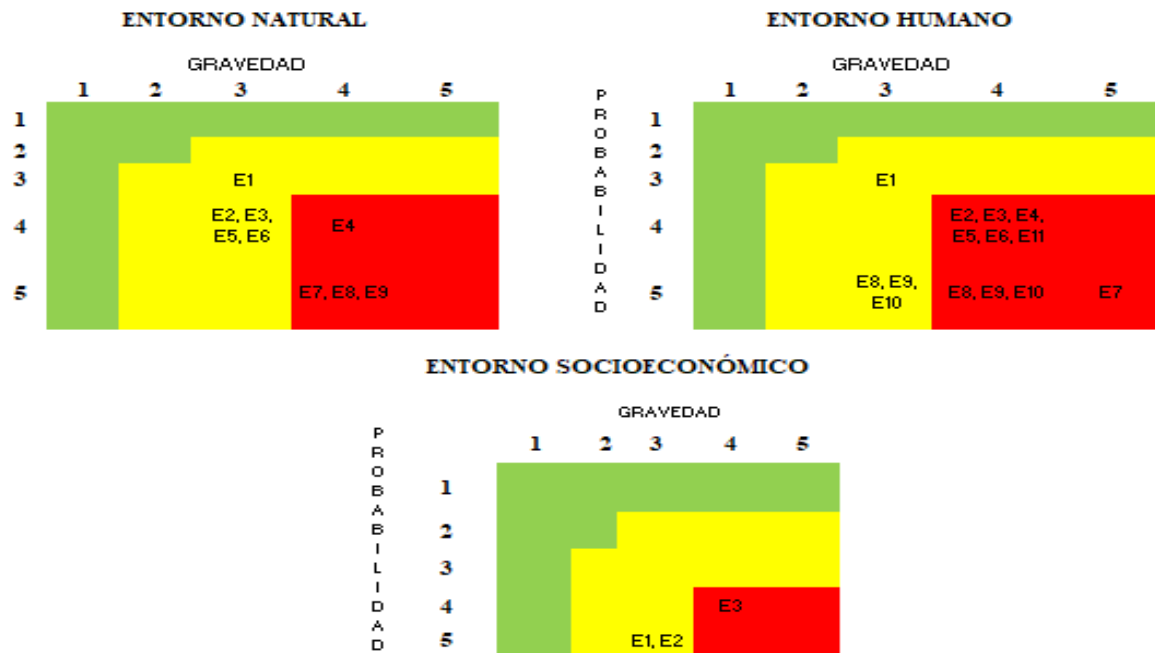
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCCC-2*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 21**

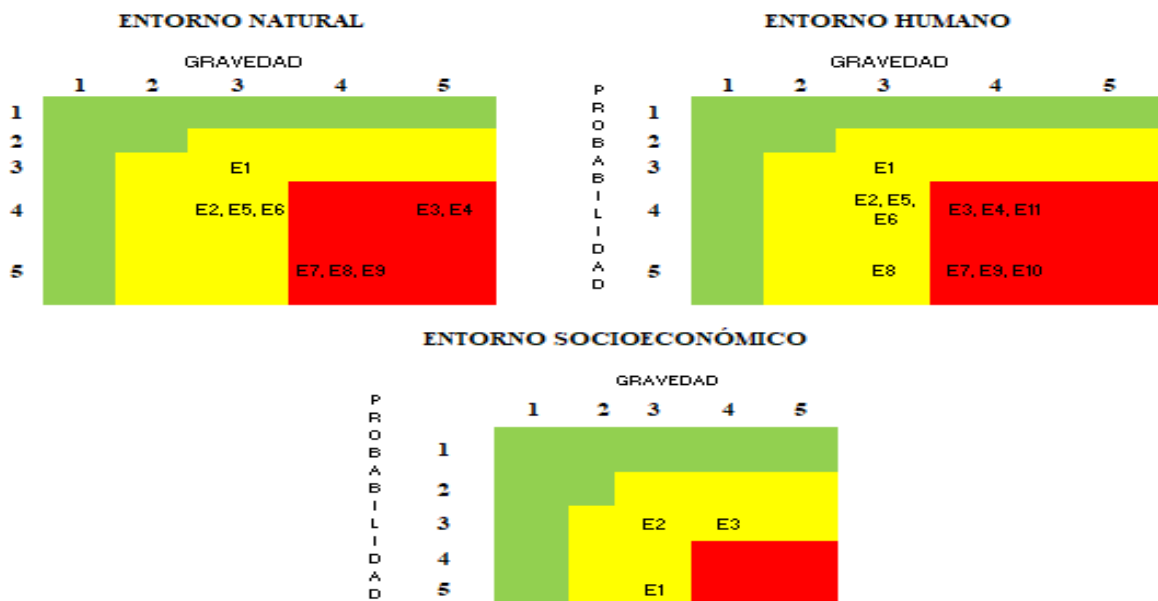
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCHY-3*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 22**

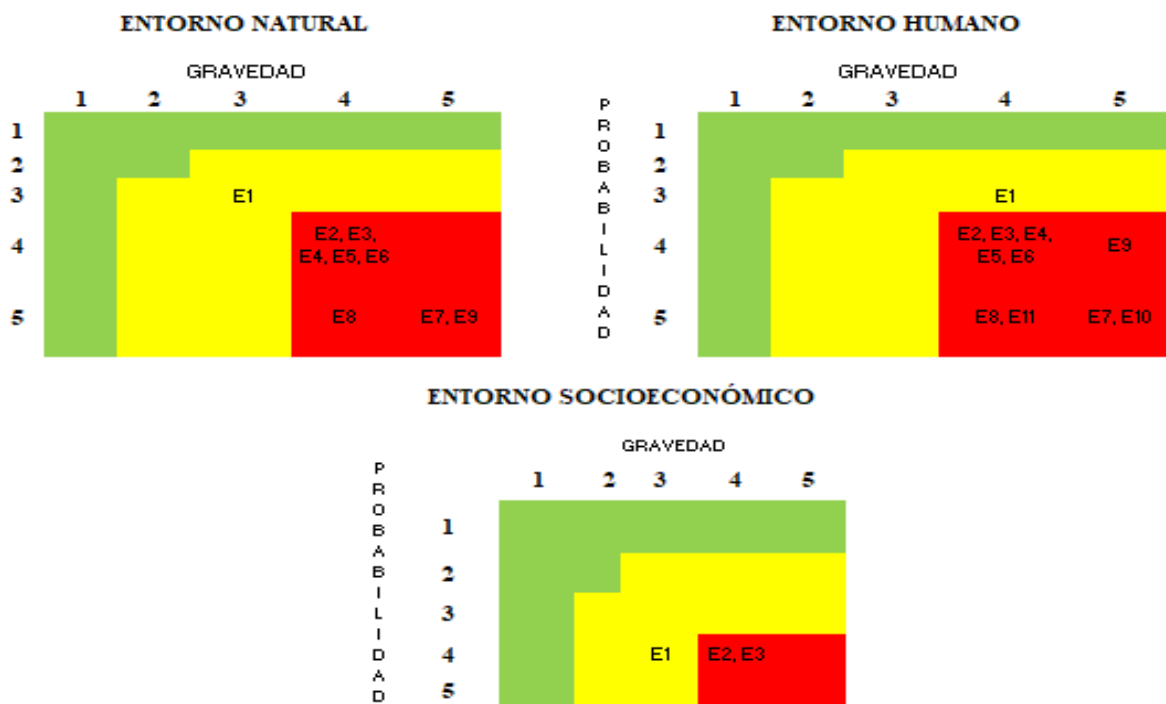
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCHY-4*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 23**

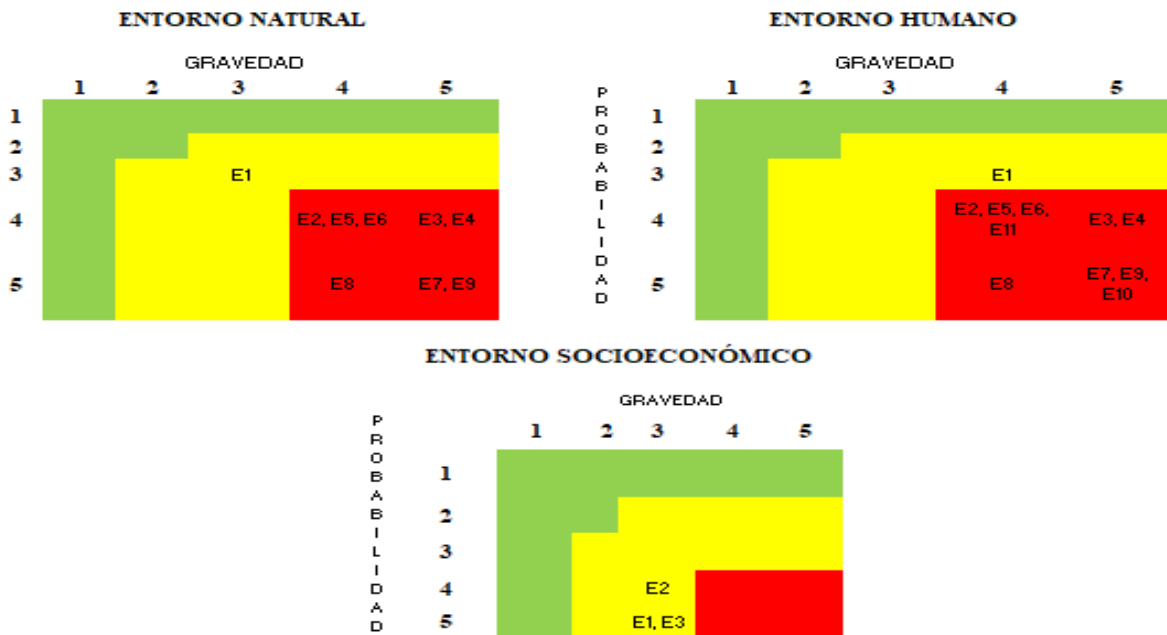
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCHO-5*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 24**

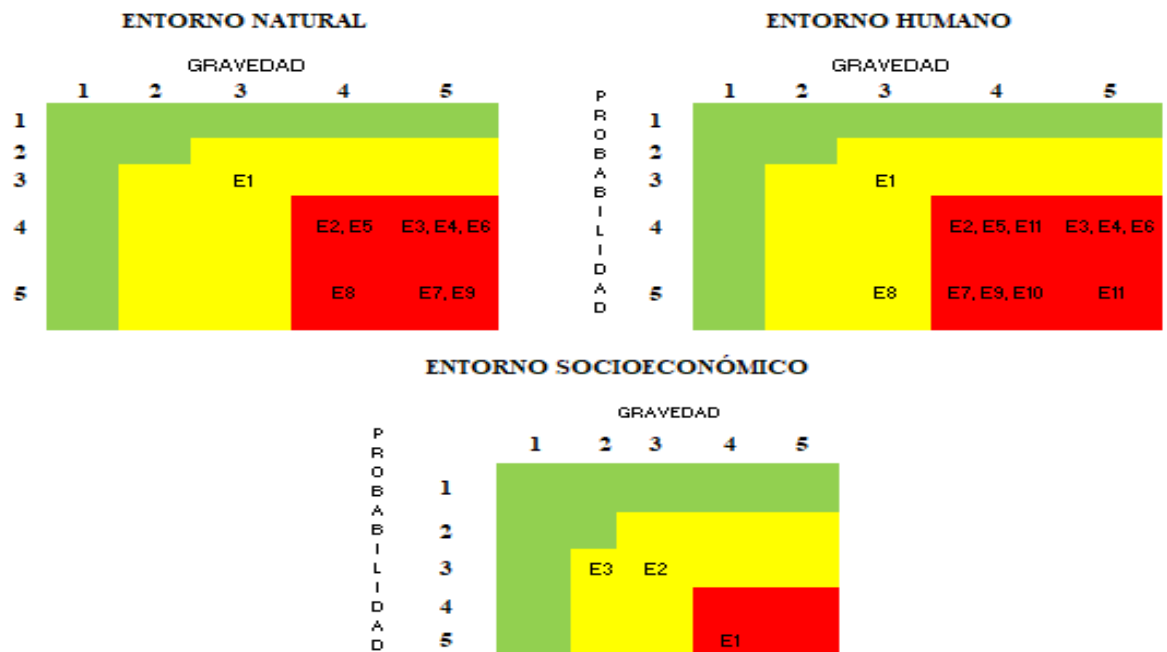
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCHO-6*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 25**

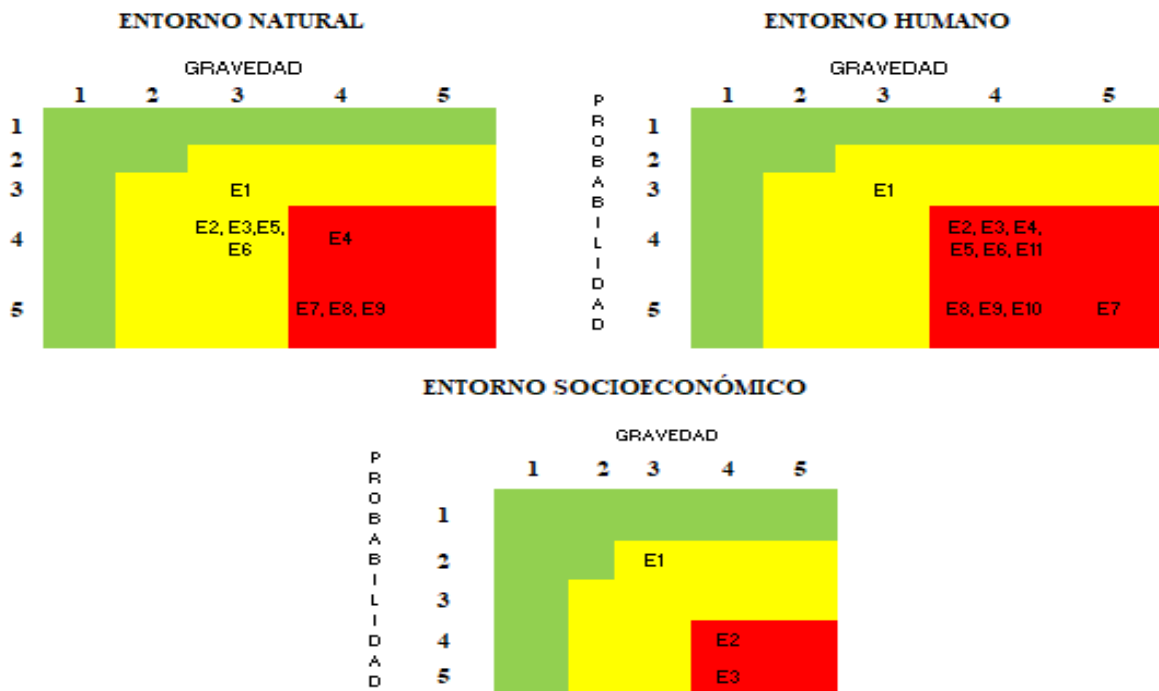
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCHA-7*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 26**

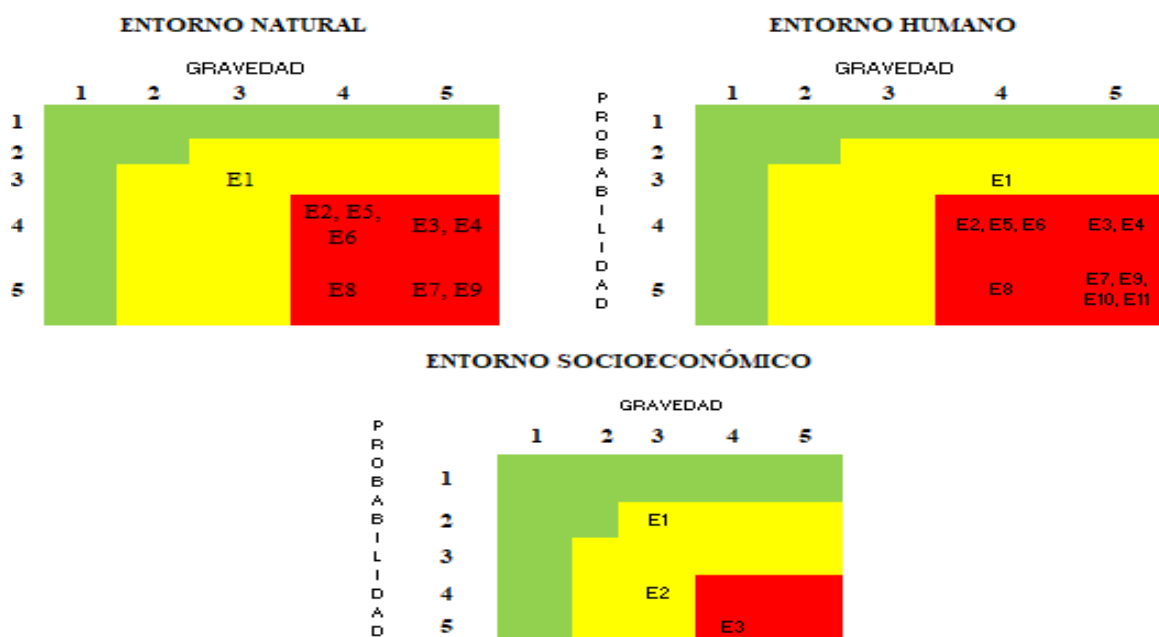
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCHA-8*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 27**

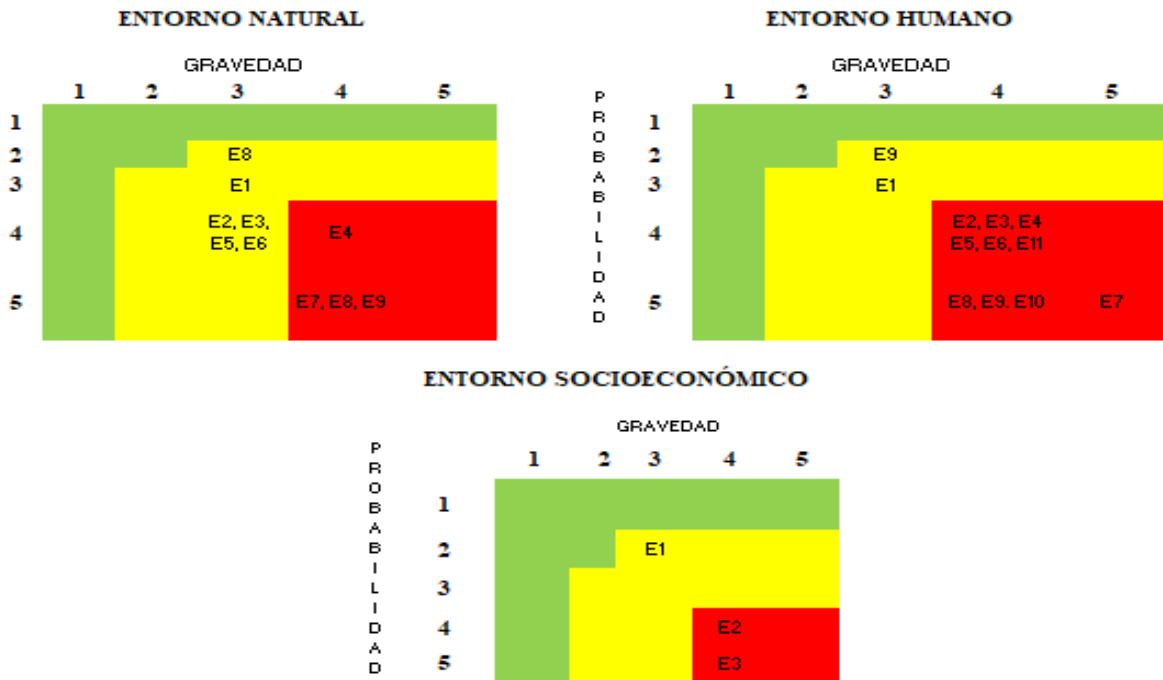
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCSM-9*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 28**

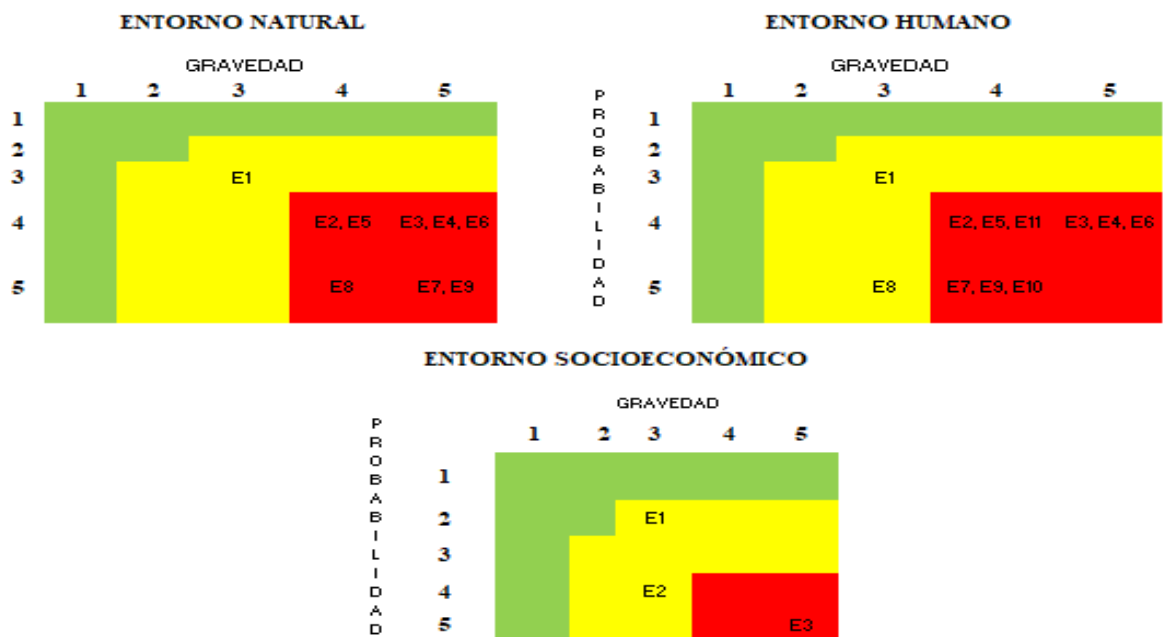
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCSM-10*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 29**

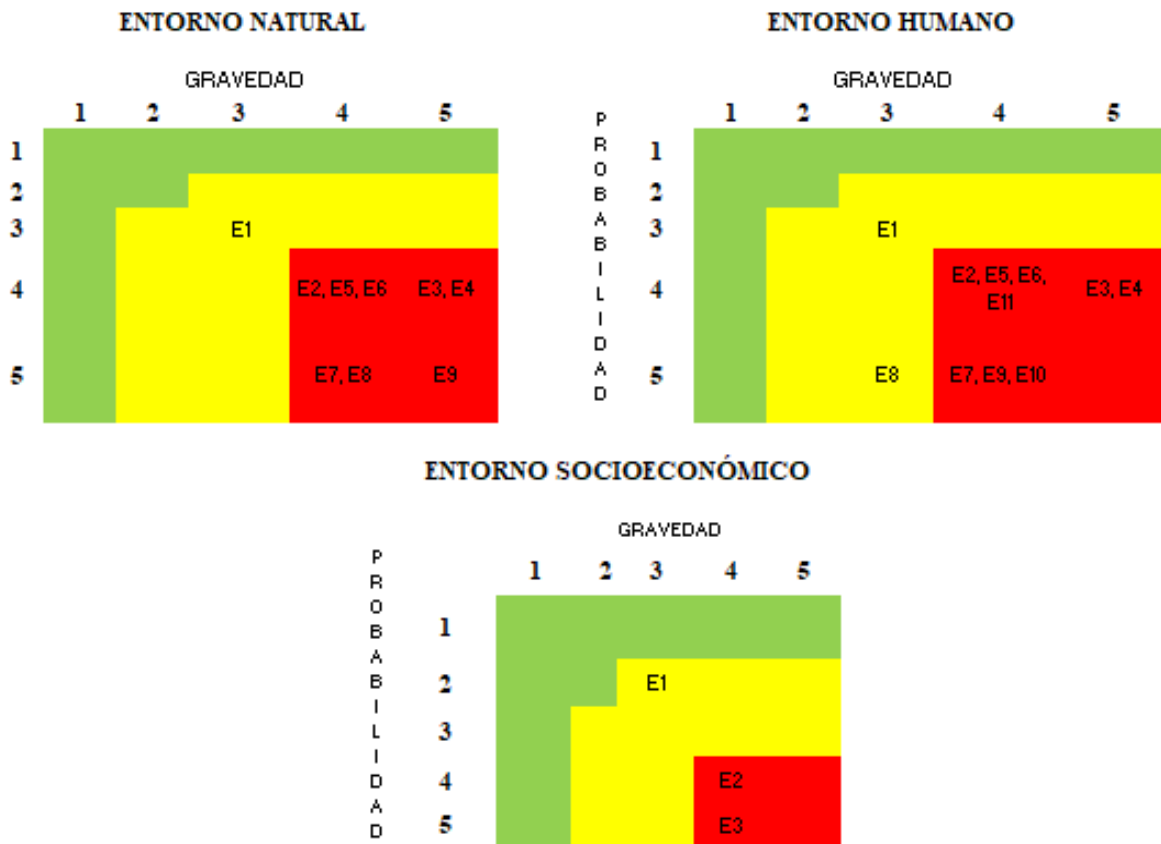
*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCVA-11*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**Figura 30**

*Estimación de riesgo ambiental por escenarios del punto crítico PCVA-12*



*Nota.* El color verde corresponde a un nivel leve, el color amarillo a un nivel moderado y el color rojo a un nivel significativo. Elaboración propia.

**F. Evaluación y caracterización del riesgo ambiental**

Para el desarrollo de la evaluación del riesgo ambiental y su posterior caracterización, fue fundamental reconocer los niveles de riesgo según su escala de evaluación, para ello fue necesario tener el valor de la media de los escenarios de riesgo propuestos en cada uno de los puntos críticos, finalmente, con dichos valores fue posible realizar la clasificación correspondiente; la Tabla 28 muestra los resultados de los puntos críticos según la evaluación de cada uno de los entornos evaluados.

**Tabla 28***Riesgo ambiental de los puntos críticos evaluados*

Punto crítico	Entorno	Equivalencia porcentual	Valor Matricial	Nivel de riesgo
PCCC-1	Natural	60	15	Moderado
	Humano	68	17	Significativo
	Socioeconómico	52	13	Moderado
PCCC-2	Natural	64	16	Significativo
	Humano	60	15	Moderado
	Socioeconómico	44	11	Moderado
PCHY-3	Natural	60	15	Moderado
	Humano	68	17	Significativo
	Socioeconómico	60	15	Moderado
PCHY-4	Natural	64	16	Significativo
	Humano	60	15	Moderado
	Socioeconómico	48	12	Moderado
PCHO-5	Natural	72	18	Significativo
	Humano	72	18	Significativo
	Socioeconómico	60	15	Moderado
PCHO-6	Natural	76	19	Significativo
	Humano	76	19	Significativo
	Socioeconómico	56	14	Moderado
PCHA-7	Natural	76	19	Significativo
	Humano	68	17	Significativo
	Socioeconómico	48	12	Moderado
PCHA-8	Natural	60	15	Moderado
	Humano	68	17	Significativo
	Socioeconómico	56	14	Moderado
PCSM-9	Natural	60	15	Moderado
	Humano	68	17	Significativo
	Socioeconómico	56	14	Moderado
PCSM-10	Natural	76	19	Significativo
	Humano	80	20	Significativo
	Socioeconómico	52	13	Moderado

**Tabla 28***Riesgo ambiental de los puntos críticos evaluado (continuación)*

	Natural	76	19	Significativo
PCVA-11	Humano	68	17	Significativo
	Socioeconómico	56	14	Moderado
	Natural	72	18	Significativo
PCVA-12	Humano	68	17	Significativo
	Socioeconómico	56	14	Moderado

*Nota.* Los valores de la equivalencia porcentual corresponden según el resultado de la media de cada escenario evaluado en un entorno determinado; el valor matricial y el nivel de riesgo se establecen según la Figura 6. Elaboración propia.

Los datos presentados, muestran una tendencia a considerar el entorno socioeconómico en un nivel de riesgo moderado; por el contrario, los entornos natural y humano tienden a variar en cada punto crítico evaluado, destacando la variación según su caracterización como urbano o rural, así como por su composición y ubicación espacial. El dato más bajo obtenido correspondió al nivel socioeconómico del punto crítico PCCC-2 ubicado en el distrito de Caleta de Carquín, con un valor de 11, siendo considerado como riesgo moderado; mientras que el nivel más alto correspondió al punto PCSM-10 ubicado en el distrito de Santa María, con un valor de 20 para el entorno humano, el cual fue considerado como riesgo significativo; asimismo, es importante señalar que el segundo dato más alto, que correspondió al valor de 19 en los entornos natural y humano, fue compartido por los puntos PCHO-6, PCHA-7, PCSM-10 y PCVA-11, de los distritos de Huacho, Huaura, Santa María y Végueta respectivamente, lo cual es equivalente a más del 30 % de los puntos críticos considerados en la investigación; por otro lado, es fundamental destacar que el punto PCHO-6 del distrito de Huacho, es el único que presentó un valor de 19 en el entorno natural y en el entorno humano, mostrando una estrecha relación entre el contenido de metales pesados encontrado en dicho punto crítico y la ubicación del mismo.

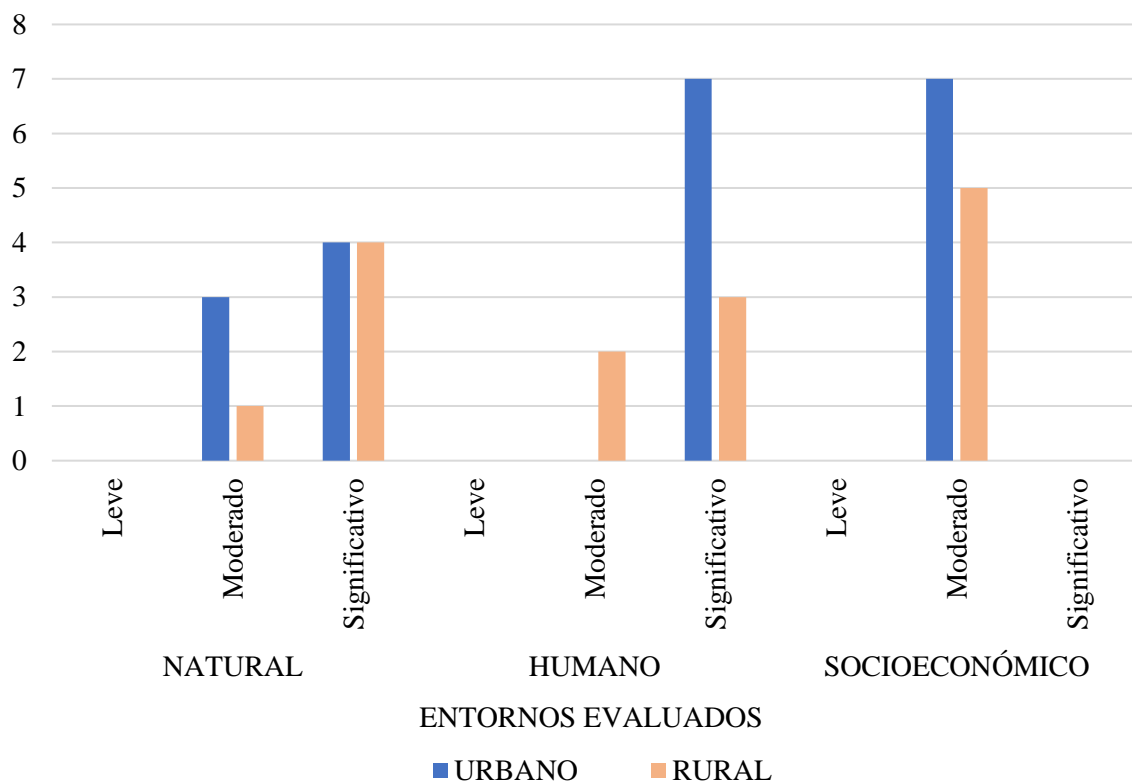
La Figura 31 muestra a detalle la comparación de la cantidad de puntos críticos clasificados en rural y urbanos según el nivel de riesgo que representaron cada uno de ellos, mostrando que los puntos críticos de tipo urbano referido al entorno natural, el 57 % correspondieron a un riesgo significativo, mientras que el resto representaron un nivel moderado; para el



entorno humano, el 100 % representaron un nivel significativo y para el entorno socioeconómico el 100 % presentaron nivel moderado; en lo que respecta a los puntos críticos del tipo rural, en el entorno natural el 80 % presentó un nivel significativo, mientras que el 20 % restante representó nivel moderado; para el entorno humano, el 60 % presentó riesgo significativo y el 40 % riesgo moderado, por último para el entorno socioeconómico, el 100 % presentó un riesgo moderado.

**Figura 31**

*Comparación de los riesgos según el tipo de punto crítico evaluado*

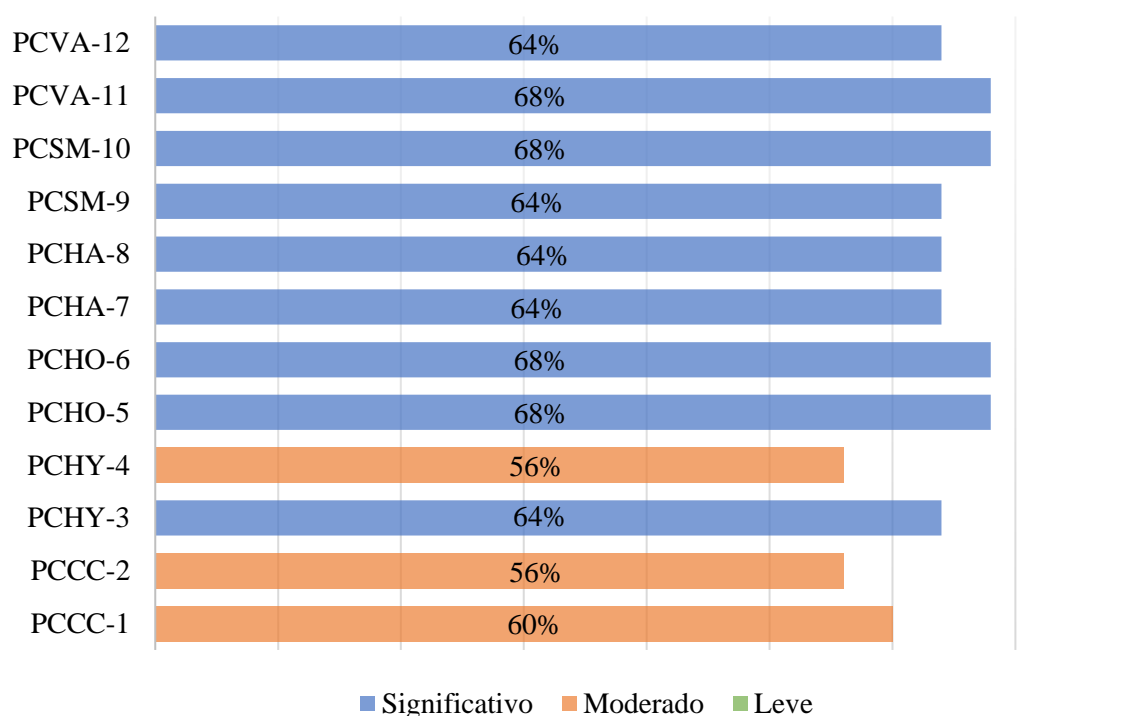


*Nota.* Comparación atribuida a cada punto crítico según el entorno de evaluación y su clasificación. Elaboración propia.

Posterior a la evaluación, fue necesario realizar la caracterización final de cada punto crítico a nivel general, para lo cual fue necesario promediar el valor porcentual de cada uno de los entornos evaluados y el promedio resultante permitió determinar la ubicación de cada uno de los puntos críticos evaluados; en la Figura 32 se muestra los resultados de la caracterización dada a cada uno.

**Figura 32**

*Caracterización del riesgo ambiental*



*Nota.* Los valores porcentuales mostrados están determinados según la caracterización establecida en la Figura 6. Elaboración propia.

La categorización final muestra que el 75 % de los puntos críticos presentaron un riesgo significativo, mientras que un 25 % correspondió al tipo de riesgo moderado, dejando en ausencia puntos críticos en riesgo leve.

Los resultados finales muestran que, de los seis distritos evaluados, el distrito Caleta de Carquín se caracterizó por presentar puntos críticos con una clasificación de riesgos moderados; mientras que el distrito de Huacho presentó la clasificación de riesgos significativos con los valores más elevados en cada uno de sus puntos evaluados.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

### 4.1. Identificación y clasificación de los puntos críticos de residuos sólidos

La investigación permitió identificar y clasificar a 12 puntos críticos de residuos sólidos; se seleccionó un punto crítico rural y otro urbano para cada distrito a excepción del distrito de Huacho, en el cual se consideró dos puntos críticos del tipo urbano. La característica de la ubicación de los puntos críticos seleccionados es similar a los diversos antecedentes revisados, así lo muestra Soto (2018) quien consideró los puntos críticos rurales ubicados en la ribera del río Sicra, así como los de tipo urbano, considerando la ubicación dentro de un mismo distrito; sin embargo, presentó algunas diferencias con el presente estudio debido a que en la investigación se seleccionó un tipo de punto crítico por cada uno de los distritos presentes en la provincia de Huaura, considerando las diferencias según la generación de residuos de cada distrito. Por otro lado, Buleje *et al.* (2020) consideraron en su evaluación los riesgos ambientales generados por los puntos críticos ubicados en zonas urbanas, afirmando que son los que presentan un mayor riesgo debido a la proximidad con la población circundante; asimismo, Murillo (2019) evaluó el impacto generado por los puntos críticos de origen urbano; sin embargo, sólo consideró los formados por residuos de construcción y demolición. La clasificación de los puntos críticos fue determinada por el autor, con base en los criterios señalados por el INEI (2018) en donde clasifican como espacio rural a aquella área que cuenta con menos de 100 viviendas agrupadas entre sí y como área urbana a los que sobrepasan las 100 viviendas, entre otras características particulares.

Según el registro de identificación de puntos críticos señalado en el Apéndice A, se estableció que 10 puntos críticos se ubicaron cerca de cuerpos de agua, siete cerca de cultivos agrícolas, nueve se encontraron cerca de las viviendas, establecimientos

comerciales, etc. (considerando dentro de los 75 m), además, los puntos PCCC-1 y PCCC-2 se encontraron próximos al océano; los resultados de la ubicación de dichos puntos son similar a lo mostrado por Soto (2018) quien manifestó que de forma general la mayor generación de puntos críticos se da cerca a los cuerpos de agua, y a las viviendas; por otro lado, Felix y Rodriguez (2020) señalaron que los habitantes forman puntos críticos cerca de las viviendas, principalmente en predios no habitados; asimismo, hay una gran tendencia a que se formen en las orillas de los cultivos agrícolas específicamente en zonas adyacentes a las acequias u otros cuerpos de agua, lo cual se debe principalmente a la acción de eliminar mediante incineración a cielo abierto los residuos sólidos generados que no son recogidos por el servicio de limpieza pública, los cuales terminan acumulados durante tiempos prolongados. Es importante señalar que la distribución de los puntos críticos estuvo determinada por las condiciones que se presentaron en cada lugar de estudio, tal cual lo mencionan, Buleje *et al.* (2020) quienes indican que en ciudades principales los puntos críticos se encuentran ubicados en lugares transitables, a diferencia de los espacios no urbanos en donde se ubican en zonas más alejadas de la población.

Respecto a la contaminación y vulnerabilidad del entorno, en los 12 puntos críticos se identificaron actividades como la quema de residuos, en dos se identificó entierro y/o esparcimiento de residuos, los cuales fueron PCVA-11 y PCVA-12; asimismo, en todos los puntos críticos se logró identificar la presencia de vectores, presencia de animales domésticos y la generación de olores desagradables; resultados similares fueron presentados por Felix y Rodriguez (2020) quienes indican que los puntos críticos además de presentar una gran variabilidad en la composición de residuos, son fuente de vectores y generan olores desagradables; asimismo, Lozano (2017) señala que la emisión de gases a la atmósfera como consecuencia de la incineración de residuos sólidos es una práctica común que se realiza con la finalidad de disminuir el volumen de los residuos y a la vez es uno de los principales riesgos que se generan como consecuencias de la inadecuada disposición de residuos sólidos.

Los puntos críticos presentaron variabilidad tanto en dimensión como en composición; de los 12 identificados, los de mayor tamaño estuvieron compuestos por residuos de construcción y demolición, como lo son el PCVA-12 del distrito de Végueta y el PCHO-5

del distrito de Huacho, ambos de riesgo significativo; no obstante, el punto PCCC-2 el cual a pesar de tener características similares a la de los puntos antes mencionados, se ha caracterizado por ser de riesgo moderado; esto se ve influenciado principalmente por la clasificación del punto crítico, puesto que, el punto PCHO-5 corresponde al tipo urbano, mientras que PCCC-2 corresponde al tipo rural. Murillo (2019) señala que los puntos críticos compuestos por residuos de construcción y demolición generan un alto impacto a la salud de la población, lo cual se debe principalmente a que se encuentran ubicados próximos a las viviendas; asimismo, también influye la distribución espacial de la población; puesto que, mientras la población tenga más contacto con los residuos, mayor será el riesgo que represente, tal es el caso del punto PCVA-12 en el cual se logró identificar a personas que realizan diversas actividades como reaprovechamiento de algunos materiales, así como niños que juegan en dicho lugar. Ortiz (2013) señala que una de las condiciones para establecer un punto crítico con ponderado alto es la ubicación y la interacción que mantienen los pobladores con dicho sitio contaminado.

#### **4.2. Niveles de metales pesados en el suelo de los puntos críticos de residuos sólidos**

Se evaluaron cinco metales pesados (Pb, Cr, Hg, Cd, As), los cuales fueron considerados como más representativos en los lugares contaminados con residuos sólidos (MINAM, 2014); dicha afirmación es validada por autores como Torres (2018), quien señala que los cinco metales pesados son los principales indicadores para evaluar la contaminación del suelo por residuos sólidos; del mismo modo, Quispe y Silvestre (2019) ratifican dichas afirmaciones al considerar el mismo grupo de metales pesados como indicadores para la evaluación de la contaminación ambiental de suelo a consecuencia de la disposición de residuos sólidos; no obstante, Felix y Rodríguez (2020) señalan que además de la evaluación de metales pesados es necesario evaluar macronutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio, con la finalidad de tener una mayor certeza de la pérdida de la calidad de suelo o el riesgo de una posible alteración de los cuerpos de agua cercanos por la infiltración de dichos macronutrientes. Asimismo, Zeng, *et al.* (2011) señala que es necesario evaluar el pH y el contenido de materia orgánica del suelo como indicador de la presencia de metales pesados, debido a que, en suelos de característica ácida, los metales pesados tienen mayor solubilidad y movilidad.

Los resultados de arsénico en los suelos de uso residencial / parques, presentaron un mínimo de 7,654 mg/kg, mientras que el valor máximo correspondió a 11,65 mg/kg, cabe señalar que los valores de este metal no superaron el ECA; lo mismo aconteció con los valores registrados en los suelos de uso agrícola, los cuales no superaron el valor del ECA para suelos; estos resultados coincidieron con lo señalado por Torres (2018) quien indica que al analizar el suelo de un botadero de residuos sólidos, los valores de arsénico se mantuvieron por debajo del ECA suelo; sin embargo, tienden a tener un aumento gradual cuando más alejado se encuentre al centro del botadero; caso contrario a lo mencionado por Quispe y Silvestre (2019) quienes señalan que la concentración de arsénico en el suelo de un botadero presentó valores hasta un máximo de 189,12 mg/kg en época seca y 180,58 mg/kg en época lluviosa. Los niveles de arsénico obtenidos no indican contaminación en el suelo; sin embargo es importante señalar que la concentración depende mucho de su persistencia y su capacidad de movilizarse fácilmente bajo condiciones naturales (Rangel *et al.*, 2015), lo cual podría llevar a la contaminación del agua, puesto que, al encontrarse disponible en el suelo, es posible su infiltración a los cuerpos de agua subterráneos y posteriormente su rápida inclusión en la cadena trófica en la cual se incluye al ser humano (Mandal y Suzuki, 2002).

Los valores obtenidos de cadmio mostraron que para el uso de suelo residencial / parque, el nivel se encuentra por debajo del ECA; sin embargo, para el uso de suelo agrícola, en cada uno de los puntos críticos el valor fue superado, teniendo un mínimo de 2,18 mg/kg y un máximo valor de 7,97 mg/kg; estos niveles fueron similares con los obtenidos por Torres (2018) quien registró en el suelo de un botadero niveles de Cd que superaron el ECA para el uso de suelo agrícola; sin embargo, dichos valores alcanzaron un valor de 2,2 mg/kg, estando cerca a los niveles más bajos obtenidos en la presente investigación; por el contrario, los datos difieren con lo establecido por Felix y Rodriguez (2020) quienes evaluaron el suelo agrícola contaminado por la disposición final de residuos sólidos y registraron valores de Cd menores a 0,1 mg/kg; dichos resultados se asemejan a los presentados por Quispe y Silvestre (2019) quienes presentaron valores de Cd por debajo del ECA en suelos agrícolas y del tipo residencial. La variación entre los resultados de la investigación y la de los autores consultados puede estar relacionado con el tiempo de permanencia de dichos puntos críticos, así como por el tipo de residuos que se puedan estar disponiendo en dichos lugares; Felix y Rodriguez (2020) señalan que con el paso del tiempo es probable que el nivel de contaminación por la concentración de metales pesados aumente significativamente, por lo

cual es aceptable que en la actualidad algunos lugares de acumulación de residuos presenten niveles de Cd y otros metales pesados en menor concentración.

Los niveles de cromo obtenidos en la investigación, fueron desde un mínimo de 6,345 mg/kg en el punto PCCC-2, hasta un máximo de 14,92 mg/kg en el punto PCVA-11, los datos obtenidos demostraron que ninguno de los puntos críticos sobrepasa el valor de 400 mg/kg establecido en el ECA suelo para uso de suelo residencial / parque; estos datos se encontraron dentro del rango presentado en la investigación realizada por Felix y Rodriguez (2020), quienes encontraron valores de cromo total desde los 14,4 hasta los 69,4 mg/kg, quienes consideran que no hay toxicidad en el suelo por la acumulación de residuos sólidos; del mismo modo Quispe y Silvestre (2019) registraron niveles de cromo desde los 1,235 hasta los 56,739 mg/kg en época seca y en época lluviosa desde los 1,31 hasta 25,6647 mg/kg, demostrando que en ninguna de las épocas muestreadas los valores superaron el ECA; sin embargo, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos señala que el nivel de cromo presente en el suelo que representa riesgos tóxicos corresponde al rango de 5 y 30 mg/kg (Mahecha-Pulido *et al.*, 2015).

Los resultados del análisis de mercurio mostraron valores por debajo del ECA, los valores fueron desde un mínimo de 0,11 hasta un máximo de 0,46 mg/kg; los datos obtenidos se asemejan con los de Torres (2018) quien registró valores de 0,37 mg/kg de mercurio en el suelo de un botadero de residuos sólidos; asimismo, Felix y Rodriguez (2020) registraron valores por debajo de los 0,4 mg/kg de mercurio en diversos puntos críticos de residuos sólidos; del mismo modo, Ferradas y Guerra (2019) demostraron que no hay diferencia significativa en los niveles de mercurio encontrado en los suelos de un botadero, obteniendo un valor de 0,38 mg/kg de dicho metal y en los blancos empleados un valor de 0,30 mg/kg. Queda demostrado entonces, que si bien la literatura señala que el mercurio es un elemento pesado que puede incorporarse al suelo y cuerpos de agua por la generación de lixiviados a consecuencia de la acumulación de residuos sólidos, es necesario que distintos factores externos se involucren para que la contaminación de suelo por mercurio u otro contaminante pueda ocurrir en un determinado lugar; tal cual lo refiere Pérez (2017) cuando menciona que la cantidad y calidad de los lixiviados están determinados por la geología y la meteorología del lugar así como por el tipo de residuo que se esté vertiendo en dicho lugar; cabe señalar

que los lixiviados pueden contener diversos compuestos como sustancias hidrocarbonadas, metales pesados, nitrógeno amoniacal, entre otras que pueden resultar perjudiciales para el entorno en el que se encuentran (Leiva y Carranza, 2012).

Los resultados del análisis de plomo mostraron que, para el uso de suelo residencial / parques, los valores se encontraron por debajo del ECA suelo, obteniendo valores entre 14,78 y 72,44 mg/kg; no obstante, en el uso de suelo agrícola, se registró que, dos puntos críticos sobrepasaron ampliamente estos niveles, tal es el caso de los puntos PCHA-7 con un valor de 109,99 mg/kg y el punto PCVA-11 con 678,56 mg/kg de plomo, el primero clasificado como un punto crítico rural en el distrito de Huaura y el segundo del tipo urbano en el distrito de Végueta; Felix y Rodriguez (2020) obtuvieron valores similares para el uso de suelo residencial, con valores de 34 hasta 88 mg/kg de plomo; sin embargo, para el uso de suelo agrícola los valores obtenidos difieren con los datos de la presente investigación, debido a que sólo obtuvieron un máximo de 24,8 mg/kg; del mismo modo, Ferradas y Guerra (2019) obtuvieron valores de 11,37 mg/kg; a ello se suma los datos de Barreto y Colque (2021) quienes registraron valores con una concentración menor a los 2 mg/kg en suelos de uso agrícola; por otro lado, Rosario (2020) registró valores de plomo con un máximo de 922,64 mg/kg, los cuales fueron los más cercanos a los valores mostrados en la presente investigación. Durante la toma de muestra en el distrito de Végueta se presenciaron residuos contaminados y parte del suelo con olor a combustible; asimismo, es preciso indicar que por la zona se logró observar estaciones de servicios de combustible, talleres mecánicos, entre otros; Castro (2005) analizó muestras de suelo provenientes de talleres mecánicos, encontrando valores de plomo entre 101.9 y 9480 mg/kg, evidenciando así que los talleres mecánicos y otros establecimientos de actividades similares representan un riesgo de contaminación si no realizan un adecuado desarrollo de sus actividades y disposición de sus residuos.

#### **4.3. Evaluación de riesgo ambiental de los puntos críticos de residuos sólidos**

Durante la evaluación de riesgos ambientales de los puntos críticos de cada uno de los distritos involucrados, se demostró que cada uno de estos presenta características particulares, teniendo mayor impacto en el entorno natural y en el entorno humano; tal cual



lo señala Lozano (2017) quien registro un mínimo de impacto en el entorno socioeconómico, priorizando alternativas de solución con respecto al entorno natural y humano.

#### **4.3.1. Determinación de escenarios de riesgo**

Para el entorno natural, se han determinado 4 escenarios fundamentales, a partir de los cuales se han derivado nueve escenarios de riesgo que van desde la generación de lixiviados por la descomposición de los residuos sólidos, hasta la incineración de estos. Para el entorno humano, se han establecido 4 escenarios fundamentales, a partir de los cuales se ha derivado 11 escenarios de riesgo, entre los que destacan la proliferación de vectores, la generación de metano y olores desagradables y la generación de daños físicos y biológicos son los más importantes por atender directamente con la salud de la población. Para el entorno socioeconómico, se ha considerado solo tres escenarios de riesgo, los cuales están estrictamente relacionados con el daño a la propiedad y disminución de ingresos económicos.

Murillo (2019) e Higuera (2010) establecen escenarios distintos para cada entorno evaluado, basándose en las prioridades según el entorno, lo cual es similar a lo establecido en la presente investigación; caso contrario con la investigación realizada por Lozano (2017) quien evaluó los tres entornos basándose en los mismos escenarios de riesgo, dejando resultados no tan convenientes para el entorno socioeconómico.

La principal diferencia entre el presente estudio y las investigaciones consultadas consiste en el escenario correspondiente a la generación de lixiviados, esto debido a que, durante el proceso de identificación de los puntos críticos, no se logró observar dicha particularidad; caso contrario a las afirmaciones señaladas por Murillo (2019), Lozano (2017) e Higuera (2010) quienes indican que la generación de lixiviados corresponde a uno de los escenarios de mayor relevancia de su investigación. Buchwald y Martínez (2018) señalan que la generación de lixiviados está relacionado con el porcentaje de materia orgánica putrescible, indican que también dependen otros factores como el tiempo de permanencia de la acumulación de residuos; es importante considerar que la provincia donde se desarrolló el presente estudio, presenta un nivel de precipitaciones bajas, presentando un tipo de clima

árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año, a excepción de sus distritos bajo y alto andinos (Castro *et al.*, 2021) por lo cual se deduce que la generación de lixiviados será menor, así como la incorporación de algunos contaminantes como los metales pesados, tal cual lo mencionan López *et al.* (2021) quienes indican que la cantidad de lixiviado generado está directamente relacionado con la precipitación pluvial de un determinado lugar, esto debido al contacto directo con los residuos contaminados, así como a través de la infiltración en el terreno.

#### **4.3.2. Probabilidad de ocurrencia, gravedad de las consecuencias y la estimación del riesgo**

##### **- Entorno natural**

El 50 % de los puntos críticos evaluados que corresponden a los distritos de Huacho, Huaura, Santa María y Végueta, presentaron a los escenarios de generación de metano y la generación de otros gases a la atmósfera con los valores más elevados; esto debido a que muchos de ellos están compuestos por una gran cantidad de residuos orgánicos; asimismo, en cada uno de los puntos se realiza actividades de incineración a cielo abierto, lo cual generó el incremento del riesgo ambiental; estos resultados coinciden con los mostrados por Lozano (2017) quien consideró la emisión de gases tóxicos por la quema de residuos, así como la, emisión de metano a la atmósfera como los escenarios con los niveles de riesgos más elevados; por otro lado, Murillo (2019) considera que el escenario con mayor riesgo ambiental es la emisión de partículas finas a la atmósfera, como consecuencia de las actividades de formación y eliminación de puntos críticos de residuos de construcción y demolición. Palacin y Pacheco (2020) señalan que, debido a la generación de olores desagradables, generación de vectores y a la contaminación visual ocasionada por los residuos, la población opta por la incineración de estos, originando otro problema que es frecuente en la totalidad de botaderos a nivel nacional.

##### **- Entorno humano**

Para la estimación de la probabilidad, la gravedad de las consecuencias y la estimación del riesgo del entorno humano, en más del 50 % de los puntos críticos evaluados, se evidenció la presencia y generación de vectores como el escenario de mayor nivel de riesgo,

esto debido a que en cada uno se logró observar la presencia de vectores como roedores e insectos, los cuales pueden ser perjudiciales para la salud de las personas que entran en contacto con los puntos críticos; además, se observó la presencia de animales menores como aves de corral que pertenecen a los hogares cercanos; los resultados coinciden en parte con Lozano (2017) quien señala que la generación de vectores representa un mayor riesgo en dicho entorno; asimismo, Murillo (2019) realiza un enfoque general y señala que en conjunto, diversos factores generan una afectación a la calidad de vida de la población, considerando la transmisión de enfermedades como uno de las principales consecuencias negativas. Higuera (2010) señala que la generación de vectores es un problema que genera consecuencias que pueden ser altamente perjudiciales para la salud de las personas, principalmente porque son fuente de transmisión de diversas enfermedades como rabia, fiebre tifoidea, peste bubónica, entre otros, las cuales pueden incluso causar la muerte en algunos individuos.

- Entorno socioeconómico

El escenario de mayor importancia que fue registrado correspondió a la disminución de potencial de inversión; esto debido a que muchos de los puntos críticos evaluados, se encontraron próximos a negocios, Instituciones Educativas particulares, entre otros, los cuales fueron perjudicados al no tener mucha concurrencia debido a la contaminación visual; y generación de olores desagradables; asimismo, algunos estuvieron próximos a lugares turísticos, tal es el caso del punto PCVA-11, que está próximo a la laguna las Totoritas en el distrito de Végueta, el cual se ve afectado por la presencia de los residuos sólidos; Delgado (2020) señala que, el principal impacto socioeconómico a causa de una inadecuada gestión de residuos corresponde a la disminución de actividades turísticas y de inversión; sin embargo, Lozano (2017), consideró como escenario de mayor riesgo la proliferación de vectores y la generación de lixiviados, evidenciando que, para el entorno socioeconómico no logró orientar adecuadamente los escenarios de riesgo que fueron sometidos a evaluación. Vallejo (2016), señala que, el impacto ocasionado por la inadecuada disposición de residuos sólidos genera costos económicos y sociales como la reducción de turismo, devaluación de propiedades y costos por salud de las personas afectadas directa e indirectamente.

### 4.3.3. Evaluación y caracterización del riesgo ambiental

Al evaluar de forma general, considerando los tres entornos para cada uno de los 12 puntos críticos, se demostró que nueve puntos críticos que representan el 75 % del total, han sido clasificados como nivel significativo, y los otros tres puntos críticos que representan el 25 % restante, fueron considerados en un nivel moderado; estos resultados se asemejan con lo presentado por Lozano (2017) quien identificó riesgos ambientales en el rango de moderado y significativo; caso contrario ocurre con los datos presentados por Buleje *et al.* (2020) quienes obtuvieron una clasificación final de los puntos críticos en el rango de moderado y leve; sin embargo, es preciso señalar que estos últimos no evaluaron otros indicadores como composición y niveles de metales pesados en el suelo de los puntos críticos; respecto a ello Felix y Rodriguez (2020) señala que es fundamental evaluar parámetros como metales pesados y macronutrientes para tener valores aceptables y lograr una adecuada evaluación de los riesgos ambientales.

Según la clasificación dada, se estableció que para el distrito de Caleta de Carquín, ambos puntos críticos representaron nivel de riesgo moderado; para el distrito de Hualmay, el punto crítico urbano representó riesgo significativo, mientras que el punto rural representó nivel moderado; los demás distritos presentaron riesgo significativo en cada uno de sus puntos críticos. Los resultados demostraron que hay una alta variación en el nivel de los riesgos de cada punto críticos según la clasificación brindada a cada uno; el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2008) señala que existen grandes diferencias entre el impacto ocasionado por la generación de residuos en zonas urbanas y zonas rurales, debido principalmente a la composición de residuos y al tratamiento que estos reciben. Los datos obtenidos, demuestran que los distritos costeros de la provincia de Huaura involucrados en la investigación, presentan carencias en la gestión de sus residuos sólidos y que a pesar de que actualmente se cuenta con un relleno sanitario en la provincia de Huaura, los riesgos ambientales están presentes y pueden ocasionar problemas a futuro; Vallejo (2016) señala que, el problema de los residuos sólidos sigue vigente, debido principalmente a que no existe una adecuada gestión y compromiso por parte de las partes involucradas las cuales deberían de estar enmarcadas dentro de una política ambiental.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Se identificaron y evaluaron 12 puntos críticos, priorizando el tamaño y la permanencia de estos, a su vez, fueron clasificados y se establecieron para cada distrito según la zona de ubicación en un punto crítico rural y otro urbano, a excepción del distrito de Huacho en el cual ambos correspondieron al tipo urbano, dejando como resultado final cinco puntos críticos del tipo rural y siete del tipo urbano.
- El nivel de metales los pesados encontrados en las muestras de suelo obtenidas en cada punto críticos fueron variables. Para el arsénico, los valores fueron desde 6,44 mg/kg hasta los 11,73 mg/kg, resultados por debajo del ECA en ambos usos de suelo. Los valores de Cd para el uso de suelo residencial / parque oscilaron entre 1,88 hasta 5,57 mg/kg, los cuales no superaron el nivel establecido en el ECA; para uso de suelo agrícola, fue de 2,18 hasta 7,97 mg/kg, superando el valor del ECA. Los valores de cromo para el uso de suelo residencial / parque fue desde un mínimo de 8,73 hasta 10,28 mg/kg, ambos no sobrepasaron el nivel del ECA. Los valores de mercurio obtenidos fueron desde los 0,11 hasta los 0,46 mg/kg, dichos valores estuvieron por debajo del ECA. Los resultados de plomo para el uso de suelo residencial / parques, fueron desde un mínimo de 14,78 hasta los 72,44 mg/kg, situándose por debajo del ECA; sin embargo, para el uso de suelo agrícola fue desde 16,87 hasta 678,56 mg/kg, sobrepasando ampliamente el valor del ECA.
- Siete puntos críticos fueron clasificados como urbanos, entre estos, seis representaron riesgos significativos, los cuales fueron: PCHY-3, PCHO-5, PCHO-6, PCHA-8, PCSM-9, PCVA-11; asimismo, los puntos críticos PCHO-5, PCHO-6 y PCVA-11 se caracterizaron por presentar un riesgo ambiental del 68 %, el punto PCHY-3 representó un riesgo ambiental del 64 % al igual que los puntos PCHA-8 y PCSM-9; por otro lado,

de los cinco puntos crítico-clasificados como rurales, solo PCHA-7, PCVA-12 y PCSM-10 fueron considerados como significativos, con un riesgo ambiental de 64 % para los dos primeros y 68 % para el último. Los puntos críticos PCCC-1 de tipo urbano y PCCC-2 y PCHY-4 de tipo rural fueron establecidos con un nivel moderado, con un riesgo ambiental de 60 % para el primero y 56 % para los dos últimos.

- Respecto a la evaluación según cada entorno, quedó demostrado que los puntos críticos de tipo rural representaron mayor riesgo ambiental para el entorno natural, esto debido a que del 100 % de los puntos de este tipo, el 80 % presentó riesgos significativos, a comparación del tipo urbano que se encontraron por debajo del 60 %; por el contrario, para el entorno humano, los puntos críticos del tipo urbano representaron mayor riesgo ambiental con el 100 % del total; mientras que el tipo rural correspondieron al 60 %; para el entorno socioeconómico ambos tipos de puntos críticos representaron el 100 % con un nivel moderado.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

- Ejecutar la identificación de todos los puntos críticos de residuos sólidos de los distritos costeros de la provincia de Huaura, a fin de obtener una base de datos real de la situación en la cual se encuentran cada uno, esto debido a que durante la investigación se observó que los distritos no cuentan con dicha información o en su defecto no tienen la información actualizada, por lo cual no optan por una toma de decisiones respecto a la problemática presentada.
- Reforzar la gestión y supervisión en materia ambiental a nivel nacional, dado que, existen vacíos y falta de compromiso de las partes involucradas; se sabe que actualmente existen diversos programas e instrumentos de gestión orientados a la erradicación de dichos puntos críticos de residuos sólidos, sin embargo, no todos los distritos cumplen o toman el interés a estos, debido a que no existe una adecuada supervisión de parte del gobierno central; un claro ejemplo es la promoción del cumplimiento del programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal Compromiso 3, en dicho programa incluye dentro de sus actividades la erradicación de puntos críticos; sin embargo, no es obligatoria para todas las municipalidades.
- Evaluar exhaustivamente la calidad de suelo de estos y otros puntos críticos de residuos sólidos, además es necesario incluir la evaluación de otros parámetros, puesto que, los valores que se han presentado en la reciente investigación respecto al As, Cd, Cr, Hg y Pb, indican un alto grado de contaminación en ciertos puntos críticos, dicha contaminación puede ir en aumento y generar consecuencias graves a futuro, que pueden afectar severamente a cada uno de los entornos evaluados en la presente investigación.

- Las autoridades de las entidades involucradas en la presente investigación consideren como parte de su base de datos la información presentada, a fin de que puedan realizar planes de gestión con el propósito de lograr priorizar acciones para erradicar y/o minimizar los riesgos que representa la inadecuada disposición de los residuos sólidos dentro de su jurisdicción, debido a que, no solo se ve afectada la parte ambiental, sino también la salud de las personas y el entorno socioeconómico. Es preciso señalar que, a cada municipalidad involucrada, se le hará presente un informe con la información detallada, para lograr una adecuada erradicación de los puntos críticos, debido a que generalmente, se realiza una limpieza superficial de los residuos, sin evaluar el impacto que estos pueden afectar de forma negativa directa e indirectamente a los entornos natural, humano y socioeconómico.

- Se propone la ejecución del “Plan de erradicación y monitoreo de puntos críticos de residuos sólidos basado en la evaluación de riesgos ambientales” como alternativa para monitorear y priorizar la erradicación de los puntos críticos en los distritos afectados. Mediante la implementación y ejecución de dicho plan se evaluarán los riesgos ambientales que generan los puntos críticos enfocándose en la evaluación de las zonas afectadas por los puntos críticos de residuos sólidos priorizando el entorno natural conformado por los componentes agua, aire y suelo (evaluación de niveles de metales pesados, macronutrientes (N, P, K), gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>), PM 10 y PM 2.5, niveles de pH, presencia de materia orgánica, conductividad eléctrica, entre otros); del mismo modo en el plan se propone la se evaluación de los entornos humano y socioeconómico; los detalles completos del plan se muestran en el Apéndice O.



## REFERENCIAS

- Agency for Toxic Substances and disease Registry. (2006). Chromium Toxicity. Case Studies in Environmental Medicine. <https://www.atsdr.cdc.gov/hec/csem/chromium/docs/chromium.pdf>
- Agency for Toxic Substances and disease Registry. (2009). Arsenic Toxicity. Case Studies in Environmental Medicine. <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/arsenic/cover-page.html>
- Árias, T. y Cárdenas, L. (2016). Impactos y riesgos ambientales en el combinado lácteo de Bayamo. Cuba (Parte I). *Tecnología Química*, 36 (2), 176-186. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S222461852016000200006&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S222461852016000200006&script=sci_abstract&tlng=en)
- Arroyo, M. y Ramírez, A. (2020). Dióxido de carbono, las dos caras. *Anales de química de la RSEQ*, 116 (2) 81 – 87. <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1316>
- Baderna, D., Maggioni, S., Boriani, E., Gemma, S., Molteni, M., Lombardo, A., Colombo, A., Bordonali, S., Rotella, G., Lodi, M. y Benfenati, E. (2011). A combined approach to investigate the toxicity of an industrial landfill's leachate: Chemical analyses, risk assessment and in vitro assays. *Environmental Research*, 111 (4) 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.01.015>
- Bartra, J. y Delgado, J. (2020). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medioambiental. *Ciencia Latina*, 4 (2) 993-1008. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v4i2.135](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v4i2.135) p. 993
- Beltrán, M. y Gómez, A. (2014) Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación. *I3+*, 2(2), 82-112. <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/113>
- Benavides, H. y León, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales– IDEAM.
- Bernache, G. (2015). La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales. *Sociedad y Ambiente*, 1 (7), 72-98. <https://www.redalyc.org/pdf/4557/455744912004.pdf>

- Bernache, M. y Rodriguez, M. (2015) Efecto del plomo en el crecimiento de plántulas de *Acacia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd. “espino” en condiciones de laboratorio. *Sagasteguiana*, 3 (1), 87 – 104. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/REVSAGAS/article/view/2012/1925>
- Bolaños, L., y Doreyi, L. (2020). *Revisión de la literatura sobre residuos sólidos aprovechables: Elementos plásticos y Tereftalato de Polietileno PET*. [Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Cali]. Repositorio Institucional de la Universidad Católica San Pablo. <http://repositorio.ucsp.edu.pe/handle/UCSP/16146>
- Buchwald, F. y Martínez, P. (2018). Producción de lixiviados, comparación del método de Tchobanoglous con experimentos en lisímetros. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*. 21 (42), 63 – 76. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15789>
- Buleje, R., Muñoz, Z., Reyes, B. y Tenorio, R. (2020). Evaluación del riesgo producido por puntos críticos de residuos sólidos en el distrito de comas utilizando el método Grey Clustering. <http://10.13140/RG.2.2.27302.68161>
- Bustos, C. (2009). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, 27, 121-144. <https://www.redalyc.org/pdf/1956/195614958006.pdf>
- Callirgos, A., y Mendez, C. (2016). *Gestión integral para el tratamiento de residuos sólidos en el Distrito de Trujillo. Provincia Trujillo. La Libertad*. [Tesis doctoral, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Digital de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2053>
- Casas, I., Gómez, E., Rodríguez, L., Girón, S. y Mateus, J. (2015). Hacia un plan nacional para el control de los efectos del mercurio en la salud en Colombia. *Biomédica*, 35, 8-19. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-41572015000500004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572015000500004)
- Castro, A, Davila, C., Laura, W., Cubas, F., Avalos, G., López, C., Villena, D., Valdez, M., Urbiola, J., Trebejo, I., Menis, L. y Marín, D. (2021). Climas del Perú: Mapa de clasificación climática nacional. Proyecto apoyo a la gestión del cambio climático. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Castro, G. y Valverde, G. (2005). *Evaluación de niveles de plomo en suelos de diez talleres de baterías para vehículos y en suelos afectados por la influencia vehicular*. [Tesis de grado, Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/1061/1/tnp33c355.pdf>

- Chen, H., Teng, Y., Lu, S., Wang, Y. y Wang, J. (2015). Características de la contaminación y riesgos para la salud de los metales pesados del suelo en China. *Science of the Total Environment*, 512, 143-153. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2313-29572022000200131#B9](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572022000200131#B9)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2016). Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2016: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los desafíos del financiamiento para el desarrollo. (LC/G.2684-P). <https://hdl.handle.net/11362/40326>
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, Informe sintético, CCA, 52 pp. <http://www.cec.org/es/publications/caracterizacion-y-gestion-de-los-residuos-organicos-en-america-del-norte/>
- Compañía Española de Petróleo. (2015). El Cambio Climático y los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en CEPSA. [https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp\\_Comp/Medio%20Ambiente\\_Seguridad\\_Calidad/Art%C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf](https://www.cepsa.com/stfls/CepsaCom/Coorp_Comp/Medio%20Ambiente_Seguridad_Calidad/Art%C3%ADculos/Dossier-Cambio-Climatico-y-GEI.pdf)
- Cortes, L. (2022) Revisión de alcance sobre el impacto ambiental, económico y de salud pública del arsénico, 2011 a 2021. <https://repository.urosario.edu.co/items/df69f10-b5c0-4bb7-a613-f009e7fe16fa>
- Cullen, J. y Maldonado, M. (2013). Biogeochemistry of cadmium and its release to the environment [Biogeoquímica del cadmio y su liberación para el medio ambiente]. *Metal Ions in Life Sciences*. 11, 31 – 62. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23430769/>
- Decreto Legislativo N.º 1278 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. 23 de diciembre de 2016. D.O. N.º 1466666
- Decreto Legislativo N.º 1501. (2020) [con fuerza de ley]. Por medio del cual se modifica el Decreto Legislativo N.º 1278, que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólidos. 11 de mayo de 2020. D.O. No. 1866220
- Decreto Supremo N.º 005 de 2012 [Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo]. Por la cual se aprueba el Reglamento de la Ley N.º 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. 25 de abril del 2012.

- Decreto Supremo N.º 014 del 2017 [Ministerio del Ambiente]. Mediante el cual se aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. 21 de diciembre del 2017.
- Decreto Supremo N.º 001 del 2022 [Ministerio del Ambiente]. Por el cual se modifica el Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM, y el Reglamento de la Ley N.º 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 005-2010-MINAM. 09 de enero del 2022.
- Decreto N.º 29810 del 2013 [Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible]. Mediante el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. 20 de diciembre del 2013. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56035>
- Defensoría del Pueblo. (2019). ¿Dónde va nuestra basura? Recomendaciones para mejorar la gestión de los residuos sólidos municipales. Biblioteca Nacional del Perú. <https://www.actualidadambiental.pe/libro-pdf-defensoria-publico-analisis-sobre-la-gestion-de-residuos-solidos-en-el-pais/>
- Denman, K., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, P., Dickinson, R., Hauglustaine, D., Heinze, C., Holland, E., Jacob, D., Lohmann, U., Ramachandran, S., Leite da Silva, P., Wofsy, S. y Zhang, X. (2007). *Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry*. [Acoplamiento entre cambios en el sistema climático y biogeoquímica]. Lawrence Berkeley National Lab - (LBNL). Berkeley, CA (Estados Unidos). <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc896229/m1/1/>
- Español, S. (2012). Contaminación con mercurio por la actividad minera. *Biomédica*, 32 (3). <https://www.redalyc.org/pdf/843/84324092001.pdf>
- Fazenda, A. y Tavares, M. (2016). Caracterización de residuos sólidos urbanos en Sumbe: Herramienta para gestión de residuos. *Ciencias Holguín*, 22 (4), 1-15. <https://www.redalyc.org/pdf/1815/181548029002.pdf>
- Felix, J. y Rodriguez, S. (2020). *Disposición final de residuos sólidos municipales en un relleno sanitario manual para la gestión ambiental- Distrito de Tayabamba – 2020*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23952>
- Gonzales, J. (2018). *Evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Cajamarca] Repositorio Institucional

Universidad Nacional de Cajamarca.  
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2238>.

Gonzalvo, W. (2018). *Diseño de plan de manejo ambiental para la gestión integral de desechos sólidos comunes en la Parroquia Rural San José del Tambo del Cantón Chillanes, Provincia Bolívar* [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29447>

Guido, P. (2017). Cambio climático: selección, clasificación y medidas de adaptación. *Instituto Mexicano de Tecnología del agua*, 1, 96. <http://hdl.handle.net/20.500.12013/1733>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ta edición). McGraw-Hill Interamericana. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Herrera, T. (2000) La contaminación con cadmio en suelos agrícolas. *Venesuelos*, 8 (1). 42 – 47. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_venes/article/view/1112](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/1112)

Higueras, L. (2010). *Residuos sólidos, contaminación y efecto del medio ambiente en el municipio de La Paz, creación de una norma específica que regule su tratamiento* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional de la Universidad Mayor de San Andrés. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/12879>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Perú: Perfil sociodemográfico. Informe Nacional XII Censo de Población. Lima. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf)

Lazo, J. y Ñañes, B. (2013). *El juego cooperativo en el reciclaje de residuos inorgánicos en la institución educativa N° 606 Callqui Chico, Huancavelica*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/543/TP%20-%20UNH%20INIC.%200004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Leal, L. (2002). *Estudio de los conocimientos, conductas, actitudes y recursos de los estudiantes de la ULPGC, ante la gestión de los residuos para la aplicación de una estrategia de educación ambiental basada en el modelo precede-procede*. [Tesis Doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria] Biblioteca de la ULPGC.

<http://www.fcb.uanl.mx/nw/es/media-bio/noticias/84-profesores/120-dra-libertad-leal-lozano>

- Leiva, A y Carranza, H. (2012). *Manejo del vertedero de residuos sólidos urbanos y su incidencia en la calidad ambiental de la ciudad de Valencia, año 2012. Plan de cierre*. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio Digital UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2332>
- León, D. y Peñuela, G. (2011). Trascendencia del metilmercurio en el ambiente, la alimentación y la salud humana]. *Producción + limpia*, 6 (2), 108 – 116. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S19090455201100020010&lng=en&tlng=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S19090455201100020010&lng=en&tlng=)
- Ley N° 28611 de 2005. Por la cual se aprueba la Ley General del Ambiente. (2005). <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Lominchar, M., Sierra, M., Rodríguez, J. y Millán, R. (2010). Estudio del comportamiento y distribución del mercurio presente en muestras de suelo recogidas en la ribera del río Valdezogues. España. <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/21379861>
- Londoño, L., Londoño, P. y Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 14 (2), 145 – 153. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- López, G. y Monzón, J. (2015). *Evaluación del impacto ambiental y propuesta de un plan de manejo de residuos municipales, del área urbana del distrito de Marcabal, Sanchez Carrión, La Libertad* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Bibliotecas UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/3266>
- López, J., Fornés, J., Ramos, G. y Villarroya, F. (2009). Las aguas subterráneas: un recurso natural del subsuelo. Instituto Geológico y Minero de España. [http://observatoriagua.uib.es/repositori/asoc\\_aguas\\_botin.pdf](http://observatoriagua.uib.es/repositori/asoc_aguas_botin.pdf)
- López, M., Ramírez, S. y Santos, R. (2021). Predicción de la generación de lixiviados en rellenos sanitarios de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad de Santa Clara Cuba. *Tecnología Química*. 41 (1), 47 – 59. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852021000100047](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852021000100047)
- Lozano, C. (2017). *Identificación y evaluación de riesgos ambientales en la disposición final de residuos sólidos en el distrito de Iari, provincia de Caylloma* [Tesis de Grado,

Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional de la UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4429>

- Lucho, C., Álvarez, M., Beltrán, R., Prieto, F. y Poggi, H. (2005). A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater. [Un análisis multivariado de la acumulación y fraccionamiento de elementos mayoritarios y traza en suelos agrícolas en el Estado de Hidalgo, México regados con aguas residuales crudas]. *Environmental International* 31 (3), 313 - 323. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412004001400>
- Mahecha-Pulido, J., Trujillo-Gonzales, J. y Torres-Mora, M. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la Región Ariari, Departamento de la Meta. *Orinoquia*, 19 (1), 118 - 122. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0121-37092015000100011&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-37092015000100011&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
- Mandal, B, y Suzuki, T. (2002). Arsenic round the world: a review. *Talanta*. [Arsénico alrededor del mundo: una revisión]. *Talanta*, 58 (1), 201 - 235. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914002002680>
- Mansour, M. y Shafy, H. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. [Residuos sólidos: fuentes, composición, disposición, reciclaje y valorización]. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27 (4), 1275 - 1290. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110062118301375>
- Mavropoulos, A., y Newman, D. (2015). Wasted Health—The Tragic Case of Dumpsites. [Salud desperdiciada: el trágico caso de los basureros]. *International Solid Waste Association, Vienna*. [https://www.researchgate.net/publication/281774422\\_Wasted\\_Health\\_the\\_tragic\\_case\\_of\\_dumpsites](https://www.researchgate.net/publication/281774422_Wasted_Health_the_tragic_case_of_dumpsites)
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). Programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal del año 2021. Guía para el cumplimiento de la Meta 3. MEF. <https://sites.google.com/minam.gob.pe/dggrs/coordinaciones/residuoss%C3%B3lid-os-municipales?authuser=>
- Ministerio del Ambiente. (2010). Guía de evaluación de riesgos ambientales. MINAM. [https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/guia\\_riesgos\\_ambientales.pdf](https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/guia_riesgos_ambientales.pdf)

- Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para el Muestreo de Suelos. MINAM. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12098/02\\_guia-muestreo-de-suelos.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12098/02_guia-muestreo-de-suelos.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. Lima: MINAM. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>
- Ministerio del Ambiente. (2020). Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales. MINAM. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/523790/Gu%C3%ADa\\_para\\_la\\_caracterizaci%C3%B3n\\_rsm-29012020\\_\\_1\\_.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/523790/Gu%C3%ADa_para_la_caracterizaci%C3%B3n_rsm-29012020__1_.pdf)
- Molina, M., Aguilar, P. y Cordovez, C. (2010). Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia & Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. 8 (1), 77-88. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599145>
- Municipalidad Distrital Caleta de Carquín. (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales.
- Municipalidad Distrital de Végueta. (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales.
- Municipalidad Provincial de Huaura. (2016). Plan de Desarrollo Local Concertado 2016 – 2021 actualizado – Provincia de Huaura.
- Murillo, J. (2019). *Evaluación de los residuos sólidos generados por las construcciones en la urbanización Paseo del Mar, Nuevo Chimbote – 2019*. [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58440>
- Nordberg, G. (2012). Capítulo 63 Metales: propiedades químicas y toxicidad. Organización Internacional del Trabajo. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización ambiental de los residuos sólidos. [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=6471](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=6471)



- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial - Informe 2014 – 2015: Índice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional. <https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/57>
- Organismo Mundial de la Salud. (2017) El mercurio y la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- Organismo Mundial de la Salud. (2022) Intoxicación por plomo y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Propiedades del suelo*. Portal de suelos de la FAO. <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Ortiz, A. (2013). *Estrategias de mitigación, eliminación y recuperación para puntos críticos de aseo prioritarios en la localidad de Fontibón, UPZ 75*. [Tesis de Grado, Universidad Libre]. Repositorio Institucional UNILIBRE. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10618>
- Ortiz, M., Sánchez, E., Rodríguez, A. y Castrejón, M. (2015). Residuos. García, G., Coz, A. y Peña, T. (Eds.) *Reporte mexicano de cambio climático*. 1 (3) pp. 137 – 159. [https://www.uaem.mx/dgds/files/libros/2015\\_Capitulo%207.%20Residuos.pdf](https://www.uaem.mx/dgds/files/libros/2015_Capitulo%207.%20Residuos.pdf)
- Palacin, N. y Pacheco, L. (2020). *Acciones antrópicas e impacto socioambiental del botadero de residuos sólidos Rumiallana en el Distrito de Yanacancha- Pasco, 2019*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio UNDAC. [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2015/1/T026\\_71210314\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2015/1/T026_71210314_T.pdf)
- Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R. y Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14 (27), 9-18. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-83672020000100009&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-83672020000100009&script=sci_abstract&tlng=es)
- Padilla, A. y Villegas, E. (2018) Deposition of particles of soot on the surface of the leaves of ficus (*Ficus macrophylla*) as an indicator of air contamination in the urban ecosystem of Florida Baja-Chimbote. *Ecología aplicada*, 17 (1), 98 – 105. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162018000100011](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162018000100011)

- Pérez, P. y Azcona, M. (2012) Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17 (3), 199 - 205. <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
- Pérez, J. (2019). *Diagnóstico situacional del servicio de limpieza pública del distrito de Íllimo, Lambayeque - Perú, 2019*. [Tesis de grado, Universidad de Lambayeque]. Repositorio Institucional Universidad de Lambayeque. <https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/329>
- Peris, M. (2006). *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón*. [Tesis doctoral, Universitat de València]. Repositorio institucional de la Universitat de València. <https://roderic.uv.es/handle/10550/15104>
- Pineda, M. y Rodríguez, A. (2015). Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación. *I3+*, 2 (2), 82-112. <https://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/113/111>
- Piza, I., Jarrín, I. y Camino, J. (2020) El impacto ambiental que ocasiona el basurero a cielo abierto en el recinto la Hernestina del cantón Montalvo. *Uniandes EPISTEME. Revista digital de Ciencia, Tecnología e Innovación*. 7, 643 - 654. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8298040>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2008). Directrices sobre mejoras técnicas disponibles y orientación provisional sobre mejores prácticas ambientales. SRO - Kundig. <http://www.brsmeas.org/Resources/Shared/scripts/appPubKit/docs/06a-StockholmConvention-GuidelinesBATBEP.Spanish.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). Las emisiones de metano están acelerando el cambio climático. ¿Cómo podemos reducirlas? <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/las-emisiones-de-metano-estan-acelerando-el-cambio-climatico>  
como#:~:text=El%20metano%20es%20el%20principal,poderoso%20gas%20de%20efecto%20invernadero.
- Quispe, C. y Silvestre. (2019). *Nivel de concentración de metales pesados en relación a los estándares de calidad ambiental (ECAs-suelo), en el suelo del área de influencia directa del botadero de Pampachacra, distrito, provincia y departamento de Huancavelica* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3075>

- Quispicuro, V. (2014) Descripción de los efectos de los óxidos de carbono (CO<sub>2</sub> y CO) en ambientes interiores y exteriores. *Revista de investigación universitaria*. 4 (1), 11 – 15. <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/661>
- Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina*. 63(1), 51 – 64. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477>
- Ramírez, A. (2013). Exposición ocupacional y ambiental al arsénico. Actualización bibliográfica para investigación científica. *Anales de la Facultad de Medicina*. 74 (3), 237 – 248. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832013000300014](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832013000300014)
- Rangel, E., Montañez, L., Luevanos M. y Balagurusamy, N. (2015). Impacto del arsénico en el medio ambiente y su transformación microbiana. *Tierra Latinoamericana*, 33 (2), 103 – 118. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792015000200103](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200103)
- Rodríguez, Y (2023). *Diseño de un plan de acción para minimizar los riesgos ambientales que ocasiona el botadero municipal del cantón La Libertad. Santa Elena, 2022-2023* [Tesis de Grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023]. Repositorio UPSE. <https://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., y Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura FAO. <https://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- Rosario, L. (2020). *Afectación del suelo por metales pesados: plomo, cadmio y cromo vi por la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashjirca, en el distrito y provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional UNASAM. [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4621/T03\\_3\\_46371191\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4621/T03_3_46371191_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salas-Marcial, C., Garduño-Ayala, M., Mendiola-Ortiz, P., Vences-García, J., Zetina-Román, V., Martínez-Ramírez, O., y Ramos-García, M. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 20 (1), 1 - 15. <https://www.redalyc.org/journal/813/81359562002/html/>

- Salazar, I. (2018). *Manejo de residuos sólidos en las empresas alimentarias*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3586>
- Salmerón, Y., Cabrera, R., Sampedro, M., Rosas, J., Rolón, J. y Juárez, A. (2017). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 4 (1), 69 – 79. [http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/1063/ART\\_12474591\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/1063/ART_12474591_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sarmiento, L., Meléndez, M. y Loyola, J. (2016). Residuos y áreas verdes – Ministerio del Ambiente. <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1584.pdf>
- Saynes, V., Etchevers, J., Paz, F. y Alvarado, L. (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*, 34 (1), 83 – 96. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792016000100083](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000100083)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2002). *Compendio de estadísticas ambientales*. Informe de la situación del medio ambiente en México - SEMARNAT. [https://paot.org.mx/centro/inesemarnat/informe02/estadisticas\\_2000/Presentacion/index.htm](https://paot.org.mx/centro/inesemarnat/informe02/estadisticas_2000/Presentacion/index.htm)
- Sharma, P. y Dubey, R. (2005). Toxicidad del plomo en las plantas. *Revista Brasileña de Fisiología Vegetal*, 17, 1 - 19. <https://www.scielo.br/j/bjpp/a/7yTrYC5ScbBVXZrwMSvVHFg/?lang=en>
- Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo. (2008). Glossary of Soil Science terms. *Madison*. 38. <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>
- Soto, D. (2018). *Evaluación de riesgos ambientales ocasionados por la disposición de residuos sólidos al río Sicra mediante sistemas de información geográfica ciudad de Lircay-Huancavelica*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1739>
- Tarazona, J. (2014). Pollution, Soil. [Contaminación del suelo]. *Encyclopedia of Toxicology*. 1019–1023. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123864543005315>.

- Torres, N. (2018). *Evaluación de la concentración de metales pesados como As, Cu, Cd, Hg y Pb en el botadero de Cancharani de la ciudad de Puno*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional del Altiplano <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9412>
- Vallejo, U. (2016). *Análisis del impacto social y ambiental de la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio de Aguadas, Caldas* [Tesis de Maestría, Universidad de Manizales]. Repositorio Institucional Universidad de Manizales <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2863>
- Vargas, V. (2007). *Estadística descriptiva para ingeniería ambiental con SPSS*. Editora Viviana Vargas Franco. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52004>
- Vicari, R. (2015). *Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector residuos*. La economía del cambio climático en la Argentina. (Serie Medio ambiente y desarrollo). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39360>
- Wu, G., Kang, H., Zhang, X., Shao, H., Chu, L. y Ruan, C. (2010). A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities. *Journal of hazardous materials*, 174 (1), 1-8.
- Zeng, F., Ali, S., Zhang, H., Ouyang, Y., Qiu, B., Wu, F. y Zhang, G. (2011). The Influence of pH and Organic Matter Content in Paddy Soil on Heavy Metal Availability and Their Uptake by Rice Plants. *Environmental Pollution*, 159 (1), 84 – 91. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.09.019>

## TERMINOLOGÍA

**Acuífero:** Capa o capas de alguna formación geológica que presenta propiedades permeables y porosas necesarias para permitir o retener el flujo de aguas subterráneas (López *et al.*, 2009).

**Áreas degradadas:** Espacio no autorizado en el cual se ha acumulado permanentemente residuos sólidos municipales y que no cuenta con consideraciones técnicas establecidas por la normativa vigente (MINAM, 2017).

**Botaderos:** Lugar en el cual se realiza la disposición final de residuos sólidos indiscriminadamente, presentando déficit en el control de operaciones y protección al ambiente, ocasionando diversos impactos significativos (Mavropoulos y Newman, 2015).

**Cambio climático:** Variación de los patrones del clima con características estables y durables, ocurridos a nivel global en periodos de tiempo que pueden alcanzar los millones de años (Guido, 2017)

**Caracterización de residuos sólidos:** Herramienta mediante el cual es posible conocer la composición de los residuos sólidos en un ámbito geográfico (MINAM, 2020).

**Fiscalización ambiental:** Acción realizada por alguna entidad del estado a fin de velar por el pleno cumplimiento de las obligaciones ambientales que le corresponden a alguna persona natural o jurídica (OEFA, 2014).

**Impacto ambiental:** Alteración o cambio que sufren los componentes del ambiente o las interrelaciones de dichos componentes, como consecuencia de actividades, proyectos y/o decisiones (MINAM, 2010).

**Lixiviado:** Es aquel líquido que resulta de la degradación de los desechos sólidos acumulados en un determinado lugar y que contiene contaminantes que se desprenden de los residuos de los cuales se origina (MINAM, 2010).

**Peligro:** Peculiaridad que es capaz de generar algún tipo de amenaza o perjuicio a las personas, a alguna propiedad o incluso al ambiente (Reglamento de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo).

**Potencial de hidrógeno (pH):** Es la medida que permite determinar la concentración iones hidrógeno y permite indicar por valores de 1 al 14, el grado de alcalinidad o acidez de alguna solución acuosa (MINAM, 2010).

**Puntos críticos de residuos sólidos:** lugares en los cuales se realiza la disposición temporal de residuos sólidos de manera inadecuada, generando problemas ambientales y sociales (Decreto Supremo 014-2017-MINAM, 2017)

**Relleno sanitario:** Sitios donde se aplican técnicas de ingeniería para realizar la adecuada disposición de los residuos sólidos; asimismo, donde se controla las emisiones de gases, lixiviados y proliferación de vectores, a fin de evitar la contaminación ambiental (MINAM, 2010).

**Riesgo:** Probabilidad de que algún peligro genere consecuencias que pueden ocasionar daños a las personas, materiales e infraestructuras y al ambiente (Reglamento de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo).

## APÉNDICES

### Apéndice 1

*Formato de registro de identificación de puntos críticos*

<b>REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>				
DISTRITO		VOLUMEN		
PROVINCIA		CLASIFICACIÓN		
DEPARTAMENTO		COORDENADAS	E:	
CÓDIGO		UTM	N:	
Observaciones:				
ITEMS			SI	NO
UBICACIÓN (considerando 75 m de distancia)				
Cerca a cuerpos de agua(lagos, canales de regadío, etc.).				
Cerca a cultivos agrícolas				
Cerca de Áreas Naturales Protegidas				
Cerca a la población (viviendas, colegios, establecimientos comerciales, etc.).				
Cerca a restos arqueológicos, patrimonios culturales, etc.).				
Otros				
CONTAMINACIÓN Y VULNERABILIDAD DEL ECOSISTEMA CIRCUNDANTE				
Se realiza quema de los residuos sólidos				
Se realiza entierro o esparcimiento de residuos sólidos				
Hay presencia de lixiviados				
Hay presencia de vectores (roedores, insectos, etc.).				
Hay presencia de animales domésticos				
Hay presencia de olores desagradables				
Otros				

*Nota:* Adaptado de la Guía del cumplimiento de la Meta 3, por MEF, 2021.



## Apéndice 2

### Galería de fotos del punto crítico PCCC-1



### Apéndice 3

#### Galería de fotos del punto crítico PCCC-2



## Apéndice 4

### Galería de fotos del punto crítico PCHY-3



## Apéndice 5

### Galería de fotos del punto crítico PCHY-4



## Apéndice 6

### Galería de fotos del punto crítico PCHO-5



## Apéndice 7

### Galería de fotos del punto crítico PCHO-6



## Apéndice 8

### Galería de fotos del punto crítico PCHA-7



## Apéndice 9

### Galería de fotos del punto crítico PCHA-8





## Apéndice 10

### Galería de fotos del punto crítico PCSM-9



## Apéndice 11

### Galería de fotos del punto crítico PCSM-10



## Apéndice 12

### Galería de fotos del punto crítico PCVA-11



## Apéndice 13

### Galería de fotos del punto crítico PCVA-12



# Apéndice 14

## Informe de laboratorio - Metales pesados



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE - 047



### INFORME DE ENSAYO N° 166718-2022 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : TOLEDO VELIZ LUIS ALBERTO  
**DOMICILIO LEGAL** : DISTRITO VESUETA - PROVINCIA DE HUANCA - VESUETA - LIMA - HUANCA  
**SOLICITADO POR** : TOLEDO VELIZ LUIS ALBERTO  
**REFERENCIA** : EVALUACIÓN DE RESERVO RESIDUALES DE PUNTOS CRÍTICOS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y RURALES EN LOS DISTRITOS COSTEROS DE LA PROVINCIA DE HUANCA - LIMA  
**PROVENIENCIA** : DISTRITOS COSTEROS DE LA PROVINCIA DE HUANCA  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2022-10-18  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2022-10-18 AL 2022-10-26  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2022-10-12 AL 2022-10-13  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Metales: Arsénico, Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio	EPA 3050-B (1996) / Method 200.7 Rev. 6.4 SMNC Weiss (1994). Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.

Cod. PI-003 / Versión 10 / FE: 05/2022

*[Firma]*  
**Ing. Manu Tello Paucar**  
 Director Técnico  
 C.I.P. N° 219824  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.  
**EXPERTS WORKING FOR YOU**

NOTIFICACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de parabilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para consultar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Laboratorios Av. Naciones Unidas N° 1585 Urb. Chozas Rías Norte - Lima y Pasaje Gloria de Martín de Tarrar N° 2879 Urb. Chozas Rías Norte - Lima  
 • Central Telefónica (511) 425-0885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2



INFORME DE ENSAYO N° 166718-2022 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo																																			
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo																																			
Fecha de muestreo	2022-10-12	2022-09-12	2022-10-12	2022-10-12																																			
Hora de inicio de muestreo (H)	08:00	08:30	09:00	09:30																																			
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada																																			
Código del Cliente	PC 00CE	PC 02CC	PC 03MY	PC 04HY																																			
Código del Laboratorio	22101469	22101470	22101471	22101472																																			
<b>ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA (SEDE LDMA 1)</b>																																							
Ensayo	L.D.N.	Unidades	Resultados																																				
<b>Metasles</b>																																							
Arsénico (As)	0.17	mg/kg	11.65	5.34																																			
Cadmio (Cd)	0.01	mg/kg	2.46	2.99																																			
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	9.17	6.34																																			
Mercurio (Hg)	0.10	mg/kg	0.37	0.46																																			
Ploomo (Pb)	0.08	mg/kg	72.44	21.16																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto declarado</th> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> </tr> <tr> <th>Matriz analizada</th> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> </tr> <tr> <th>Fecha de muestreo</th> <td>2022-10-12</td> <td>2022-09-12</td> <td>2022-10-12</td> <td>2022-10-12</td> </tr> <tr> <th>Hora de inicio de muestreo (H)</th> <td>10:30</td> <td>11:00</td> <td>11:30</td> <td>01:00</td> </tr> <tr> <th>Condiciones de la muestra</th> <td>Conservada</td> <td>Conservada</td> <td>Conservada</td> <td>Conservada</td> </tr> <tr> <th>Código del Cliente</th> <td>PC05 HO</td> <td>PC05 HO</td> <td>PC07HA</td> <td>PC08HA</td> </tr> <tr> <th>Código del Laboratorio</th> <td>22101473</td> <td>22101474</td> <td>22101475</td> <td>22101476</td> </tr> </thead> </table>					Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Fecha de muestreo	2022-10-12	2022-09-12	2022-10-12	2022-10-12	Hora de inicio de muestreo (H)	10:30	11:00	11:30	01:00	Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Código del Cliente	PC05 HO	PC05 HO	PC07HA	PC08HA	Código del Laboratorio	22101473	22101474	22101475	22101476
Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo																																			
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo																																			
Fecha de muestreo	2022-10-12	2022-09-12	2022-10-12	2022-10-12																																			
Hora de inicio de muestreo (H)	10:30	11:00	11:30	01:00																																			
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada																																			
Código del Cliente	PC05 HO	PC05 HO	PC07HA	PC08HA																																			
Código del Laboratorio	22101473	22101474	22101475	22101476																																			
<b>ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA (SEDE LDMA 1)</b>																																							
Ensayo	L.D.N.	Unidades	Resultados																																				
<b>Metasles</b>																																							
Arsénico (As)	0.17	mg/kg	7.64	9.24																																			
Cadmio (Cd)	0.03	mg/kg	1.89	2.16																																			
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	9.89	9.19																																			
Mercurio (Hg)	0.10	mg/kg	0.27	0.13																																			
Ploomo (Pb)	0.08	mg/kg	14.78	24.60																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto declarado</th> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> </tr> <tr> <th>Matriz analizada</th> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> <td>Suelo</td> </tr> <tr> <th>Fecha de muestreo</th> <td>2022-10-12</td> <td>2022-10-12</td> <td>2022-10-13</td> <td>2022-10-13</td> </tr> <tr> <th>Hora de inicio de muestreo (H)</th> <td>02:30</td> <td>03:30</td> <td>01:00</td> <td>01:00</td> </tr> <tr> <th>Condiciones de la muestra</th> <td>Conservada</td> <td>Conservada</td> <td>Conservada</td> <td>Conservada</td> </tr> <tr> <th>Código del Cliente</th> <td>PC09SH</td> <td>PC10EM</td> <td>PC13XA</td> <td>PC12WA</td> </tr> <tr> <th>Código del Laboratorio</th> <td>22101477</td> <td>22101478</td> <td>22101479</td> <td>22101480</td> </tr> </thead> </table>					Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Fecha de muestreo	2022-10-12	2022-10-12	2022-10-13	2022-10-13	Hora de inicio de muestreo (H)	02:30	03:30	01:00	01:00	Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Código del Cliente	PC09SH	PC10EM	PC13XA	PC12WA	Código del Laboratorio	22101477	22101478	22101479	22101480
Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo																																			
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo																																			
Fecha de muestreo	2022-10-12	2022-10-12	2022-10-13	2022-10-13																																			
Hora de inicio de muestreo (H)	02:30	03:30	01:00	01:00																																			
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada																																			
Código del Cliente	PC09SH	PC10EM	PC13XA	PC12WA																																			
Código del Laboratorio	22101477	22101478	22101479	22101480																																			
<b>ENSAYO ACREDITADO ANTE INACAL-DA (SEDE LDMA 1)</b>																																							
Ensayo	L.D.N.	Unidades	Resultados																																				
<b>Metasles</b>																																							
Arsénico (As)	0.17	mg/kg	0.43	0.44																																			
Cadmio (Cd)	0.03	mg/kg	2.94	2.71																																			
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	8.73	9.78																																			
Mercurio (Hg)	0.10	mg/kg	0.39	0.11																																			
Ploomo (Pb)	0.08	mg/kg	14.91	16.97																																			

L.D.N.: Límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportados en base seca.

Lima, 28 de Octubre del 2022.

EXPERTS WORKING FOR YOU

Cod: F1002 / Versión 10 / FE: 05/09/2022

DISCLAIMER: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Los usuarios serán responsables de acuerdo al período de validez del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para cualquier información del presente informe comuníquese al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación en autorizada, fecha e identificación del contenido con la presencia de una documentación legal y de calidad pueden ser procesada de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorias: Av. Naciones Unidas N° 1908 Urb. Gracia Rica Norte - Lima y Pasaje Coronado Norte de Torero N° 2579 Urb. Gracia Rica Norte - Lima  
+ Central Telefónica (511) 425-6868 + Web: www.sagperu.com + Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 2

## **Apéndice 15**

*Propuesta del Plan de erradicación y monitoreo de puntos críticos de residuos sólidos basado en la evaluación de riesgos ambientales*

### **PLAN DE MONITOREO Y ERRADICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS DE RESIDUOS SÓLIDOS BASADO EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES**

#### **1. Objetivos**

##### **1.1. Objetivo General**

Implementar un programa integral que priorice la erradicación y monitoreo de puntos críticos de residuos sólidos basado en la evaluación de riesgos ambientales

##### **1.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar los riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos.
- Realizar un programa de monitoreo de los componentes ambientales según las características de los puntos críticos (aire, agua y suelo)
- Complementar al actual plan de erradicación y prevención de puntos críticos de residuos sólidos propuestos por el OEFA a nivel nacional.
- Articular a los niveles de gobiernos a fin de cooperar para lograr el adecuado desarrollo del programa en mención.
- Realizar una adecuada recuperación del área afectada a través de métodos de remediación u otros que sean necesarios.

#### **2. Metodología**

Para el desarrollo del programa de erradicación y monitoreo de puntos críticos de residuos sólidos basado en la evaluación de riesgos ambientales es necesario trabajar de manera inclusiva, transparente y participativa. Para el desarrollo del programa será necesario implementar y/o incluir diversos planes y programas municipales como programa

EDUCCA, RECICLA, PLANEFA, entre otros; asimismo es fundamental que el desarrollo de actividades se realice bajo el cumplimiento de las normativas actuales.

## **2.1. Procedimiento**

### **A. De la Gestión Pública Ambiental**

- Fortalecimiento de las políticas ambientales en cada distrito (creación de ordenanzas y decretos).
- Convenios interinstitucionales con universidades, colegios, empresas y otras entidades públicas y privadas en relación a la gestión ambiental.
- Implementación de planes y programas de gestión ambiental (PLANEFA, EDUCCA, RECICLA, PIGARS, PMR, entre otros).
- Alineación con diversos planes y programas de gestión ambiental en cada distrito.

### **B. Ejecución del programa de erradicación y monitoreo de puntos críticos de residuos sólidos basado en la evaluación de riesgos ambientales.**

- Identificación y georreferenciación de los puntos críticos de residuos sólidos.
- Implementación y/o actualización de un inventario de puntos críticos de residuos sólidos por distrito (incluyendo puntos críticos potenciales).
- Evaluación de la calidad ambiental de las zonas afectadas por los puntos críticos de residuos sólidos (evaluación de niveles de metales pesados, macronutrientes (N, P, K), gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>), PM 10 y PM 2.5, niveles de pH, presencia de materia orgánica, conductividad eléctrica, entre otros).
- Evaluación de los riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos.

### **C. De la evaluación de riesgos ambientales**

Para la evaluación de los riesgos ambientales de los puntos críticos de residuos sólidos es necesario el desarrollo de diversos procedimientos, los cuales se muestran a continuación:



a. Identificación de los peligros

Primero, se identificarán los peligros que van a generar algún tipo de riesgo, para ello se establecerá el área en donde se encontrará el punto crítico y la zona circundante con potencial a sufrir algún tipo de riesgo proveniente del mismo.

b. Determinación de escenarios

Luego de tener identificado todos los peligros posibles, se realizará una propuesta de posibles escenarios de riesgo; para el desarrollo de esta fase será necesario emplear una tabla de doble entrada, en la cual se insertará la actividad relacionada con la formación, permanencia y eliminación incorrecta de los puntos críticos identificados.

c. Estimación de la probabilidad

Se asignará una probabilidad de ocurrencia para cada uno de los escenarios establecidos en la fase anterior. En la Tabla 1, se especifica el valor que se le otorga según la probabilidad de ocurrencia.

**Tabla 1**

*Valores establecidos según la probabilidad de consecuencias*

VALOR	PROBABILIDAD
5	Muy probable < a una vez por semana
4	Altamente probable > a una vez por semana y < a una vez al mes
3	Probable > a una vez por mes y < que una vez al año
2	Posible > a una vez al año y < cada 05 años
1	Poco probable > a una vez cada 05 años

*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, por MINAM (2010).

La probabilidad de ocurrencia para cada uno de los escenarios de riesgo en la investigación será priorizada según lo observado durante la fase de observación y siguiendo la información establecida en la literatura, a fin de lograr el otorgamiento de un valor para cada uno de estos.

#### d. Estimación de gravedad de consecuencias

Para calcular el valor de la gravedad de las consecuencias, se estimará, considerando tres entornos de manera diferenciada (natural, humano y socioeconómico), todo ello siguiendo las fórmulas propuestas en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales (MINAM, 2010):

- Gravedad entorno natural = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + calidad del medio.
- Gravedad entorno humano = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + población afectada.
- Gravedad entorno socioeconómico = cantidad + 2 peligrosidad + extensión + patrimonio y capital productivo.

Respecto a las fórmulas presentadas:

- La cantidad de la sustancia, material u otro componente emitido al entorno.
- La peligrosidad que puede generarse a consecuencia de alguna sustancia en particular.
- La extensión del alcance generado a consecuencia del impacto ocasionado.
- La calidad del medio está referido a las consecuencias, cambios y/o alteraciones que pueden surgir como resultado del impacto generado.
- La población afectada corresponde al total de individuos que se encuentran involucrados en la zona de riesgo.
- El patrimonio y capital productivo está representado por la valoración que presentan dentro de su entorno.

**Tabla 2**

*Rango del límite del entorno natural*

VALOR	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso (emplazamiento)	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Baja

*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, MINAM (2010).

**Tabla 3***Rango del límite del entorno humano*

VALOR	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy alto
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso (emplazamiento)	Bajo
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Muy bajo

*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, MINAM (2010).

**Tabla 4***Rango del límite del entorno socioeconómico*

VALOR	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	PATRIMONIO Y CAPITAL PRODUCTIVO
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual	Baja

*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, MINAM (2010).

Posteriormente, será necesario asignar un valor para referirse a la gravedad de las consecuencias de cada entorno, el cual deberá estar representado por un intervalo entre uno y cinco tal cual se muestra en la Tabla 5

**Tabla 5***Valoración asignada según gravedad de consecuencias*

VALOR	VALORACIÓN	VALOR ASIGNADO
Crítico	20 – 18.5	5
Grave	17 – 15.4	4
Moderado	14 – 11.3	3
Leve	10 – 8.2	2
No relevante	7 – 5	1

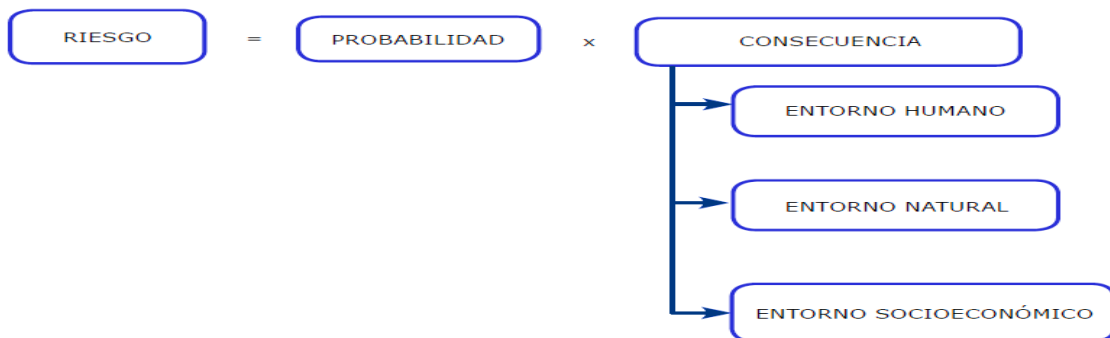
*Nota.* Adaptado de Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, MINAM (2010).

e. Estimación del riesgo ambiental

Para el cálculo de la estimación del riesgo ambiental será necesario operar con los valores obtenidos en la estimación de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias según el entorno evaluado (Figura 1).

**Figura 1**

*Estimación del riesgo ambiental*



*Nota.* De MINAM. (2010). Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales p. 31.

Para realizar la estimación de los riesgos ambientales, es necesario el desarrollo de tres tablas de doble entrada (una para cada entorno considerado); es necesario que, en cada una de las tablas desarrolladas se consideren cada uno de los escenarios propuestos, su probabilidad y consecuencia. La Figura 2 muestra el llenado de los valores en la tabla de doble entrada según su probabilidad y consecuencia; paralelamente muestra los rangos de valores de acuerdo con la clasificación del nivel de riesgo.

**Figura 2**

*Tabla de doble entrada para la estimación del riesgo ambiental*

		Consecuencia				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2	E1				
	3					
	4			E2		
	5					

	Riesgo Significativo :	16 - 25
	Riesgo Moderado :	6 - 15
	Riesgo Leve :	1 - 5





*Nota.* De MINAM. (2010). Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales p. 32.

f. Evaluación y caracterización del riesgo ambiental

En esta etapa, se promediará cada uno de los entornos establecidos (en porcentaje), posteriormente se realizará la adición y se hallará la media de los tres entornos, con dichos datos se obtendrá el resultado final, el cual permitirá clasificar los escenarios en uno de los tres niveles propuestos, los cuales son: riesgo significativo, moderado y leve (Figura 3).

**Figura 3**

*Escala de valoración para la evaluación y caracterización del riesgo ambiental*

	Valor Matricial	Equivalencia Porcentual (%)	Promedio (%)	
 <b>Riesgo Significativo :</b>	<b>16 - 25</b>	<b>64 - 100</b>	<b>82</b>	 <b>RIESGO ALTO</b>
 <b>Riesgo Moderado :</b>	<b>6 - 15</b>	<b>24 - 60</b>	<b>42</b>	
 <b>Riesgo Leve :</b>	<b>1 - 5</b>	<b>1 - 20</b>	<b>10,50</b>	

*Nota.* De MINAM. (2010). Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales p. 33.

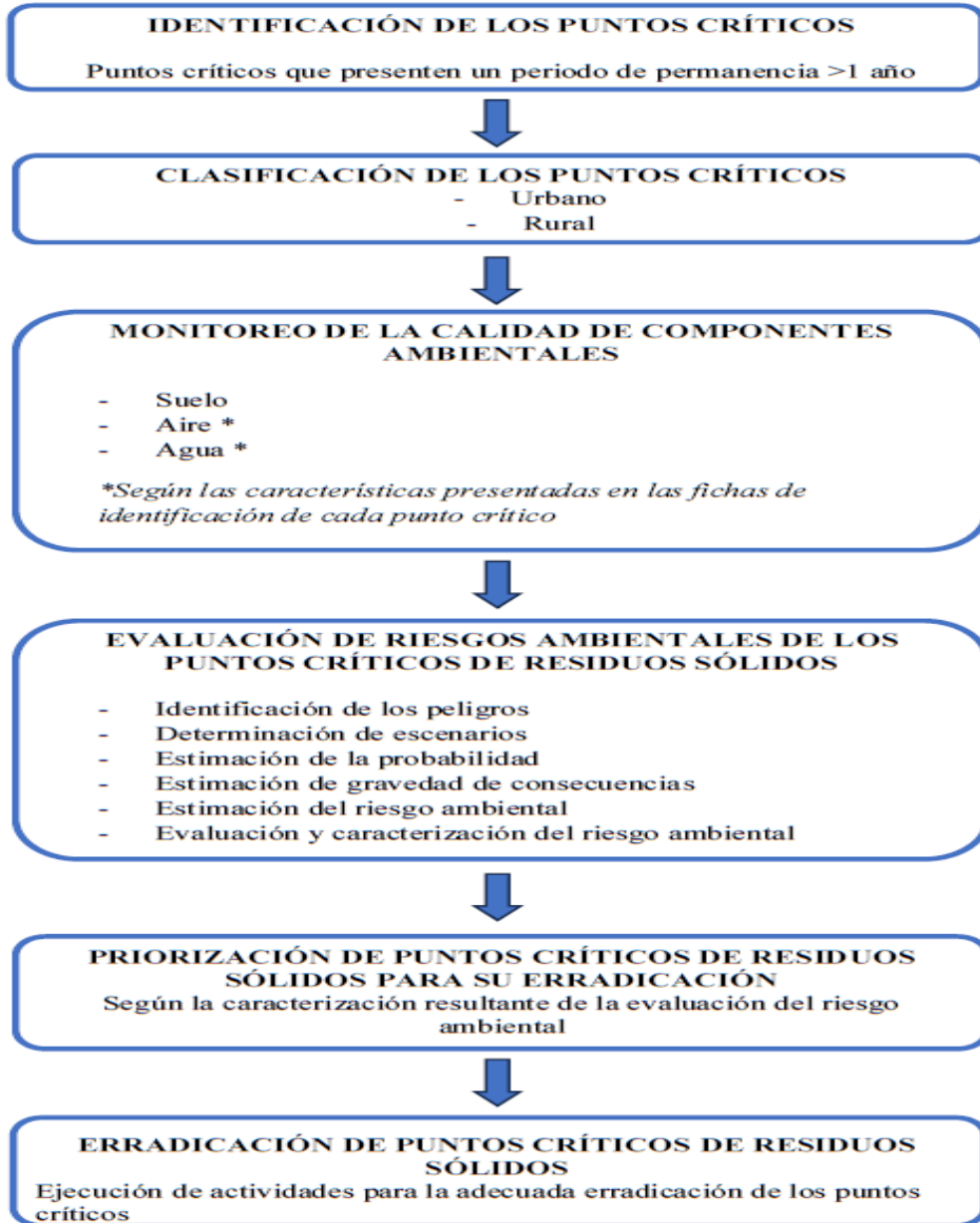
**D. Ejecución de las acciones de erradicación de puntos críticos de residuos sólidos.**

Luego de conocer los escenarios de riesgo y la ponderación de la evaluación de los puntos críticos de residuos sólidos, será necesario clasificarlos y priorizar la recuperación y eliminación de los caracterizados con riesgo significativo.

La figura 4 muestra a detalle los procedimientos para la ejecución del programa de erradicación y monitoreo de puntos críticos de residuos sólidos basado en la evaluación de riesgos ambientales.

**Figura 4**

*Flujograma del desarrollo del programa de erradicación y monitoreo de puntos críticos de residuos sólidos basado en la evaluación de riesgos ambientales.*



*Nota.* Elaboración propia

### **3. Resultados**

- Presentación de los resultados de los análisis de los componentes ambientales los cuales corresponden principalmente a la evaluación de niveles de metales pesados, macronutrientes (N, P, K), gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>), PM 10 y PM 2.5, niveles de pH, presencia de materia orgánica, conductividad eléctrica, entre otros parámetros.
- Presentación de los resultados de la evaluación de riesgo ambiental de cada uno de los puntos críticos de residuos sólidos.

### **4. Conclusiones y recomendaciones**

Luego de tener la caracterización de cada uno de los puntos críticos, será necesario concluir con la situación en la cual se encuentra cada punto crítico evaluado, priorizando una adecuada gestión para su erradicación y recuperación del área la cual puede incluir métodos de remediación de las zonas afectadas.