



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIA TECNOLOGÍA Y MEDIO**  
**AMBIENTE**



**TESIS**

**RIESGO AMBIENTAL POR CONTAMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN  
LA COMUNIDAD DE CORAPATA, DISTRITO DE PUSI PUNO**

**PRESENTADA POR:**

**MARÍA RODRÍGUEZ MELO**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO  
AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

A **Dios**, mi guía por darme fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A **Krisxia**, mi hija, mi tesoro, la razón de mi vida y motor de mi energía.

A mis padres (†), hermana Ruth (†) y hermano Lucio (†) quien recién nos dejó, a ellos que aportaron en mi vida valores, consejos y disciplina, para cumplir este logro.

A mis hermanos Sonia, Yolanda, Milton, mis sobrinos, y a toda mi familia por su cariño y apoyo en mi vida.

**Muchas gracias.**



## AGRADECIMIENTOS

- A Dios por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante.
  
- A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Escuela de Posgrado, Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, su plana docente, quienes supieron impartir sus conocimientos y experiencias durante los años de estudio.
  
- Mi más sincera gratitud y agradecimiento a los miembros del jurado Dra. Sofía Benavente Fernández, Dra. María Trinidad Romero Torres y Dr. Teófilo Donaires Flores; por sus sabias observaciones e indicaciones, por el apoyo brindado para la ejecución y término de este trabajo de investigación.
  
- Mi reconocimiento al Dr. Nazario Villafuerte Prudencio, asesor de tesis, por su acertada conducción del trabajo de investigación.
  
- A los pobladores de la localidad de Corapata, Pusi, por su gentil trato y cordialidad, por su apertura a la problemática que viven y su deseo de lograr solucionarlo.
  
- A mis alumnos Gerson y Priska, por su colaboración en los trabajos de campo y toma de muestras.
  
- A cada persona, familiares, colegas y amigos; que con cada palabra y consejos me impulsaban a lograr nuestra meta.

***Muchas gracias, infinito reconocimiento.***



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
ABREVIATURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

### CAPÍTULO I

#### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco Teórico	4
1.1.1. Composición de los Hidrocarburos.	4
1.1.2. Contaminación por Hidrocarburos.	4
1.1.3. Contaminación por Hidrocarburos en Cuerpos de Agua	6
1.1.4. Contaminación por Hidrocarburos en Suelos.	7
1.1.5. Parámetros Fisicoquímicos concluyentes para la contaminación.	9
1.1.6. Riesgo Ambiental	13
1.1.7. Caracterización de sitios contaminados.	14
1.1.8. Evaluación de riesgo ambiental	15
1.1.9. Marco Legal	19
1.2. Antecedentes	20
1.2.1. Identificación y Diagnóstico de la zona de estudio	20
1.2.2. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos en agua y suelos.	22
1.2.3. Análisis y evaluación de riesgo ambiental	26





## CAPITULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del Problema	29
2.2. Enunciado del Problema	30
2.3. Justificación	31
2.4. Objetivos	32
2.4.1. Objetivo General	32
2.4.2. Objetivos Específicos	32
2.5. Hipótesis	32
2.5.1. Hipótesis General	32
2.5.2. Hipótesis Específica	32

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Estudio	34
3.2. Población	35
3.3. Muestra	35
3.4. Métodos de Investigación	36
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	36
3.5.1. Para alcanzar el OE1:	36
3.5.2. Para alcanzar el OE2:	37
3.5.3. Para alcanzar el OE3:	42
3.5.4. Para alcanzar el OE4:	45
3.5.4.1. Análisis de riesgos ambientales	45

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diagnóstico y estimación de aspectos ambientales para entornos del área de influencia.	55
4.1.1. Clima y Meteorología	55
4.1.2. Escenario Geológico	58
4.1.3. Escenario Ecológico	59
4.1.4. Escenario Socioeconómico	60



4.2. Caracterización del agua superficial en sus parámetros físico-químicos presentes en el área contaminada.	62
4.2.1. Identificación de las áreas contaminadas	62
4.2.2. Resultados y comportamiento de parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales	62
4.2.3. Predicciones de los análisis de agua	66
4.3. Caracterización del suelo en sus parámetros físico-químicos presentes en el área contaminada	72
4.3.1. Identificación de área contaminada	72
4.3.2. Resultados y comportamiento de parámetros fisicoquímicos en los suelos.	72
4.3.3. Predicciones de los análisis de suelos	76
4.4. Estimación del riesgo ambiental por la presencia de contaminantes.	85
4.4.1 Análisis de riesgos ambientales	86
4.4.2. Estimación del riesgo ambiental	111
4.4.3. Evaluación del riesgo ambiental	116
4.4.4. Caracterización del riesgo ambiental	119
4.4. Discusión de Resultados	121
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	128
ANEXOS	136

Puno, 28 de enero de 2022

**ÁREA:** Ciencias de la Ingeniería.

**TEMA:** Riesgo Ambiental por contaminación de hidrocarburos

**LÍNEA:** Recursos Naturales y Medio Ambiente

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Rangos de Estimación Probabilística	16
2. Formulario para la estimación de la gravedad de lassecuencias	17
3. Rangos de los límites de los entornos	17
4. Estimador del riesgo ambiental	18
5. Establecimiento del riesgo moderado en la escala de evaluación de riesgo ambiental.	18
6. Pozos Petroleros explotados en Corapata	21
7. Ubicación de la zona de estudio	34
8. Parámetros de agua superficial en área de estudio.	38
9. Métodos de ensayo utilizados por el laboratorio, para el análisis de agua superficial.	41
10. Parámetros de suelo en área de estudio.	43
11. Métodos de ensayo utilizados por el laboratorio, para el análisis de suelo.	44
12. Identificación Típica de fuentes de peligro	45
13. Definición de fuentes de peligro	46
14. Análisis de los Entornos Humano, ecológico y socioeconómico	47
15. Formulación de Escenarios	47
16. Rangos de Estimación Probabilística	48
17. Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias	48
18. Valoración de consecuencias Entorno humano.	49
19. Factor de Extensión en el entorno ecológico	51
20. Calidad del medio	51
21. Patrimonio y capital productivo (Pcp)	52
22. Valoración de la gravedad de las consecuencias	52
23. Estimación del Riesgo Ambiental	53
24. Establecimiento del riesgo alto en la escala de evaluación de riesgo ambiental	54
25. Precipitación	56
26. Temperatura media mensual y anual en °C	56
27. Humedad Relativa y promedio mensual	57
28. Transporte para llegar a Corapata	61
29. Ubicación de puntos de monitoreo en la zona de estudio	62
30. Parámetros físico químicos del PM-1 para agua superficial. “Escuela Inicial “	63



31. Parámetros fisicoquímicos del PM-2 para agua superficial. “Canchita Deportiva”	64
32. Parámetros fisicoquímicos del PM-1 suelo. “Escuela Inicial“	73
33. Parámetros físico químicos del suelo PM-2 “Canchita Deportiva“	74
34. Identificación Típica de fuente de peligro.	86
35. Definición de Fuentes de Peligro.	87
36. Análisis de los Entornos	88
37. Formulación de escenarios en el entorno humano.	89
38. Formulación de escenarios en el entorno ecológico.	91
39. Formulación de escenarios en el entorno socioeconómico.	92
40. Determinación de la Estimación Probabilística del agua superficial	93
41. Determinación de la Estimación Probabilística del suelo	94
42. Determinación de la Estimación Probabilística del el entorno socioeconómico.	95
43. Estimación del factor de cantidad para el entorno humano del agua	96
44. Estimación del factor de cantidad para el entorno humano del suelo	97
45. Estimación del Factor de peligrosidad para el entorno humano con respecto al agua	99
46. Estimación del Factor de peligrosidad para el entorno humano con respecto al suelo	99
47. Estimación del factor de extensión para el entorno humano	100
48. Gravedad de las consecuencias del entorno humano PM-1; PM-2 para el agua.	101
49. Gravedad de las consecuencias del entorno humano PM-1; PM-2 para el suelo	102
50. Factor de Extensión	104
51. Gravedad de las consecuencias del entorno ecológico para el agua	105
52. Gravedad de las consecuencias del entorno ecológico para el suelo	106
53. Valores del factor de cantidad para el entorno socioeconómico según conflictos sociales	108
54. Valores del factor de cantidad para el entorno socioeconómico base áreas agrícolas	109
55. Valores de Peligrosidad para el escenario social	109
56. Valores del factor de peligrosidad para el escenario economico	109
57. Estimación de la peligrosidad para el entorno socioeconómico	110
58. Estimación del capital productivo para el entorno socioeconómico	110
59. Gravedad de las consecuencias del entorno socioeconómico	111



<b>60.</b> Estimación del riesgo ambiental para el entorno humano del PM-1 y PM-2 de agua	112
<b>61.</b> Estimación de riesgo ambiental para el entorno humano del PM-1 y PM-2 de suelo	113
<b>62.</b> Estimación de riesgo ambiental para el entorno ecológico del PM-1 y PM-2 de agua	114
<b>63.</b> Estimación del riesgo ambiental para el Entorno Ecológico del PM-1 y PM-2 de suelo	115
<b>64.</b> Estimación del riesgo ambiental para el Entorno socioeconómico	116



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Modelo conceptual de las Rutas por contaminantes.	5
2. Procedimientos de Evaluación de Riesgo Ambiental	15
3. Ubicación de la comunidad de Corapata	34
4. Geología de Corapata	35
5. Estimación del riesgo ambiental	53
6. Variación mensual de la evaporación SENAMHI 2020	57
7. Predicciones análisis de agua con respecto a la Temperatura	67
8. Predicciones análisis de agua con respecto al pH	67
9. Predicciones análisis de agua con respecto a la C.E.	67
10. Predicciones análisis de agua con respecto al olor	68
11. Predicciones análisis de agua con respecto a HEM	68
12. Predicciones análisis de agua con respecto a $Cl^-$	68
13. Predicciones análisis de agua con respecto a DBO	68
14. Predicciones análisis de agua con respecto a DQO	69
15. Predicciones análisis de agua con respecto al OD	69
16. Predicciones análisis de agua con respecto a HTP	69
17. Predicciones análisis de agua con respecto a Temperatura	70
18. Predicciones análisis de agua con respecto al pH	70
19. Predicciones de los análisis de agua con respecto a la C.E.	70
20. Predicciones análisis de agua con respecto al olor.	70
21. Predicciones de los análisis de agua con respecto al HEM	71
22. Predicciones análisis de agua con respecto a $Cl^-$	71
23. Predicciones de los análisis de agua con respecto a DBO	71
24. Predicciones de los análisis de agua con respecto a la Temperatura	71
25. Predicciones análisis de agua con respecto al OD	72
26. Predicciones análisis de agua con respecto a HTP.	72
27. Predicciones análisis de suelo respecto a la temperatura	76
28. Predicciones análisis de suelo respecto a pH	77
29. Predicciones análisis de suelo respecto a C.E.	77
30. Predicciones análisis de suelo respecto a la Salinidad	77
31. Predicciones análisis de suelo respecto al Aluminio	77
32. Predicciones análisis de suelo respecto al Arsénico	78



33. Predicciones análisis de suelo respecto al Boro	78
34. Predicciones análisis de suelo respecto al Cadmio	78
35. Predicciones análisis de suelo respecto al Cerio	78
36. Predicciones análisis de suelo respecto al Hierro	79
37. Predicciones análisis de suelo respecto al Potasio	79
38. Predicciones análisis de suelo respecto al Litio	79
39. Predicciones análisis de suelo respecto al Magnesio	79
40. Predicciones análisis de suelo respecto a T	80
41. Predicciones análisis de suelo respecto al Sodio	80
42. Predicciones análisis de suelo respecto al Fósforo	80
43. Predicciones análisis de suelo con respecto a Sr	80
44. Predicciones análisis de suelo respecto a T	81
45. Predicciones análisis de suelo con respecto a pH	81
46. Predicciones análisis de suelo con respecto a C.E.	81
47. Predicciones análisis de suelo con respecto a Salinidad	81
48. Predicciones análisis de suelo con respecto a Aluminio	82
49. Predicciones análisis de suelo con respecto a Boro	82
50. Predicciones análisis de suelo con respecto a Calcio	82
51. Predicciones análisis de suelo con respecto a Cd	82
52. Predicciones análisis de suelo con respecto a Ce	83
53. Predicciones análisis de suelo con respecto a Fe	83
54. Predicciones análisis de suelo con respecto a K	83
55. Predicciones análisis de suelo con respecto a Li	83
56. Predicciones análisis de suelo con respecto a Mg	84
57. Predicciones análisis de suelo con respecto a Mn	84
58. Predicciones análisis de suelo con respecto a Na	84
59. Predicciones análisis de suelo con respecto a P	84
60. Predicciones análisis de suelo con respecto a Pb	85
61. Predicciones análisis de suelo con respecto a Sr	85
62. Predicciones análisis de suelo con respecto a HTP	85
63. Riesgo ambiental del entorno humano para el agua.	116
64. Riesgo ambiental del entorno ecológico para el agua.	117
65. Riesgo ambiental del entorno socioeconómico para el agua.	117
66. Riesgo ambiental del entorno humano para el suelo.	118



- |   |     |
|---|-----|
| <b>67.</b> Riesgo ambiental del entorno ecológico para el suelo.      | 118 |
| <b>68.</b> Riesgo ambiental del entorno socioeconómico para el suelo. | 119 |





## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>1.</b> Formato de Recopilación de información de Evaluación de Riesgos.	137
<b>2.</b> Normatividad Nacional	138
a) Guía de Evaluación de Riesgos ambientales (Índice)	
b) Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA	
c) D.S. N° 004-2017 MINAM Aprueba Estándares de Calidad Ambiental ECA para el agua.	
d) D.S. N° 011-2017 MINAM Aprueba Estándares de Calidad Ambiental ECA para el suelo.	
e) D.S. N° 012-2017 MINAM Aprueban Criterios para la Gestión de sitios	
<b>3.</b> Certificados de Análisis de Laboratorio Acreditado.	151
<b>4.</b> Panel Fotografico.	164



## ABREVIATURAS

<b>Sigla</b>	<b>Denominación</b>
ANA	Autoridad Nacional del Agua
APHA	American Public Health Association
CE	Conductividad Eléctrica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
EEA	Espectrofotometría por Absorción Atómica
EPA	Agencia de Protección al Ambiente
HTP o TPH	Hidrocarburos totales de Petróleo.
MINAM	Ministerio del Ambiente
mg/L	Miligramos por litro
mm	Milímetros
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
OD	Oxígeno Disuelto
OMS	Organización Mundial de la Salud
AC-1	Área Contaminado 1
AC -2	Área Contaminado 2
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

## RESUMEN

Los acontecimientos de exploración, socioambientales, trabajos de cierre de pozos petroleros en Pusi, interfirieron directa e indirecta a terrenos de cultivo, agua, suelo; generando efectos negativos a la población de Corapata, que motivo realizar esta investigación de riesgo ambiental, con lineamientos establecidos en Guía de Evaluación de Riesgo Ambiental MINAM, sustentada en la Norma UNE 150008 2008, la metodología de investigación fue: revisión bibliográfica, trabajo de campo y gabinete identificando entornos humano, ecológico y socioeconómico; análisis de agua y suelo; los parámetros Tº, pH, C.E. del agua y suelo fueron determinados in situ; olor, HEM, Cl<sup>-</sup>, DBO<sub>5</sub>, DQO, OD, HTP del agua, Salinidad, metales y HTP, se analizaron en laboratorio acreditado SAG; cuyos datos se tabularon mediante el programa MINITAB, permitiendo predicciones de contaminación; que estiman el riesgo ambiental. Los resultados indican parámetros fisicoquímicos del agua T, CE, CL, OD, HTP superan y HEM, DBO<sub>5</sub>, DQO no superan límites de tolerancia ECA; respecto al suelo As, B, Ca, K, Na y P superan, no superan Ag, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Na, Sr, Se, V y Zn, valores establecidos de uso agrícola. El criterio de valoración de riesgo es producto de la probabilidad y la gravedad de consecuencias, cuyos resultados en entorno humano: agua es 39.7% (AC-1) y 42.8% (AC-2); para el suelo, 32.5% (AC-1) y 30.8% (AC-2). Entorno ecológico 43.7% (AC-1) y 47.9% (AC-2) respecto al agua, y suelo 30.8% (AC-1) y 29.18% (AC-2). Asimismo, 62.0% el entorno socioeconómico. Se concluye un riesgo moderado en las áreas contaminadas tanto para el agua y suelo.

**Palabras claves:** Escenario de riesgo, gravedad, parámetros fisicoquímicos, probabilidad, Riesgo Ambiental.

## ABSTRACT

Exploration, socio-environmental events, works to close oil wells in Pusi, directly and indirectly interfered with farmland, water, soil; generating negative effects to the population of Corapata; what reason to carry out this environmental risk investigation, with guidelines established in the MINAM Environmental Risk Assessment Guide, supported by the UNE 150008 2008 Standard, the research methodology was: bibliographic review, field work and office identifying human, ecological and socioeconomic environments ; water and soil analysis; the parameters T°, pH, C.E. of water and soil were determined in situ; odour, HEM, Cl- BOD<sub>5</sub>, COD, OD, HTP of the water, Salinity, metals and HTP, were analyzed in an accredited SAG laboratory; whose data was tabulated using the MINITAB program, allowing pollution predictions; that estimate the environmental risk. The results indicate physicochemical parameters of the water T, CE, CL, DO, PHT exceed and HEM, BOD<sub>5</sub>, COD do not exceed tolerance limits ACE; with respect to soil As, B, Ca, K, Na and P exceed, do not exceed Ag, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Na, Sr, Se, V and Zn, established values of use agricultural. The risk assessment criterion is the product of the probability and severity of consequences, whose results in the human environment: water is 39.7% (AC-1) and 42.8% (AC-2); for the soil, 32.5% (AC-1) and 30.8% (AC-2). Ecological environment 43.7% (AC-1) and 47.9% (AC-2) with respect to water, and soil 30.8% (AC-1) and 29.18% (AC-2). Likewise, 62.0% the socioeconomic environment. A moderate risk is concluded in the contaminated areas for both water and soil.

**Keywords:** Risk scenario, severity, physicochemical parameters, probability, Environmental Risk

## INTRODUCCIÓN

El MINAN (2017) a través del D.S. N° 012-2017-MINAM, aprobó criterios para la gestión de sitios contaminados, regulando, entre otros, la identificación, caracterización y remediación para proteger la salud de las personas y el ambiente. El sitio de estudio es una área que contiene contaminantes, en concentraciones que pueden representar riesgos significativos que evaluados permitirá estrategias de prevención y minimización, facilitando la elección de las posibles alternativas de actuación y la toma final de decisiones (Guía de Evaluación, 2010).

En Corapata, lugar del presente estudio, se efectuaron perforaciones petroleras por la empresa “Titi Caca Oil Company” y el Departamento de Petróleo (Cuerpo de Ingeniero de Minas), que resultaron no fructíferas (Anónimo, 1924); con el paso de los años y el abandono de los pozos y emanaciones en distintos lugares de la comunidad ha ocasionado la acumulación de sustancias divididas del petróleo y otras sustancias, con tendencia a la sequedad y esterilidad de suelos, debido a emanaciones de agua salitrosa, petróleo crudo, sustancias tóxicas, encauzadas por los pobladores directamente al lago Titicaca, afectando a los recursos naturales, el medio ambiente y siendo una seria amenaza para la biodiversidad de este sector (INRENA 1995; CIRNMA-CEDAFOR 2001; Goyzueta 2005; Martínez *et al.* 2007; Huisa, 2017). Por ello, esta contaminación supone un riesgo para el medioambiente y para la salud humana, por lo que existe una elevada concientización a nivel social, científico y de las autoridades por solucionar estos problemas (Álvarez *et al.*, 2015).

Un riesgo ambiental, es la probabilidad que ocurra un efecto adverso, como resultado de la exposición a contaminantes. Los individuos o grupos de individuos expuestos se denominan receptores y pueden ser receptores humanos, animales y plantas, ecosistemas o receptores ambientales a proteger (ejemplo: acuíferos o cuerpos de agua superficiales), (Morán, 2017). En base a los escenarios de cada entorno, se determina la cantidad, peligrosidad, población afectada, para luego estimar el riesgo ambiental mediante una matriz de tres zonas: Rojo = significativo, Naranja = moderado, Amarillo = leve; el promedio de cada entorno es un valor aritmético, finalmente se hace la sumatoria general de los entornos, el resultado representa el riesgo globalizado del área en estudio (Guía de Evaluación, 2010).

Se ha demostrado, que la evaluación de riesgo ambiental con respecto a los parámetros fisicoquímicos presenta un riesgo moderado de 42.0%, a pesar de tener un grado de contaminación por la presencia de cadmio, plomo, TPH, (Zavala ,2017).

Los impactos negativos más significativos ocurren sobre el paisaje, el suelo, y la flora, especialmente en la acumulación de petróleo líquido en las capas superficiales, con presencia de metales pesados (aunque por debajo del límite establecido) y PAH como fenantreno (0.21  $\mu\text{g/L}$ ) y acenafteno (0.44  $\mu\text{g/L}$ ) por sobre los límites establecidos considerados como indicadores de toxicidad (Luque, *et al.* 2014).

Un daño ambiental cambia las propiedades fisicoquímicas del agua y suelo, fijando la toxicidad y el comportamiento de los hidrocarburos, que están en función de los parámetros analíticos en el suelo en las que se incluyen principalmente hidrocarburos totales de petróleo y la salinidad; sin embargo, cuando la concentración de las sustancias contaminantes supera el límite del poder amortiguador, el suelo pierde la capacidad de comportarse como sumidero ocasionando problemas al medio (Leal, 2011), y para el agua cambian su comportamiento el pH, conductividad, alcalinidad, e hidrocarburos totales, entre otros.

Por lo citado anteriormente, el presente trabajo de investigación tiene como objetivos: Diagnosticar y estimar los aspectos ambientales de los entornos físico, humano, ecológico y socioeconómico del área de influencia, caracterizar el agua superficial en sus parámetros físicos: aspecto, T°, pH, C.E., olor; y parámetros químicos: aceites y grasas HEM, Cl<sup>-</sup>, DBO<sub>5</sub>, DQO, OD, HTP; caracterizar el suelo en sus parámetros físicos: T°, pH, C.E., *salinidad, metales*; y parámetro químico: HTP presentes en el área contaminada y analizar y evaluar la estimación del riesgo ambiental por la presencia de hidrocarburos.

La investigación se encuentra dividida en los siguientes capítulos: Capítulo I. Revisión de la Literatura, se expone los fundamentos teóricos de la contaminación por hidrocarburos, parámetros fisicoquímicos de agua, suelo concluyente de la contaminación, teoría de riesgos ambientales, a ello se acompaña los antecedentes de la investigación; Capítulo II. El problema refiere a la situación actual del entorno social, ecológico y socioeconómico de la comunidad de Corapata producto de la presencia de hidrocarburos que afectaron suelo y agua seguida de la justificación, objetivos e hipótesis; Capítulo III. Describe la metodología de la investigación, el método, diseño tipo y nivel de investigación que le dan orientación al estudio al igual que la cobertura del estudio de



la muestra, las técnicas e instrumentos que han viabilizado el recojo de la información utilizando la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales y finalmente el Capítulo IV. Resultados y discusión. Dedicado a los resultados de la investigación con aplicación de instrumentos en los diferentes cuadros estadísticos, identificación y evaluación de riesgos ambientales; culminando con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía consultada y los anexos referidos.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. Marco Teórico

##### 1.1.1. Composición de los Hidrocarburos.

Los hidrocarburos son una mezcla muy compleja de compuestos que abarcan desde moléculas sencillas de hidrocarburos de bajo peso molecular hasta resinas y otras macromoléculas densas que incorporan metales y otros elementos. Los hidrocarburos pueden clasificarse de acuerdo con la división de los compuestos orgánicos, en alifáticos y aromáticos. (Autino, *et al.* 2013). En función del tipo de hidrocarburo las estructuras variarán, en su mayor parte, los hidrocarburos proceden del petróleo, es decir, de materia orgánica en descomposición, que pueden contener otros elementos en menor proporción como son oxígeno, azufre, halógenos (cloro, bromo, iodo, y flúor.), entre otros, sin determinación de una estructura que se transforma de manera total e íntegra, en moléculas estables en los propios yacimientos durante el transcurso del tiempo. (IADO, 2011). Su estado físico puede ser en forma de gas, líquido o sólido de acuerdo al número de átomos de carbono y otros elementos, especialmente alcanos, bencénicos y cicloalcanos acompañados de pequeños porcentajes de compuestos oxigenados, sulfurados y nitrogenados. (Pons, 2000; Autino, *et al.*, 2013)

##### 1.1.2. Contaminación por Hidrocarburos.

Un pasivo ambiental o sitio contaminado del subsector de hidrocarburos, es una instalación o pozo mal abandonado, suelo contaminado por efluentes o derrames, restos de residuos y en general, todo aquello que ha sido generado por actividades con hidrocarburos (OEFA, 2016); constituyen una de las principales fuentes de contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas, flora, fauna silvestre; actividad carcinogénica en detrimento del hombre y animales. (Castro, 2007).



Un sitio contaminado es considerado pasivo ambiental normativamente, cuando genere daño, riesgo al ambiente o a la salud de las personas; primero se define el área afectada. Luego las características físicas, químicas, biológicas o toxicológicas de los contaminantes presentes en esa área, así como su nivel de riesgo alto, medio y bajo. (OEFA, 2016)

En numerosos casos de contaminación de hidrocarburos, establecer el contenido total de hidrocarburos (HTP), representa la suma de compuestos alifáticos y aromáticos. Los HTP normalmente describe la cantidad medible de hidrocarburos presentes en una muestra medioambiental, aunque no proporcionan información sobre compuestos individuales. (ITOPF, 2014).

La contaminación por hidrocarburos puede alcanzar una gran complejidad, presentándose de dos formas: puntuales y sistemáticas. Las primeras ocurren de manera fortuita en los cuerpos de agua, las segundas son habituales y se caracterizan por la actividad antrópica. Por otro lado, las fuentes de la contaminación pueden ser simples o múltiples vertiendo al medio algunos componentes.

El comportamiento de los hidrocarburos, así como todo lo relacionado con su transporte y destino, está dado por sus características fisicoquímicas que son: solubilidad, coeficiente de distribución, coeficiente de sorción, constante de la Ley de Henry y presión de vapor, las cuales a su vez están relacionadas con su peso molecular. Todas estas características están íntimamente relacionadas entre sí y junto con las características del subsuelo marcan el comportamiento individual de cada hidrocarburo (ITOPF, 2014).

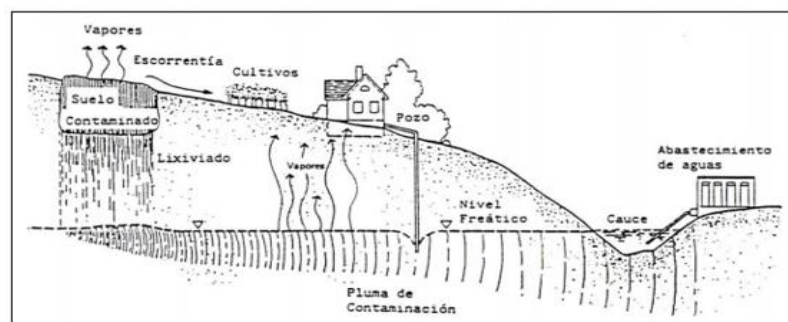


Figura 1. Modelo conceptual de las Rutas por contaminantes.

### 1.1.3. Contaminación por Hidrocarburos en Cuerpos de Agua

Para revisar la contaminación de los cuerpos de agua por hidrocarburos, primero se conoce las potenciales fuentes entre ellas se pueden citar: prácticas inadecuadas de manejo de crudo y sus productos; toma clandestina en zonas de ductos; derrames; corrosión de tanques de almacenamiento; corrosión o ruptura de ductos superficiales o subterráneos; fallas por falta de mantenimiento de instalaciones; falla de la infraestructura provocada por fenómenos naturales extremos (vientos, huracanes y sismos, entre otros); errores humanos de operación; instalaciones subterráneas abandonadas; ruptura de drenajes aceitosos; descargas accidentales o deliberadas de aguas residuales de proceso en canales y ríos; ausencia de programas de reposición de infraestructura al término de su vida útil; ausencia de drenajes aceitosos; deficiencias en las actividades de perforación de pozos y en general, falta de una cultura de prevención (Savall *et al.*, 2004).

Para evaluar el grado de contaminación de un cuerpo de agua, es necesario tener e integrar una gran variedad de información, la cual debe ser verificada y ampliada de acuerdo a la naturaleza del agua en estudio. Cualquiera sea la afectación, se presenta el riesgo bajo tres enfoques: riesgo de explosión; riesgo ecológico, y riesgo a la salud humana. Los riesgos asociados a cada caso específico dependen del tipo de hidrocarburos y de las características del escenario afectado. El riesgo de explosión se da esencialmente cuando hay hidrocarburos volátiles que se alojan en espacios abiertos donde existe oxígeno, por ejemplo, en drenajes; existen cuando los hidrocarburos presentes son ligeros, los cuales son volátiles a temperatura ambiente, ejemplo de éstos son los BTEX, componentes de las gasolinas. (Savall *et al.*, 2004 y Seoáñez, 2000). El riesgo ecológico, supone la afectación a la integridad de especies de flora y fauna terrestres y acuáticas, debida a la presencia de hidrocarburos en suelo y cuerpos de agua superficiales; se puede evaluar fácilmente cuando las especies tienen un valor comercial o están en peligro de extinción y el número de ellas se tiene previamente referenciado. El riesgo ecológico, en un escenario superficial se da cuando hay un derrame de cualquier tipo de combustible, pero los efectos son mayores cuando se trata de hidrocarburos pesados, presentes principalmente en el crudo y el combustóleo, ya que éstos se quedan preferentemente en la superficie, en cambio, cuando los combustibles son más fluidos como la gasolina, la turbosina y el diésel, una parte se

queda retenida en el suelo, mientras que otra tiende a infiltrar hasta encontrar el nivel del agua subterránea (Savall *et al.*, 2004 y Castro 2007).

El riesgo a la salud humana se presenta generalmente como inhalación de vapores y la ingestión de aquellos que están disueltos en agua, en algunos casos se exterioriza en contacto dérmico que se da principalmente en actividades recreativas. Este tipo de riesgo se da principalmente por el benceno, debido a su solubilidad del agua, asimismo, el arrastre por acción de la lluvia a partir de suelos contaminados constituye un importante riesgo de afectación de las aguas superficiales y subterráneas (Savall *et al.*, 2004 y Castro, 2007). El riesgo de que un individuo ingiera agua contaminada con hidrocarburos es mínimo cuando su apariencia y su olor son aparentes.

En un suceso de vertido en el medio acuático, los componentes de los hidrocarburos pueden tomar varios caminos, incluyendo aquellos que sobrenadan y eventualmente forman emulsiones, mientras otros, especialmente los hidrocarburos aromáticos, pueden ser solubles y disolverse en el agua y quedar biodisponibles con mayor facilidad para los seres vivos. La solubilidad es importante por el volumen que se puede incorporar en el cuerpo de agua, y la fracción no soluble consigue constituir emulsiones bastantes estables, manteniéndose varios días hasta que se degrada el hidrocarburo, pero mientras esté presente, la foto-oxidación solar puede generar sustancias mucho más negativas (tóxicas) para la biota (Seoáñez, 2000).

#### **1.1.4. Contaminación por Hidrocarburos en Suelos.**

El suelo y subsuelo constituyen un recurso natural que desempeña funciones importantes para el desarrollo de la vida (Saval, 1995). La contaminación de suelos generada por hidrocarburos afecta la naturaleza del suelo y se asocia principalmente a la presencia de sustancias nocivas al ambiente producidos por procesos, acciones y otras operaciones que causan degradación y pérdida irreversible del suelo (Secretaría del M.A. y RRNN, 2003). La presencia de estas sustancias contaminantes altera las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Las fuentes más importantes en los sitios de contaminación, en un mayor porcentaje son producto de actividades pasadas teniendo en cuenta la movilidad y la afinidad de los hidrocarburos a determinadas condiciones del suelo. Los contaminantes más comunes son: los lodos de perforación (bario, sulfato); el petróleo crudo

(hidrocarburos de petróleo, metales); el agua producida (sales, metales, hidrocarburos de petróleo, y materiales radioactivos); y los productos químicos utilizados en las operaciones de mantenimiento (ácido clorhídrico, biosidas). Los sitios con suelo contaminado por derrames de petróleo o agua de producción comúnmente tienen también aguas subterráneas contaminadas (Bifaretti y Sánchez, 2008).

El comportamiento de los contaminantes en el suelo está determinado por las características fisicoquímicas del sustrato, propiedades de los compuestos contaminantes y factores ambientales como temperatura, pH, conductividad, salinidad, HTP (para nuestro estudio). La combinación de estos puede hacer que el contaminante siga diferentes vías.

La contaminación de los suelos por hidrocarburos se examina en hidrocarburos pesados y ligeros, los primeros son no-volátiles, se quedan retenidos en el suelo, circulan distancias cortas y no alcanzan grandes profundidades, tienden a permanecer en el mismo sitio del derrame. Son prácticamente insolubles en agua, pero conforman capas flotantes en aguas subterráneas cuando el nivel estático está muy cerca de la superficie, o cuando en el mismo medio están presentes hidrocarburos ligeros o intermedios, los cuales actúan como disolventes y arrastran a los pesados. Los riesgos asociados en este caso, se refieren a la pérdida de especies de vegetales debido a que los hidrocarburos forman una película que rodea a las partículas del suelo, la cual limita la absorción de agua y de nutrientes, así como la muerte de los microorganismos asociados a las raíces de las plantas, que ocasiona también una marcada limitación de oxígeno (Savall *et al*, 2004).

Tanto en los cuerpos de agua y suelo, las condiciones fisicoquímicas, se ven alteradas, por ejemplo, la disminución del oxígeno disuelto debido a la reducción de la transferencia de oxígeno entre la fase atmósfera – agua, al igual que la entrada de luz al medio, lo que inhibe el crecimiento de ciertas especies y disminuye la fijación de nutrientes (Jiménez. 2006). Los efectos adicionales tanto en cuerpos de agua como suelos es que el petróleo consume oxígeno, aumenta la demanda bioquímica del agua y puede generar condiciones anóxicas. Estos cambios en las propiedades fisicoquímicas son importantes puesto que en términos generales determinarán la toxicidad de los hidrocarburos; y el comportamiento de éstos está en función de las características fisicoquímicas.

Además, Petro y Mercado (2014); manifiestan que dependiendo del tipo del suelo los hidrocarburos tienden a comportarse en diferente forma, algunos presentan la capacidad de adsorción y retención, impidiendo de esta forma que los contaminantes sean absorbidos por las especies vegetales o imposibilitando su movilización hacia aguas subterráneas; no obstante, otros con poca cantidad de materia orgánica facilitan la movilidad de los contaminantes aumentando de esta forma los riesgos para los ecosistemas en general. Cabe mencionar, que el petróleo únicamente penetra los suelos porosos y permeables, por ejemplo, la combinación que produce la más rápida penetración es la de petróleos de baja viscosidad en suelos arenosos.

#### **1.1.5. Parámetros Físicoquímicos concluyentes para la contaminación.**

Para examinar los parámetros físicoquímicos de la calidad del agua y del suelo del área de estudio, se fundamentaron teóricamente y permitirán dilucidar el proceso de contaminación.

- **Temperatura (°C)**

La temperatura es un indicador de la calidad del agua y del suelo, que regula los procesos vitales especialmente de los organismos vivos, incide en las propiedades químicas, físicas y velocidad de reacción; tiene relación con la altura de una zona geográfica, estacionalidad variando la estructura acuática (Salleh *et al.*, 2003).

Con respecto a los HC, la temperatura no favorece la bioacumulación, si son altas se combinan los HC afectando el sistema, favoreciendo la degradación biológica de los HC, a temperaturas bajas mayor viscosidad del contaminante, así como una menor volatilidad de los alcanos de cadena corta. (Salleh *et al.*, 2003).

- **Olor**

Concepto de olor: Según la norma UNE-EN 13725, el olor se define como “La propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando inspira sustancias volátiles” (3), por tanto, las moléculas odoríferas son susceptibles de producir un olor que son fáciles de percibir en el olfato que pueden ser agradables o desagradables (Minsalud.gov.co, 2017).

Bermúdez *et al.*, (2018); concluyen que los olores constituyen un tipo de contaminación atmosférica proveniente del desarrollo de actividades industriales y

humanas que liberan moléculas odoríferas al medio ambiente, que se caracterizan por ser volátiles.

La actividad de hidrocarburos, es una fuente que genera malos olores por la presencia de compuestos azufrados, así como el petróleo y el gas natural por sus componentes atmosféricos.

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

Es una medida convencional de la acidez o basicidad de soluciones acuosas y constituye un parámetro de interés en la caracterización de un cuerpo de agua y suelo, su variación indica las alteraciones producidas por agentes extraños.

El pH en el suelo es muy variable (2.5 - 11.0), lo que es una desventaja para los microorganismos ya que su crecimiento se ve favorecida a un pH neutro, lo cual fue demostrado por Leahy & Colwell (1990) quienes observaron que a un pH entre 6.5 y 7.5 favorece la mineralización de petróleo crudo.

- **Conductividad Eléctrica (CE)**

Este parámetro depende de la concentración total de sustancias iónicas disueltas en el agua y la temperatura a la cual se hace la medida, estos iones son capaces de transportar electricidad y a ellos se debe que las soluciones sean buenas conductoras de la corriente eléctrica (Hamilton *et al*, 1988). La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material portante. Los metales pesados son transportadores de electrones aún con vínculos débiles permiten en su trayecto su conducción; sin embargo, éstas dependen de otros factores físicos propios de materiales, y de la temperatura. El agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma. (Pons, 2000)

- **Sólidos Disueltos Totales (SDT)**

Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) constituyen una medida de la parte de sólidos en una muestra de agua que pasa a través de un poro nominal de 2.0  $\mu\text{m}$  (o menos) en condiciones específicas. Esta medida proporciona otra indicación (como la conductividad) de la salinidad en las descargas de la industria petrolera (Minem.gob.pe.m 2011).

- **Porcentaje de Saturación (% sat)**

El término porcentaje de saturación a menudo se usa para las comparaciones de la calidad del agua. El porcentaje de saturación es la lectura de oxígeno disuelto en mg/L dividido por el 100% del valor de oxígeno disuelto para el agua (a la misma temperatura y presión del aire).

- **Oxígeno Disuelto (mg/L)**

La disponibilidad de oxígeno influye notablemente en la tasa de biodegradación de hidrocarburos (Persona *et al.*, 2014). La importancia de la disponibilidad de oxígeno radica en el hecho de que la vía aeróbica, la cual se describe más adelante, es la estrategia más efectiva para la degradación de hidrocarburos. Normalmente en las capas superiores de las columnas de agua marina, así como en masas de agua dulce no suele haber problema de disponibilidad de oxígeno (Leahy & Colweell, 1990).

- **Demanda Química de Oxígeno (mg/L)**

La demanda química de oxígeno (DQO), es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) Leahy & Colwell (1990). Es importante obtener una medida de la DQO en aguas residuales de refinería pues estos residuos, con frecuencia, contienen contaminantes orgánicos no biodegradables.

- **Cloro**

Los cloruros existen en todas las aguas naturales a concentraciones muy variadas, normalmente, el contenido de cloruro aumenta a medida que aumenta el contenido de minerales; son los principales aniones inorgánicos en el agua, la concentración de cloruros es una medida específica de la salinidad de las descargas de la industria petrolera. Los cloruros son los principales componentes de las salmueras de petróleo. El incremento de cloruro en el agua ocasiona el aumento de la corrosividad del agua. El alto contenido de cloruros impide que el agua sea utilizada para el consumo humano o el ganado. Altos porcentajes de cloruros en los cuerpos de agua también pueden matar a la vegetación circundante. (Minem.gob.pe., 2011)



- **Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)**

Los Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP o TPH por sus siglas en inglés), son usados para describir una amplia familia de varios compuestos químicos originados de petróleo crudo: hexano, aceites, minerales, benceno, tolueno, xilenos, naftalina y fluoreno, por esta amplitud de compuestos es práctico y útil medir en forma conjunta; y más aún cuando se trata de un sitio. Sin embargo, es probable que muestras de HTP contengan solamente algunas, o una mezcla de estas sustancias químicas (ATSDR, 1998).

Los HTP pueden ingresar al ambiente mediante accidentes, fugas, derrames industriales, abandono de pozos, o emanaciones del suelo. Si se presenta una fracción de HTP en el agua este flotará en el agua y formará una capa superficial. En tanto, la otra fracción de los HTP se depositará en los sedimentos del fondo. La presencia de HTP en el ambiente puede aumentar la capacidad de degradación de los microorganismos presentes en el medio, responsables de oxidar y mineralizar los HTP a sustancias inocuas. Las fracciones de HTP que no sean degradadas se adherirán a las partículas en el suelo o sedimentos donde pueden permanecer por largo tiempo dando origen a un suelo contaminado por hidrocarburos, en el cual se encuentran presentes hidrocarburos que por sus cantidades y características afecten la naturaleza del suelo (SEMARNAT, 2003).

- **Salinidad**

Es una propiedad química significativa que puede afectar la estructura del suelo, las propiedades físicas, está relacionada con la conductividad eléctrica. Las sales solubles están constituidas principalmente por los cationes de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ . Los suelos con una conductividad superior a 4 msiemens/cm se consideran salinos.

La presencia de salinidad en los suelos interfiere al proceso de los cultivos, disminución de la actividad biológica, la disminución de la actividad biológica, la reducción en la disponibilidad de nutrientes, provoca la degradación y hasta la desertificación. (Plaza y López, 2006).



- **Metales Pesados**

La presencia de metales pesados, son elementos contaminantes y peligrosos para la salud ambiental y humana debido a la dificultad de la metabolización y son bioacumulables en los tejidos de los organismos acuáticos por lo tanto son advertencia de peligros en toda la cadena trópica, resultando riegos potenciales (Castro, 2007). Estos metales (Ba, Cd, Cr, Pb y Hg) frecuentemente son contaminantes del petróleo crudo y algunas veces están presentes en pequeñas cantidades en las aguas residuales de la industria petrolera. El Bario tiene efectos irreversibles para la salud y es tóxico para los animales. Se puede combinar con sulfatos para formar sulfato de bario insoluble. El Cadmio se acumula en tejidos blandos y puede interferir en el metabolismo. Es conocido que, en sistemas acuáticos el cadmio se acumula fácilmente en las ostras. El Cromo es cancerígeno para el sistema respiratorio y venenoso para los peces. El plomo se acumula en ostras y mariscos. Llega al ser humano a través de la cadena alimenticia y se acumula en los huesos. El plomo es un inhibidor de las enzimas e influye en el metabolismo celular. El mercurio es altamente tóxico a niveles relativamente bajos y se acumula en los peces. Produce "clorosis" en las plantas, es venenoso para los animales y llega al ser humano a través de la cadena alimenticia. (Minem.gob.pe., 2011)

#### **1.1.6. Riesgo Ambiental**

Es la probabilidad de ocurrencia que un peligro afecte directa o indirectamente al ambiente y a su biodiversidad, en un lugar y tiempo determinado, el cual puede ser de origen natural o antropogénicas (Guía de Evaluación, 2010).

De acuerdo con lo establecido en el D.S. N° 012-2009-MINAM - Política Nacional Ambiental, el riesgo corresponde a los daños que podrían ocasionarse por eventos peligrosos, sea por causas naturales, intervención del hombre en el medio ambiente, factores tecnológicos o biosanitarios en un determinado tiempo, y que además puedan afectar al medio ambiente y al ser humano directa y/o indirectamente. Esto significa que “el riesgo social y ambiental depende de las condiciones del entorno que rodean al ser humano”. La contaminación ambiental, las condiciones económicas, la falta de acceso a la educación, la problemática social, el desarrollo de la industria y la política son algunas de las circunstancias que pueden generar riesgo.

Los riesgos a la salud y al medio ambiente en el Perú, producto de sitios contaminados del sector hidrocarburos, es directamente proporcional a su ubicación y a las áreas de influencia, teniendo en cuenta los receptores ambientales y los mecanismos de transporte y acumulación en los receptores.

#### **1.1.7. Caracterización de sitios contaminados.**

La caracterización de un sitio contaminado, es muy importante para tener un amplio conocimiento de las características y condiciones del lugar, viene a ser la determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

Según NOM 138-SEMANAT-2003, el primer paso de la caracterización es el gabinete, que implica recabar la mayor información del sitio para conocer la dimensión de la afectación; en seguida se enlistan algunos de los aspectos importantes que no se deben pasar por alto en la investigación del sitio:

- Geología. Tanto regional como local, describir la estructura geológica y la clasificación del tipo de suelo y subsuelo.
- Hidrología. Definir la región hidrogeológica, los cuerpos de aguas existentes en el área, el volumen promedio anual de lluvia, las principales corrientes subterráneas y las corrientes superficiales.
- Geohidrología local. Profundidad del nivel freático, dirección del flujo de la corriente subterránea y conductividad hidráulica.
- Climatología y meteorología. Tipo de clima, temperaturas, precipitación promedio anual.
- Plano de localización. Debe incluir una escala adecuada para poder ubicar la zona afectada, acceso y vías de comunicación.

La información recabada permitirá proponer un primer diagnóstico general del movimiento del contaminante a través del medio poroso.

Después de tener la información organizada y entendida se procede a hacer una visita de inspección. En ésta se constata la información preliminar del sitio, además de reconocer físicamente la zona e instalaciones, las causas de la contaminación y la magnitud de impacto. Con esta visita es posible plantear un plan de muestreo, que va

a proporcionar la información complementaria para realizar un acertado diagnóstico de la contaminación, por eso es de importancia elaborar un plan que permita abarcar toda el área afectada.

### 1.1.8. Evaluación de riesgo ambiental

La Guía de Evaluación de Evaluación de Riesgos del Ministerio del Ambiente, (2010), es un instrumento que aplica toda la normatividad ambiental vigente, señala que la evaluación de riesgo ambiental, es el proceso mediante el cual se determina una amenaza potencial que comprometa la calidad del agua, aire o suelo, poniendo en peligro la salud del ser humano como consecuencia de la exposición a todos los productos tóxicos presentes en un sitio, incluyendo aquellos compuestos tóxicos presentes que son producto de actividades industriales ajenas al sitio o cualquier otra fuente de contaminación, y define un rango o magnitud para el riesgo. Incluye:

#### 1.1.8.1. Metodología análisis y evaluación de riesgos ambientales

La guía de evaluación de riesgos ambientales, propone un modelo estandarizado en base a la norma UNE 150008 2008- Evaluación de riesgos ambientales que generan las actividades productivas en un área geográfica, así como la consecuencia de los peligros naturales. (Guía de evaluación, 2010).

Los lineamientos y criterios a establecer son Identificación Típica de fuentes de peligro, definición de suceso iniciador en los entornos humano, ecológico y socioeconómico.

Los criterios para la óptima aplicación de riesgos ambientales, está dado por la figura 2.

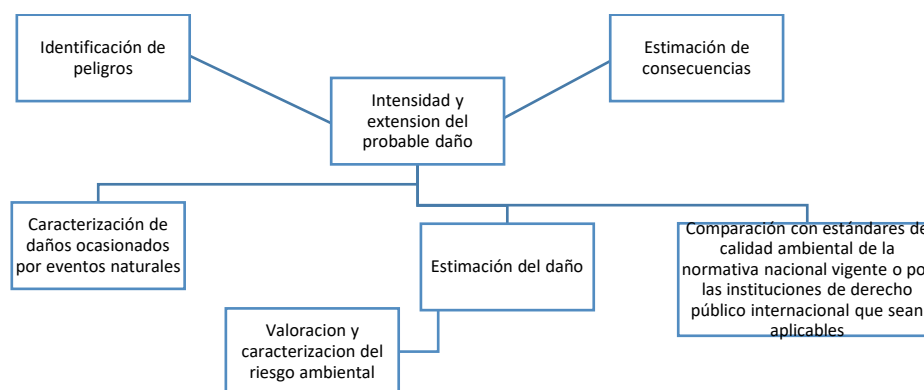


Figura 2. Procedimientos de Evaluación de Riesgo Ambiental

### 1.1.8.2.Determinación y Análisis de Escenarios:

Se formula los escenarios iniciando con:

- Identificación.- Inicia con la elaboración de unos inventarios de todos aquellos peligros que pueden causar daño a la integridad humana, los recursos naturales o ambientales.
- Objeto de Identificación.- Conocer los sucesos que una actividad puedan dar lugar a un daño ambiental. Definir los escenarios en los que se pueden situar distintos impactos.
- Metodología. - Se realizar mediante un registro de actividades en la zona, el levantamiento de la información de las actividades que se desarrollan, identificando instrumentos de gestión ambiental.

### 1.1.8.3.Estimación de la probabilidad

Durante la evaluación se debe asignar a cada uno de los escenarios una probabilidad de ocurrencia en función a los valores de la escala de la Tabla 1.

Tabla 1

#### *Rangos de Estimación Probabilística*

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

Fuente: Guía de evaluación, 2010

La estimación de la gravedad de las consecuencias se realiza de forma diferenciada para los entornos y de acuerdo a la tabla 2

Tabla 2

*Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias*

Gravedad	Límites del Entorno	Vulnerabilidad
Entorno natural	Cantidad + 2peligrosidad + extensión	+ Calidad del medio
Entorno humano	Cantidad + 2peligrosidad + extensión	+ Población afectada
Entorno socioeconómico	Cantidad + 2peligrosidad + extensión	+ Patrimonio y capital productivo

Fuente: Guía de evaluación, 2010

La valoración de la cantidad, peligrosidad, extensión calidad del medio, población afectada, patrimonio y capital productivo, conduce a establecer rangos definidos según la tabla 3.

Tabla 3

*Rangos de los límites de los entornos*

ENTORNO HUMANO				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy Extenso	Muy alto
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto
2	Poca	Poca peligrosa	Poco Extenso (Emplazamiento)	Bajo
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Muy bajo
ENTORNO NATURAL				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy Extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poca peligrosa	Poco Extenso (Emplazamiento)	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	baja
ENTORNO SOCIOECONÓMICO				
Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población afectada
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy Extenso	Muy alto
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Alto
2	Poca	Poca peligrosa	Poco Extenso (Emplazamiento)	Bajo
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual (Área afectada)	Muy bajo

Fuente: Guía de Evaluación, 2010

#### 1.1.8.4. Estimación del Riesgo Ambiental

La probabilidad y la gravedad de las consecuencias valoradas según las tablas permitirán estimar el Riesgo Ambiental, según la tabla 4.

Tabla 4

*Estimador del riesgo ambiental*

		Consecuencia				
		1	2	3	4	5
Probabilidad	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

	Riesgo significativo:	16-25
	Riesgo moderado:	6-15
	Riesgo leve:	1-5

La Evaluación de riesgo ambiental se establece según la tabla 5

Tabla 5

*Establecimiento del riesgo moderado en la escala de evaluación de riesgo ambiental.*

		VALOR MATRICIAL	EQUIVALENCIA PORCENTUAL %	PROMEDIO %
	RIESGO SIGNIFICATIVO	16-25	64-100	82
	RIESGO MODERADO	6-25	24-60	42
	RIESGO LEVE	1-5	1-20	10.5

Fuente: (Guía de evaluación, 2010)

Para la evaluación final del riesgo ambiental se elaboran tres tablas de doble entrada, una para cada entorno (natural, humano y socioeconómico), en las que gráficamente debe aparecer cada escenario teniendo en cuenta su probabilidad y consecuencias, resultado de la estimación del riesgo realizado.

### **1.1.9. Marco Legal**

**Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, Decreto Legislativo N°1055, (que modifica la Ley N° 28611).**

Esta ley define el entorno o ambiente como el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos de origen natural o antropogénicas, que en forma individual o asociada conforman el medio en el que se desarrolla la vida, siendo los factores que aseguran la salud individual y colectiva de las personas, así como la conservación de los recursos naturales, la diversidad biológica y el patrimonio cultural asociado a ellos, entre otro.

**D.S. N° 012-2009 MINAN, Política Nacional del Ambiente**

Mejorar los estándares ambientales y sociales de las actividades mineros energéticos.

Promover la responsabilidad social empresarial de las actividades minero-energéticas, con el fin de mejorar sus relaciones con las comunidades locales y reducir los conflictos socio ambiental.

**Ley Orgánica de Hidrocarburos, Ley N° 26221.**

Permite regular las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional. Esta norma determina que los titulares de actividades de hidrocarburos se ven obligados a salvaguardar el interés nacional; y atender la seguridad y salud de sus trabajadores; y cumplir con las disposiciones sobre protección al medio ambiente.

**Normativa de Pasivos Ambientales en el Sector Hidrocarburos, Resolución Ministerial N° 536-2014-MINAM.**

Resolución en la que se aprueba el inventario inicial de Pasivos Ambientales del Subsector Hidrocarburos.

**Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, Decreto Supremo N° 002-2013 MINAN.**

En esta norma se han establecido los Estándares de Calidad Ambiental de los suelos dentro del territorio nacional

**Guía para la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA) en Sitios Contaminados, R.M. N° 034-2015-MINAM.**

Guía que brinda los lineamientos y elementos técnicos básicos para su elaboración.

**Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias, Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.**

En esta norma se han establecido los Estándares de Calidad Ambiental para agua dentro del territorio nacional, compilando las disposiciones aprobadas mediante los Decretos Supremos 002-2008-MINAN, 023-2009-MINAM y 015-2015-MINAM.R34345DF. Resolución Jefatural N°182-2011-ANA. Resolución que establece el protocolo de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficiales.

**Decreto Supremo N° 033-2020-EM Reglamento de Regulación de Pasivos ambientales en Hidrocarburos.**

La remediación de pasivos ambientales de hidrocarburos será gestionada por la Dirección General de Asuntos Ambientales Hidrocarburos, en el caso que estos pasivos sean calificados de alto riesgo, si se recalifica un pasivo de bajo o medio riesgo a uno alto, si se declara un responsable no determinado, o si el responsable identificado se encuentra imposibilitado físicamente de ejecutar la remediación ambiental parcial o total, o se niegue a realizar la remediación ambiental.

**Resolución de Consejo Directivo N° 022-2013-OEFA CD Directiva N° 01-2013-OEFA-CD**

Directiva para la identificación de Pasivos Ambientales en el Sub sector Hidrocarburos a cargo del OEFA, y Metodologías para la calificación del nivel de riesgos de pasivos ambientales en el sub sector de hidrocarburos.

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. Identificación y Diagnóstico de la zona de estudio**

De otro lado, las exploraciones en la zona de Corapata se remontan al año 1907, cuando el “Sindicato Petrolero del Titicaca” se formó con la finalidad de explorar la Pampa Corapata. Aparentemente, hicieron dos perforaciones pero ante el fracaso de éstas por falta de capital, se suspendieron las labores sin obtener resultados positivos (Anónimo, 1924)



Entre los años 1939 y 1946, se dio la explotación petrolera, en la zona Pusi, Provincia de Huancané, donde se perforaron 30 pozos (Noriega 1962, INRENA 1995, CIRNMA-CEDAFOR 2001); y según un estudio de la Universidad Nacional de Ingeniería (1958) Consideraciones sobre la Geología y las posibilidades petrolíferas de Pirin y de la cuenca del Titicaca, se determinó que estos pozos se encontraban en los sectores de Pirin, Ahullane, Corapata, Puca y Jatun Cruz (Cabrera la Rosa, 1936); de ellos 3 pozos son ubicados en nuestra zona de estudio Corapata a 10 kilómetros de Pirin y de Samán, a orillas del Rio Ramis:

Tabla 6

*Pozos Petroleros explotados en Corapata*

Año	Pozo	Sector	Cuenca	Profundidad	Compañía
1907	RH - C	Corapata	Titicaca	160 pies	Titicaca Oil CO
1908	RH - D	Corapata	Titicaca	196 pies	Titicaca Oil CO
1946	RH - 13	Corapata	Titicaca		Departamento de Petróleo (Cuerpo de Ingeniero de Minas)

Según Informe Monitoreo – 2014 “Evaluación de Calidad del Lago Titicaca Perú Bolivia” elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), hay puntos localizados frente a la localidad de Pirin, donde hasta el 2007 drenaba agua salada, presencia de contaminación en el agua y suelo con olores de contaminación. El informe precisa las zonas de Aguallani, y Corapata, esto se debió a los pozos mal sellados que contaminan zonas aledañas a la población y al lago, que no permiten la vida en esta zona por la presencia de metales y exceso de cationes. (ALT, 2012)

En 1907 se inició la actividad petrolera en Corapata, con la empresa “Titi Caca Oil Company”, realizando perforaciones, que resultaron no fructíferos, por la presencia de fuertes corrientes de agua en el subsuelo que arrasaba los pozos y emulsionaba el petróleo, impidiendo seguir con los trabajos y su consecuente abandono, dejando una fuente de contaminación del suelo, aire, agua a causa de las emanaciones de petróleo; ocasionando la acumulación de sustancias derivadas del petróleo con tendencia a la aridez y la desertificación de suelos, debido a emanaciones de agua salitrosa, petróleo crudo, sustancias tóxicas, y encauzadas por los pobladores directamente al lago Titicaca, afectando a los recursos naturales, el medio ambiente y siendo una seria amenaza para la biodiversidad de este sector (INRENA 1995; CIRNMA-CEDAFOR

2001; Goyzueta 2005; Martínez et al. 2007; Huisa, 2017) considerando que la salinidad de las aguas aumenta con la profundidad (Leal, 2011), se visualizan efectos evidentes como la salinización de tierras, pérdida de áreas de uso agrícola, deterioro del hábitat acuático y consecuentemente de los recursos hidrobiológicos y biota silvestre. (Huisa, 2017).

El estudio de Línea de base, análisis y proceso del mismo desarrollado por Álvarez *et al.*, (2015), identificó todos los medios posibles que generan impactos ambientales concernientes a los pozos productivos y abandonados en el Sector Santa Paula, concluyendo que el porcentaje de pozos productores que generan contaminación debido a los impactos negativos al medio ambiente en el campo Santa Paula corresponde al 47.62%, donde el aspecto más crítico, debido a su alto porcentaje, es el derrame de petróleo mientras que el análisis de fuga de gas es tolerable para el estudio.

### **1.2.2. Evaluación de los parámetros fisicoquímicos en agua y suelos.**

Mediante muestras de aproximadamente 100 mL, se cuantificaron, corroboraron el olor incipiente y la concentración de hidrocarburo; el número de olor incipiente (NOI) logra una sensibilidad de 2 mg/L, y mediante la espectrofotometría ultravioleta detecta la concentración de HC de 5 mg/L que es baja. (Prieto & Martínez, 1999).

Las aguas situadas al pie de la Serranía Aguarague, ubicación de los distritos rurales del municipio Villa Montes en Bolivia, están contaminadas con hidrocarburos, con concentración alta en la época de las primeras lluvias. Los resultados expresados en miligramos de hidrocarburos totales de petróleo por litro de agua (mgTPH/L), tienen el siguiente orden: río Tarairí (2.88 mg/L), río Caigua (2.65 mg/L), río Ipa (2.25mg/L), río Camatindi (0.89 mg/L), río Tampinta (0.43 mg/L), quebrada Los Monos (0.26 mg/L). La evaluación en base al caudal tomando como ejemplo el río Tarairí, para un caudal de 70 L/s, representa que por día recorren 17.4 Kg de hidrocarburos diseminados en el río que equivale a 6.3 toneladas de hidrocarburos por año. (Mamani, *et al.*, 2003)

Los análisis del agua superficial se realizaron mediante cromatografía de gases, empleando columnas capilares de alta resolución. Durante febrero las concentraciones total de HAPs, fue de 4.26 µg/L y osciló entre 0.223 y 0.763 µg/L. En Octubre esta concentración aumento al doble (9.72 µg/L) y varió entre 0.375 y 2.810 µg/L.

Entonces la laguna de Mecoacan está contaminada por la presencia de HAPs, cuya concentración total llega a 10  $\mu\text{g/L}$  en las aguas costeras y estuarinas no contaminadas. Es de singular relevancia la presencia de Benzo (a) pireno y de Indenol (1,2 cd) pireno en la laguna. (González, *et al.*, 2010).

Los parámetros fisicoquímicos medidos como, la temperatura oscilo entre 7.2°C y 24.2 °C en el año 2010, con un patrón de ascenso y descenso suave, similares a otras campañas, sin embargo, es importante tomarlo en cuenta porque podrían estar sufriendo un lento calentamiento del sistema. Con respecto a la salinidad, registrada en el periodo enero – octubre 2010 variaron entre las 30.75 ups a 36.05 ups siguiendo un patrón de distribución muy definido, y común para casi todas las estaciones de muestreo evaluadas. Los valores para el pH variaron entre 7.9 upH y 8.3 upH, en la mayoría de los casos el aumento del pH es general y homogéneo. La distribución de OD presentó sus concentraciones mayores durante el invierno y finales del verano, y las menores en las otras estaciones del año, las concentraciones variaron entre los 4.7 mg/L y los 10.8 mg/L. El análisis de materia orgánica particulado (MOP) mostró un patrón regular con un amplio rango de concentraciones, que oscilaron entre los 34 mg C/m<sup>3</sup> y los 63.66 mg C/m<sup>3</sup>. Los niveles de HCT disueltos/dispersos en el agua del estuario presentaron niveles por debajo del límite de detección del método analítico empleado en todos los casos analizados. En cambio, en los sedimentos los resultados presentaron un rango de variación entre los 0.10 a 0.87 mg HCT/g sedimento (en peso seco). (IADO, 2011)

En su investigación Acevedo (2012), realizó la caracterización del suelo contaminado por hidrocarburos por el método de muestreo asistido, obtuvo 42 muestras de suelo analizadas nueve sobrepasan los LMP para hidrocarburos fracción media, establecidos por la norma NOM138-SEMARNAT//SS-2003, que es de 5.000 mg/Kg, ocho reportaron un valor inferior y 25 reportaron ND (no detectado). Se calculó un volumen total de suelo afectado de 1.300 m<sup>3</sup> HFM establecidos en la NOM-138-SEMARNAT//SS-2003; para el caso de los HAPs ninguna muestra excede los valores establecidos. Las imágenes y las configuraciones del área afectada indican que la contaminación es puntual en algunas áreas, a excepción del punto PUE18, en el que se detectó contaminación hasta una profundidad de 6.0 m.

El estudio efectuado por Zúñiga (2015), restauración de suelos salinizados mediante intercambio catiónico en Pirin Puno, desprende que el suelo es alcalino, la conductividad es 2.8 mS/cm, lo cual indica una moderada concentración de sales. Las concentraciones de los iones analizados fueron Sodio 41.22 meq/L; potasio 28.00 meq/L; calcio 604.29 meq/L; magnesio 174.60 meq/L; cloruros 89.85 meq/L; sulfatos 68.25 meq/L; carbonatos 24.00 meq/L; bicarbonatos 1.00 meq/L; observándose un exceso de calcio, cloruros, sulfatos y sodios que representan el 80%; encontrándose combinados en el suelo; la concentración de calcio y magnesio está por encima de los Estándares de Calidad Ambiental de suelo dado por el Ministerio del Ambiente. La concentración de cloruros y sulfatos son tóxicas para el desarrollo de las plantas. El cloruro de sodio es responsable de la dispersión de las arcillas lo que provoca el encostramiento superficial y problemas de permeabilidad al agua.

En Guajira, Colombia, se realizan actividades con hidrocarburos, y debido al manejo inadecuado se ha vertido en el suelo, generando situaciones de riesgo ambiental con la consiguiente alteración de la calidad del suelo; alterando sus propiedades físicas y químicas como el pH reduciendo en un promedio de 3.50% y 4.90%; la humedad del suelo en un 23,25%, variaciones en la textura y materia orgánica, incrementando el CO en 500% cambiando su condición natural, principalmente en las capas expuestas, van directamente a los vertimientos en áreas de cultivo, la biodiversidad y calidad de agua. En otras palabras, un manejo de paisajes agrícolas es necesario hacerla a una escala regional (Begon *et al.*, 2006), circunstancia que incrementa la vulnerabilidad de estos suelos al tensor ambiental sequía (Castellanos *et.al.*, 2015).

El estudio efectuado por Cuesta (2016), en los ríos de la Amazonía ecuatoriana se realizó la caracterización fisicoquímica del agua: temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH y potencial rédox medidos *in situ*. La temperatura de los ríos, se encontraron en un rango entre 21.3 y 27.5 °C, valores que fueron considerados como normales para ríos amazónicos; los niveles de conductividad son altos 72-389  $\mu$ S/cm. Los ríos Yananas y Kusuime ubicados en la provincia de Morona Santiago, fueron los ríos que presentaron los valores más bajo y alto de conductividad respectivamente; el rango de alcalinidad para los ríos de la Amazonía norte se encontró entre 8-72 mg/L CaCO<sub>3</sub>, mientras que para los ríos de la Amazonía sur de 21-57 mg/L CaCO<sub>3</sub> concentraciones que no fueron significativamente diferentes; el pH esta entre 6.5 – 9. Se evaluó las concentraciones de HAPs como trazadores de contaminación orgánica

en muestras de agua y sedimentos provenientes de ríos Amazónicos del Ecuador, Las concentraciones de HAPs en el agua superficial generalmente son bajas, debido a su hidrofobicidad, volatilización, foto-oxidación de las moléculas o degradación microbiana; por consiguiente niveles altos de HAPs en agua se atribuyen a una contaminación reciente o contaminación crónica El río Conde, fue el único río donde se detectó el analito fluoreno, con una concentración de  $27.83 \pm 1.11 \mu\text{g/L}$ , sobrepasando los  $3 \mu\text{g/L}$  establecido por la Guía de calidad ambiental Canadiense para protección de la vida acuática.

La investigación desarrollada por García *et al.*, (2016), se centró en el análisis del riesgo de los pasivos ambientales generados por la refinería Gualberto Villarroel YPFB al Sur de Cochabamba, para proponer medidas correctivas. La zona de estudio presenta alto riesgo, y vulnerabilidad por estar cerca de la refinería YPFB, se evidenciaron concentraciones de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) en algunas muestras de suelo ( $1.700 \text{ mg/Kg}$ ) y agua ( $100 \text{ mg/L}$ ) por encima de los límites permisibles de la reglamentación ambiental boliviana. En tal sentido se recomendó adaptar técnicas de aireación y landfarming para minimizar los HTP del suelo, y sistemas de fitorremediación en los canales de agua.

Según el Informe presentado por Sub dirección de sitios impactos OEFA (2019). La evaluación ambiental de agua en las quebradas Agua Blanca, Kirishari, Solitario, Santriani, Cajorani, Lorenzo, Lorenzillo-II, Kimpiraki y río Pichis, realizados por el OEFA, no registraron presencia de hidrocarburos totales de petróleo (HTP), aceites y grasas y metales por encima de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Sin embargo, en la temporada húmeda y las características del río, la concentración del plomo supero el ECA. En la época de lluvia y sus procesos exógenos de erosión y transporte, se evidenciaron concentraciones altas de los sólidos suspendidos totales y metales como el aluminio, hierro y manganeso.

Se presentaron cambios en la calidad de agua en las quebradas y ríos, debido a la morfología de la cuenca y sus efectos de remoción y formación de sedimentos, con tendencia a una mayor formación de arenas desde la quebrada Kirishari hasta la afluencia de la quebrada Lorenzo al río Pichis.

### 1.2.3. Análisis y evaluación .de riesgo ambiental

En el Estudio de Impacto Ambiental, se propusieron Planes de Mitigación de reforestación, cuidado del agua, monitoreo entre otros estos no son cumplidos, significa que las obras a realizar para mitigar los efectos adversos al medio ambiente, no están bien descritos Villa Montes se constituye una zona de riesgo de su entorno ambiental si no se realizan medidas racionales de mitigación. (Mamani, *et al.*, 2003)

Los análisis de agua realizados en las fuentes de consumo de las comunidades cercanas a campos petrolíferos (<30 Km), muestran altas concentraciones de HTP, HAPs y metales, en valores muy por encima de lo permitido por la legislación boliviana. Las concentraciones halladas ponen de manifiesto el elevado riesgo potencial que su consumo tiene sobre la salud. El riesgo advierte la elevada probabilidad de padecer cáncer de piel en la mayoría de las comunidades. En el análisis de exposición en función de la distancia, se ha encontrado peor percepción de salud en las poblaciones residentes en la región de no exposición. Del mismo modo, se ha encontrado que en la población no expuesta presenta un aumento puntual de los distintos grupos sintomáticos. (Gonzales, 2009)

En SOTE se tiene derrames de crudo y en el tramo comprendido entre Lago Agrio y Baeza, existen zonas de alto riesgo por deslizamiento, suelos con altas pendientes (> 60%), alto índice de plasticidad, se han identificado un total de 152 interacciones causa-efecto, de las cuales 1.30% corresponden a Impactos Muy Significativos, 7.20% a Impactos Significativos; 84.90% a Impactos Despreciables y un 6.60% a Impactos Benéficos. Únicamente los derrames de crudo sobre el suelo y las aguas superficiales generarán impactos negativos significativos dentro del componente abiótico. Biótico y antrópico. En los tramos en donde el SOTE se halla construido superficialmente, existen zonas de alto riesgo por deslizamiento, las mismas que están asociadas a suelos con altas pendientes (>60%) y alto índice de plasticidad, lo que se ve afectado además por la alta precipitación de la zona. (Gonzalo, 2009)

Se concluye que los impactos negativos más significativos ocurren sobre el paisaje, el suelo, y la flora, especialmente en la acumulación de petróleo líquido en las capas superficiales con presencia de metales pesados (aunque por debajo del límite establecido) y PAH como fenantreno (0.21 µg /L) y acenafteno (0.44 µg/L) por sobre

los límites establecidos considerados como indicadores de toxicidad. (Luque, *et al.* 2014)

Las concentraciones de HTP presentaron concentraciones más de 10 veces superiores al NGR ( $683 \pm 40$  mg/Kg). El análisis de riesgo presenta potenciales rutas de exposición como la inhalación de vapores y partículas de suelo afectadas, la ingestión de suelo y el contacto dérmico. Los parámetros característicos del emplazamiento (profundidad del techo y la base del suelo, área del suelo o longitud de suelo afectado) han sido establecidos en base a las concentraciones de HTP medidas en la zona. Los riesgos obtenidos no permiten ningún tipo de evaluación del medio, por lo que se planteado otra situación, considerando el mismo escenario, pero suponiendo unas concentraciones de las fracciones de HTP superiores. El aire exterior tiene un menor riesgo global que el suelo, situándose todos los HQ por debajo del límite superior de 1.0. Las fracciones mayores de EC, tanto alifáticas como aromáticas no presentan HQ puesto que, su presión de vapor es suficientemente baja como para evitar la migración a través del aire. Los riesgos de suelo para cada fracción se encuentran también por debajo del HQ, sin embargo, el riesgo acumulado es prácticamente 1.6 veces mayor que el límite superior. Este riesgo acumulado es mayoritariamente debido a la fracción EC, suponiendo alrededor del 50% del riesgo global. Considerando los HQ obtenidos en los estudios *in situ* y *ex situ*, se establece, tal como era esperado, una disminución del riesgo a medida que el receptor se aleja de la fuente de contaminación. (Pinedo, 2014)

El estudio de tesis, referido a evaluación de riesgo ambiental en Ananea Puno, Pérez (2017), sustenta que del total de componentes ambientales examinados muestran una afectación negativa debido a actividades mineras, señalando: calidad de aire el 5.11%, aguas subterráneas el 4.91% (riesgo ambiental bajo), aguas superficiales el 8.18% (riesgo ambiental alto), calidad del suelo el 7.16% (riesgo ambiental moderado), sedimentación y relaves el 8.79% (riesgo ambiental alto), ecosistemas el 7.16%, flora terrestre el 7.16%, flora acuática el 5.93% (riesgo ambiental moderado), hábitat el 7.77%, espacio terrestre el 7.77% (riesgo ambiental alto), espacio acuático el 6.13% (riesgo ambiental moderado), salud el 7.36% y seguridad de la población el 7.57% (riesgo ambiental alto), y solamente generación de ingresos el 5.11% (riesgo ambiental bajo), y empleo el 3.89% (riesgo ambiental bajo), reflejan riesgos positivos.





Zavala (2017), en su trabajo de evaluación de riesgo ambiental para los parámetros fisicoquímicos determino un riesgo moderado de 42%, a pesar de tener un grado de contaminación por la presencia de cadmio y plomo, justificando esto, debido a que los niveles de contaminación ha ido disminuyendo dado que la empresa ha implementado programas de mitigación y contingencia; es así que los HTP, Haps ,Plomo, Cadmio Niquel se encuentran dentro de los límites máximos permisibles por efecto del tipo de suelo y por la autodepuración. La metodología de evaluación de riesgo ambiental según la norma UNE 150008, indica que el derrame ocurrido en la línea pk- 128 es un Riesgo Moderado, el mismo que se determinó en base a la investigación de la línea base, dándonos una gravedad en el entorno humano de 17 y el valor asignado es de 4 se ubica en el escenario de grave, para el entorno y natural presentan un riesgo grave.



## CAPITULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1. Identificación del Problema

El sector de Corapata, ubicado en el Distrito de Pusi, se encuentra dentro del campo de explotación petrolera de los años 1875 a 1940, a cargo de empresas chilenas, francesas, españolas entre otras, (INRENA, 1995), evidencia un problema de contaminación por hidrocarburos para la comunidad y especies vivas del entorno de agua, suelo y sus alrededores, que se derivan de la explotación de los 30 pozos perforados y productivos con la emisión de hidrocarburos líquidos y gaseosos, que una vez abandonados y el retiro de los forros de producción de algunos pozos, produjo inundación de los mismos, con agua de formación, a fuerte presión, con emanaciones de gas carbónico y sulfhídrico. (Fernández, 1958; Zúñiga, 2015).

En 1907 se inició la actividad petrolera en Corapata, con la empresa “Titi Caca Oil Company” y el Departamento de Petróleo (Cuerpo de Ingeniero de Minas), realizaron perforaciones, que resultaron no fructíferos, por la presencia de fuertes corrientes de agua en el subsuelo que arrasaba los pozos y emulsionaba el petróleo, impidiendo seguir con los trabajos y consecuentemente su abandono, (Anónimo, 1924); la fuerte contaminación ha ocasionado la acumulación de sustancias derivadas del petróleo con tendencia a la sequedad y esterilidad de suelos, debido a emanaciones de agua salitrosa, petróleo crudo, sustancias tóxicas, y encauzadas por los pobladores directamente al lago Titicaca, afectando a los recursos naturales, el medio ambiente y siendo una seria amenaza para la biodiversidad de este sector (INRENA 1995; CIRNMA-CEDAFOR 2001; Goyzueta 2005; Martínez et al. 2007; Huisa, 2017) considerando que la salinidad de las aguas aumenta con la profundidad (Leal, 2011), se visualizan efectos evidentes como la salinización de tierras, pérdida de áreas de uso agrícola, deterioro del hábitat acuático y consecuentemente de los recursos hidrobiológicos y biota silvestre. (Huisa. 2017).

El área de estudio comprende aproximadamente 33.76 Ha. de terreno que colinda con la Institución Educativa Corapata de Modalidad Inicial, una cancha deportiva, población aledaña y terrenos netamente agrícolas, su población es de escasos recursos económicos; y esta contaminación sufrida en el pasado, no puede ocultar la dificultad de mensurar en términos sociales y económicos los perjuicios ocasionados por el daño ambiental al deterioro del entorno no sólo natural sino también social que ha afectado el desarrollo humano, la calidad de vida y el bienestar general de la población e impedido gozar de un ambiente sano y equilibrado, por ello que se cree necesario realizar una evaluación de riesgo ambiental para determinar las consecuencias que conllevo dicho derrames.

Un daño ambiental altera las propiedades fisicoquímicas del agua y del suelo, según sea el proceso del comportamiento de los hidrocarburos y su toxicidad, en el suelo altera la salinidad y avance de la presencia de hidrocarburos totales de petróleo en el agua, cambia el pH, conductividad eléctrica, alcalinidad e hidrocarburos totales, entre otros.

Además de los hechos señalados, es necesario prevenir la necesidad de identificar al sitio contaminado como un pasivo ambiental según el MINAM (2014) que brindará una alerta sobre la situación y las eventuales acciones a emprender de forma que se puedan prevenir los impactos negativos desde el punto de vista de caracterizar el sitio contaminado.

## **2.2. Enunciado del Problema**

### **2.2.1. General**

- ¿Representará riesgo ambiental la contaminación de hidrocarburos en la comunidad de Corapata Distrito de Pusi Puno?

### **2.2.2. Específicos**

- ¿Cuál será la situación ambiental de los entornos humano, ecológico y socioeconómico del área de influencia?
- ¿La calidad fisicoquímica de las aguas superficiales, es afectada por la contaminación de sustancias químicas tóxicas de hidrocarburos?
- ¿La calidad fisicoquímica del suelo, es afectada por la contaminación de sustancias químicas tóxicas de hidrocarburos?

¿Los aspectos ambientales tendrán que ser analizados y evaluados para medir la estimación del riesgo?

### 2.3. Justificación

La contaminación de aguas, suelos, la evidencia de pérdidas de áreas de cultivo, flora, fauna y los peligros ambientales referente a lo físico natural, antrópicos, sociales y otros; con respecto a hidrocarburos es un problema significativo y creciente, en la comunidad de Corapata, que exige implementar medidas de prevención y control, primero estudiando las fuentes de contaminación, indagando en qué medida los parámetros fisicoquímicos y el riesgo ambiental pueden ser adversos a la sustentabilidad de la comunidad. Por ello, siguiendo los pasos metodológicos de la investigación, el presente trabajo se justifica en lo siguiente:

- a) **Relevancia ambiental:** El análisis predictivo de riesgo ambiental sobre la calidad de aguas superficiales, suelo, aspectos antropogénicas, representan razones científicas de mayor prioridad; para conocer y evaluar el impacto generado según los criterios de gestión de sitios contaminados, D.S. N° 012-2017 MINAM, y preservar la integridad eco sistémica.
- b) **Conveniencia:** Permitirá conocer el riesgo ambiental de la zona en estudio, ante la presencia de alteraciones al agua y suelo, para luego ser considerado pasivo ambiental (Ley N° 29134: Ley que regula los pasivos ambientales del Subsector Hidrocarburos), y posiblemente las remediaciones correspondientes.
- c) **Utilidad metodológica:** Con la evaluación de riesgo ambiental podrá conocerse adecuadamente fuentes potenciales de peligro, discernirá el problema o situación emergente, identificará los sucesos iniciados, analizará los parámetros que causan efecto en los entornos humano, ecológico y hasta social. La investigación sugiere emplear las matrices y procedimientos de identificación de riesgos ambientales con la finalidad de estar en constante mejora y así poder reducir los riesgos ambientales significativos en la comunidad, y finalizará con la estimación de los niveles de riesgo para recomendar futuras decisiones estratégicas.
- d) **Relevancia social:** Se espera que los resultados contribuyan a un desarrollo sostenible, garantizando una buena calidad de agua, suelo y ecosistemas reduciendo la contaminación y evitando sustancias contaminantes como los hidrocarburos.

## 2.4. Objetivos

### 2.4.1. Objetivo General

Evaluar los riesgos ambientales originados por la contaminación de hidrocarburos en la comunidad de Corapata. Distrito de Pusi en Puno.

### 2.4.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar y estimar los aspectos Ambientales de los entornos físico, humano, ecológico y socioeconómico del área de influencia.
- Caracterizar el agua superficial en sus parámetros físicos: aspecto, T°, pH, C.E., Olor; y parámetros químicos: Aceites y grasas HEM, Cl<sup>-</sup>, DBO<sub>5</sub>, DQO, OD, HTP presentes en el área contaminada.
- Caracterizar el suelo en sus parámetros físicos: T°, pH, C.E, *salinidad, metales*; y parámetro químico: HTP presentes en el área contaminada.
- Analizar y evaluar la estimación del riesgo ambiental por la presencia de hidrocarburos.

## 2.5. Hipótesis

### 2.5.1. Hipótesis General

La contaminación de hidrocarburos en la comunidad de Corapata, se ha convertido en un potencial riesgo ambiental para el agua, suelo y el ecosistema.

### 2.5.2. Hipótesis Específica

- El diagnóstico y la estimación de los aspectos ambientales, servirán para la evaluación de los riesgos ambientales, con respecto a los entornos físico, humano, ecológico y socioeconómico de la comunidad de Corapata.
- La caracterización fisicoquímica del agua contaminada por hidrocarburos, presenta variación en los parámetros analizados in situ: aspecto, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, y los analizados ex situ olor, aceites y grasas, cloro, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, oxígeno disuelto, hidrocarburos totales de petróleo.
- La caracterización fisicoquímica del suelo contaminada por hidrocarburos, presenta variación en los parámetros analizados in situ: temperatura, pH, conductividad



eléctrica y los analizados ex situ salinidad, hidrocarburos totales de petróleo y metales.

- Con el análisis y evaluación del riesgo ambiental, se puede detectar un riesgo entre medio y alto debido a que el lugar es netamente agrícola, zona urbana, por lo cual existe afección a las personas y al ecosistema.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

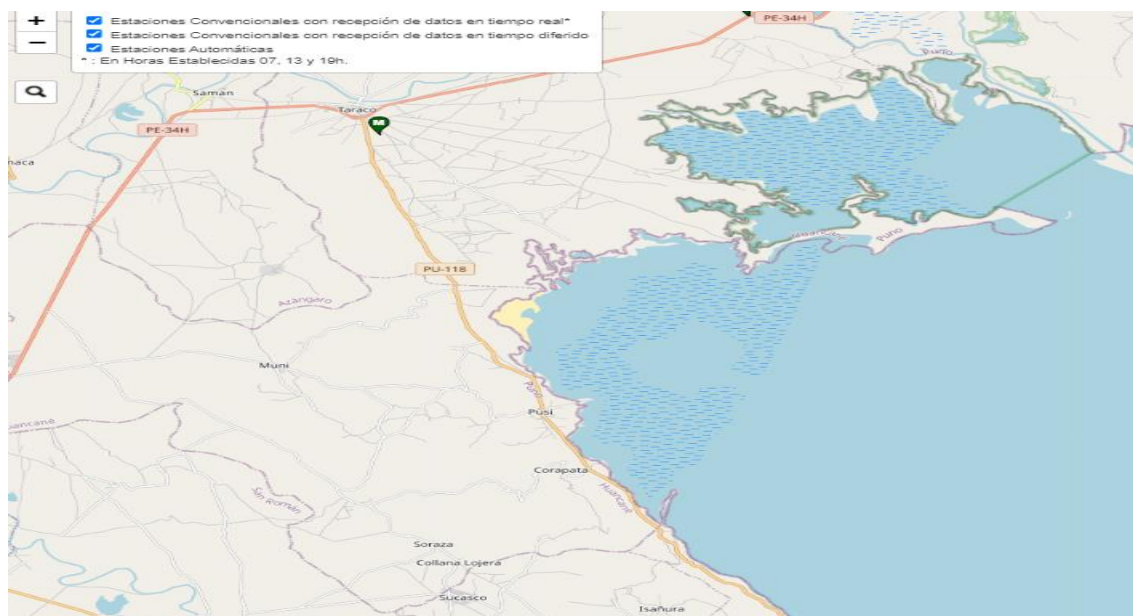
#### 3.1. Lugar de Estudio

La zona de estudio está ubicada en la sierra sur del Perú, pertenece al distrito de Pusi, Provincia de Huancané, Departamento de Puno; a 3,923 m.s.n.m.; a 10 Km de Pirin y de Samán, tiene acceso al lago Titicaca, sus coordenadas Geográficas escritas en la tabla 7.

Tabla 7

*Ubicación de la zona de estudio*

N°	Código del Área	Puntos muestreo	Coordenadas de Campo		Descripción de Investigador
			Longitud Oeste	Latitud Sur	
1	MCT	2 P	-69° 57'51,1"	-15° 24'16,2"	Zona de agricultura y ganadería



*Figura 3. Ubicación de la comunidad de Corapata*

El área de estudio, como informa Machaca (2012), se encuentra ampliamente expuesta, con fallas geológicas, reúne características estructurales, petrofísicas y bioestratigráficas para la generación y entrapamiento de hidrocarburos. Estas fallas produjeron varios efectos que han perturbado el área de influencia directa e indirecta, como áreas frágiles resultando sitios contaminados.

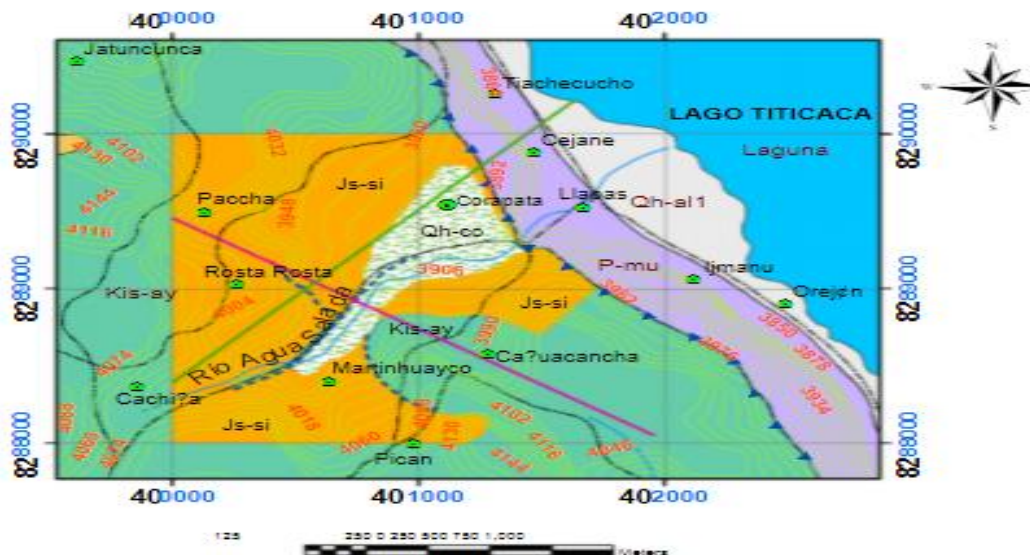


Figura 4. *Geología de Corapata*

### 3.2. Población

El proyecto va dirigido a la población altamente vulnerable de la Comunidad de Corapata, distrito de Pusi, Provincia de Huancané, integrado en su mayoría por campesinos y aledaños; que están asentados en un escenario de innumerables conflictos de carácter socio-ambiental y político, marcado a su vez por muchos años de abandono de los pozos petroleros y presencia de fallas geológicas.

### 3.3. Muestra

El procedimiento fue muestreo probabilístico inducida y por conveniencia, basados en indicadores y criterios de la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales, propuesta por el MINAM (2010), en los siguientes de escenarios:

- Entorno Físico
- Entorno humano
- Entorno ecológico (ambiental)
- Entorno socio-económico



Para la evaluación del entorno ecológico, el criterio importante fue la caracterización de muestras: agua superficial y suelo.

El procedimiento de toma de muestras fue aleatorio simple de carácter probabilístico, dando a cada elemento de población objetivo y a cada posible muestra un tamaño determinado en referencia al entorno social y socioeconómico. Se tomó muestras de agua y suelo, parámetros de análisis in situ y parámetros analizados en laboratorio acreditado. El procedimiento de toma de muestras estuvo basado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales y otros recomendados por el laboratorio acreditado.

### **3.4. Métodos de Investigación**

La metodología de sitios contaminados aplicada es variada, mediante fases o etapas, de manera ordenada y sistemática; para lograr el primer objetivo: diagnóstico y estimación de los entornos, el método se basó en estudio de campo y recopilación de información; para el segundo y tercer objetivo: caracterización de agua y suelo, se evaluó la afectación en la calidad superficial de los cuerpos de agua y suelo que están presentes dentro del área de estudio y para cumplir con el cuarto objetivo, que es establecer el nivel de riesgo se aplicó la Guía de Evaluación de Riesgo Ambiental propuesta por el MINAM, (2010), apoyados en la Metodología para la estimación de nivel de riesgo para pasivos ambientales en el subsector de hidrocarburos OEFA (2012).

### **3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos**

#### **3.5.1. Para alcanzar el OE1:**

Diagnosticar y estimar los aspectos Ambientales de los entornos físico, humano, ecológico y socioeconómico del área de influencia.

La metodología utilizada para la identificación de los entornos se realizó en dos fases:

#### **Materiales y Equipos.**

- Material bibliográfico
- Documentos de información de la Municipalidad de Pusi
- GPS y Cámara Fotográfica
- Ficha de Campo
- Información del Instituto Nacional de Estadística INEI



### a. Fase de preparación

Mediante el trabajo de gabinete se recopiló la mayor información bibliográfica y documental, sobre ubicación (mediante mapas), estadísticas de población, descripción física de la zona (clima y meteorología, precipitación, temperatura), actividades de la comunidad y características generales del área de estudio. Se logró un mapa base.

### b. Fase de campo

Al término de la fase de preparación, se procedió a las visitas de campo recabando la información para la evaluación de riesgos, confirmándose los entornos, tomándose los datos que requiere la evaluación. Esta metodología consideró los entornos al aspecto humano, que incluyen a las personas que radican, instituciones y centros de recreación que se encuentran en el área de influencia, para el entorno natural referido al medio ambiente se consideró dos componentes el agua superficial y el suelo que determinan los puntos de toma de muestras por considerar el centro del sitio contaminado. Para el entorno socioeconómico se tomó en cuenta el riesgo en la ganadería y agricultura, ya que estas actividades son el sustento para el desarrollo económico y actividades económicas.

En la visita de campo se trabajó con una ficha de registro presente en el Anexo 1 Formato de Recopilación de Información de Evaluación de Riesgos, de la guía de Evaluación de riesgos del MINAM.

### 3.5.2. Para alcanzar el OE2:

Caracterizar el agua superficial en sus parámetros físicos: aspecto, T°, pH, C.E., olor; y parámetros químicos: aceites y grasas HEM, Cl<sup>-</sup> DBO<sub>5</sub>, DQO, OD, HTP presentes en el área contaminada.

• **Materiales y Equipos.** La medición de parámetros de campo del agua superficial, muestreo “*in situ*” se utilizó un multiparámetro con sondas de T, pH, OD y CE.

Asimismo, se utilizaron cámaras fotográficas y GPS para el registro de cada punto de muestreo evaluado.

Los materiales destinados al laboratorio acreditado fueron adjudicados por el mismo laboratorio, consistente en un cooler grande, frascos de plástico de polietileno, de vidrio jarra, guantes de nitrilo, refrigerante, papel tisú, pizeta.

- **Reactivos.** Agua bidestilada, se preparó con anticipación la solución estándar para el pH, preservantes para las muestras.
- **Procedimiento Metodológico**

La metodología utilizada para caracterizar el agua superficial se realizó en cuatro fases: de campo, caracterización y monitoreo, analítica y de predicciones.

**a. Fase de Campo**

- **Puntos de Monitoreo**

En esta primera fase se identifican y definen las características del área contaminada, definiendo los puntos de muestreo; una descripción general que incluye la ubicación, tipo del sitio, contaminación previo reconocimiento geológico. Dentro del periodo noviembre del 2019 a enero 2021, se recolectaron muestras del agua superficial en los dos puntos de muestreo; una en el perímetro de la Institución Educativa Inicial “Corapata” (AC-1) y el segundo punto alrededor de la Canchita Deportiva (AC-2).

- **Parámetros de Caracterización**

En campo se realizó una descripción de los componentes ambientales afectados por contaminación, definiéndose los parámetros tomados in situ y los parámetros para ser analizados en un laboratorio Acreditado. Ver tabla 8.

Tabla 8

*Parámetros de agua superficial en área de estudio.*

Parámetros	Sigla	Indicador
<i>In situ</i>		
Temperatura	TEM	°C
pH	pH	UpH
Conductividad Eléctrica	C.E.	μS/cm
<i>Ex Situ</i>		
Olor	Olor	NUO
Aceites y grasas	HEM	mg/L
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/L
Demanda bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L
Hidrocarburos totales de Petróleo	HTP o TPH	mg/L

Los parámetros seleccionados son los principales que caracterizan a las aguas superficiales en sitios contaminados, respecto al sulfuro, es un parámetro, que químicamente es fácilmente oxidable para formar sulfatos en el medio acuoso. La presencia en estas aguas superficiales oxigenadas (al aire libre) es muy rara ya que produce una rápida oxidación por las condiciones aerobias presentes (Ayora, 2010).

#### **b. Fase de recolección de muestras y monitoreo**

- **Parámetros analizados *in – situ***

La determinación de parámetros físico-químicos, *in situ* tomados en los dos puntos de muestreo, se realizó con un multiparámetro, siguiendo el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales aprobado mediante Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. La frecuencia del monitoreo fue de cuatro veces durante todo el periodo.

- **Parámetros analizados en Laboratorio**

Se tomaron muestras de agua, para ser analizados en el Laboratorio de Ensayo SAG acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL –DA, con registro N° LE -047. Cada muestra obtenida en campo fue rotulada con un código que identifique al punto de muestreo, fecha, hora tipo de matriz, parámetros a analizar.

El procedimiento de toma de muestras y su manipulación estuvo basado en el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua” y lo recomendado por el laboratorio.

Se recolecto muestra de agua en un frasco de vidrio de 1 litro para determinar Aceites y grasas, preservándolo con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 N o HCL 6N hasta un pH < 2, (aproximadamente 40 gotas, verificar el pH indicado). Conservándolo a ≤ 6 °C, con un tiempo de vida de 28 días.

Los cloruros, se muestrearon tomando 1 litro en botella de plástico conservándolo a ≤ 6 °C, tiempo de vida 28 días.

Asimismo, para la DBO<sub>5</sub> se recolecto 1 litro de muestra en frasco de plástico o vidrio, llenándolo completamente sin burbujas, sin espacio de aire, para conservarlo a ≤ 6 °C, una vida de 48 horas. Con la DQO, se tomó 100 mL de muestra en frasco de vidrio, al

cual se le preservó con  $H_2SO_4$  hasta un  $pH < 2$ , para esto se le agregó 40 gotas, verificando el  $pH$ , se conserva a  $\leq 6\text{ }^\circ C$ , con un tiempo de vida de 28 días.

En muestreo del parámetro OD, se siguió las recomendaciones de preservación en el orden indicado, no dejando espacio vacío en el frasco Winker de 300 mL, se llenó hasta el rebose, añadiendo 1 mL o 20 gotas de reactivo I + 1 mL o 20 gotas de reactivo II, se mezcla varias veces el frasco y se deja reposar hasta que se asiente todo el precipitado, se conserva a  $\leq 6\text{ }^\circ C$ .

Para los HTP, se tomó 1 litro de muestra en un frasco de vidrio ámbar, conservándolo a  $\leq 6\text{ }^\circ C$  con un tiempo de vida de 14 días. Todas las muestras recolectadas de agua superficial de la zona de muestreo fueron preservadas, rotuladas y transportadas en una caja térmica con hielo hasta los laboratorios SAG

### c. Fase metodológica

- **Parámetros analizados *in – situ***

El procedimiento para la medición de los parámetros *in – situ* es el siguiente:

- Temperatura; se usó un termómetro digital de marca WTW, cuya medición se da en grados centígrados. La sensibilidad del instrumento es de  $0.01\text{ }^\circ C$ .
- Potencial de Hidrógeno ( $pH$ ); para lo cual se utilizó un Potenciómetro digital marca WTW. La unidad de medición son las unidades de  $pH$ , varía de un rango de 0 a 14.
- Conductividad eléctrica; para medir la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro marca WTW. La unidad de medición es  $\mu S/cm$ . Las mediciones realizadas se registraron en la libreta de campo. Asimismo, después de cada medición se realizó la limpieza de las sondas con agua destilada y se secaron con papel tisú.

- **Parámetros analizados en Laboratorio**

En la tabla 9, se muestra los parámetros y métodos considerados por el laboratorio acreditado SAG.

Tabla 9

*Métodos de ensayo utilizados por el laboratorio, para el análisis de agua superficial.*

Parámetro	Método de Ensayo	Descripción
Olor	EPA Method 8015C Revisión 3	Nonhalogenated Organics by Gas Chromtography
Aceites y grasas	EPA-821-r-10-001 Method 1664 Rev. B	Hexane Extractable Material (HEM), oil and Grease) and Silica Gel Treated N- Hexane xtractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-ClB, 23 rd Ed 2017	Chloride. Argentometric Method.
DBO <sub>5</sub>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd. Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux, Colorimetric Method.
DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Chemical Oxygen Demand (COD) Closed Reflux Colorimetric Method
OD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF	Oxygen (Dissolved). Azide Modification
HTP	EPA Method 8015C Revisión 3	Nonhalogenated Organics by Gas Chromtography. 2007

Fuente: Informes de ensayo de Laboratorio SAG.

#### **d. Fase de Predicciones mediante la Estadística**

Para predecir el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua en el tiempo y su significancia en los dos puntos de muestreo y si estas tienen relación unas con otras se utilizó el software estadístico MINITAB, priorizando el modelo de la mejor representación, resultados que guiaran la evaluación de predicciones de comportamiento de contaminación. Dentro de los criterios a seguir, en primer lugar se consideró aquellos parámetros con porcentajes de concentraciones por encima de los ECA, parámetros que presentan altas concentraciones y los que su presencia altera la composición normal del agua.

El propósito de esta sección es evaluar los parámetros para asignar a cada uno de ellos la probabilidad de ocurrencia en escenarios para el riesgo ambiental.

### 3.5.3. Para alcanzar el OE3:

Caracterizar el suelo en sus parámetros físicos: T°, pH, C.E, *salinidad, metales*; y parámetro químico: HTP presentes en el área contaminada

- **Materiales y Equipos.** Para el muestreo de suelos, se utilizaron materiales como el kit de suelos, barrenos de acero inoxidable y bandejas, adicionalmente se utilizaron la cámara fotográfica y GPS, bolsas de plásticos y para el envío al laboratorio acreditado las muestras se incluyeron en el cooler.
  - **Reactivos.** Agua bidestilada, se preparó con anticipación la solución estándar para el pH.
  - **Procedimiento Metodológico**

La metodología utilizada para la caracterizar el suelo se realizó en cuatro fases: de campo, caracterización y monitoreo, analítica y de predicciones

#### a. Fase de Campo

- **Puntos de Monitoreo**

Los puntos de muestreo fueron establecidos de acuerdo a lo indicado para el parámetro agua superficial en los mismos términos. La muestra se tomó a una distancia de 30 cm, considerando a la zona como agrícola, para esto se utilizó barrenos y también las bandejas para el secado.

- **Parámetros de Caracterización**

En campo se realizó una descripción de los componentes ambientales afectados por contaminación siguiendo la guía de sitios contaminados, definiéndose los parámetros tomados in situ y los parámetros para ser analizados en un laboratorio Acreditado.

Tabla 10

*Parámetros de suelo en área de estudio.*

Parámetros	Sigla	Indicador
<i>In situ</i>		
Temperatura	TEM	°C
pH	pH	UpH
Conductividad Eléctrica	C.E.	μS/cm
<i>Ex Situ</i>		
Salinidad	Sal	dS/m
Metales	Símbolos	mg/Kg
Hidrocarburos totales de Petróleo	HTP o TPH	mg/Kg

Los parámetros seleccionados son los principales que caracterizan a los suelos de acuerdo a las condiciones de la zona.

#### **b. Fase de caracterización y monitoreo**

- **Parámetros analizados *in – situ***

Las muestras de suelo fueron colectadas en los mismos puntos de muestreo de agua superficial, los parámetros *in situ* fueron Temperatura, pH y conductividad eléctrica. Para el pH y la conductividad se tomaron aproximadamente 300 g de muestra en una bandeja, preparándolo luego para la toma de la temperatura.

- **Parámetros analizados en Laboratorio**

Las muestras de suelo, para ser analizados en el Laboratorio de Ensayo SAG, siguieron las indicaciones de laboratorio, para el análisis de los metales se recolecto 300 g en una bolsa plástica enviada, luego se procedió a conservarla a  $4 \pm 2$  °C; idéntico fue el muestreo para la alcalinidad, asimismo para HTP, se tomó la muestra en frasco de vidrio ámbar de boca ancha envuelta con papel aluminio, la cantidad de muestra aproximada es de 250 g, conservado a  $\leq 6$  °C, con 14 días de duración.

- **Fase analítica**

- **Parámetros analizados *in – situ***: El procedimiento es el siguiente:

- Temperatura; se usó un termómetro digital de marca WTW, cuya medición se da en grados centígrados. La sensibilidad del instrumento es de 0.01 °C.

- Potencial de Hidrógeno (pH); para lo cual se utilizó un Potenciómetro digital marca WTW. Se procedió a tomar solo un gramo de suelo, se colocó en un vaso de precipitado de 25 mL, agregándole 10 mL de agua destilada, agitando y dejando reposar por 10 minutos y luego se mide el pH.

- Conductividad eléctrica; para medir se utilizó un conductímetro marca WTW. La unidad de medición es uS/cm. Se pesó 40 g de suelo seco agregó agua destilada mezclamos con la espátula hasta saturación, se golpea el recipiente con cuidado sobre la mesa de trabajo para asentar el suelo, cuando está listo se observa un brillo en la superficie, se deja reposar por una hora y se procede a leer la medición.

#### - **Parámetros analizados en Laboratorio**

Para el estudio del suelo se consideró la determinación de metales considerando métodos de análisis de Laboratorio acreditado, los cuales se presentan en la Tabla 11

Tabla 11

*Métodos de ensayo utilizados por el laboratorio, para el análisis de suelo.*

Parámetro	Método de Ensayo	Descripción
Salinidad	NOM-021-SEMARNAT-2000 Ítem 7.2.5. Método As-18	Conductividad medida en el Extracto de Saturación, Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Materia Orgánica. 2002
Metales (Aluminio, Antimonio, Method 200.7 Rev. 4.4. EMMC Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Versión (1994) Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc.)		Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma- Atomic Emission Spectrometry.
HTP	EPA Method 8015C Revisión 3	Nonhalogenated Organics b Gas Chromtography. 2007

Fuente: Informes de ensayo de Laboratorio SAG.



### c. Fase de Predicciones

Para la evaluación de los parámetros del suelo se utiliza también el Software MINITAB, que medirán los entornos ecológicos en el riesgo y siguiendo el mismo procedimiento que en aguas. Para identificar patrones de concentración similares en los puntos de muestreo, los resultados de metales en los suelos se tomarán en cuenta los que superen los estándares de calidad.

#### 3.5.4. Para alcanzar el OE4:

Analizar y evaluar la estimación del riesgo ambiental por la presencia de hidrocarburos.

La identificación, análisis y evaluación de riesgos ambientales se basó en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales (MINAM, 2010); que propone un modelo estandarizado en procesos del sistema matricial del riesgo ambiental en los pasos siguientes:

##### 3.5.4.1. Análisis de riesgos ambientales

En esta fase se considera la información de gabinete y campo para el procedimiento de identificación de las fuentes de peligro del problema central, se relaciona las causas y efectos resultados del diagnóstico del objetivo 1, cada peligro identificado deberá ser ingresado en las matrices de las tablas 12 y 13.

Tabla 12

*Identificación Típica de fuentes de peligro*

Factor	Humano	Ecológico	Socioeconómico
Antrópico	Causas		
	Efectos		

Tabla 13

*Definición de fuentes de peligro*

Tipología de peligro	Causa físico químico			Causa geo Hidrometeorológico		
	Sustancia	Tipo	Peligrosidad	Interior	Superficie y Tierra	Hidrológico
	M	M E	In Co	Otr	(2)	Intensidad
	P	R M i t i p	r m o	Concentración máxima	(1)	(3)

A

**Antrópico**

o

S

Causas Físico-químicas: (Comprende sustancias por su clasificación) MP= Materia Prima; R= residuo; Mi= Muy inflamable; Mt= muy tóxico; li=Irreversible inmediato; Ex= Explosivo; Inf= Inflamable; Cor= corrosivo y Com= combustible.

Causa Geo Hidrometeorológicas: Comprende eventos naturales: (1) Sismo, maremoto, actividad volcánica; (2) Deslizamiento, aluvión, derrumbe, alud, erosión (3) Inundaciones, viento, lluvia, sequía, granizada, nevada, friaje.

Fuente: Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales MINAM 2010

**a. Definición del suceso indicador**

Los sucesos indicadores se desarrollaron para cada uno de los entornos tanto humano, ecológico (ambiental) y socioeconómico y se registraron en las tablas siguientes, tomando como elemento indicador el agua, suelo y población, para los sucesos los parámetros que alteran el ecosistema, fuentes de información análisis de laboratorio, fuentes de información entre otros.

Tabla 14

*Análisis de los Entornos Humano, ecológico y socioeconómico*

ENTORNO.....		
Elemento de Riesgo	Suceso indicador/Parámetro de Evaluación	Fuente de Información

**b. Formulación de escenarios**

Esto se realizó mediante un registro de actividades que se desarrollan en el área de estudio, identificando su diagnóstico ambiental y Planes Regionales registrados en la Municipalidad de Pusi, los escenarios en estudio están asociados a la contaminación del agua superficial y suelo para los cuales se estimará la probabilidad de ocurrencia y gravedad. En la Tabla 15 se registraron los escenarios.

Tabla 15

*Formulación de Escenarios*

Ubicación de la zona	Tipología de Peligro		Sustancia o evento	Escenario de riesgo	Causas	Consecuencias
	Natural	Antrópico				
Identificar Peligros		Identificar		Posible desencadenamiento suceso iniciador	Principales causas suceso iniciador	Consecuencias asociadas en Primera Instancia

Fuente: Guía de Evaluación de riesgos. MINAM

### c. Estimación de la Probabilidad

Para estimar la Probabilidad de los escenarios los valores se dan según la tabla 16

Tabla 16

#### *Rangos de Estimación Probabilística*

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

FUENTE: Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales – MINAM

Para evaluar el índice de probabilidad, se contará con los resultados de los análisis estadísticos de los parámetros físicos químicos presentes en agua y suelo. El índice de “muy probable” se considera cuando las sustancias químicas tienen concentraciones son muy elevadas. La de Probabilidad tienen concentraciones intermedias, pero que no se mueven en otras áreas; el índice de “poco probable” corresponde a los casos donde la concentración de sustancias peligrosas o contaminantes es intrascendente.

### d. Estimación de la gravedad de las consecuencias

La estimación de la gravedad de las consecuencias se realiza de forma diferenciada para el entorno humano, ecológico y socioeconómico, como se da en la tabla 17.

Tabla 17

#### *Formulario para la estimación de la gravedad de las consecuencias*

Gravedad	Límites del entorno	Vulnerabilidad
Entorno ecológico	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ calidad del medio
Entorno humano	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ población afectada
Entorno socioeconómico	= Cantidad + 2 peligrosidad + extensión	+ Patrimonio y capital productivo

Fuente: En base a norma UNE 150008 2008 – Evaluación de riesgos ambientales.

- **Estimación de la gravedad de consecuencia en el entorno humano**

Para el entorno humano, se calcula en base a la siguiente formula:

$$\text{Salud} = C + 2 (P) + E_h + \text{Población}$$

Donde:

*Cantidad C* = De acuerdo al análisis de las sustancias de los componentes ambientales.

*Peligrosidad P* = Es la propiedad o aptitud intrínseca de la sustancia de causar daño (toxicidad, posibilidad de acumulación, bioacumulación, etc.)

*Extensión Eh* = Es el espacio de influencia del impacto en el entorno.

*Calidad del medio* = Se considera el impacto y su posible reversibilidad.

*Población afectada* = Número estimado de personas afectadas.

*Patrimonio y capital productivo* = Se refiere a la valoración del patrimonio económico y social (patrimonio histórico, infraestructura, actividad agraria, espacios naturales protegidos, zonas residenciales y de servicio).

Tabla 18

*Valoración de consecuencias Entorno humano.*

		<b>Cantidad *</b>		<b>Peligrosidad (Según características)</b>	
4	Muy alta	Cantidad del contaminante que se encuentre 100% por encima del ECA	4	Muy peligroso	Muy inflamable Muy tóxica Causa efectos irreversibles
3	Alta	Cantidad del contaminante que se encuentre entre 50% y 100% por encima del ECA	3	Peligroso	Explosiva Inflamable Corrosiva
2	Poca	Cantidad del contaminante que se encuentre entre 10% y 50% por encima del ECA	2	Poco peligroso	Combustible
1	Muy poca	Cantidad del contaminante que se encuentre 1% y 10% por encima del ECA	1	No peligroso	Daños Leves y reversibles
		<b>Extensión (km)*</b>		<b>Población afectada (personas)</b>	
4	Muy extenso	Presencia de población adyacente, localizada en el mismo lugar contaminado.	4	Muy alto	Más de 100 personas

3	Extenso	Presencia de población en un radio menor a 0,5 km	3	Alto	Entre 50 y 100 personas
2	Poco extenso	Presencia de población en un radio de 0,5 a 1 km	2	Bajo	Entre 5 y 50 personas
1	Puntual	Presencia de población en un radio mayor a 1 km	1	Muy bajo	Menor de 5 personas

\* En base a la Metodología para la estimación de nivel de riesgo para pasivos ambientales en el subsector de hidrocarburos

La cantidad está referido a la suma del contaminante encontrado en el ambiente comparada con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), en el caso que se encuentren más de dos parámetros contaminantes que superen el ECA, se considere el valor más alto de la valoración.

Para la peligrosidad, solo bastará identificar una característica, y en el caso que se cuente con dos o más características de diferentes valoraciones, se considera el valor más alto de los identificados

Con respecto al entorno humano se evaluó el sitio contaminado y la población que son afectados, teniendo en cuenta la información de población obtenida.

El factor de población se encuentra en función del número de personas que se encuentren en riesgo de ser afectadas potencialmente, previo a la determinación de la extensión, es decir, se considera el número de la población ubicada en la extensión determinada. Si no existe población directamente afectada debe valorarse como 1.

- **Estimación de la gravedad de consecuencia en el entorno ecológico**

Esta estimación se calcula con la siguiente formula.

$$\text{Calidad del ambiente} = C + 2 (P) + Eh + CM$$

La cantidad y peligrosidad del entorno natural son iguales a los factores del entorno humano. Para calcular la extensión y la calidad del medio se considera las siguientes valoraciones del entorno humano.

#### **-Extensión Eh**

La extensión para el entorno natural está referido al espacio de influencia del impacto del entorno. Los valores se dan en la Tabla 19.

Tabla 19.

Factor de Extensión en el entorno ecológico

Extensión		Valor
Radio de impacto mayor a 1 km	Muy Extenso	4
Radio de impacto hasta 1 km	Extenso	3
Radio de impacto menor a 0,5 Km	Poco extenso	2
Área afectada	Puntual	1

Fuente: Guía de Evaluación de Riesgos MINAM 2010

### -Calidad del medio (CM)

Se determina de acuerdo a los componentes afectados, agua y suelo, dependiendo de los parámetros establecidos en el ECA, los criterios de valoración están en la tabla 20.

Tabla 20

*Calidad del medio*

Calidad del medio	Valor
Área ambiental que se encuentran afectando dos o más componentes ambientales y dos o más parámetros afectados establecidos en ECA	4
Área ambiental que se encuentran afectando dos componentes ambientales y al menos un parámetro afectado establecidos en ECA	3
Área ambiental que se encuentran afectando un componente ambiental en al menos un parámetro afectado establecido en ECA	2
Área ambiental que no afecta a los componentes ambientales.	1

Fuente: Metodología para la estimación de nivel de riesgo para pasivos ambientales en el subsector de hidrocarburos

- **Estimación de la gravedad de consecuencia en el entorno socioeconómico**

Aquí, se estima el patrimonio económico según la fórmula:

$$\text{Socioeconómico} = C + 2 (P) + Eh + Pcp$$

Se explicó las valoraciones de la cantidad y peligrosidad en base a hallazgos sociales y económicos. Se describe la estimación del patrimonio y capital productivo.

### -Patrimonio y capital productivo (Pcp)

Se entiende que la pérdida de un cuerpo receptor ocurre cuando todos los parámetros del ECA- agua y suelo han sido superados. Los valores se presentan en la tabla 21.

Tabla 21

*Patrimonio y capital productivo (Pcp)*

<b>Patrimonio y capital productivo (Pcp)</b>		<b>Valor</b>
Letal: Pérdida del 100% del cuerpo receptor. Se aplica en los casos en que prevé la pérdida total del receptor. Sin productividad y nula distribución de recursos (Cuando el 100% de los parámetros evaluados del ECA han sido superados)	Muy alto	4
Agudo: Pérdida del 50% del receptor. Cuando el resultado prevé efectos agudos y en los casos de una pérdida parcial pero intensa del receptor. Escasamente productiva recursos (Cuando el 50% los parámetros evaluados del ECA han sido superados)	Alto	3
Crónico: Pérdida de entre el 10% y 20% del receptor. Los efectos a largo plazo implican pérdida de funciones que puede hacerse equivalente a ese rango de pérdida del receptor, también se aplica en los casos de escasas pérdidas directas del receptor. Medianamente productiva recursos (Cuando el 10% y 20% los parámetros evaluados del ECA han sido superados)	Bajo	2
Pérdida de entre el 1% y 2% del receptor, ésta puede clasificar los escenarios que producen efectos, pero son difícilmente medidos o evaluados sobre el receptor. Alta productividad recursos (Cuando el 1% y 2% los parámetros evaluados del ECA han sido recuperados)	Muy bajo	1

Fuente: Guía de Evaluación de Riesgos MINAM 2010

Finalmente, para el escenario de contaminación de agua superficial y suelo se asigna una puntuación de 1 a 5 a la gravedad de las consecuencias en cada entorno según la tabla 22.

Tabla 22

*Valoración de la gravedad de las consecuencias*

<b>Valor</b>	<b>Valoración</b>	<b>Gravedad (Valor Asignado)</b>
Critico	20 - 18	5
Grave	17 - 15	4
Moderado	14 - 11	3
Leve	10 - 8	2
No relevante	7 - 5	1

FUENTE: Guía de evaluación de Riesgos Ambientales del MINAM



### e. Estimación del riesgo ambiental

El producto de la probabilidad por la gravedad de las consecuencias anteriormente descritas, permite la estimación del riesgo ambiental. Este se determina para los tres entornos considerados natural, humano y socioeconómico, para esto se elabora tres tablas de doble entrada, una para cada entorno, en las que gráficamente debe aparecer cada escenario teniendo en cuenta su probabilidad y consecuencia, ver tabla siguiente:

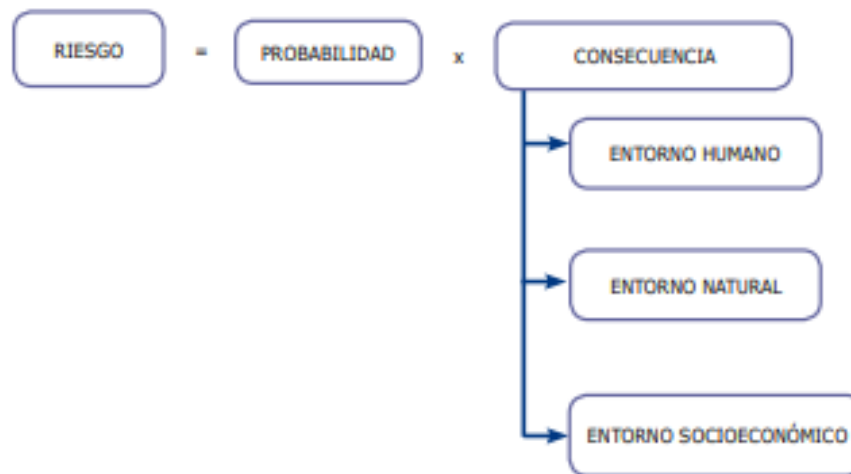


Figura 5. Estimación del riesgo ambiental

Tabla 23

Estimación del Riesgo Ambiental

		Gravedad de las consecuencias				
		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

FUENTE: Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales – MINAM




La ubicación de los escenarios en la tabla ha permitido emitir un juicio sobre la evaluación del riesgo ambiental y plantear una mejora de gestión para la reducción del riesgo.

### 3.5.4.2. FASE DE EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

Los riesgos se catalogan en función del color de la casilla en la que se ubican en la Tabla 24 de Estimación del Riesgo Ambiental. Esta metodología permite una vez que se han ubicado los riesgos y se han catalogado se identifica aquellos riesgos que deben eliminarse o en caso de que esta no sea posible reducirse. Los riesgos críticos sobre los que es necesario actuar son los riesgos considerados como altos. Ver la Tabla siguiente:

Tabla 24

*Establecimiento del riesgo alto en la escala de evaluación de riesgo ambiental*

	Valor Matricial	Equivalente porcentual (%)	Promedio (%)
	16-25	64-100	82
	6-15	24-60	42
	1-5	1-20	10.5

Riesgo significativo:  
Riesgo Moderado:  
Riesgo Leve:

FUENTE: Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales - MINAM

#### a. Caracterización del Riesgo Ambiental

Esta es la última etapa de la evaluación del riesgo ambiental y se caracteriza porque el riesgo se efectúa en base a los tres entornos: humano, natural y socioeconómico. Previamente se determina el promedio de cada uno, expresado en porcentaje, finalmente la sumatoria y media de los tres entornos, el cual es el resultado final de la evaluación de cada componente ambiental, que se enmarca en uno de los tres niveles establecidos: riesgo significativo, moderado o leve. La fórmula es la siguiente:

$$CR = \frac{EH + EE + ES}{3}$$

Donde:

CR = Caracterización del Riesgo para un sitio contaminado

EH = Entorno Humano

EE = Entorno Ecológico

ES = Entorno socioeconómico

Este resultado final se enmarco en uno de los tres niveles establecidos: Riesgo significativo, moderado o leve.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Diagnóstico y estimación de aspectos ambientales para entornos del área de influencia.

Para el diagnóstico y estimación de los entornos humano, ecológico y socioeconómico, se recopiló y analizó la información necesaria para evaluar riesgo ambiental, en base a:

##### 4.1.1. Clima y Meteorología

La información climatológica proviene del SENAMHI, cuya estación meteorológica más cercana a la zona de estudio, es la Estación de Monitoreo de Taraco (Estación 115047), ubicada a una altitud de 3820 m.s.n.m. y cuyas coordenadas geográficas son:

Longitud 69°58'57'' y Latitud 15°18'18''. Los parámetros recopilados son: precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, velocidad y la dirección del viento.

- **Precipitación**

La zona de estudio presenta la existencia de dos estaciones marcadas, como periodo de helada y verano, generalmente se denomina época de lluvia (acompañada de granizos). El periodo de lluvia dura aproximadamente 7 meses del 26 de setiembre al 25 de abril, con un intervalo de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros (OEFA, 2016). El periodo de helada se da a mediados de mayo a 15 de setiembre con temperaturas a -0°C.

Los agricultores de Corapata, relatan que continúan la práctica de adaptación al cambio climático y el conocimiento de bioindicadores presentes en la naturaleza, advierten la presencia de lluvia, sequia, y pueden utilizar señas como el viento, las estrellas y el comportamiento de algunos animales como el Lequecho y el zorro andino.

En ausencia del viento estas precipitaciones son más débiles.

Tabla 25

*Precipitación*

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cantidad												
Máxima	20	18	3.8	7.2	15.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.20	18
mm												

Fuente: SENAMHI -2020

En la tabla 25 se observa, que las precipitaciones se dan en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo siendo variado por días. No obstante, las variaciones que se vienen observando por el cambio climático, está sujeto a efectos cambiantes en próximos meses.

- **Temperatura**

Durante las salidas de campo y la toma de muestras se observó que la temperatura es inestable, siendo la mínima  $-11.4^{\circ}\text{C}$  a mediados del mes de junio y un máximo de  $21.8^{\circ}\text{C}$  en noviembre pero con la presencia de lluvia, según reporta la estación de Taraco.

Tabla 26

*Temperatura media mensual y anual en  $^{\circ}\text{C}$*

Temperatura	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM
Máxima	19.8	19	17	19.4	18.8	19.2	18.8	20	19.8	20.2	21.8	21.2	19.58
Mínima	1.2	4	2	-3.8	-7.2	-10.4	-11.4	-11	-7.2	-8	-2.8	1.2	-4.45

Fuente: SENAMHI -2020

- **Humedad Relativa**

Corapata, es típicamente frígida y semihúmeda, pero se puede considerar seco para los meses de mayo a setiembre.

Tabla 27

*Humedad Relativa y promedio mensual*

Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROM.
<b>Máxima</b>	75.2	79.9	72.1	78.2	61.4	57.3	58.5	53.3	79.5	78.1	69.5	86.5	70.79
<b>Mínima</b>	44.7	64.3	65	47.1	31.9	34.5	36.4	31.7	45	36.5	43.7	53.5	44.53

Fuente: SENAMHI -2020

En la tabla 27, se observa que la humedad relativa máxima más alta se presenta en el mes de diciembre con 86.50% y la mínima más baja en mayo con 31.90%, y la humedad relativa máxima promedio es de 70.79% y la mínima es 44.53%.

- **Velocidad y dirección del viento**

Los vientos en Corapata, prevalecen durante todo el año obviamente hay vientos débiles y fuertes, en los meses de julio y agosto la velocidad es de 3 m/s con ráfagas, así mismo la dirección es de NO y en el día son más débiles que en las tardes, pero antes de una precipitación se presenta vientos muy variados y fuertes.

- **Evaporación**

Según el informe de la Estación meteorológica de Taraco; la zona de estudio presenta en el año 2020 una mínima evaporación a mediados del mes de Febrero de 100 mm, mientras que la más alta de 130 mm a mediados del mes de mayo y noviembre.

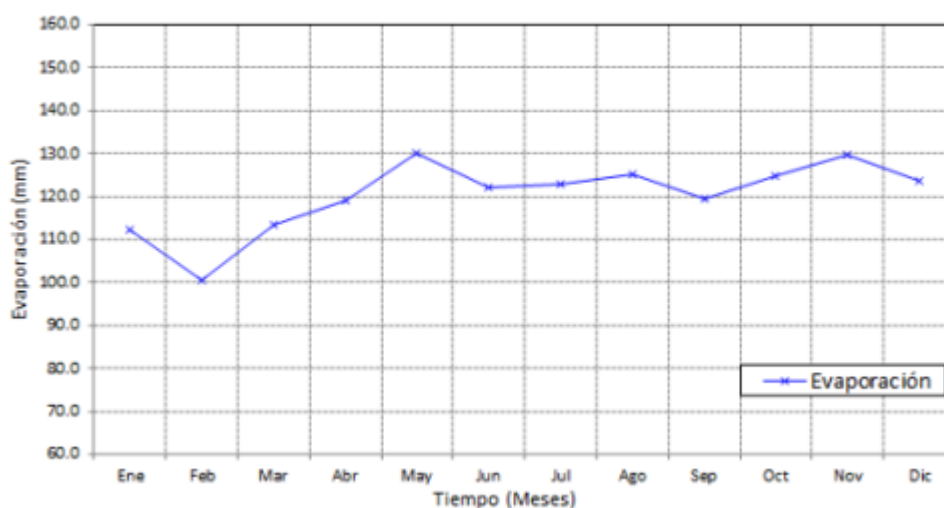


Figura 6. Variación mensual de la evaporación SENAMHI 2020

Asimismo, se sabe que la evaporación, de manera general en Puno es relativamente alta, la misma que se ve influenciada por varios factores concurrentes como el aire seco, los vientos, la temperatura máxima durante el día y la radiación alta que caracteriza al altiplano peruano. Los valores máximos de la evaporación media, se producen en el periodo setiembre-diciembre, con un promedio mensual de 200.20 mm/mes. En el periodo enero-abril se producen los valores medios con 157.02 mm/mes; mientras los valores mínimos son registrados en el periodo mayo-agosto con 145.60 mm/mes (Zúñiga, 2015).

#### **4.1.2. Escenario Geológico**

- **Geología**

Los estudios geofísicos realizados en la zona de estudio por la Gerencia Regional de Recursos Naturales y medio ambiente (GORE Puno, 2016); han evidenciado estructuras anticlinales fallados, donde estarían entrapando el petróleo en las formaciones Huancané, Ayabacas y Sipín, esta complejidad tectónica produce levantamientos (horst) y algunas actividades insipientes ígneas que favorecen la migración del petróleo hacia lugares posibles a pasivos ambientales o sitios contaminados. Según Palacios et al. (1993), las rocas son reservorios que contienen el petróleo y estas rocas llamadas madres podrían ser las lutita siluro devonianas, aunque puede existir la migración hacia arriba a lo largo de fracturas. Estas informaciones se utilizaron para definir los dos puntos de muestreo.

- **Geología estructural**

Dentro de la región se encuentran varios tipos de estructuras geológicas, las cuales guardan diferentes relaciones tanto con ocurrencias mineras, hidrocarburos y zonas de debilidad estructural propensas a fenómenos sísmicos (Machaca, 2015). También se distinguen esquemas estructurales muy definidos que conforman la llamada Cadena Andina y la Cadena Herciniana que tienen edades diferentes de formación, las cuales trajeron eventos de deformación variadas en diferente tipo de litología (Palacio et al., 1993).

### 4.1.3. Escenario Ecológico

- **Hidrología**

El recurso hídrico, se origina como consecuencia de la precipitación; según el estudio de campo se observó que Corapata, tiene 2 zonas donde sale agua, una de ellas está muy cerca a las áreas contaminadas y la otra es un pequeño riachuelo.

La población se abastece del agua proveniente del subsuelo y filtraciones, se cuenta con una caseta de bombeo y mediante tuberías públicas se distribuye a los hogares en un porcentaje de 70%. El servicio de agua no se almacena ni pasa por algún tratamiento, nunca ha sido analizada.

Las aguas residuales son arrojadas a los huertos o calles y en menos proporción a los pozos sépticos

Las viviendas no cuentan con servicio de desagüe, utilizan diferentes formas de evacuación, observando la presencia de letrinas.

Los servicios de alcantarillado se encuentran en una situación deplorable representado un riesgo de contaminación ambiental.

- **Suelo**

La comunidad de Corapata presenta espacios favorables para el desarrollo de la agricultura, sin embargo la contaminación del suelo desde 1910 por la explotación del petróleo ha ido en decremento.

Según Huisa, 2017, reporta que Corapata colinda con la Cuenca del Lago Titicaca, donde los usos agropecuarios en el suelo cubre un total del 48% incluidas superficies acuáticas, de éstos, el 4.4 % están dedicados a cultivos y el 21.7% a pastos, 7.0% a usos agropecuarios y 14.9% a usos agro-silbó-pastoriles, los cultivos en su mayoría se encuentran en el área de la cuenca Titicaca y los pastos en su mayoría en la Ramis.

El agua utilizada para los cultivos es agua que sale de las 2 zonas estudiadas, existe también una pequeña represa donde antes se hacía la cosecha de agua.

- **Vegetación**

La vegetación en el área de estudio es propia de las regiones alto andinas, en donde la altura y las temperaturas limitan el desarrollo de la vegetación, en dicha zona se encuentra la vegetación típica como: ichu, algunos arbustos, pastos silvestre y arboles como el Ciprés, Kolly, Eucalipto, las cuales hacen ver una vegetación rustica.

Huisa (2017), en su estudio manifiesta que el registro biológico es bajo considerando que la temporada de muestreo comprende la época de lluvias, reproducción y floración de la biota (39 especies de flora, 29 especies de aves y 24 especies de insectos) atribuible sin dudas a la influencia del área degradada de Corapata, ocasionada por el brote de agua de salmuera del pozo RH-10.

- **Fauna**

En cuanto a la fauna se pudo observar animales domesticados como ovinos, bovinos, animales silvestres, enterándonos que existen conejos de la zona y una gran variedad de aves.

#### **4.1.4. Escenario Socioeconómico**

- **Población**

La población de Corapata del distrito de Pusi, es mayormente un pueblo rural, están distribuidos en viviendas con sus campos de cultivo y presencia de animales poseen una cultura andina, campesina y obrera.

Según el censo nacional de población y vivienda del año 2017 del INEI la población censada es en total de 108 personas entre hombres y mujeres, las personas mayores representan una población económicamente activa debido a que todos se dedican al trabajo de campo, a la crianza de animales y los hijos representan los estudiantes en todos los niveles. La mayoría de los jóvenes están estudiando en la Universidad Nacional del Altiplano.

- **Viviendas**

Corapata aproximadamente tiene una totalidad de 57 viviendas ocupadas y 2 desocupadas, se observa alrededor de las viviendas cultivos de quinua, habas, trigo, papa y cebada; así mismo pastoreo de ganado ovino, vacuno cría de animales



domésticos (gallinas, pavos, cerdos, perros y gatos), se advierte un proceso de biomagnificación de contaminantes, por la cantidad de años de interacción con acciones petrolífera, (Huisa, 2017). Estas viviendas como se ve en el anexo de fotografías están alrededor de los dos puntos de muestreo.

- **Educación**

Se cuenta con un Centro de Educación Inicial, con la presencia de 1 docente y 5 estudiantes, situada a 2 metros del punto de contaminación 1, y al frente se tiene un Centro de Educación Primaria con 3 docentes que se distribuyen del primero al quinto grado con 12 estudiantes.

- **Salud**

Corapata, no cuenta con ningún centro de salud, por la pandemia se colocó un centro de salud rápido por el COVID, sin embargo por motivo de acceso se cerró.

- **Infraestructuras**

A una distancia de aproximadamente 25 metros en el punto 2 se encuentra la Canchita Deportiva.

- **Vías de comunicación**

Para llegar a Corapata, se tiene los siguientes accesos vistos en la tabla 28.

Tabla 28

*Transporte para llegar a Corapata*

Tramo	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo (minutos)
Juliaca – Taraco	Asfaltada	25	30
Taraco – Pusi	Carretera afirmada	10	30
Pusi – Corapata	Carretera firmada	9	25
Total		44	85

## 4.2. Caracterización del agua superficial en sus parámetros físico-químicos presentes en el área contaminada.

### 4.2.1. Identificación de las áreas contaminadas

Para identificar las áreas contaminadas, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Evaluación del área de estudio, al inicio se encontró varios puntos de contaminación, la selección se dio por la cercanía a lugares de riesgo como es la Institución Educativa Inicial al frente la Institución Educativa Primaria, la Cancha deportiva, las viviendas de la población. Anexo 3 de fotografías.
- Afloramiento visible
- Los puntos se encuentran en vías de acceso y transitables.
- Presentan drenaje que recorre hasta la carretera para luego orientarse hacia las orillas del Lago Titicaca.
- Al lado del drenaje existe un riachuelo que recorre varias comunidades.

El tipo de muestreo realizado es puntual, con una sola frecuencia y 4 periodos. Los puntos presentan drenaje, escorrentía, embalsamiento y aspectos no agradables al sistema.

Tabla 29

*Ubicación de puntos de monitoreo en la zona de estudio*

N°	Código de punto	Coordenadas de campo de estudio		Distancia al Centro Poblado	Cuenca	Comentario
		Longitud °W	Latitud °S			
1	AC-1	69°9234069	15°4701859	5 km	Cuenca Lago Titicaca	Hay presencia de cuerpos receptores
2	AC-2	69°9235138	15°4702113	7 km	Cuenca lago Titicaca	Hay presencia de cuerpos receptores

### 4.2.2. Resultados y comportamiento de parámetros fisicoquímicos de las aguas superficiales

La evaluación de los resultados de monitoreo y determinar el nivel de riesgo que generan los parámetros en la calidad de agua superficial, se realizó mediante la comparación de los parámetros con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental

para Agua respecto a Agricultura y de Canadian Envirometa Quality. En la tabla 30 y 31 se presenta los resultados de análisis de laboratorio de los dos puntos seleccionados y la comparación con las normas indicadas.

Tabla 30

*Parámetros físico químicos del AC-1 para agua superficial. “Escuela Inicial “*

	Sigla	Unidad medida	Investigación Tesis				ECA	Canadian EnvirometaQuality
			Número de Muestras					
			1	2	3	4		
<b>Parámetros Físicos</b>								
<b>Temperatura</b>	TEM	°C	19.60	14,0	18.5	17.2	8.22 – 14.22	Δ3
				0				
<b>pH</b>	pH	UpH	6.78	6.68	6.13	7.05	6.50 – 8.50	6.50 – 8.50
<b>Conductividad Eléctrica</b>	C.E.	μS/cm	356	487	711	545	250	500
<b>Olor</b>	Olor	NUO	0.99	0.98	0.99	0.97		
<b>Parámetros Químicos</b>								
<b>Aceites y grasas</b>	HEM	mg/L	0.49	1.10	1.84	3.05	5.00	10.00
<b>Cloruros</b>	Cl <sup>-</sup>	mg/L	774.30	914.50	821.20	1 007.80	500.00	--
<b>Demanda bioquímica de Oxígeno</b>	DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.99	6.00	4.00	4.80	15.00	15.00
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/L	9.90	9.70	9.50	8.90	40.00	40.00
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	mg/L	5.10	13.10	9.53	9.90	>4.00	>5.00
<b>Hidrocarburos totales de Petróleo</b>	HTP o TPH	mg/L	0.01	0.54	0.93	0.12	0.50	-

Tabla 31

*Parámetros fisicoquímicos del AC-2 para agua superficial. “Canchita Deportiva”*

	Sigla	Unidad medida	Investigación Tesis				ECA	Canadian Enviromet aQuality
			Número de Muestras					
			1	2	3	4		
<b>Parámetros Físicos</b>								
<b>Temperatura</b>	TEM	°C	21	20	21	21	Δ3	Δ3
<b>pH</b>	pH	UpH	6.65	5.80	6.00	6.50	6.50 – 8.50	6.50– 8.50
<b>Conductividad Eléctrica</b>	C.E.	μS/cm	374	432	391	412	250	500
<b>Olor</b>	Olor	NUO	1.00	1.01	0.99	1.10		
<b>Parámetros Químicos</b>								
<b>Aceites y grasas</b>	HEM	mg/L	0.50	4.00	0.70	2.90	5.00	10.00
<b>Cloruros</b>	Cl <sup>-</sup>	mg/L	782.50	1119.30	972.50	1174.40	500	--
<b>Demanda bioquímica de Oxígeno</b>	DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.99	1.98	2.00	2.50	15.00	15.00
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/L	0.99	4.00	6.00	5.30	40.00	40.00
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	mg/L	3.00	3.60	5.70	4.50	>4.00	>5.00
<b>Hidrocarburos totales de Petróleo</b>	HTP o TPH	mg/L	0.01	0.26	0.27	0.17	0.50	-

### Análisis de Resultados

Según ECA y la norma de Canadá, los parámetros que están variando en comparación con los estándares son: Temperatura, Conductividad Eléctrica, cloruros, Oxígeno Disuelto, Hidrocarburos totales de Petróleo para AC-1, y para AC-2 varia pH, C.E., Cloruros, OD, HTP, esto es debido a las condiciones especialmente de sequía y precipitación, el comportamiento varia en relación al parámetro que analizamos.

La conducta de la temperatura influye sobre la actividad enzimática y sobre la naturaleza del contaminante, al descender en tiempo de helada a 14 °C hay menor actividad y por lo tanto una menor tasa de biodegradación que influenciaron a valores bajos de la DBO y DQO, sin embargo implica mayor viscosidad, esto con respecto al

AC-1. Para el AC-2 la temperatura no varía, manteniendo los parámetros bajos no alterando el sistema.

Con respecto al pH, para AC-1, en la temporada de lluvia se registró un pH 6.13 que está por debajo de los ECA. En el AC-2, el pH presento 5.80 y 6.00 ambos por debajo, este comportamiento significa que se mantiene ligeramente ácido, presente en los suelos. El análisis entre el parámetro pH contra los factores de concentración de hidrocarburo, determino que no hay diferencia significativa (OEFA, 2016).

Como se puede observar en las tablas anteriores, la conductividad es elevada en todas las pruebas, evidenciando la presencia de sales disueltas indicando que tenemos una agua mineralizada, asimismo se está relacionado con el comportamiento de la turbiedad.

El olor no presenta en ECA ni norma Canadiense un dato de comparación y según SGS, no se tiene acreditado, pero la teoría nos indica, que no debe presentarse ningún olor

Los aceites y las grasas no son categorías químicas definitivas, pero incluye millares de compuestos orgánicos con la comprobación que varía el producto químico y las características toxicológicas. Pueden ser volátiles o permanentes, solubles o insolubles, persistentes o degradados fácilmente, de esta forma AC-1 y AC-2, los datos son inferiores a ECA pero de acuerdo a los estudios científicos realizados por la EPA, reporto que 0.01 mg/L del aceite indica presencia de larvas deformadas e inactivas, si es concentración de  $10^{-4}$  a  $10^{-1}$  se puede reportar inhibición o retraso de la división celular en algas.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, en los dos puntos a pesar de estar muy bajo de ECA existe variación dependiendo de tiempos de lluvia o sequía que puede estar aumentando debido a comportamiento del pH que es un poco ácida.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), es bastante baja en todos los puntos, lo que indica que probablemente el oxígeno es consumido por la alta carga biológica del agua. Por el área/volumen la tasa de degradación es menor

En cuanto al oxígeno disuelto, los datos del AC-1, está por encima del ECA y para el punto AC-2 dos están por debajo y dos por encima de los límites, indicando una limitante a la calidad del agua y por la vida en el agua, depende también de la temperatura. La disponibilidad de oxígeno influye notablemente en la tasa de biodegradación de hidrocarburos (Personna et al. 2014) la importancia de la disponibilidad de oxígeno radica en el hecho de que la vía aeróbica es la estrategia efectiva para la degradación de hidrocarburo.

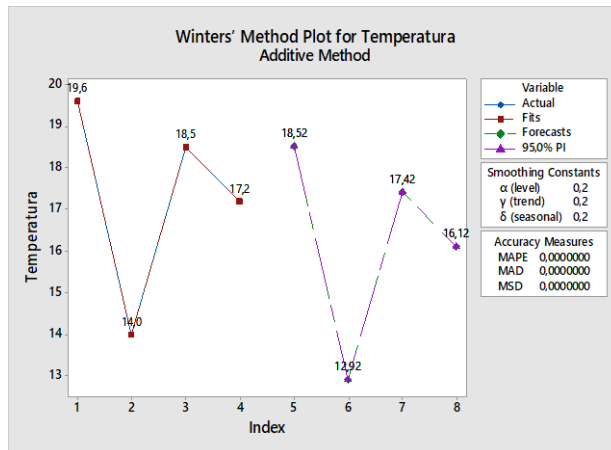
De los resultados de cloruros están por encima de los valores de ECA, en los dos puntos, los cloruros existen en todas las aguas naturales o no, a concentraciones muy variadas. El contenido de cloruro aumenta a medida que aumenta el contenido de minerales y esto por los valores de la conductividad

Los hidrocarburos suponen una fuente de carbono y energía para los microorganismos, pero también resultan tóxicos, reduciendo la diversidad y abundancia bacteriana, en AC-1 se presentan 0.01; 0.54, 0.93 y 0.12 mg/L, tenemos dos muestras que superaron al ECA (0.5 mg/L), este punto de contaminación por observaciones en campo se ha presentado en la construcción del centro educativo inicial año 2016 por el trabajo de cimentación y tenemos entendido que en toda la zona de Pusi, se está produciendo en forma frecuente orígenes de hidrocarburos en el suelo debido al cierre de pozos dejados al descubierto años pasados. En el AC-2 se tiene 0.01, 0.26, 0.27, 0.17 mg/L, no supera al ECA, pero nos indica que hay presencia de hidrocarburos.

#### **4.2.3. Predicciones de los análisis de agua**

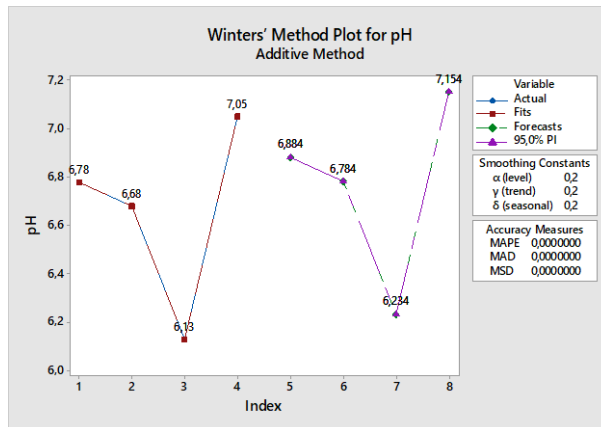
Con las predicciones arrojadas en el programa MINITAB, mediante el método Winters' para serie de tiempo; se puede determinar el comportamiento de los parámetros en el transcurso de 4 veces el tiempo, es decir se repite el periodo de estacionalidad, interpretación que evaluará la Estimación de la Probabilidad.

## Predicciones de los parámetros en el AC-1 del agua



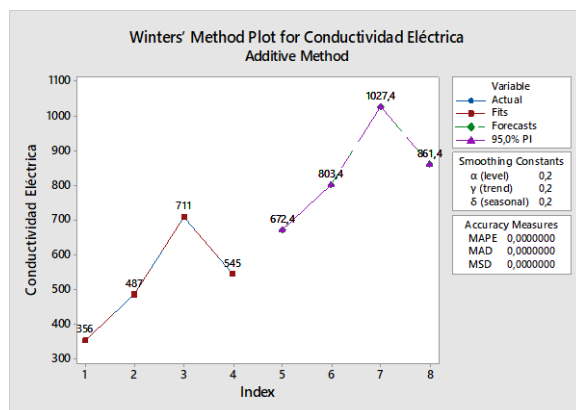
La figura nos indica que se estima que la temperatura en la temporalidad descenderá según las estaciones aproximadamente en un grado variando la actividad enzimática entre un mes y un año, siendo probable con valor de 3.

Figura 7. Predicciones análisis de agua con respecto a la Temperatura



La predicción arrojada por el programa determina que el pH, aumenta en  $\pm 0,11$ , colocándose tres datos dentro del ECA, el tercer dato tiempo de sequía permanece con acidez, su probabilidad es de valor 2 una vez al año.

Figura 8. Predicciones análisis de agua con respecto al pH



La estimación de la Conductividad Eléctrica asume un valor de 4, debido a que los resultados se duplican en todos los periodos, afectando la condición del agua, aumentando la concentración de sales.

Figura 9. Predicciones análisis de agua con respecto a la C.E.

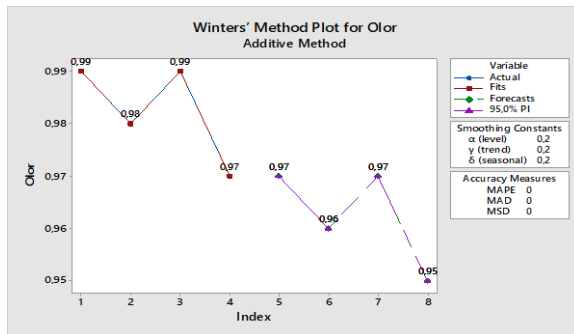


Figura 10. Predicciones análisis de agua con respecto al olor

Con respecto al olor se puede apreciar que los datos son estables, su valor es de 1.

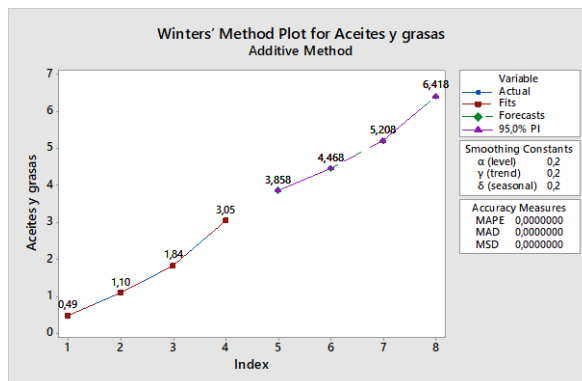


Figura 11. Predicciones análisis de agua con respecto a HEM

Los aceites y grasa que en un cuarto periodo era de 3.05, su predicción llega a 6.418 superando al ECA, lo que nos indica presencia de compuestos orgánicos, alteración del sistema acuático, su valoración será de 3 altamente probable.

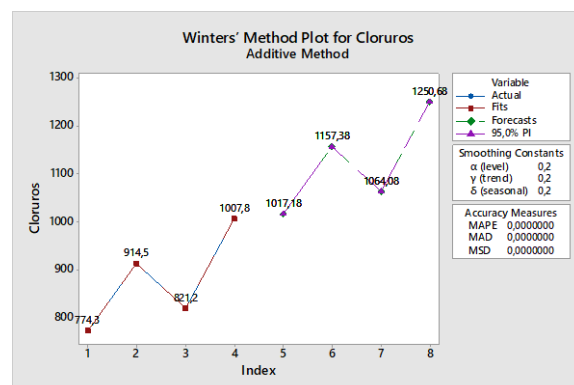


Figura 12. Predicciones análisis de agua con respecto a CL<sup>-</sup>

Los cloruros aumentaran en promedio de 250 mg/L cada periodo, y se relacionan a la C.E. su comportamiento que evitara el crecimiento de plantas, malograra las superficies de la tierra, su valor predictivo es de 4.

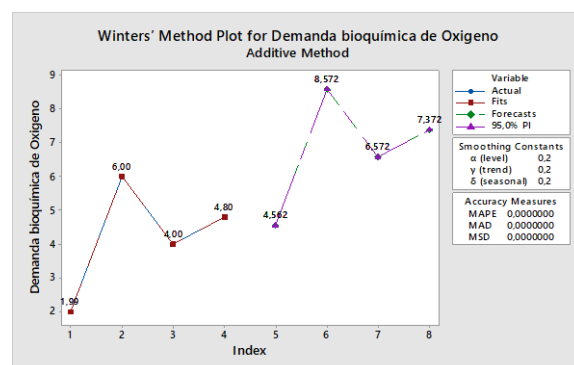
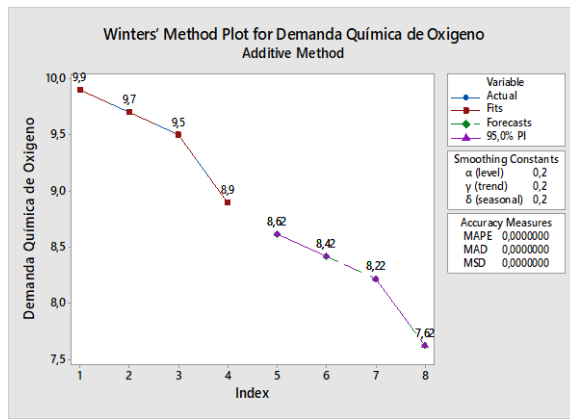


Figura 13. Predicciones análisis de agua con respecto a DBO

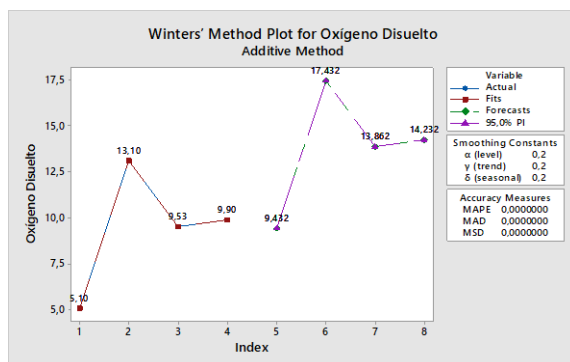
Los resultados de las predicciones no superan al ECA, sin embargo se puede asumir que en los próximos periodos lo superaría, indicando la falta de oxígeno, asumimos un valor de 1.





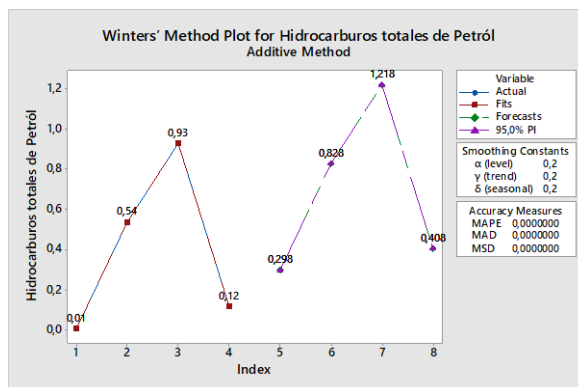
Según predicciones la DQO, presenta disminución en el ciclo; un cociente DBO/DQO inferior a 0.2 indica un vertido inorgánico, mientras que si es > a 0.6 es orgánico, teniendo un resultado superior a 1 en promedio, cada vez habrá presencia de HC, valor de predicciones es de 3.

Figura 14. Predicciones análisis de agua con respecto a DQO



El OD, en los periodos siguientes se eleva en  $\pm 4$  mg/L, elevándose cada vez la degradación, su valor es de 3.

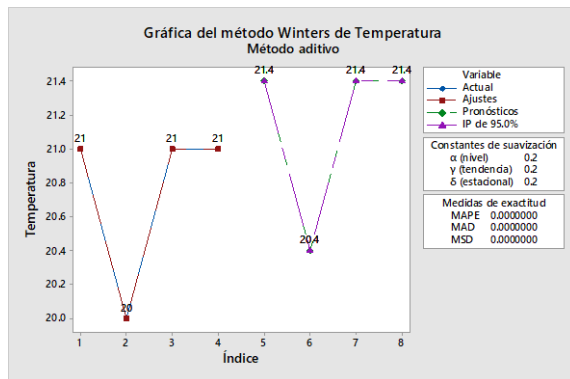
Figura 15. Predicciones análisis de agua con respecto al OD



Con las predicciones establecidas podemos ver que los HTP se encuentran en mayor cantidad este se debe a que en este punto fluiría más cantidad de petróleo al pasar el tiempo, su valor es de 3.

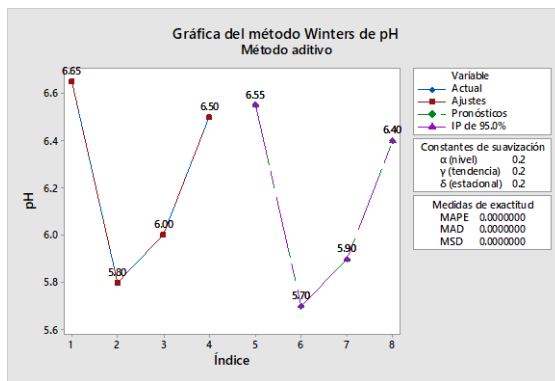
Figura 16. Predicciones análisis de agua con respecto a HTP

### Predicciones de los parámetros en AC-2 del agua



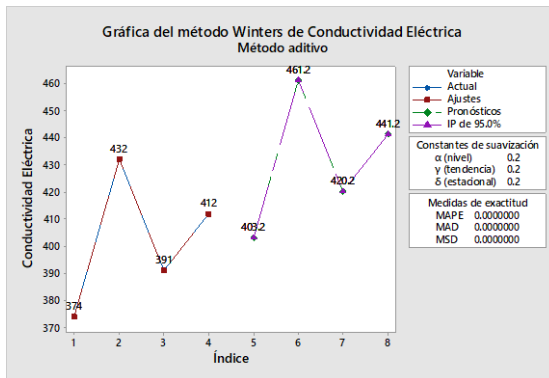
Se observa en la gráfica que la temperatura ha variado  $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pero se mantiene en el ECA y es casi estable, su valor será de estimación probabilística será de 1.

Figura 17. Predicciones análisis de agua con respecto a Temperatura



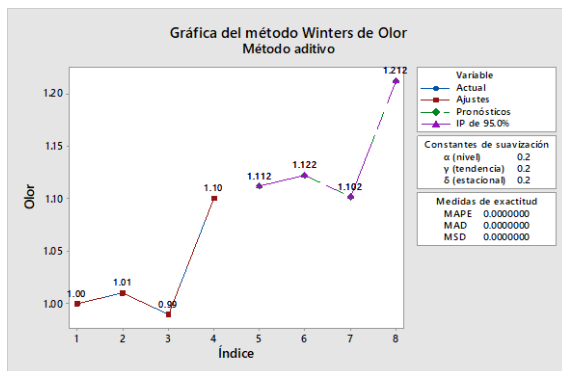
La predicción del pH tiende a presentar una ligera disminución en 0.10 aproximadamente, esto se debe a las actividades de los microorganismos acuáticos, los cuales alteran el pH de cualquier agua, su estimación es probable con valor 3.

Figura 18. Predicciones análisis de agua con respecto al pH



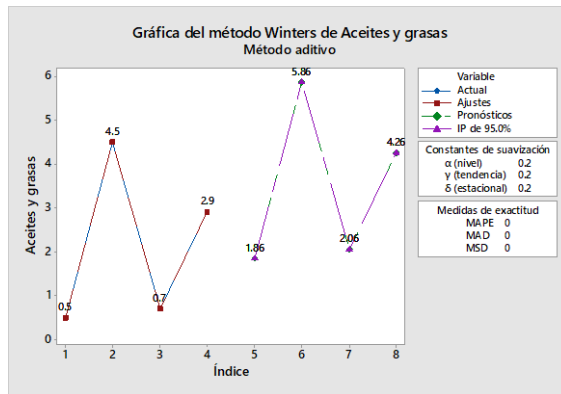
En los periodos establecidos la C.E. tiende a aumentar casi constantemente en 0.29 lo cual indica que habrá un relativamente aumento de sales, su estimación es 4.

Figura 19. Predicciones de los análisis de agua con respecto a la C.E.



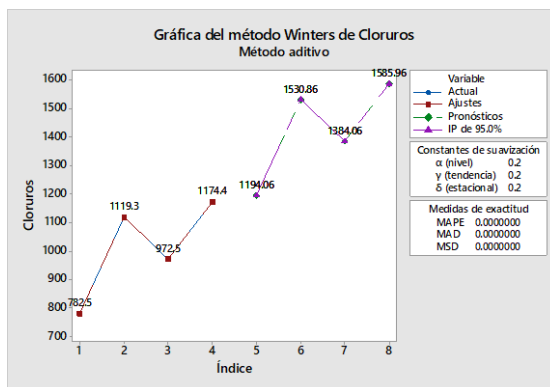
El olor irá aumentando en un rango de 0.10 a 0.20. Su probabilidad es 3.

Figura 20. Predicciones análisis de agua con respecto al olor.



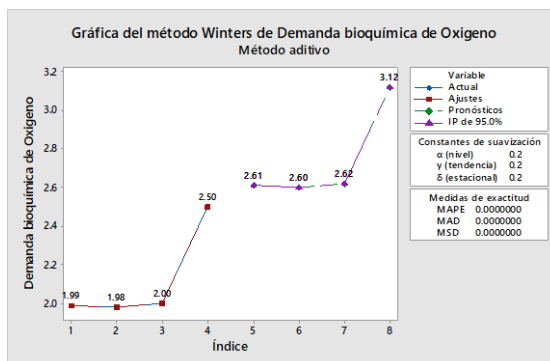
Su estimación de probabilidad es ascender siempre al completar el periodo, se repetirá con un valor de 3.

Figura 21. Predicciones de los análisis de agua con respecto al HEM



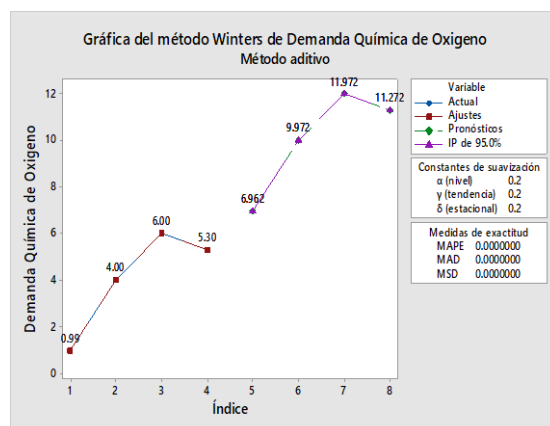
Con las predicciones arrojadas se puede determinar que los cloruros tienden a aumentar constantemente, y en un porcentaje de 52%, teniendo una estimación de 4.

Figura 22. Predicciones análisis de agua con respecto a Cl



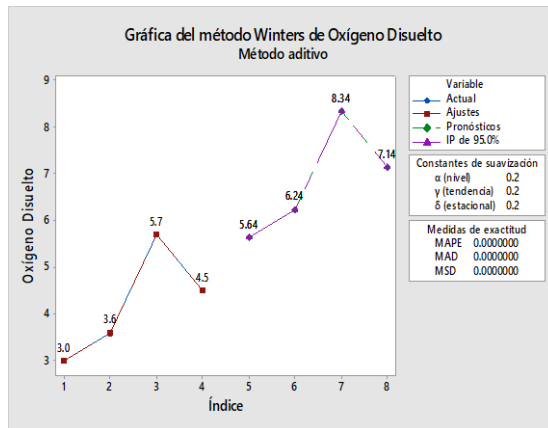
Las predicciones indican que la DBO<sub>5</sub>, sigue el mismo comportamiento en los próximos periodos, aumentando en un 31% y cada vez se sentirá más la biodegradación, su estimación es de 3.

Figura 23. Predicciones de los análisis de agua con respecto a DBO



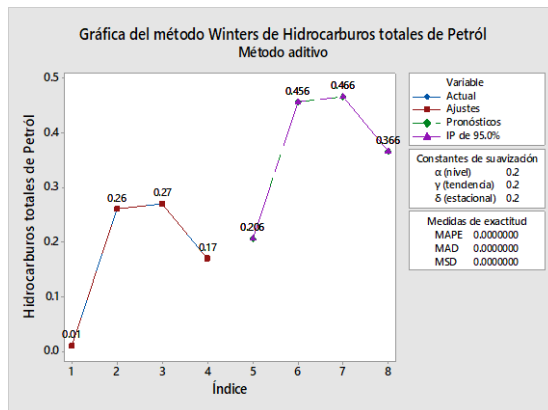
La DQO, en la gráfica arroja aumento elevado del más del 300% indica que el sistema cada vez sufrirá una degradación, su estimación es 5.

Figura 24. Predicciones de los análisis de agua con respecto a la Temperatura



Las predicciones arrojan que el OD, seguirá su ascenso en los siguientes periodos, su estimación es de 3.

Figura 25. Predicciones análisis de agua con respecto al OD



El modelo predice ascender en los datos de la serie, indica que la tendencia o el patrón estacional son constante, su predicción es de 4

Figura 26. Predicciones análisis de agua con respecto a HTP.

### 4.3. Caracterización del suelo en sus parámetros físico-químicos presentes en el área contaminada

#### 4.3.1. Identificación de área contaminada

Es importante mencionar que las visitas de campo fueron determinantes para la ubicación de las áreas contaminadas y el comportamiento del ecosistema; los puntos seleccionados del muestreo son los mismo que para el agua, 4.2.1.

#### 4.3.2. Resultados y comportamiento de parámetros fisicoquímicos en los suelos.

Según ECA para suelo de uso agrícola establecidos por el MINAM, y por el CCME de Canadá, el resultado de los análisis de la calidad de suelos en los dos puntos AC-1 y AC-2, presentan parámetros analizados in situ y por el laboratorio SGS quien entrega el análisis de suelos completos esto manifestado por la aprobación de INACAL. Estos resultados se pueden apreciar en las tablas 32 y 33.

Tabla 32

*Parámetros fisicoquímicos del AC-1 suelo. “Escuela Inicial”*

Parámetros	Sigla	Unidad medida	Investigación Tesis				ECA Suelo Uso Agrícola	CCME Canadá Uso para agricultura
			Número de Muestras					
			1	2	3	4		
Temperatura	TEMP	°C	24.9	24.1	23.9	24.0	Δ3	
pH	pH	UpH	7.95	7.8	6.25	6.32	5.8 – 6.5	
Conductividad Eléctrica	C.E.	μS/cm	230	115.7	132.68	112		
Salinidad	Sal	dS/m	1.8	2.6	2.1	1.8		
Plata	Ag	mg/kg	0.08	0.08	0.08	0.08		20
Aluminio	Al	mg/kg	1468.7	1592	3138	2245		
Arsénico	As	mg/kg	153.8	765.25	1460	634.8	50	12
Boro	B	mg/kg	7.0	7.1	7.0	7.0		2
Bario	Ba	mg/kg	20.0	30.1	64.3	48.2	750	750
Berilio	Be	mg/kg	0.53	0.7	0.97	0.711		4
Calcio	Ca	mg/kg	40000	40000	40000	40000		ND
Cadmio	Cd	mg/kg	1.47	0.79	1.03	0.98	1.4	1.4
Cerio	Ce	mg/kg	0.7	0.21	0.82	0.79		
Cobalto	Co	mg/kg	1.08	0.97	1.92	1.23		40
Cromo	Cr	mg/kg	0.05	0.06	0.040	0.049	0.4	63
Cobre	Cu	mg/kg	1.2	1.45	1.62	1.35		64
Hierro	Fe	mg/kg	11333	9289.1	11029.2	10 989.03		----
Mercurio	Hg	mg/kg	0.1	0.1	0.1	0.1	6.6.	6.6
Potasio	K	mg/kg	296.3	324.6	311.5	307.3		ND
Litio	Li	mg/kg	4.8	5.76	12.56	11.3		
Magnesio	Mg	mg/kg	1503.1	1549.2	2035.4	1742.5		ND
Manganeso	Mn	mg/kg	160.98	292.5	189.5	245.9		ND
Molibdeno	Mo	mg/kg	0.3	0.129	0.305	0.311		5
Sodio	Na	mg/kg	1469.1	2341.5	2.024.3	1842.2		ND
Níquel	Ni	mg/kg	0.93	1.25	1.11	1.01		50
Fósforo	P	mg/kg	279.7	285.0	287.2	289.0		
Plomo	Pb	mg/kg	6.25	5.35	6.05	7.35	70	70
Antimonio	Sb	mg/kg	0,5	0.39	0.45	0.47		20
Selenio	Se	mg/kg	0.3	0.5	0.49	0.38		1
Estaño	Sn	mg/kg	0,3	0,34	0,31	0.3		5
Estroncio	Sr	mg/kg	2046.7	2567.0	2234.0	2032.2		
Titanio	Ti	mg/kg	61.78	110.2	86.7	88.2		
Vanadio	V	mg/kg	4.96	5.9	5.6	5.8		130
Zinc	Zn	mg/kg	26.0	27.8	25.3	24.9		200
Hidrocarburos Totales de Petróleo	HTP o TPH	mg/kg	17.84	39.5	71.3	45.09	20	

Tabla 33

*Parámetros físico químicos del suelo AC-2 “Canchita Deportiva”*

Parámetros	Sigla	Unidad medida	Investigación Tesis				ECA	CCME Canadá
			Número de muestreos					
			1	2	3	4		
Temperatura	TEMP	°C	24.9	22	25	23	Δ3	
pH	pH	UpH	7.95	7.7	6.23	6.13	5.8 – 6.5	
Conductividad Eléctrica	C.E.	μS/cm	230	357	432	245		
Salinidad	Sal	dS/m	1.4	2.1	1.9	1.6		
Plata	Ag	mg/kg	0.08	0.08	0.08	0.08		20
Aluminio	Al	mg/kg	1781.0	1892	2105	2086		
Arsénico	As	mg/kg	3.4	45.67	102.8	87.4	50	12
Boro	B	mg/kg	10.2	11.3	13.9	9.8		2
Bario	Ba	mg/kg	28.4	31.2	30.9	24.8	750	750
Berilio	Be	mg/kg	0.03	0.029	0.028	0.03		4
Calcio	Ca	mg/kg	40000	68245	62457	61389		ND
Cadmio	Cd	mg/kg	0.31	0.23	0.32	0.37	1.4	1.4
Cerio	Ce	mg/kg	0.2	0.02	0.02	0.02		
Cobalto	Co	mg/kg	1.18	1.65	1.09	1.13		40
Cromo	Cr	mg/kg	0.05	0.05	0.05	0.05	0.4	63
Cobre	Cu	mg/kg	2.0	2.3	2.1	1.9		64
Hierro	Fe	mg/kg	2860.7	1445	2907	3006.9		----
Mercurio	Hg	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01	6.6	6.6
Potasio	K	mg/kg	373.8	392.1	402.5	398.0		ND
Litio	Li	mg/kg	6.2	6.5	7.2	6.8		
Magnesio	Mg	mg/kg	1445.3	2141.9	1678.2	2153		ND
Manganeso	Mn	mg/kg	173.38	153.2	182.5	178.2		ND
Molibdeno	Mo	mg/kg	0.2	0.2	0.2	0.2		5
Sodio	Na	mg/kg	674.7	765.9	598.2	458.1		ND
Níquel	Ni	mg/kg	1.59	2.01	1.89	1.78		50
Fósforo	P	mg/kg	293.7	323.5	285.5	321.0		
Plomo	Pb	mg/kg	3.22	3.45	3.28	3.01	70	70
Antimonio	Sb	mg/kg	0.5	0.5	0.5	0.5		
Selenio	Se	mg/kg	0.3	0.3	0.3	0.3		ND
Estaño	Sn	mg/kg	0.2	0.2	0.23	0.26		5
Estroncio	Sr	mg/kg	221.4	261.0	203.9	245.1		
Titanio	Ti	mg/kg	44.02	41.2	39.88	40.1		
Vanadio	V	mg/kg	4.27	3.98	4.02	4.17		130
Zinc	Zn	mg/kg	7.7	7.5	7.0	7.2		200
Hidrocarburos Totales de Petróleo	HTP ó TPH	mg/kg	1.86	2.83	3.45	2.01	20	

### Análisis de Resultados

El resultado está en base a parámetros in situ T, pH, Conductividad. La Temperatura no varía en relación al ECA, el pH varia en PM-1 al presentar 7.95 y 7.7 que esta por encima del ECA, la C.E. presenta variaciones pero su lectura no es tan alta. Con

respecto a lo análisis del laboratorio acreditado los suelos en los puntos presentan salinidad, en cuanto a los metales el arsénico, boro, calcio, cadmio, potasio, sodio, fosforo, estroncio están por encima de los ECA.

El detalle e interpretación de los resultados por parámetro se presenta según:

Puede apreciarse que el pH presenta variación, AC-1 presenta 7.95; 7.8; 6.25; 6.32, los primeros datos superaran al ECA (5.8-6.5), los dos últimos datos mantienen ligeramente la acidez, con respecto a la presencia HTP, este no produce variaciones al pH, sin embargo la disminución puede indicarnos la presencia de hidrocarburos.

La conductividad eléctrica tiene una variación irregular para el AC-1 (entre 112 y 230 dS/cm) ya que los valores aumentan y disminuyen, esto se debe a las diferentes concentraciones de hidrocarburos por el tipo de suelo que se tiene. En el AC-2 varían de 230 a 432 dS/cm, en comparación con el ECA (2.8 mS/cm), estos resultados han superado obviamente indicando una moderada concentraciones de sales y metales.

El resultado de presencia de salinidad influyen en la biodegradación de los hidrocarburos puede deberse a la influencia sobre la actividad microbiana ya que en ocasiones la actividad de determinadas bacterias se ven reducidas en ambientes hipersalinos. (Salleh *et al*, 2003). Tanto para el AC-1 y AC-2 existe presencia de salinidad de 1.4 – 2.6 dS/m, pero por Zúñiga (2016) no son causados directamente por los hidrocarburos sino asociados al agua de producción proveniente de las formaciones geológicas.

Como se puede observar en la tabla 37 y 38 en resultados de análisis de suelos los metales Ag, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V y Zn, no superaron los estándares de calidad del suelo que puede afectar y presentar riesgo.

Otro de los metales como el Al, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, P, Sr, tanto en ECA como en CCME de Canadá no han sido determinados, sin embargo la presencia en los suelos tanto del AC-1 y AC-2, presentan cantidades considerables por kilogramo, estas concentraciones presentan daños a la salud a través de la comida o por contacto con la piel como es el caso del Al, , el hierro puede provocar conjuntivitis, y retinitis, permanece en el tejido; a su vez el manganeso puede hacer efecto sobre el tracto respiratorio y el cerebro.

Sin embargo, la presencia del Arsénico, Boro, Cadmio al compararlos con el estándar este superaron los indicadores. El arsénico es uno de los elementos más tóxicos que existen en la naturaleza, sus efectos sobre la salud son tan graves que en el pasado ha sido utilizado como veneno, irrita el estómago e intestinos, disminución de glóbulos rojos y blancos.

Según los estándares de las Guías de Calidad del CCME, el contenido de boro en el AC-1, (9.8 a 13.9 mg/kg), están muy por encima del estándar establecido para uso agrícola (2 mg/kg). Con respecto al cadmio en AC-1, el primer resultado presenta concentración por encima del estándar establecido para uso agrícola

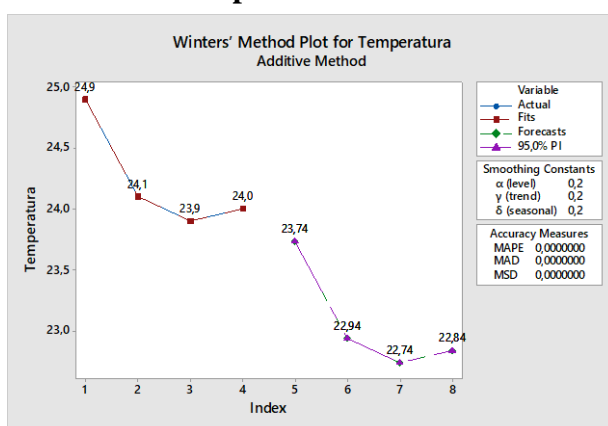
Con respecto al bario llega a concentraciones que oscilan entre 20 a 64 mg/kg, lo que nos indica la densidad del suelo es baja, sin embargo puede estar presente en plantas en animales y al final en el ser humano

Para los resultados que oscilan con valores menores que 1, no superaron a los ECA, esto resultados no repercuten en el comportamiento del suelo y tampoco si se elige una tecnología de limpieza la cual requiere un rango de pH de 6 a 8.

La presencia de HTP (TPH) en el suelo en general es un indicador de contaminación por petróleo, en el PM-1 se tiene 39.5; 71.3, 45.09 mg/kg que superan al establecido por ECA, cabe rescatar que los HTP son sustancias orgánicas, por lo tanto tienen una velocidad de degradación que para nuestro clima será más bajo, estos datos se refieren a contaminación bastante reciente en el tiempo.

### 4.3.3. Predicciones de los análisis de suelos

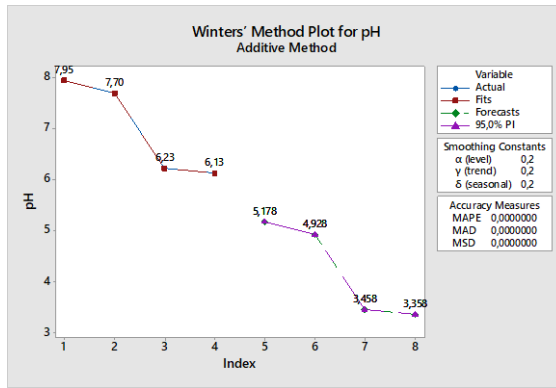
#### Predicciones de parámetros en el AC-1



En esta gráfica, el modelo predice valores bajos al final de la serie para la Temperatura, hasta 22.84 manteniéndose  $\Delta 3$  del ECA, su rango de estimación 2.

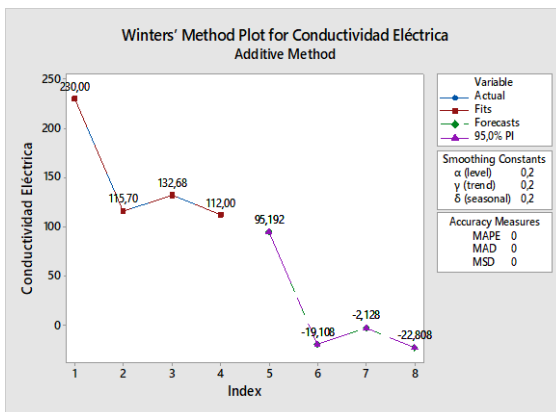
Figura 27. Predicciones análisis de suelo respecto a la temperatura





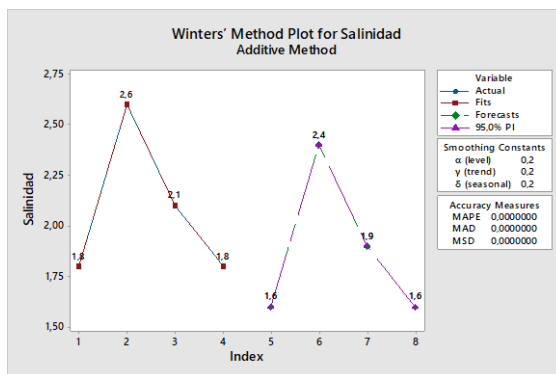
En esta gráfica, el modelo predice valores bajos para los datos al final de las series. Esto indica que la tendencia o el patrón estacional no son constantes. Sin embargo, el ciclo se completa y su valor de estimación probabilística es 4.

Figura 28. Predicciones análisis de suelo respecto a pH



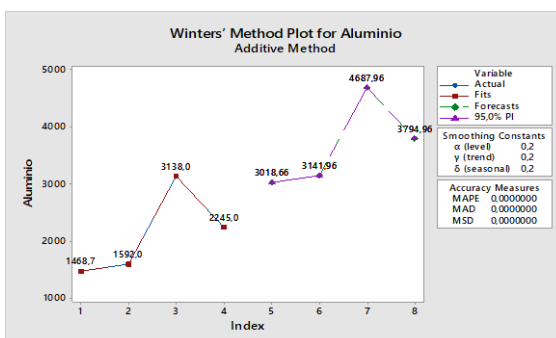
El modelo predice valores negativos lo cual nos indica que hay que ajustar los datos. Predicción 1

Figura 29. Predicciones análisis de suelo respecto a C.E.



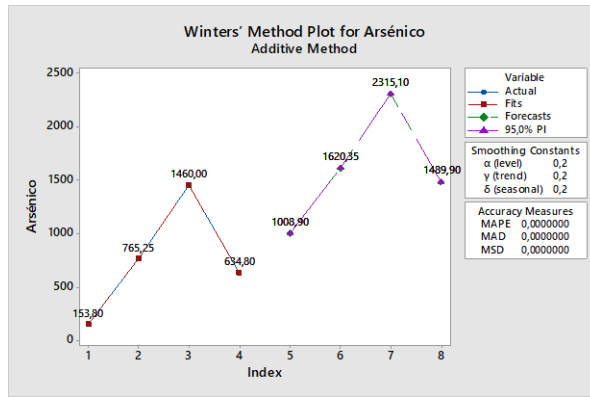
La salinidad según el modelo indica variaciones casi permanentes. Predicción es 1.

Figura 30. Predicciones análisis de suelo respecto a la Salinidad



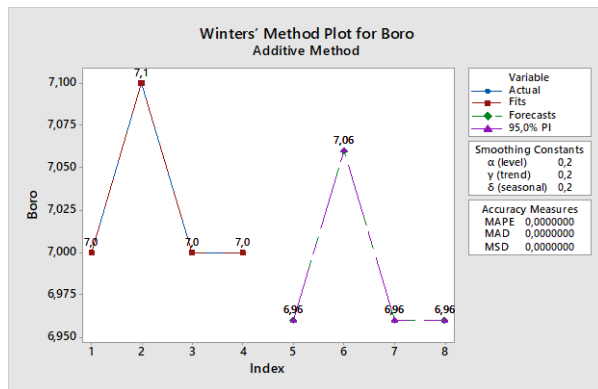
El modelo predice que en la serie el Aluminio aumenta en más del 100%, haciendo más presente al final del periodo, su estimación es 3.

Figura 31. Predicciones análisis de suelo respecto al Aluminio



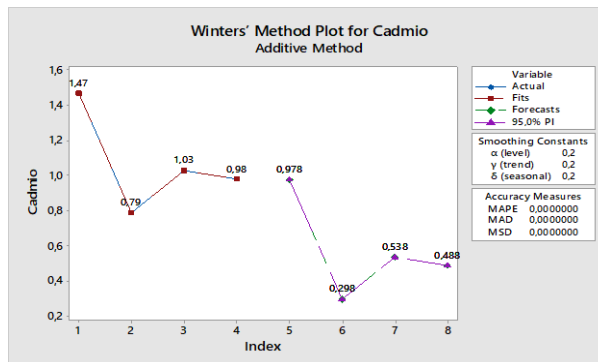
El modelo predice valores altos para los datos al final de las series. Esto indica que la tendencia o el patrón estacional son constante, su estimación es 4.

Figura 32. Predicciones análisis de suelo respecto al Arsénico



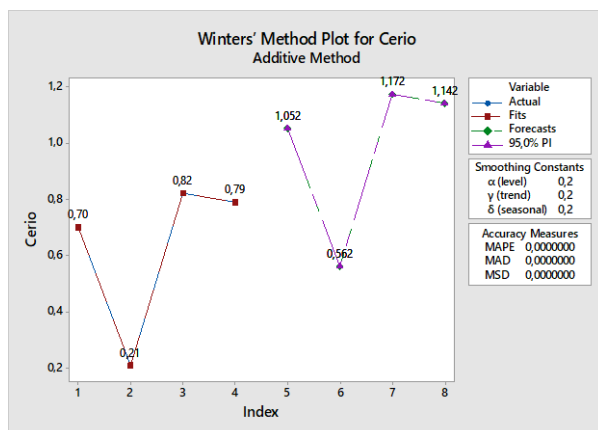
El modelo predice valores similares al final del periodo. Esto indica que la tendencia será constante sin mucha variación, estimación es 1.

Figura 33. Predicciones análisis de suelo respecto al Boro



El cadmio tendrá un rango de estimación de 1, debido a que al final del periodo esta ha disminuido.

Figura 34. Predicciones análisis de suelo respecto al Cadmio



Para el parámetro Cerio, se repite durante el periodo pero elevando su concentración en  $\pm 0,350$ , lo cual nos indica una estimación de 3.

Figura 35. Predicciones análisis de suelo respecto al Cerio

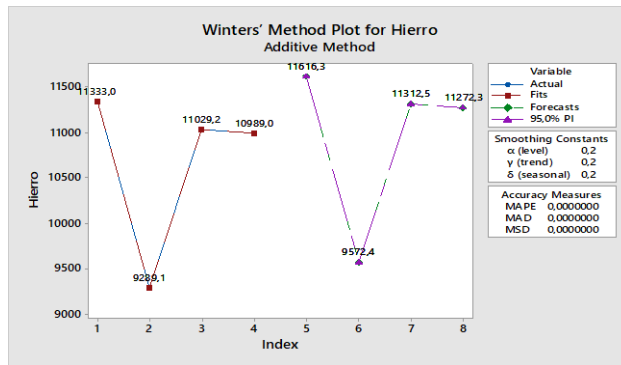


Figura 36. Predicciones análisis de suelo respecto al Hierro

Su presencia de Hierro en todo el periodo, es cumplir el periodo pero aumentando constantemente, su estimación es de 3.

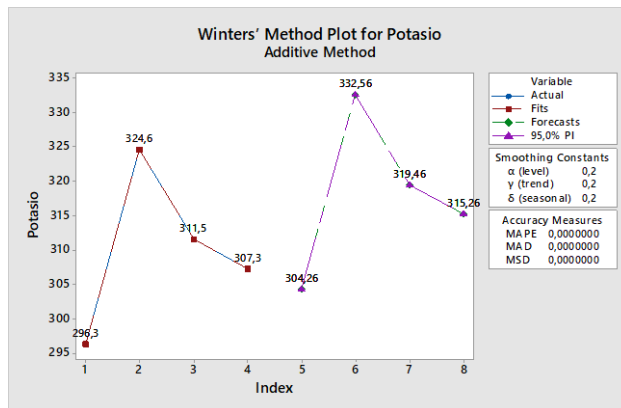


Figura 37. Predicciones análisis de suelo respecto al Potasio

El modelo predice valores en un aumento de  $\pm 7.5$  a  $\pm 8.5$  mg/kg de concentración, indicando lo constante en el periodo, estimaciones 2.

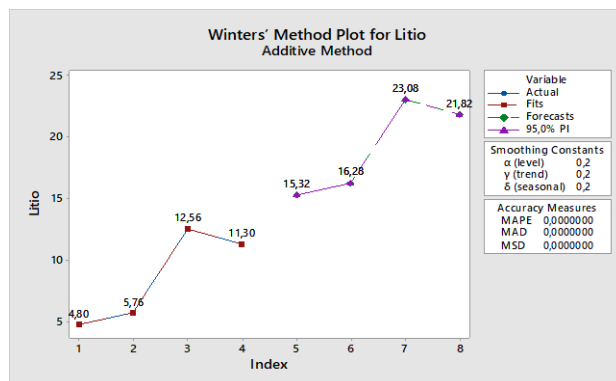


Figura 38. Predicciones análisis de suelo respecto al Litio

El litio cumple con aumento de concentración en el periodo doblando a más de 100%, su pronóstico es de 4.

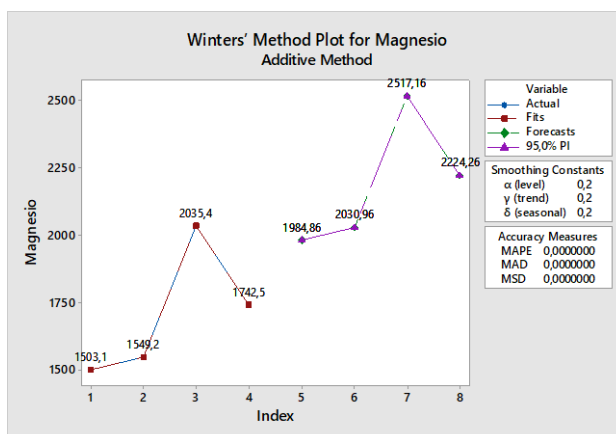
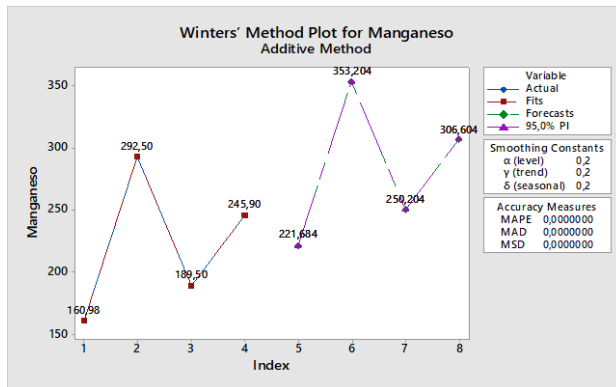


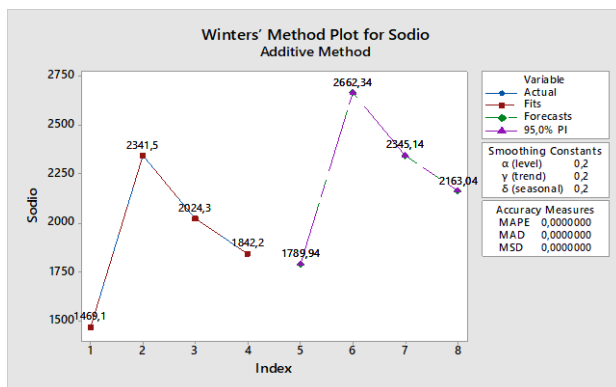
Figura 39. Predicciones análisis de suelo respecto al Magnesio

La tendencia del magnesio en el periodo completo tiene aumento de concentración constante de  $\pm 400$ , en cada uno de las tomas de muestreo, su rango de estimación es de 3.



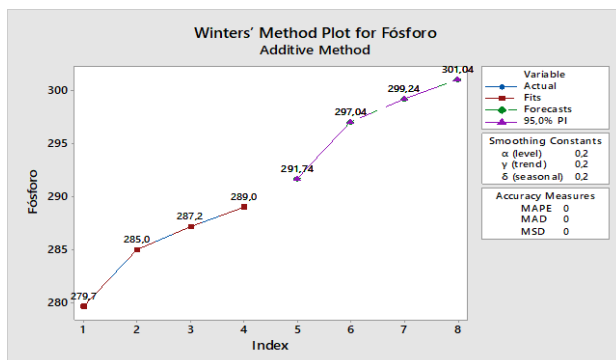
En el manganeso, el periodo se cumple con un rango de estimación de 3.

Figura 40. Predicciones análisis de suelo respecto a T



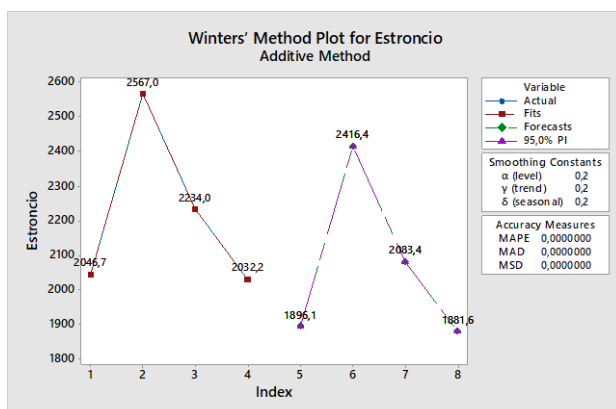
El sodio cumple que en cada tiempo transcurrido de análisis aumenta en un promedio de  $\pm 300$  mg/kg, su estimación es de 3.

Figura 41. Predicciones análisis de suelo respecto al Sodio



El modelo predice aumento ligeros en cuanto a la concentración, su estimación es de aproximadamente 2.

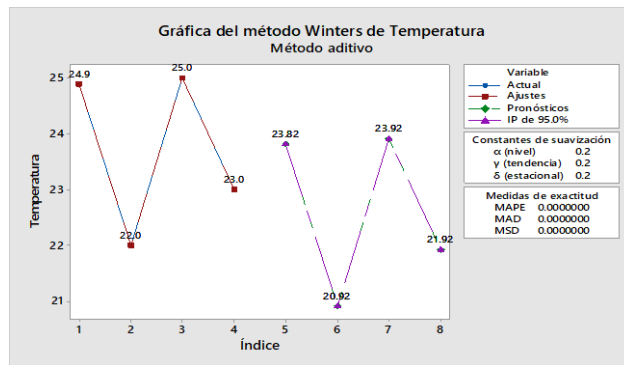
Figura 42. Predicciones análisis de suelo respecto al Fósforo



El modelo predice valores que van bajando durante la serie. Estimación es de 3.

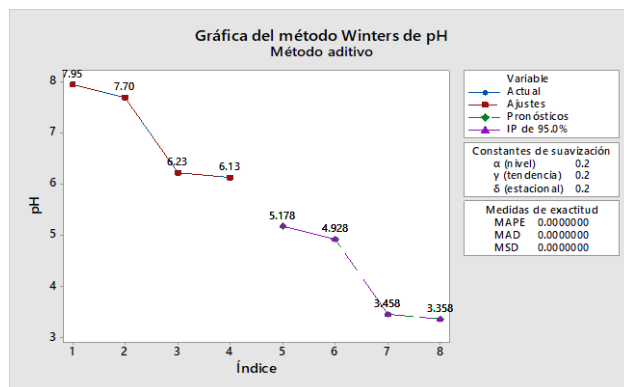
Figura 43. Predicciones análisis de suelo con respecto a Sr

## Predicciones de los parámetros en el AC-2



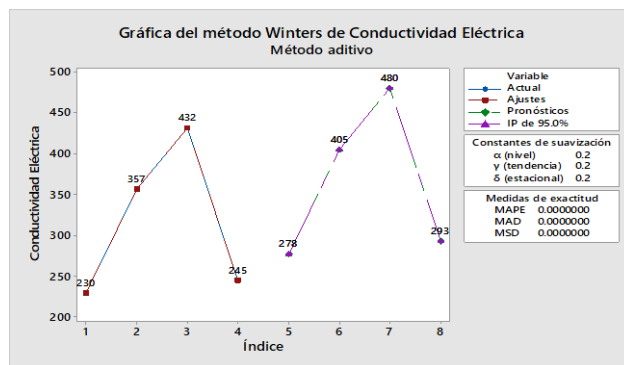
En esta gráfica, el modelo predice valores que descienden en la serie la temperatura de aleja del  $\Delta 3$  del ECA, su rango de estimación 3

Figura 44. Predicciones análisis de suelo respecto a T



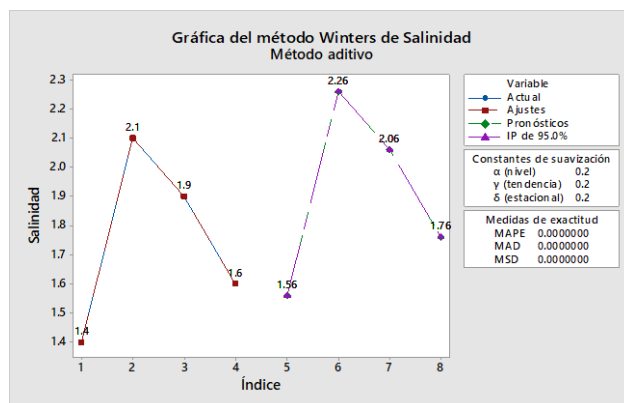
El pH en el modelo al descenderse se hace más ácido, su rango de estimación es de 4.

Figura 45. Predicciones análisis de suelo con respecto a pH



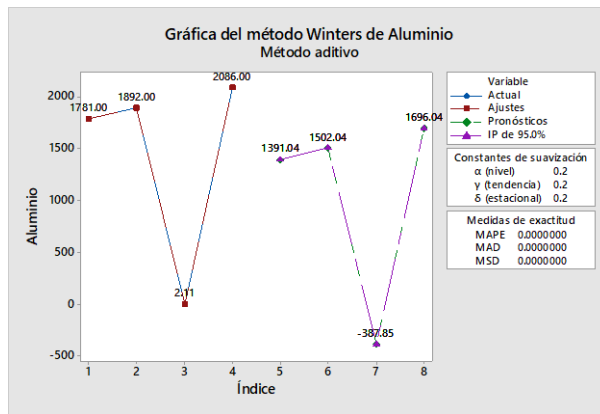
La C.E. en el ciclo completo tiene un aumento muy ligero, su estimación es de 2.

Figura 46. Predicciones análisis de suelo con respecto a C.E.



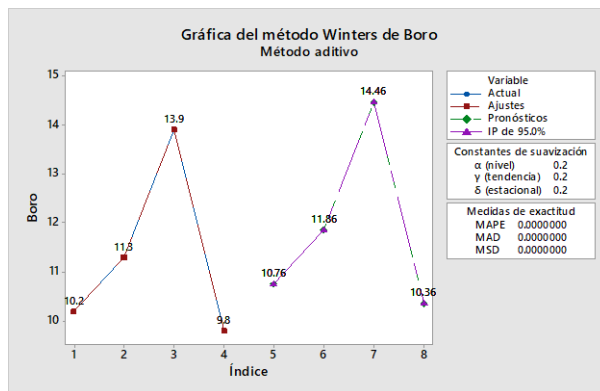
El modelo predice valores que asciende ligeramente en la serie, su estimación es de 2.

Figura 47. Predicciones análisis de suelo con respecto a Salinidad



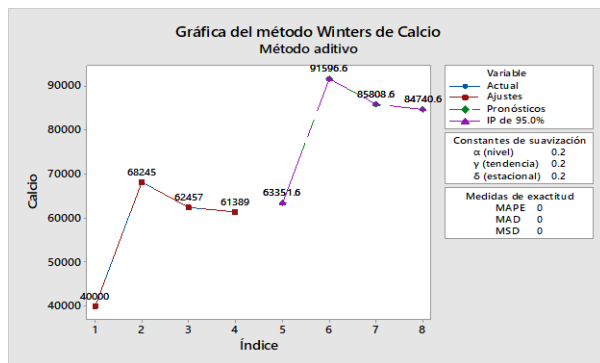
El modelo predice valores que la concentración desciende al final de la serie. Su estimación es de 2.

Figura 48. Predicciones análisis de suelo con respecto a Aluminio



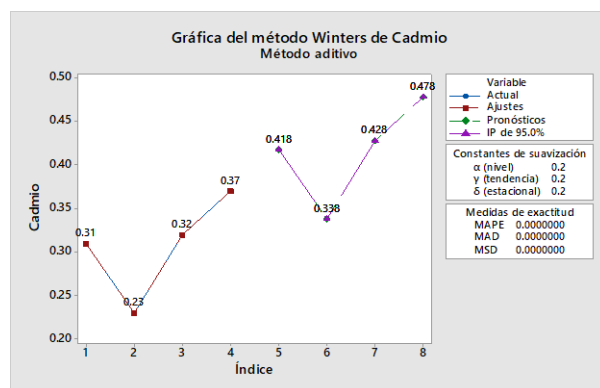
Se predice comportamiento no constante, pero terminando el periodo presenta 10.36 mg/Kg.

Figura 49. Predicciones análisis de suelo con respecto a Boro



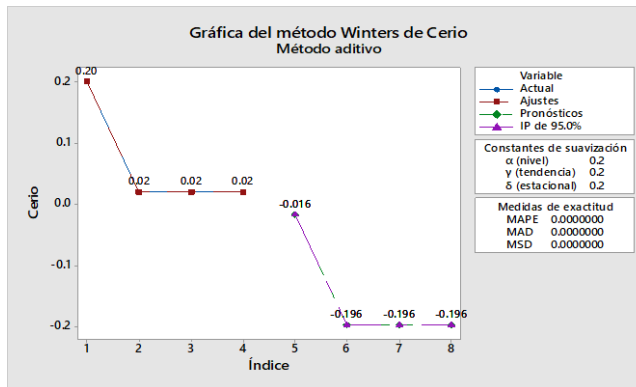
En esta gráfica, el modelo predice valores muy variados aumentando al final de las series. Esto indica que la tendencia tiene un valor de 3.

Figura 50. Predicciones análisis de suelo con respecto a Calcio



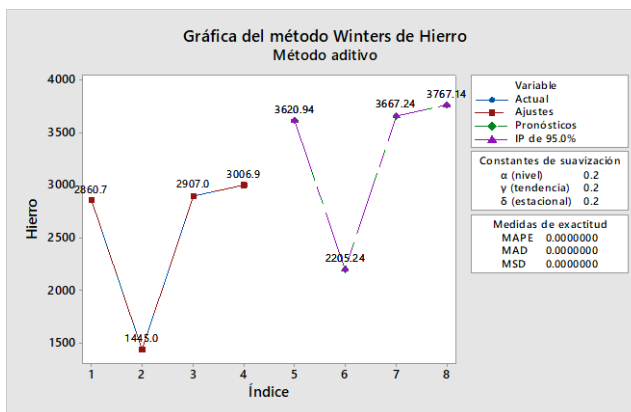
El modelo predice valores que aumentan en la misma proporción final de las series. Esto indica que estimación tiene un valor de 3.

Figura 51. Predicciones análisis de suelo con respecto a Cd



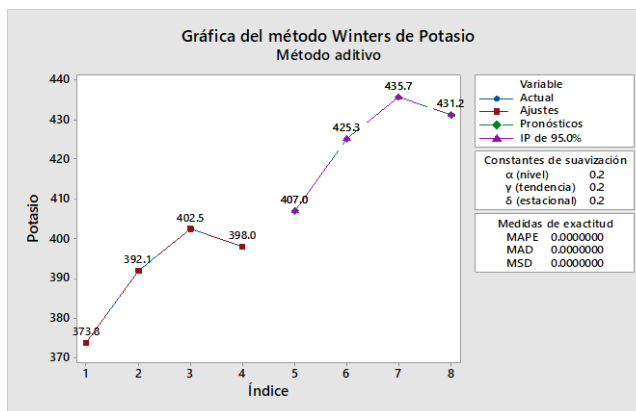
En esta gráfica, el modelo predice valores bajos para los datos al final de las series. Esto indica que la tendencia o el patrón estacional no son constantes. Su estimación es 1.

Figura 52. Predicciones análisis de suelo con respecto a Ce



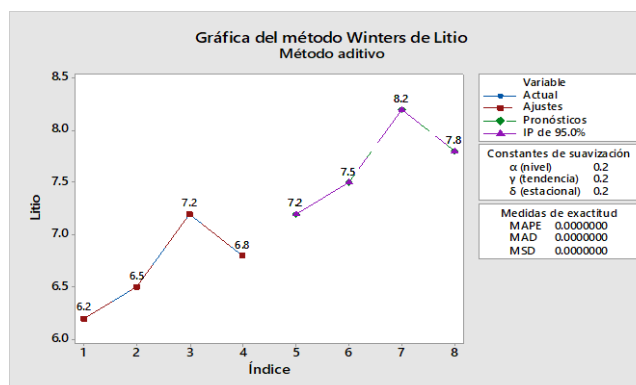
En esta gráfica, el modelo predice valores que asciende en la serie periodoca. Esto indica que la tendencia tiene un valor de 4.

Figura 53. Predicciones análisis de suelo con respecto a Fe



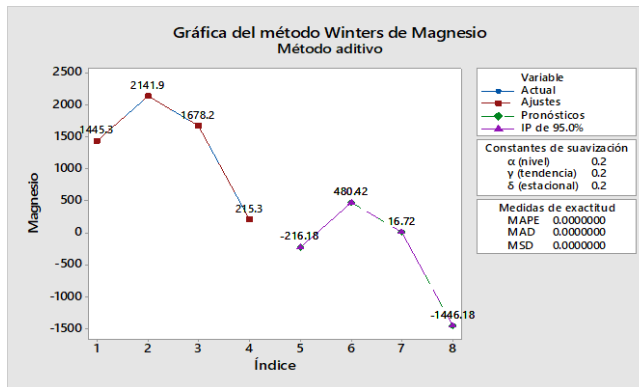
El modelo predice valores en ascenso en un promedio  $\pm 32$  mg/L, que al final de la serie ira teniendo más presencia de la concentración su estimación tiene un rango de 3.

Figura 54. Predicciones análisis de suelo con respecto a K



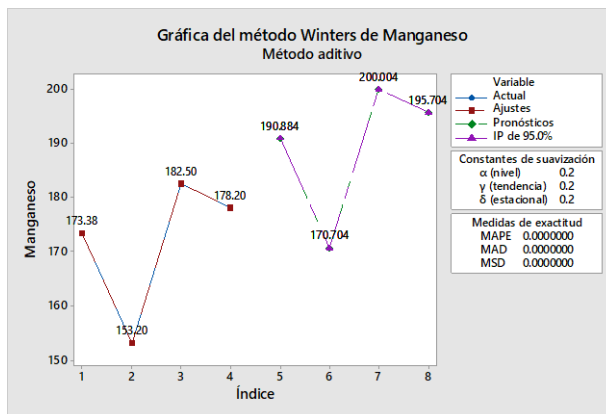
El modelo predice valores que cumplen el periodo en ascender según la serie establecida  $\pm 0.15$ , su estimación es de 1.

Figura 55. Predicciones análisis de suelo con respecto a Li



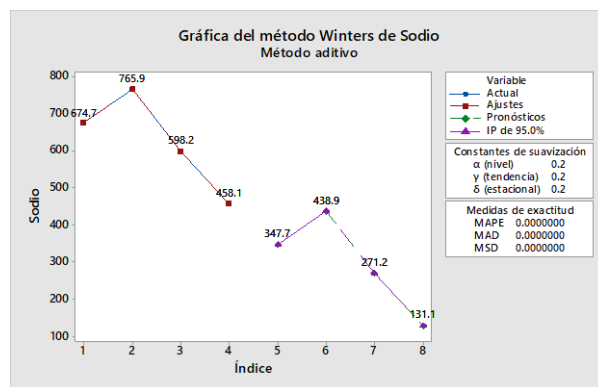
El modelo predice valores que cumplen el periodo de variación en la serie establecida, pero van en descenso no afectando al punto, su estimación es de 1.

Figura 56. Predicciones análisis de suelo con respecto a Mg



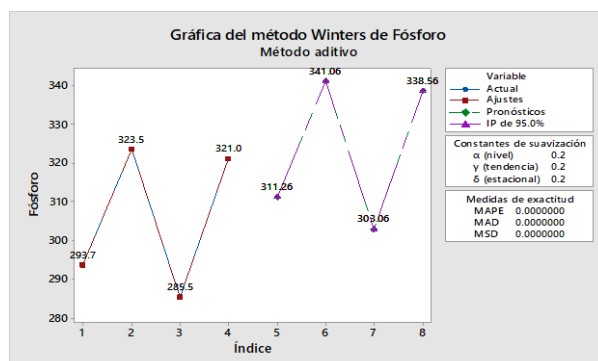
El modelo predice valores que cumplen el periodo en ascender según la serie establecida  $\pm 20$ , su estimación es de 2.

Figura 57. Predicciones análisis de suelo con respecto a Mn



La presencia del Sodio ira en descenso al final de la serie, su estimación es de 1.

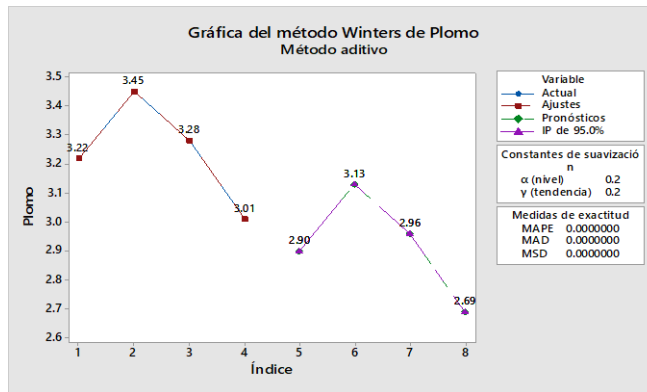
Figura 58. Predicciones análisis de suelo con respecto a Na



La figura indica que durante el periodo se aumenta en un promedio de  $\pm 25$  mg/Kg.

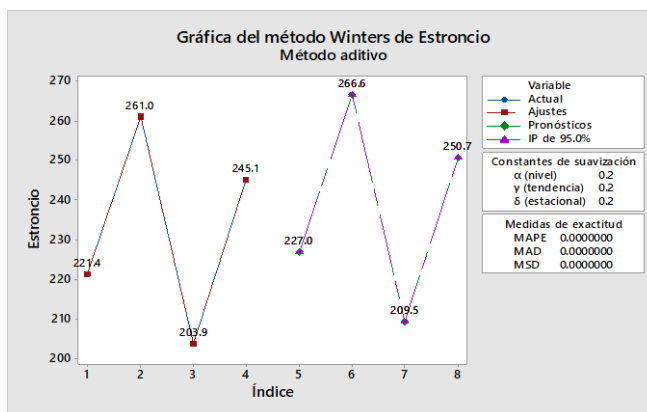
Figura 59. Predicciones análisis de suelo con respecto a P





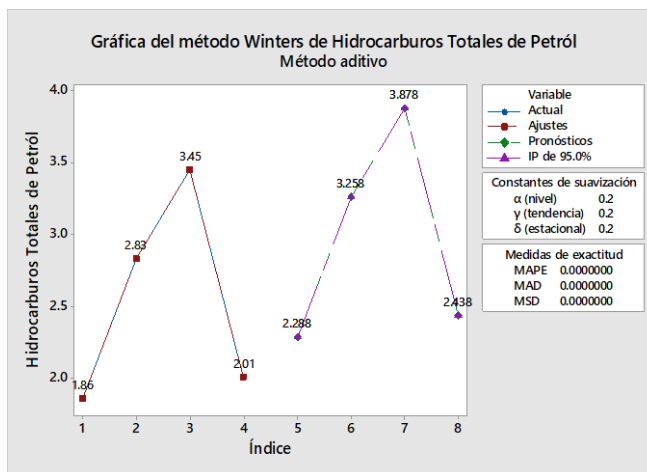
Al final del periodo establecido el Plomo presentará concentraciones menores

Figura 60. Predicciones análisis de suelo con respecto a Pb



El Estroncio según el modelo no presenta cambios sustanciales.

Figura 61. Predicciones análisis de suelo con respecto a Sr



El modelo predice valores que cumplen el periodo en ascender según la serie establecida  $\pm 0.43$ , su estimación es de 3.

Figura 62. Predicciones análisis de suelo con respecto a HTP

#### 4.4. Estimación del riesgo ambiental por la presencia de contaminantes.

La estimación del riesgo ambiental se realizó según la metodología de la Guía de Evaluación de Riesgo Ambiental dada por el MINAM (2010), apoyándonos en Criterios para la Gestión de sitios contaminados (2017) y Metodología para la estimación de nivel de riesgo para pasivos ambientales en el subsector de hidrocarburos.

#### 4.4.1 Análisis de riesgos ambientales

Los peligros en los entornos humanos, ecológicos y socioeconómicos se identificaron en el estudio de campo y gabinete; reconociendo las causas y efectos de cada peligro identificado. En la tabla 34 se presenta la identificación de los peligros de los dos puntos de contaminación con respecto al agua superficial y suelo.

Tabla 34

*Identificación Típica de fuente de peligro.*

Factor	Humano	Ecológico	Socioeconómico
Antrópico	Causas Las 2 áreas de contaminación son potenciales fuentes y foco de contaminación. Generación de vertimiento en épocas de lluvia dañan el suelo. Construcción de viviendas cercanas, instituciones educativas y de deporte al sitio contaminado	Alteración de la geología estructural de la zona identificada como petrolera. Potenciales receptores Incremento de parámetros fisicoquímicos contaminantes en la áreas Presencia de parámetros de suelos y aguas elevada a los ECA Alteración del Parámetro pH en las aguas superficiales y suelos.	Se afecta a rutas y vías de exposición. Consumo de aguas y suelos contaminados en las diferentes actividades de la comunidad. Depreciación de suelos agrícolas y alimento contaminado a animales. Alteración de áreas de sector educativo y deportivo.
	Efectos Provocan alteraciones al agua, suelo, genéticas, bioquímicas que reducen la supervivencia y eficacia directa Presencia de enfermedades en la población sin posibilidad de atención médica.	Provocan cambios en los ecosistemas que derivan en modificaciones de las estructuras de las comunidades biológicas y la red de interacciones existentes. Deterioro del medio ambiente	Afectación de producción agrícola. Conflictos con la Municipalidad por falta de interés a solucionar sitios contaminados. Afectación de la calidad de vida de la población.

Utilizando la tabla 13 de metodología se analiza la definición de fuentes de peligro, partiendo de las dos sustancias analizadas agua y suelo.

Tabla 35

*Definición de Fuentes de Peligro.*

Tipología de peligro	Sustancia	Tipo	Causa fisicoquímica							Causa geo Hidrometeorológico				
			Peligrosidad			Causa fisicoquímica				Interior Tierra (1)	Superficie Tierra (2)	Hidroológico Mete reológico (3)	Intensidad	
	MP	R	Mi	Mt	Ei	Exp	Inf	Cor	Com	Otro	Conc. máxima			
Antrópico	T									X				X
	pH									X				X
	C.E.									X				X
	Olor									X				X
	HEM						X							
	Cloruros		X											
	DBO						X							
	DQO						X							
	OD									X				
	HTP								X					
SUELO	T													X
	pH													X
	C.E.													X
	Salinidad											X		
	Metales												X	
	HTP								X					

Causas Físico-químicas: (Comprende sustancias por su clasificación) MP= Materia Prima; R= residuo; Mi= Muy inflamable; Mt= muy tóxico; li=Irreversible inmediato; Ex= Explosivo; Inf= Inflamable; Cot= corrosivo y Com= combustible.

Causa Geo Hidrometeorológicas: Comprende eventos naturales: (1) Sismo, maremoto, actividad volcánica; (2) Deslizamiento, aluvión, derrumbe, alud, erosión (3) Inundaciones, viento, lluvia, sequía, granizada, nevada, friaje.

Fuente: Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales MINAM 2010

### a. Definición del suceso indicador

Los indicadores se definen para cada entorno, en base a variables cuantificables que nos servirán para evaluar el riesgo ambiental, se presenta en la tabla 36.

Tabla 36

#### *Análisis de los Entornos*

<b>ANÁLISIS DEL ENTORNO HUMANO</b>		
<b>Elemento de Riesgo</b>	<b>Suceso indicador/Parámetro de Evaluación</b>	<b>Fuente de Información</b>
Exposición potencial de los sitios contaminados	--Se presume que el sitio contaminado encontrado	Formato de recopilación de información de
Contaminación superficial y subterránea.	está impregnado con hidrocarburos en su interior y	evaluación de riesgos ambientales, utilizado en
Contaminación por sustancias tóxicas.	debido al paso del tiempo expuesto a la intemperie sus propiedades se encontrarían neutralizadas	visitas de campo.
Variación de la calidad del suelo y agua.	--Con servicio limitado. Red de abastecimiento de agua con tuberías a las casas sin tratamiento --Los sitios contaminados están abandonados. --La población accede a sus viviendas pasando por estos sitios mediante un camino de trocha.	INEI, SENAMHI, Municipalidad.
<b>ANÁLISIS DEL ENTORNO NATURAL O AMBIENTAL</b>		
Exposición potencial de agua	T, pH, C.E., Olor, HEM, CL <sup>-</sup> , DBO <sub>5</sub> , DQO, OD, HTP.	Monitoreo de parámetros
Contaminación superficial		In-situ e informes de análisis de ensayo realizado por el laboratorio SGS
Exposición potencial de suelo	T, pH, C.E., salinidad, metales y HTP	Monitoreo de parámetros In-situ e informes de análisis de ensayo realizado por el laboratorio SGS
Residuos sólidos		
Contaminación por tóxicos		
<b>ANÁLISIS DEL ENTORNO SOCIOECONÓMICO</b>		
Exposición potencial del espacio físico a:	Disminución de la actividad Agrícola.	Formato de recopilación de información de evaluación de riesgos ambientales. (Anexos)
Cambio de uso, variabilidad del medio y/o entorno.		
Exposición potencial de Recursos humanos	Aumento posible de conflictos ambientales	Municipalidad de Pusi.
Cambios en el bienestar. Cambios en el habitat	Disminución de ingresos económicos.	Entrevista a Pobladores.

## b. Formulación de Escenarios

Después de identificar los peligros en el área contaminada, se procede a formular los escenarios de riesgo asociado a sustancias, eventos y otros y las consecuencias para los entornos. En las tablas 37, 38, 39 se presenta la formulación de escenarios de riesgo que serán evaluados para estimar el nivel de riesgo.

Tabla 37

*Formulación de escenarios en el entorno humano.*

Tipología de Peligros		Sustancia o evento	Escenario de Riesgo	Causas	Consecuencias	
Ubicación	Natural Antrópico					
<b>AGUA</b>						
Corapata Distrito de Pusi Provincia de Huancané Puno		x	Temperatura	Actúa sobre la actividad enzimática		Aumento microbiano patógeno por aumento de temperatura
		x	pH	Generación de aguas ácidas		Contaminación del Agua Superficial; deterioro de la salud de los pobladores; liberación de metales pesados
		x	C.E.	Sales disueltas, aguas mineralizadas y turbiedad	Sitios contaminado PM-1 y PM-2	Deterioro de la salud de los pobladores; enfermedades renales
		x	Olor	Generación de mal olor		Contaminación del aire
		x	HEM	Reducen la re oxigenación y estética		Presencia de larvas deformativas e inactivas
		x	Cloruros	Es corrosivo		Evita el crecimiento de plantas
		x	DBO <sub>5</sub>	Biodegradación		Condición anoxia, su presencia daña a las comunidades biológicas del agua.
		x	DQO	Biodegradación		Oxidación del cuerpo de agua, altera la temperatura
		x	OD	Degradación de HTP		Presencia de corrosión y eutrofización.
		x	HTP	Tóxico, afecta a bacterias		Evita la realización de la fotosíntesis, no hay intercambio gaseoso, afecta la branquia de los animales

SUELO				
x	Temperatura	Aceleración de reacciones químicas		Aumento del cambio climático
x	pH	Genera acidez en el suelo		Contaminación del suelo y liberación de metales absorbidos por el hombre
x	C.E.	Aumenta la presencia de sales y metales		Deterioro de la salud de los pobladores y problemas renales.
x	Salinidad	Falta de asimilación de nutrientes		Enfermedades de presión en los humanos
x	As	Riesgo para los organismos y la salud humana		Daños a la salud hiperqueratosis, arseniosas y cáncer
x	B	Riesgo para los organismos y la salud humana		Irritación de la nariz, garganta y ojos.
x	Cd	Riesgo para los organismos y la salud humana	Sitios contaminado PM-1 y PM-2	Anemia, insuficiencia renal, osteoporosis, trastornos respiratorios, cáncer
x	Al	Riesgo para los organismos y la salud humana		Enfermedades renales y problemas sistema nervioso
x	Ca	Riesgo para los organismos y la salud humana		Cálculos renales y mal funcionamiento del corazón y del cerebro.
x	Ce	Riesgo para los organismos y la salud humana		Daño al hígado pro acumulación
x	Fe	Riesgo para los organismos y la salud humana		Enfermedades del sistema nervioso y capacidad de Orientación.
x	K	Riesgo para los organismos y la salud humana		Produce hipercalcemia
x	Li	Riesgo para los organismos y la salud humana		Somnolencia y temblor en el cuerpo
x	Mg	Riesgo para los organismos y la salud humana		Produce nauseas, calambre y diarreas.
x	Mn	Riesgo para los organismos y la salud humana		Hemocromatosis (lesiones de diversa gravedad en tejidos
x	Na	Riesgo para los organismos y la salud humana		Produce hipertensión arterial y cardiovascular
x	P	Riesgo para los organismos y la salud humana		Retraso del desarrollo mental, enfermedades

x	Sr	Riesgo para los organismos y la salud humana	cardiovasculares, Es toxico como compuesto.
X	HTP	Riesgo para los organismos y la salud humana	Acumulación dañina a personas y al ecosistema

Tabla 38

*Formulación de escenarios en el entorno ecológico.*

Ubicación	Tipología de Peligros		Sustancia o evento	Escenario de Riesgo	Causas	Consecuencias
	Natural	Antrópico				
<b>AGUA</b>						
<b>Corapata, Distrito de Pusi Provincia de Huancané Puno</b>	x		Temperatura	Actúa sobre la actividad enzimática		
	x		pH	Generación de aguas ácidas		
	x		C.E.	Sales disueltas, aguas mineralizadas y turbiedad	Sitios contaminado PM-1 y PM-2	Contaminación del agua superficial
	x		Olor	Generación de mal olor		
	x		HEM	Reducen la re oxigenación y estética		
	x		Cloruros	Es corrosivo		
	x		DBO <sub>5</sub>	Biodegradación		
	x		DQO	Biodegradación		
	x		OD	Degradación de HTP		
	x		HTP	Tóxico, afecta a bacterias		
<b>SUELO</b>						
x		Temperatura	Aceleración de reacciones químicas			
x		pH	Genera acidez en el suelo			
x		C.E.	Aumenta la presencia de sales y metales			
x		Salinidad	Falta de asimilación de nutrientes			
x		As	Riesgo para los organismos y la salud humana	Sitios contaminado PM-1 y PM-2	Contaminación del suelo	
x		B	Riesgo para los organismos y la salud humana			
x		Cd	Riesgo para los organismos y la salud humana			
x		Al	Riesgo para los organismos y la salud humana			
x		Ca	Riesgo para los organismos y la salud humana			

x	Ce	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	Fe	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	K	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	Li	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	Mg	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	Mn	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	Na	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	P	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	Sr	Riesgo para los organismos y la salud humana
x	HTP	Riesgo para los organismos y la salud humana

Tabla 39

*Formulación de escenarios en el entorno socioeconómico.*

Tipología de Peligros		Sustancia o evento	Escenario de Riesgo	Causas	Consecuencia
Ubicación	Natural Antrópico				
Corapata, Distrito de Pusi Provincia de Huancané Puno	X	Contaminantes en el agua superficial	Próximo a cuerpos receptores	Sitios contaminado PM-1 y PM-2	Afectación a la calidad de vida de la población
			Afectación por drenaje y embalsamiento del agua en el sitio.		Aumento de problemas socio ambientales
	X	Contaminantes en el suelo	Conflictos con la Municipalidad por falta de interés a solucionar sitios contaminados	Sitios contaminado PM-1 y PM-2	Afectación a la calidad de vida de la población
			Conflictos con la Municipalidad por falta de interés a solucionar sitios contaminados.		Aumento de problemas socio ambientales



### c. Estimación de la Probabilidad

Según la metodología, la estimación de la probabilidad está asociada a las Predicciones resultado del análisis estadístico, debiendo asignar a cada uno de los escenarios una probabilidad de ocurrencia en función de los valores de escala, según la tabla 16 Rango de estimación probabilísticos.

En la tabla 40, 41 se presenta la valoración de la probabilidad de los dos puntos en estudio para el agua superficial y el suelo, resaltando que el valor es igual tanto para el entorno humano y ecológico representándoles con sus escenarios de riesgo.

Tabla 40

#### *Determinación de la Estimación Probabilística del agua superficial*

Escenario de Riesgo	PM-1 Rango	Estimación Probabilística	PM-2 Rango	Estimación Probabilística
Actúa sobre la actividad enzimática Temperatura °C	Probable	3	Poco Probable	1
Generación de aguas ácidas pH UpH	Posible	2	Probable	3
Sales disueltas, aguas mineralizadas y turbiedad C.E. μS/cm	Altamente probable	4	Altamente probable	4
Generación de mal olor Olor NUO	Poco probable	1	Probable	3
Reducen la re oxigenación y estética HEM mg/L	Altamente probable	4	Probable	3
Es corrosivo Cloruros mg/L	Altamente probable	4	Altamente Probable	4
Biodegradación DBO <sub>5</sub> mg/L	Probable	1	Probable	3
Biodegradación DQO mg/L	Probable	3	Muy probable	5
Degradación de HTP OD mg/L	Probable	3	Probable	3
Tóxico, afecta a bacterias HTP mg/L	probable	3	Altamente probable	4

Tabla 41

*Determinación de la Estimación Probabilística del suelo*

Escenario de Riesgo	PM-1	Frecuencia de Probabilidad	PM-2	Estimación Probabilística
Aceleración de reacciones químicas	Altamente probable	2	Probable	3
Temperatura °C				
Genera acidez en el suelo	Altamente probable	4	Probable	3
pH UpH				
Aumenta la presencia de sales y metales	Poco probable	1	Posible	2
C.E. μS/cm				
Falta de asimilación de nutrientes	Poco probable	1	Posible	2
Salinidad				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Altamente probable	4	Altamente probable	4
As mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Poco probable	1	Poco probable	1
B mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Poco probable	1	Poco probable	1
Cd mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Probable	3	Posible	2
Al mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Poco probable	1	Probable	3
Ca mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Probable	3	Poco probable	1
Ce mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Probable	3	Altamente probable	4
Fe mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Posible	2	Probable	3
K mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Altamente probable	4	Poco probable	1
Li mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Probable	3	Poco probable	1
Mg mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Probable	3	Posible	2
Mn mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Probable	3	Poco probable	1
Na mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Posible	2	Poco probable	1
P mg/kg				
Riesgo para los organismos y la salud humana	Probable	3	Probable	3
Sr mg/kg				
Acumulación dañina a personas y a organismos	Poco probable	1	Probable	3
HTP mg/kg				

Tabla 42

*Determinación de la Estimación Probabilística del el entorno socioeconómico.*

Suceso	Escenario de Riesgo	Sitios contaminados	Estimación Probabilística.
Contaminantes en el agua superficial y afectación al suelo	Conflictos social ambientales	Sitios contaminado AC-1 y AC-2	5
	Causados por la presencia de agua y suelo contaminado		
	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales y suelos afectados	Sitios contaminado AC-1 y AC-2	5

#### d. Estimación de la gravedad de las consecuencias

El desarrollo de la estimación de la gravedad de las consecuencias se realizó de forma particular para cada entorno humano, ecológico y socioeconómico conforme a la tabla 16.

##### • Estimación de la gravedad de consecuencia en el entorno humano

Se determinó en función de la afectación a la salud de la población, y representa la sumatoria de los valores obtenidos de los factores de acuerdo a la siguiente formula, que se indicó en metodología.

$$\text{Salud} = C + 2 (P) + Eh + \text{Población}$$

##### -Cantidad (C)-

El factor de cantidad se refiere al grado de concentración de una sustancia contaminante en el agua residual y en el suelo, se determinó mediante los resultados de análisis de agua y suelo presentado en la tabla 20. Estos resultados se comparan con los ECA de Perú y Canadá, y la valoración está definida según el grado de porcentaje que supera la norma, se presenta la Tabla 43 el factor de cantidad para los escenarios de los dos puntos de estudio.

Tabla 43

*Estimación del factor de cantidad para el entorno humano del agua*

Escenario de Riesgos	ECA	Canadá	PM 1			PM 2		
			Análisis Promedio	Variación %	Cantidad C	Análisis	Variación %	Cantidad C
Actúa sobre la actividad enzimática	8.22 – 14.22	Δ3	17.32	21%	2	20.75	45.92%	2
Temperatura °C								
Generación de aguas ácidas	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	6.66	0%	1	6.23	0%	1
pH								
UpH								
Sales disueltas. aguas mineralizadas y turbiedad	250	500	524.75	109.9%	4	402.25	60.90%	3
C.E.								
μS/cm								
Generación de mal olor	<u>SD</u>	SD	0.98	0.001%	1	1.025	0.01%	1
Olor								
NUO								
Reducen la re oxigenación y estética	5	10	1.62	0%	1	2.15	0%	1
HEM mg/l								
Es corrosivo	500	--	879.45	75.89%	3	1012.175	102.43%	4
Cloruros mg/l								
Biodegradación DBO <sub>5</sub> mg/l	15	15	4.19	0%	1	2.12	0%	1
Biodegradación DQO mg/l	40	40	9.5	0%	1	4.07	0%	1
Degradación de HTP OD mg/l	>4	>5	9.40	135%	4	4.2	5%	1
Tóxico. afecta a bacterias	0.5		0.5	1%	1	0.117	0%	1
HTP mg/l								
Porcentaje de parámetros que supera el ECA			40%				40%	

En la tabla 44 se evalúan la cantidad para el suelo.

Tabla 44

*Estimación del factor de cantidad para el entorno humano del suelo*

Escenario de Riesgos	ECA	Canadá	PM 1			PM 2		
			Análisis Promedio	Variación %	Cantidad C	Análisis Promedio	Variación %	Cantidad C
Aceleración de reacciones químicas Temperatura °C	Δ3		24.23	0%	1	23.73	0%	1
Genera acidez en el suelo pH UpH	5.8 - 6.5		7.08	8.9%	1	7.00	7.7%	1
Aumenta la presencia de sales y metales C.E. μS/cm	ND		119.60	1%	1	316	1%	1
Falta de asimilación de nutrientes Salinidad	ND		2.06	1%	1	1.75	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana As mg/kg	50	12	753.46	1400%	4	59.01	18.02%	2
Riesgo para los organismos y la salud humana B mg/kg	ND	2	7.03	1%	1	11.03	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Cd mg/kg	1.4	1.4	1.06	0%	1	0.30	0%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Al mg/kg	ND	ND	2110.93	1%	1	1966	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Ca mg/kg	ND	ND	40000	1%	1	58022	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Ce mg/kg	ND	ND	0.63	1%	1	0.02	1%	1

Riesgo para los organismos y la salud humana Fe mg/kg	ND	ND	10660.08	1%	1	2554.90	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana K mg/kg	ND	ND	309.93	1%	1	391.6	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Li mg/kg	ND	ND	8.60	1%	1	6.67	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Mg mg/kg	ND	ND	1707.55	1%	1	1854	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Mn mg/kg	ND	ND	222.22	1%	1	171.82	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Na mg/kg	ND	ND	1919.275	1%	1	624.22	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana P mg/kg	ND	ND	285.22	1%	1	305.92	1%	1
Riesgo para los organismos y la salud humana Sr mg/kg	ND	ND	2219.93	1%	1	232.85	1%	1
HTP Parámetros que superan el ECA	20		48.43	142.15% 42%	4	2.74	0% 47%	1

### -Peligrosidad (P)

Se entiende como la aptitud intrínseca de una sustancia para causar daño, toxicidad, acumulación o bioacumulación, entre otros; las características se encuentran definidas en la tabla 16 de metodología que se utilizan para la valoración. La tabla 45 se muestra los valores asignados después del análisis respecto a los factores de peligrosidad para el entorno humano.

Tabla 45

*Estimación del Factor de peligrosidad para el entorno humano con respecto al agua*

Parámetro	Escenario	Valor de Peligrosidad	
Temperatura °C	Actúa sobre la actividad enzimática	1	Daño leve y reversible
pH UpH	Generación de aguas ácidas	3	Tóxico
C.E. μS/cm	Sales disueltas. aguas mineralizadas y turbiedad	3	Tóxico
Olor NUO	Generación de mal olor	1	Daños leves y reversibles
HEM mg/L	Reducen la re oxigenación y estética	1	Daño leves y reversibles
Cloruros mg/L	Es corrosivo	4	Daño irreversible
DBO <sub>5</sub> mg/L	Biodegradación	4	Causa efectos irreversibles
DQO mg/L	Biodegradación	3	Corrosiva
OD mg/L	Degradación de HTP	1	Daño leve y reversible.
HTP mg/L	Tóxico. afecta a bacterias	3	Tóxico

Tabla 46

*Estimación del Factor de peligrosidad para el entorno humano con respecto al suelo*

Parámetro	Escenario	Valor de Peligrosidad	
Temperatura °C	Aceleración de reacciones químicas.	2	Poco peligroso
pH UpH	Genera acidez en el suelo	3	Tóxico
C.E. μS/cm	Aumenta la presencia de sales y metales	3	Tóxico
Salinidad	Falta de asimilación de nutrientes	2	Poco peligroso
As mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	4	Daños irreversibles
B mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	4	Daños Irreversibles
Cd mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	3	Tóxico
Al mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	3	Tóxico
Ca mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	1	Daño leves y reversibles
Ce mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	3	Tóxico
Fe mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	3	Tóxico

K	mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	3	Tóxico
Li	mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	2	Poco peligroso
Mg	mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	1	Daño leves y reversibles
Mn	mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	1	Daño leves y reversibles
Na	mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	3	Tóxico
P	mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	1	Daño leves y reversibles
Sr	mg/kg	Riesgo para los organismos y la salud humana	1	Daño leves y reversibles
HTP		Daños para la salud. Es altamente tóxico	3	Tóxico

### -Extensión (Eh)

El factor de extensión para el entorno humano está referido a la distancia entre los puntos de muestreo y la población que está siendo afectada para la valoración se utiliza los criterios de la tabla 18 del capítulo de Metodología en la tabla 47 se dan los valores de extensión para el entorno humano se le asigna el valor de 4 por la presencia de población e instituciones en los puntos de muestreo.

Tabla 47

*Estimación del factor de extensión para el entorno humano*

Sitio contaminado Puntos de Muestreo	Distancia de los sitio contaminado al centro poblado	Valor Eh
PM-1	Radio hasta 1 km	3
PM-2	Radio hasta 1 km	3

### -Población (Pobl.)

Con la tabla 18 se evalúa; la información del INEI se tiene la cantidad de personas que viven en la comunidad que viene a ser la población afectada para todos los escenarios de riesgo descrito en la tabla 27, teniendo un valor de 4.

Teniendo el valor de cantidad, peligrosidad, extensión y población afectada se utiliza la ecuación descrita líneas arriba y se presenta la sumatoria de los factores para el entorno humano en la Tablas 48 y 49 para el agua y para el suelo. La valoración que corresponde a la sumatoria de los factores tendrá un valor equivalente como gravedad según la tabla N° 22 donde el valor 1 corresponde a una gravedad no relevante y el valor 5 a una gravedad crítica.



Tabla 48

*Gravedad de las consecuencias del entorno humano AC-1; AC-2 para el agua.*

Escenario de riesgo	PM-1					PM-2						
	Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada Po	Valoración	Gravedad	Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada Po	Valoración	Gravedad
Actúa sobre la actividad enzimática	2	1	3	4	11	3	2	1	3	4	11	3
Temperatura	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	11	3
Generación de aguas ácidas	4	3	3	4	17	4	3	3	3	4	13	3
pH												
Sales disueltas, aguas mineralizadas y turbiedad	4	3	3	4	17	4	3	3	3	4	13	3
C.E.												
Generación de mal olor	1	1	3	4	10	2	1	1	3	4	10	2
Olor												
Reducen la re oxigenación y estética	1	1	3	4	10	2	1	1	3	4	10	2
HEM												
Es corrosivo	3	4	3	4	18	5	4	4	3	4	19	5
Cloruros												
Biodegradación DBO <sub>5</sub>	1	4	3	4	16	4	1	4	3	4	16	4
Biodegradación DQO	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	11	3
Degradación de HTP OD	4	1	3	4	13	3	1	1	3	4	10	2
Tóxico, afecta a bacterias	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
HTP												

Tabla 49

*Gravedad de las consecuencias del entorno humano AC-1; AC-2 para el suelo*

Escenario de riesgo	PM-1						PM-2					
	Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada Po	Valoración	Gravedad	Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Población afectada Po	Valoración	Gravedad
Aceleración de reacciones químicas	1	2	3	4	12	3	1	2	3	4	12	3
Temperatura												
Genera acidez en el suelo pH	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
Aumenta la presencia de sales y metales C.E.	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
Falta de asimilación de nutrientes	1	2	3	4	12	3	1	2	3	4	12	3
Salinidad												
Riesgo para los organismos y la salud humana As	4	4	3	4	19	5	2	4	3	4	19	5
Riesgo para los organismos y la salud humana B	1	4	3	4	16	4	1	4	3	4	14	3
Riesgo para los organismos y la salud humana Cd	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
Riesgo para los organismos y la salud humana Al	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
Riesgo para los organismos y la salud humana Al	1	1	3	4	10	2	1	1	3	4	10	2

la salud humana	Ca	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
Riesgo para los organismos y la salud humana	Ce	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
Riesgo para los organismos y la salud humana	Fe	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
Riesgo para los organismos y la salud humana	K	1	2	3	4	12	3	1	2	3	4	12	3
Riesgo para los organismos y la salud humana	Li	1	1	3	4	10	2	1	1	3	4	10	2
Riesgo para los organismos y la salud humana	Mg	1	1	3	4	10	2	1	1	3	4	10	2
Riesgo para los organismos y la salud humana	Mn	1	3	3	4	14	3	1	3	3	4	14	3
Riesgo para los organismos y la salud humana	Na	1	1	3	4	10	2	1	1	3	4	10	2
Riesgo para los organismos y la salud humana	P	1	1	3	4	10	2	1	1	3	4	10	2
Riesgo para los organismos y la salud humana	Sr	4	3	3	4	17	4	1	3	3	4	14	3
HTP													

- **Estimación de la gravedad de consecuencia en el entorno ecológico**

El entorno ecológico se determinó en función de la afectación de la calidad del ambiente. Su valoración se calcula en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Calidad del ambiente} = C + 2 (P) + Eh + CM$$

Los cálculos de Cantidad y peligrosidad para el entorno ecológico será el mismo que para el entorno humano dado que se determinó en función a los análisis de agua y suelo tomándose el mismo criterio.

**-Extensión (Eh)**

Este factor está referido al espacio de influencia del impacto en el entorno de los dos puntos de muestreo se ha identificado el derrame o drenajes que recorren generando sustancias contaminadas transportando kilómetros abajo y en tiempo de lluvia incluso llega al lago Titicaca. Asimismo, está siendo afectado el interior del suelo y agua subterránea que algunas familias consumen agua de pozo. Tanto para el agua como para el suelo la extensión tendrá un valor de 4, establecido en la siguiente tabla.

Tabla 50

*Factor de Extensión*

Extensión	Criterio	Valor
Radio de impacto mayor a 1 km	Muy extenso	4
Radio de impacto hasta un 1 km	Extenso	3
Radio de impacto menor a 0.5 km	Poco extenso	2
Área afectada	Puntual	1

**-Calidad del medio (CM)**

Este factor está relacionado con los componentes ambientales que son afectados por la contaminación en nuestro estudio son el agua y suelo; evaluados en la investigación. El grado de afectación de la calidad de agua y suelo se determinó mediante el ECA utilizando los criterios de valoración de la tabla 20. Para aquellos escenarios que superen los estándares de calidad tanto de agua como de suelo se asignara un valor de 2 y para los que no superen un valor de 1.

Finalmente, conforme a la ecuación: Calidad del ambiente =  $C + 2 (P) + Eh + CM$ . se suma los factores tanto para el agua como para el suelo, presentados en la tabla 51.

Tabla 51

*Gravedad de las consecuencias del entorno ecológico para el agua*

Escenario de riesgo	AC-1 Calidad del Ambiente = C + 2 (P) + Eh + CM						AC-2 Calidad del Ambiente = C + 2 (P) + Eh + CM					
	Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Calidad del medio CM	Valoración	Gravedad	Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad
Actúa sobre la actividad enzimática	2	1	4	2	10	2	1	4	2	10	2	
Temperatura	1	3	4	1	12	3	3	4	1	12	3	
Generación de aguas ácidas	4	3	4	2	16	4	3	4	2	15	4	
pH												
Sales disueltas, aguas mineralizadas y turbiedad	1	1	4	1	8	2	1	4	1	8	2	
C.E.												
Generación de mal olor	1	1	4	1	8	2	1	4	1	8	2	
Olor												
Reducen la re oxigenación y estética	1	1	4	1	8	2	1	4	1	8	2	
HEM												
Es corrosivo	3	4	4	2	17	4	4	4	2	18	5	
Cloruros												
Biodegradación DBO <sub>5</sub>	1	4	4	1	14	3	1	4	1	14	3	
Biodegradación DQO	1	3	4	1	12	3	1	4	1	12	3	
Degradación de HTP	4	1	4	2	12	3	1	4	1	12	3	
OD												
Tóxico, afecta a bacterias	1	3	4	2	13	3	1	4	1	12	3	
HTP												

Tabla 52

*Gravedad de las consecuencias del entorno ecológico para el suelo*

Escenario de riesgo	AC-1 Calidad del Ambiente = C + 2 (P) + Eh + CM					AC-2 Calidad del ambiente = C + 2 (P) + Eh + CM					
	Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Calidad del Medio CM	Valoración	Gravedad	Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Calidad del Medio CM	Valoración
Aceleración de reacciones químicas	1	2	4	1	10	2	1	4	1	10	2
Temperatura											
Genera acidez en el suelo	1	3	4	2	13	3	1	4	2	13	3
Aumenta la presencia de sales y metales C.E.	1	3	4	1	12	2	1	4	1	12	3
Falta de asimilación de nutrientes	1	2	4	1	10	2	1	4	1	10	2
Salinidad											
Riesgo para los organismos y la salud humana	4	4	4	2	18	5	2	4	2	16	4
Riesgo para los organismos y la salud humana	1	4	4	1	14	3	1	4	1	14	3
Riesgo para los organismos y la salud humana	1	3	4	1	12	3	1	4	1	12	3
Riesgo para los organismos y la salud humana	1	3	4	1	12	3	1	4	1	12	3
Riesgo para los organismos y la salud humana	1	1	4	1	8	2	1	4	1	8	2

la salud humana Ca	1	3	4	1	12	3	1	1	3	4	1	12	3
Riesgo para los organismos y la salud humana Ce	1	3	4	1	12	3	1	1	3	4	1	12	3
Riesgo para los organismos y la salud humana Fe	1	3	4	1	12	3	1	1	3	4	1	12	3
Riesgo para los organismos y la salud humana K	1	2	4	1	11	3	1	1	2	4	1	11	3
Riesgo para los organismos y la salud humana Li	1	1	4	1	8	2	1	1	1	4	1	8	2
Riesgo para los organismos y la salud humana Mg	1	1	4	1	8	2	1	1	1	4	1	8	2
Riesgo para los organismos y la salud humana Mn	1	3	4	1	12	3	1	1	3	4	1	12	3
Riesgo para los organismos y la salud humana Na	1	1	4	1	8	2	1	1	1	4	1	8	2
Riesgo para los organismos y la salud humana P	1	1	4	1	8	2	1	1	1	4	1	8	2
Riesgo para los organismos y la salud humana Sr	4	3	4	1	15	4	1	1	3	4	1	12	3

### • Estimación de la gravedad de consecuencia en el entorno Socioeconómico

La estimación de la gravedad de consecuencias en el entorno socioeconómico se determinó por dos escenarios de riesgo. Un escenario de riesgo social referido a los conflictos socioambientales y otro escenario riesgo económico referido a la afectación de la agricultura. La estimación de la gravedad en el entorno socioeconómico se valoró de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Socioeconómico} = C + 2(P) + Eh + PCP$$

#### -Cantidad (C)

Para el escenario social el factor cantidad está referido a conflictos socio-ambientales que se han originado por la presencia de contaminantes al ser una zona de explotación de hidrocarburos geología estructural de confinamiento. De acuerdo a la tabla 53 y la recopilación de información del MINAM, OEFA, ANA, estudios de investigación, reportes periodísticos, reclamos informes de infraestructura de la Municipalidad de son 8, pero documentalmente solo son 2 de modo que el valor será de 3.

Tabla 53

*Valores del factor de cantidad para el entorno socioeconómico según conflictos sociales*

Conflictos Sociales		Valor
Mayor a 2 conflictos en 5 años	Muy alta	4
2 conflictos en 5 años	Alta	3
1 conflicto en 5 años	Poco	2
Ningún conflicto	Muy poco	1

Por otra parte, el factor de cantidad para el escenario de riesgo económico, está referido al agua y suelo contaminados que afectan la agricultura y la ganadería, siendo necesario un criterio de evaluación la cual se dan en la tabla 54, el valor que se le otorga es de 1, porque el riesgo a áreas agrícolas no se utiliza esta agua, salvo que en su recorrido por el drenaje y la escorrentía impactante con el suelo.



Tabla 54

*Valores del factor de cantidad para el entorno socioeconómico base áreas agrícolas*

<b>Riesgo de áreas agrícolas</b>		<b>Valor</b>
Entre un 75% a 100% del área agrícola es regada por la fuente contaminada	Muy alta	4
Entre un 51% a 75% del área agrícola es regada por la fuente contaminada	Alta	3
Entre un 26% a 50% del área agrícola es regada por la fuente contaminada	Poco	2
Si menos del 25% del área agrícola es regada por la fuente contaminada	Muy poco	1

### **-Peligrosidad (P)**

Según la tabla 55, se evaluó la peligrosidad para el escenario social.

Tabla 55

*Valores de Peligrosidad para el escenario social*

<b>Peligrosidad</b>	<b>Fases de conflictos sociales</b>	<b>Valor</b>
Muy peligroso	Fase de crisis	4
Peligroso	Fase de escalamiento	3
Poco peligroso	Fase temprana	2
No peligrosos	Conflicto latente	1

El valor de peligrosidad es de 1, indica que la población tiene latente la contaminación, percibiendo en los moradores su preocupación, aunque algún poblador manifestó que algunos momentos esta agua y suelo se utiliza como medicina tradicional. Mediante la tabla 56 se valoro la peligrosidad para el escenario económico. el criterio es fuente de agua que tiene la comunidad. su valor es 4, su riego es estacional.

Tabla 56

*Valores del factor de peligrosidad para el escenario economico*

<b>Fuente de agua</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
Depende de una fuente de riego no permanente (Riego estacional)	Muy peligroso	4
Depende de una sola fuente de agua permanente	Peligroso	3
Tiene dos o más fuente de riego naturales	Poco peligroso	2
Tiene fuentes naturales y fuentes de captación tecnificada	Nada peligroso	1

En la tabla 57 se presenta los valores de peligrosidad asignados para los dos escenarios de riesgo social y económico. Estos valores son los mismos para los dos puntos de muestreo tanto para agua y suelo.

Tabla 57

*Estimación de la peligrosidad para el entorno socioeconómico*

Parámetro	Escenario de Riesgo	Valor de peligrosidad
Contaminantes en el cuerpo de agua superficial y en suelo	Conflictos socio ambientales causados por la presencia de los puntos contaminados	1 Cualquier conflicto por parte de la población se encuentra latente
Contaminantes en el cuerpo de agua superficial y en suelo	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales y suelos afectados	4 El área de estudio cuenta solo con riego estacional.

**-Extensión (Eh)**

Este valor es el mismo para el entorno natural, que tiene una valoración de 4, tanto para el escenario social y económico.

**-Patrimonio capital productivo (PCP)**

Para determinar este factor se tomó en cuenta la pérdida del cuerpo receptor, esto se da cuando todos los parámetros de suelo y agua han superado los estándares de calidad. Para este caso se tomó en cuenta la tabla 21; el valor es de 2 porque el porcentaje de parámetros que supera el ECA es de 40 y 47%, como lo vemos en la tabla 58.

Tabla 58

*Estimación del capital productivo para el entorno socioeconómico*

	Parámetro agua		Parámetro Suelo	
	AC-1	AC-2	AC-1	AC-2
Cantidad en % de parámetro que supera el ECA	40%	40%	42%	47%
Valor del Pcp	2	2	2	2

Ahora, conforme a la ecuación planteada Socioeconómico = C + 2(P) + Eh + PCP, se presenta la sumatoria de cantidad, peligrosidad, extensión y patrimonio del capital productivo en la tabla 59.

Tabla 59

*Gravedad de las consecuencias del entorno socioeconómico*

Peligro	Entorno	Escenario de riesgo	Socioeconómico = C + 2 (P) + Eh + Pcp				Valoración	Gravedad
			Cantidad C	Peligrosidad P	Extensión Eh	Patrimonio Pcp		
AGUA Y SUELO PM-1 PM-2	Socioeconómico	Conflictos social ambientales	1	1	4	2	9	2
	Socioeconómico	Causados por la presencia de agua y suelo contaminado						
	Socioeconómico	Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales y suelos afectados	3	4	4	2	17	4

#### 4.4.2. Estimación del riesgo ambiental

Según la figura 5, el producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias valoradas anteriormente, nos permitió calcular la estimación del riesgo ambiental de los entornos.

La tabla 24: Establecimiento del riesgo alto en la escala de evaluación de riesgo ambiental, valora en promedio el equivalente porcentual del riesgo en consecuencia se desarrolló el cálculo para cada escenario que se presentan a continuación.

- **Porcentaje de Riesgo Ambiental para el Entorno Humano.**

En conclusión, los datos tomados para la tabla 60 Riesgo ambiental para el agua, se toma de la tabla 40: Estimación probabilística del agua y tabla 48: Gravedad; para la valoración respectiva se utiliza la tabla 24.

Tabla 60

*Estimación del riesgo ambiental para el entorno humano del AC-1 y AC-2 de agua*

Escenario de riesgo	AC-1				AC-2			
	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental (valor matricional)	Porcentaje de Riesgo ambiental	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental (valor matricional)	Porcentaje de Riesgo ambiental
Actúa sobre la actividad enzimática Temperatura	3	3	9	42	1	3	3	10.5
Generación de aguas ácidas pH	2	3	6	42	3	3	9	42
Sales disueltas. aguas mineralizadas y turbiedad C.E.	3	4	12	42	4	3	12	42
Generación de mal olor Olor	1	2	2	10.5	3	2	6	42
Reducen la re oxigenación y estética HEM	4	2	8	42	3	2	6	42
Es corrosivo Cloruros	4	5	20	82	4	5	20	82
Biodegradación DBO <sub>5</sub>	1	4	4	10.5	3	4	12	42
Biodegradación DQO	3	3	9	42	5	3	15	42
Degradación de HTP OD	3	3	9	42	3	2	6	42
Tóxico. afecta a bacterias HTP	3	3	9	42	4	3	12	2
<b>Promedio Equivalente del Entorno Humano</b>				<b>39.7</b>				<b>42.85</b>

Los resultados de la tabla 61, se calcularon en base a tabla 41 de la estimación probabilística para el suelo; los resultados de la gravedad son de la tabla 48, los riesgos ambientales son 32.5 en el PM-1 y PM-2 es 30.8, en cada punto del suelo.

Tabla 61

*Estimación del riesgo ambiental para el entorno humano del AC-1 y AC-2 de suelo*

Escenario de riesgo	AC-1				AC-2			
	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo
Aceleración de reacciones químicas Temperatura °C	2	3	6	42	3	3	9	42
Genera acidez en el suelo pH	4	3	12	42	3	3	9	42
Aumenta la presencia de sales y metales C.E.	1	3	3	10.5	2	3	6	42
Falta de asimilación de nutrientes Salinidad	1	3	3	10.5	2	3	6	42
Riesgo para los organismos y la salud humana As	4	5	20	82	4	5	20	82
Riesgo para los organismos y la salud humana B	1	4	4	10.5	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Cd	1	3	3	10.5	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Al	3	3	9	42	2	3	6	42
Riesgo para los organismos y la salud humana Ca	1	2	2	10.5	3	2	6	42
Riesgo para los organismos y la salud humana Ce	3	3	9	42	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Fe	3	3	9	42	4	3	12	42
Riesgo para los organismos y la salud humana K	2	3	6	42	3	3	9	42
Riesgo para los organismos y la salud humana Li	4	3	12	42	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Mg	3	2	6	42	1	2	2	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Mn	3	2	6	42	2	2	4	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Na	3	3	9	42	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana P	2	2	4	10.5	1	2	2	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Sr	3	2	6	42	3	2	6	42
HTP	1	4	4	10.5	3	3	9	42
<b>Promedio Equivalente del Entorno Humano</b>				<b>32.5</b>				<b>30.8</b>

- **Porcentaje de Riesgo Ambiental para el Entorno Ecológico.**

El cálculo de porcentaje de Riesgo Ambiental en el entorno ecológico del agua presentado en la tabla 62, fueron resultados de la tabla 40 y 51 de estimación probabilística y gravedad de consecuencias del entorno ecológico en el agua respectivamente, el porcentaje de valoración de la tabla 24.

Tabla 62

*Estimación del riesgo ambiental para el Entorno Ecológico del AC-1 y AC-2 de agua*

Escenario de riesgo	AC-1				AC-2			
	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental (valor matricional)	porcentaje de Riesgo ambiental	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental (valor matricional)	porcentaje de Riesgo ambiental
Actúa sobre la actividad enzimática	3	2	6	42	1	2	2	10.5
Temperatura								
Generación de aguas ácidas	2	3	6	42	3	3	9	42
pH								
Sales disueltas. aguas mineralizadas y turbiedad	4	4	16	82	4	4	16	82
C.E.								
Generación de mal olor	1	2	2	10.5	3	2	6	42
Olor								
Reducen la re oxigenación y estética	4	2	8	42	3	2	6	42
HEM								
Es corrosivo	4	4	16	82	4	5	20	82
Cloruros								
Biodegradación	1	3	3	10.5	3	3	9	42
DBO <sub>5</sub>								
Biodegradación	3	3	9	42	5	3	15	42
DQO								
Degradación de HTP	3	3	9	42	3	3	9	42
OD								
Tóxico. afecta a bacterias	3	3	9	42	4	3	12	42
HTP								
<b>Promedio Equivalente del Entorno Ecológico</b>				<b>43.7</b>				<b>47.9</b>

El cálculo de porcentaje de Riesgo Ambiental en el entorno ecológico del suelo presentado en la tabla 63, fueron resultados de la tabla 40 y 52 de estimación probabilística y gravedad de consecuencias del entorno ecológico en el suelo respectivamente, el porcentaje de valoración de la tabla 24.

Tabla 63

*Estimación del riesgo ambiental para el Entorno Ecológico del AC-1 y AC-2 de suelo*

Escenario de riesgo	AC-1				AC-2			
	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo ambiental	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo ambiental
Aceleración de reacciones químicas Temperatura °C	2	2	4	10.5	3	2	6	42
Genera acidez en el suelo pH	4	3	12	42	3	3	9	42
Aumenta la presencia de sales y metales C.E.	1	2	2	10.5	2	3	6	42
Falta de asimilación de nutrientes Salinidad	1	2	2	10.5	2	2	4	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana As	4	5	20	82	4	4	16	82
Riesgo para los organismos y la salud humana B	1	3	3	10.5	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Cd	1	3	3	10.5	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Al	3	3	9	42	2	3	6	42
Riesgo para los organismos y la salud humana Ca	1	2	2	10.5	3	2	6	42
Riesgo para los organismos y la salud humana Ce	3	3	9	42	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Fe	3	3	9	42	4	3	12	42
Riesgo para los organismos y la salud humana K	2	3	6	42	3	3	9	42
Riesgo para los organismos y la salud humana Li	4	3	12	42	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Mg	3	2	6	42	1	2	2	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Mn	3	2	6	42	2	2	4	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Na mg/kg	3	3	9	42	1	3	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana P	2	2	4	10.5	1	2	3	10.5
Riesgo para los organismos y la salud humana Sr	3	2	6	42	3	2	6	42
HTP	1	4	4	10.5	3	3	9	42
<b>Promedio Equivalente del Entorno Humano</b>				<b>30.84</b>				<b>29.18</b>

- **Porcentaje de Riesgo Ambiental para el Entorno Socioeconómico.**

La estimación del riesgo ambiental del entorno socioeconómico fueron resultados de las tablas 42 de la estimación probabilística y la tabla 59 de la gravedad en el entorno.

Tabla 64

*Estimación del riesgo ambiental para el Entorno socioeconómico*

Escenarios de Riesgo	Estimación Probabilística	Gravedad	Riesgo Ambiental	Porcentaje de Riesgo ambiental
Conflictos social ambientales Causados por la presencia de agua y suelo contaminado	5	2	10	42
Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales y suelos afectados	5	4	20	82
<b>Promedio del entorno socioeconómico</b>				62

#### 4.4.3. Evaluación del riesgo ambiental

Una vez valorado la estimación del riesgo ambiental en los entornos humano, ecológico y socioeconómico y utilizando la tabla 23 de doble entrada con la probabilidad y la gravedad de las consecuencias, donde los colores rojo amarillo y verde indican un riesgo significativo, moderado y leve respectivamente colocamos a los parámetros en el lugar que le corresponde y así leer los riesgos.

En este sentido, a continuación se presentan las figuras 63,64, 65, donde se muestra el grado de significancia de riesgo, obtenido de los escenarios de riesgo en el entorno humano, natural y socioeconómico para el agua, respectivamente.

		GRAVEDAD EN EL ENTORNO HUMANO				
		1	2	3	4	5
PROBABILID	1		Nuo <sup>1</sup>	T <sup>2</sup>	DBO <sub>5</sub> <sup>1</sup>	
	2			pH <sup>1</sup> , OD <sup>2</sup>		
	3		Nuo <sup>2</sup> , HEM <sup>2</sup>	T <sup>1</sup> , pH <sup>2</sup> , DQO <sup>1</sup> , OD <sup>1</sup> , HTP <sup>1</sup>	DBO <sub>5</sub> <sup>2</sup> ,	
	4		HEM <sup>1</sup>	HTP <sup>2</sup>	C.E. <sup>1,2</sup> , CI <sup>1,2</sup>	
	5			DQO <sup>2</sup>		

Figura 63. Riesgo ambiental del entorno humano para el agua.

Corresponde al AC-1 (2) Corresponde al AC-2



Por lo tanto, las aguas con variación significativa que contiene  $NuO^1$ ,  $T^2$ ,  $DBO_5^1$  tanto en AC-1; AC-2 representa un riesgo leve, aquellas con contenido  $NuO^2$ ,  $HEM^{1,2}$ ,  $pH^{1,2}$ ,  $OD^{1,2}$ ,  $DQO^{1,2}$ ,  $HTP^{1,2}$ , representan un riesgo moderado, mientras que la generación de aguas con contenido de  $C.E.^{1,2}$ ,  $Cl^{1,2}$ ,  $DBO_5^2$ ; representan un riesgo significativo como se ve en la figura 63 del entorno humano.

		GRAVEDAD EN EL ENTORNO ECOLÓGICO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1		$T^2$ , $NUO^1$	$DBO_5^1$		
	2		$T^1$	$pH^1$		
	3			$pH^2$ , $NUO^2$ , $HEM^2$ , $DBO_5^2$ , $DQO^1$ , $OD^{1,2}$ , $HTP^1$		
	4			$HEM^1$ , $HTP^2$	$C.E.^{1,2}$ , $CL^{-1}$	$CL^{-2}$
	5			$DQO^2$		

Figura 64. Riesgo ambiental del entorno ecológico para el agua.

La figura 64 de riesgo ambiental muestra que en el entorno ecológico la  $C.E.^{1,2}$  y el Cloruro son riesgo significativos, mientras que  $pH^{1,2}$ ,  $HEM^{1,2}$ ,  $DQO^{1,2}$ ,  $HTP^{1,2}$ ,  $OD^{1,2}$  y para el AC-2 el  $DBO_5$  presenta un riesgo moderado, las aguas que contienen T, NUO,  $DBO_5$  para el punto 1 representa un riesgo leve.

Finalmente, los conflictos socio ambientales tienen un riesgo ambiental moderado, pero el riesgo de áreas agrícolas con aguas contaminadas es significativo como se muestra en la figura 65.

		GRAVEDAD EN EL ENTORNO SOCIOECONÓMICO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5		Conflictos social ambientales causados por la presencia de agua y suelo contaminado		Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales y suelos afectados	

Figura 65. Riesgo ambiental del entorno socioeconómico para el agua.

Por otra parte, se presentan las tablas 66, 67 y 68 del grado de significancia en el entorno humano, ecológico y socioeconómico del suelo respectivamente, cuyas representaciones nos indican el comportamiento del suelo en las AC-1 y AC-2.

		GRAVEDAD EN EL ENTORNO HUMANO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1		Ca <sup>1</sup> , Mg <sup>2</sup> , P <sup>2</sup>	C.E. <sup>1</sup> Sal <sup>1</sup> , B <sup>2</sup> , Cd <sup>1,3</sup> , Ce <sup>2</sup> , K <sup>1</sup> , Li <sup>2</sup> , Na <sup>2</sup>	B <sup>1</sup> , HTP <sup>1</sup>	
	2		Mn <sup>2</sup> , P <sup>1</sup>	T <sup>1</sup> , C.E. <sup>2</sup> , Sal <sup>2</sup> , Al <sup>2</sup> , Fe <sup>1</sup> , K <sup>2</sup>		
	3		Ca <sup>2</sup> , Mg <sup>1</sup> , Mn <sup>1</sup> , Sr <sup>1,2</sup>	T <sup>2</sup> , pH <sup>2</sup> , Al <sup>1</sup> , Ce <sup>1</sup> , Fe <sup>2</sup> , Na <sup>1</sup> , HTP <sup>2</sup>		
	4			pH <sup>1</sup> , Li <sup>1</sup>	As <sup>1,2</sup>	
	5					

Figura 66. Riesgo ambiental del entorno humano para el suelo.

La figura 66 predice que en AC-1, el Ca, P, C.E., salinidad, Cd, K, B, Mn, y HTP representa un riesgo leve, el Mg, Mn, Sr, T°, Fe, Al, Ce, Na, pH y Li representan un riesgo moderado y siendo el Arsénico quien presenta un riesgo significativo en el entorno humano con respecto al suelo.

Asimismo en el AC-2, los parámetros Mg, P, Mn, Cd, Li, Ce, Na, tienen un riesgo leve, mientras que Ca, Sr, C.E., Salinidad, Al, K, T°, pH, Fe, HTP, presentan un riesgo moderado, el que tiene un riesgo significativo y a considerar es el Arsénico.

		GRAVEDAD EN EL ENTORNO ECOLÓGICO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1		C.E. <sup>1</sup> , Sal <sup>1</sup> , Ca <sup>1</sup> , Mg <sup>2</sup> , P <sup>2</sup>	B <sup>1,2</sup> , Cd <sup>1,2</sup> , Ce <sup>2</sup> , Li <sup>2</sup> , Na <sup>2</sup>	HTP <sup>1</sup>	
	2		T <sup>01</sup> , P <sup>1</sup> , Sal <sup>2</sup> , Mn <sup>2</sup>	K <sup>1</sup> , C.E. <sup>2</sup> , AL <sup>2</sup>		
	3		Mg <sup>1</sup> , Mn <sup>1</sup> , Na <sup>1</sup> , Sr <sup>1,2</sup> , T <sup>02</sup>	Al <sup>1</sup> , Ce <sup>1</sup> , Fe <sup>1</sup> , Na <sup>1</sup> , pH <sup>2</sup> , Ca <sup>2</sup> , K <sup>2</sup> , HTP <sup>2</sup>		
	4			pH <sup>1</sup> , Li <sup>1</sup> , Fe <sup>2</sup>	As <sup>1,2</sup>	
	5					

Figura 67. Riesgo ambiental del entorno ecológico para el suelo.

En el entorno ecológico de la figura 68 correspondiente al AC-1 del suelo, señala que C.E., Sal, Ca, T°, P, B, Cd, HTP en el punto presenta un riesgo leve, sin embargo, el HTP su riesgo se aleja de esta condición por tener una gravedad de 4, un riesgo moderado presenta

Mg, Mn, Na, Sr, K, Al, Ce, Fe, Na, pH, Li donde se ubican la mayoría de los elementos, sin embargo el As siguen con riesgo significativo.

Los parámetros del AC-2 para el suelo, en su mayoría presenta riego moderado como se observa en la gráfica, encontrándose con una probabilidad de 3 y gravedad de 3, sigue el Arsénico con su riego significativo. Con respecto a la presencia de HTP en el suelo en el AC-2 tiene una probabilidad de 3 y gravedad de 3.

El riesgo ambiental para el entorno socioeconómico del suelo, se considera el mismo del agua según la figura 69, siendo el riego de áreas agrícolas un riego significativo por ende que existe la posibilidad de escorrentía y/o drenaje de las aguas que irán al suelo.

		GRAVEDAD EN EL ENTORNO SOCIOECONÓMICO				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDAD	1					
	2					
	3					
	4					
	5		Conflictos social ambientales causados por la presencia de agua y suelo contaminado		Riego de áreas agrícolas con aguas superficiales y suelos afectados	

Figura 68. Riesgo ambiental del entorno socioeconómico para el suelo.

#### 4.4.4. Caracterización del riesgo ambiental

La caracterización del riesgo ambiental es la última etapa de la evaluación, el mismo que se obtiene ponderando los equivalentes porcentuales de riesgo para cada uno de los entornos (humano, ecológico y socioeconómico), el valor del promedio de los tres entornos se comparó con la tabla 24, para determinar la significancia del riesgo para AC-1, AC-2 tanto del agua como del suelo.

En la tabla N° 65 se presenta la evaluación del nivel de riesgo ambiental para el agua correspondiente al AC-1, tomando los valores del promedio equivalente del entorno humano (tabla 60) entorno ecológico (tabla 62) y entorno socioeconómico (tabla 64) para luego ser comparados con la tabla 24 donde un valor de 39.7% del entorno humano corresponde a un valor promedio de 42%, asimismo, para el entorno ecológico de 43.7% corresponde también 42, y un valor equivalente de 82 para el entorno socioeconómico. Finalmente se promedia estos valores, resultando 55% que representa el nivel de riesgo ambiental calificado como moderado.

Tabla 65

*Riesgo Ambiental del Agua para el AC-1*

Punto Contaminado	Entorno	Equivalente (%)	Promedio (%)	Riesgo % del sitio contaminado	Nivel de Riesgo
AC-1	Humano	39.7	42	55%	Moderado
	Ecológico	43.7	42		
	Socioeconómico	62	82		

Según la tabla 66, el procedimiento del cálculo para el riesgo ambiental del agua en el AC-2, es el mismo, tomando los valores equivalentes del entorno humano, ecológico y socioeconómico, de la tabla 60, 62 y 64, respectivamente, se compara con tabla 24 y se obtuvo como promedio 55%, calificado como moderado.

Tabla 66

*Riesgo Ambiental del agua para el AC-2*

Punto Contaminado	Entorno	Equivalente (%)	Promedio (%)	Riesgo % del sitio contaminado	Nivel de Riesgo
AC-2	Humano	42.85	42	55%	Moderado
	Ecológico	47.90	42		
	Socioeconómico	62.00	82		

Con respecto al riesgo ambiental del suelo en el AC-1, el porcentaje equivalente se tomó de las tablas 61,63 y 64 para los entornos humano, ecológico y socioeconómico, logrando un nivel de riesgo de 55 calificado como moderado.

Tabla 67

*Riesgo Ambiental del suelo para el AC-1*

Punto Contaminado	Entorno	Equivalente (%)	Promedio (%)	Riesgo % del sitio contaminado	Nivel de Riesgo
AC-1	Humano	32.5	42	55%	Moderado
	Ecológico	32.5	42		
	Socioeconómico	62.0	82		

El suelo en el AC-2, presenta un nivel de riesgo Moderado, resultado de tener un riesgo del sitio contaminado de 55%, los datos se tomaron de las tablas 61,63 y 64 comparándoles con la tabla 24 para determinar el riesgo.

Tabla 68

*Riesgo Ambiental del suelo para el AC-2*

Punto Contaminado	Entorno	Equivalente (%)	Promedio (%)	Riesgo % del sitio contaminado	Nivel de Riesgo
AC-2	Humano	30.8	42	55%	Moderado
	Ecológico	30.8	42		
	Socioeconómico	62.0	82		

**4.4. Discusión**

En esta investigación al establecer la relación de contaminación por presencia de explotación de hidrocarburos en la comunidad de Corapata, se determinó dos áreas contaminadas, esto quiere decir que hay escenarios de riesgo en el entorno humano, ecológico y socioeconómico, frente a lo mencionado se acepta la hipótesis de relación entre la presencia de hidrocarburos mediante los pozos abandonados en tiempos remotos. Estos resultados son corroborados por Cabrera (1936) quien determina la existencia de 2 pozos perforados. Así también INRENA (1995), Martínez *et al.* (2007) y Huisa (2017) señalan las consecuencias de este abandono por la presencia de sustancias tóxicas que afectan a la población y que son encausada al Lago Titicaca. En tal sentido, bajo lo referido y analizando estos resultados confirman que la zona de estudio contiene presencia de sustancias contaminantes para suelo y agua con predicciones de mayores concentraciones.

El planteamiento del segundo objetivo fue determinar las características físico-químicas del agua, en las dos áreas contaminadas, los resultados para el área contaminada 1 reportan que la temperatura supera al ECA; el pH en una toma de muestras presenta 6.13 UpH con tendencia a masas de agua ácida, y probabilidad a descender; la conductividad eléctrica es uno de los parámetros con más alta concentración desde 774.3 a 1,007.8 mg/L sobrepasando los 500 límite dado por ECA, estos datos indican la presencia de sales que modifican la electricidad del agua volviéndole transmisor. A su vez el límite del oxígeno disuelto es <4 que es superado hasta 9.90 mg/L, con este dato aumentara la corrosión y las concentraciones de Hidrocarburos Totales de Petróleo. Estos resultados encontrados en el agua superficial, se asemejan a los valores encontrados en el estudio realizado por Arias *et al.*, (2009) en Argentina en aguas que presentan descargas petroleras. Los cloruros presenta altas concentraciones, las aguas generalmente varían su contenido. Con respecto

a aceites y grasas, HTP no superan el ECA, en una de las muestras tomadas en épocas de sequía presento 0,5 un poco alto que referencia con la evaluación ambiental de agua en las quebradas Agua blanca, Kirishari, Solitario y río Picchis realizado por OEFA 2019 no registran presencia de HTP, aceites y grasas, sin embargo en la época de sequía la concentración fue superada por procesos exógenos de erosión. Analizando estos resultados podemos notar que lugares con presencia de hidrocarburos tienen concentraciones similares.

En la caracterización del suelo para las áreas contaminadas, los resultados indican al respecto de los hidrocarburos HTP en el AC-1 presenta un riesgo leve y en el AC-2 riesgo moderado en entorno humano y ecológico con un alto riesgo de Arsénico, que comparado con Acevedo (2012) manifiesta que ningún de sus análisis reporta que han excedido a ECA, mientras que Zavala (2017) manifiesta que todos los parámetros analizados presenta un riesgo moderado de 42%, a pesar de tener un grado alto de concentración de cadmio y plomo, y al analizar estos datos concluyo que en sitios contaminados por diferentes acciones existe la presencia de hidrocarburos.

A partir de los resultados encontrados aceptamos la hipótesis de la caracterización del suelo que presenta variación en sus parámetros analizados, el pH es ligeramente alcalino, la conductividad eléctrica varía entre 112 y 432 mS/cm, el sodio, potasio, calcio, magnesio cloruros varían en las áreas contaminadas, estos resultados guardan relación con lo que sostiene Zúñiga (2015), restauración de suelos salinizados mediante intercambio catiónico en Pirin Puno, desprende que el suelo es alcalino, la conductividad es 2.8 mS/cm, lo cual indica una moderada concentración de sales. Las concentraciones de los iones analizados fueron Sodio 41.22 meq/L; potasio 28.00 meq/L; calcio 604.29 meq/L; magnesio 174.60 meq/L; cloruros 89.85 meq/L; observándose un exceso de calcio, cloruros y sodios que representan el 80%; encontrándose combinados en el suelo; analizando los resultado la concentración de calcio y magnesio está por encima de los ECA y según. Zavala (2017), se presenta un grado de contaminación por la presencia de cadmio y plomo.

El porcentaje de riesgos ambientales para sus componentes analizados indican para el agua (AC-1 y AC-2) en el entorno humano y ecológico un riesgo moderado; en el caso del suelo para las áreas contaminadas es riesgo moderado y en el entorno socioeconómico es riesgo significativo, debido a que los escenarios de riesgo son la agricultura y conflictos



sociales, estos resultados son referenciados con Cuentas (2009) en sus entorno ecológico 41,92% (riesgo moderado) y socioeconómico con 14,93% (riesgo leve) y Luque (2019) manifiesta que los impactos negativos más significativos ocurren sobre el paisaje, el suelo, y la flora, especialmente en la acumulación de petróleo líquido en las capas superficiales con presencia de metales pesados (aunque por debajo del límite establecido).

Con el objetivo de estimar el riesgo ambiental a través de la evaluación de la guía, los resultados reflejan un riesgo moderado de 55% siendo el entorno socioeconómico el más alto de 62%, debido a que el lugar es netamente agrícola, hay afección a las personas y al ecosistema, esto guarda relación con lo que sostiene Zavala (2017) que el derrame ocurrido en la línea pK-128 presenta un riesgo moderado, dándose la gravedad en el entorno humano y socioeconómico, así mismo en el 2013 OEFA en su estudio de estimación de nivel de riesgo de un pasivo ambiental en Zorritos-Tumbes de un pozo abandonado que afecta la calidad de agua y suelo, tiene un nivel con un porcentaje de moderado..

## CONCLUSIONES

**Primera:** En la etapa de identificación de los aspectos ambientales, se utilizó el formato de recopilación de información de evaluación de riesgos ambientales del MINAM, evidenciando en Corapata dos estaciones marcadas helada y verano, con precipitaciones máximas de 20 mm, temperatura mínima de  $-11.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , es semihúmeda y evaporación de 130 mm máxima, con respecto a su geología estructural presenta reservorios de petróleo, asimismo la población se abastece de agua superficial y subterránea, son agricultores y desde tiempos remotos sienten el impacto ambiental de la explotación de petróleo, estos factores ha permitido concluir que las dos áreas seleccionadas contaminadas son potencialmente fuentes y focos de infección generando vertimientos en épocas de lluvia, estas áreas están ubicadas cerca de viviendas, instituciones educativas y deportivas.

**Segunda:** Los indicadores de las condiciones fisicoquímicas del agua en las dos áreas contaminadas fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (norma peruana) y Canadian Environmental Quality (norma Canadiense). Las concentraciones de los parámetros con respecto al área contaminada 1 (AC-1), la Temperatura, Conductividad Eléctrica, Cloruros, Oxígeno Disuelto e Hidrocarburos Totales de Petróleo superaron a ECA, el pH una toma de muestra disminuyó en 6,13; mientras que Olor, Aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de oxígeno no superaron a ECA. El resultado para el área contaminada 2 (AC-2) indica que pH, Conductividad Eléctrica, Cloruros, Oxígeno Disuelto no superaron a ECA, mientras que Temperatura, Olor, Aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de oxígeno e Hidrocarburos totales de Petróleo están dentro de los rangos establecidos por ECA. Respecto, al análisis general de todos los indicadores no presentan una condición de contaminación generalizada. No obstante, los parámetros que sobrepasan presentan afectación negativa por ejemplo si disminuye el pH y aumenta la conductividad eléctrica disminuye el oxígeno disuelto y los Hidrocarburos Totales afectara a la materia orgánica y al suelo. Asimismo, el análisis estadístico indica incrementos significativos en los periodos continuos prediciendo acumulación con el tiempo sobrepasando al



estándar y por tanto es evidente la existencia de efectos, comprometiendo la sostenibilidad del agua y acentuando el riesgo.

**Tercera:** Los análisis fisicoquímicos realizados para el suelo, se sustentó con los Estándares de Calidad y Canadian Environmental Quality, recalcando que para una gran mayoría de indicadores aún no han sido determinados, sin embargo, ECA otorga un punto máximo de 50 mg/Kg de tal modo que se fundamentó así las predicciones, ratificadas por las causas y los efectos en el suelo. La presencia del Arsénico, Boro, Calcio, Potasio, Sodio y fosforo, superan los valores establecidos por las normas para suelo de uso agrícola. La Plata, Bario, Berilio, Cobalto, Croo, Cobre, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Sodio, Estroncio, Selenio, Vanadio y Zinc no superaran a los estándares. No obstante, la presencia del Cadmio en el suelo representa un riesgo para la salud causando principalmente hipertensión, el manganeso es un elemento presente en la geoquímica natural; la conductividad eléctrica alta en áreas de estudio. Se encontró una gran diferencia en valores del Arsénico (desde 153.8 mg/Kg a 1,460 mg/Kg) cantidad preocupante por tener efectos tóxicos y de rápida ingestión, con respecto a los Hidrocarburos totales de petróleo en el área 1 supera a ECA, en el área 2 la presencia es mínima, sin embargo señala características semejantes; la salinidad se incrementa en 1 igual sucede en el oxígeno disuelto, de igual manera el pH al estar disminuyendo se vuelve ácido el suelo. Así mismo, la probabilidad nos señala la disminución en concentración de la temperatura, pH, Aluminio, Cerio, Magnesio, Sodio, Plomo y los demás elementos ascienden en el periodo siguiente indicando incremento de riesgo.

**Cuarta:** La evaluación de la estimación del riesgo ambiental en las dos áreas contaminadas, se realizó acorde a los lineamientos establecidos en la Metodología indicada en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambiental del Ministerio del Ambiente, se identificó los peligros, acorde a los escenarios analizados de cada componente ambiental, no existe un peligro inminente e inmediato que puede afectar a la población. Con respecto a la estimación de la probabilidad en los entornos humano y ecológico, la probabilidad está asociada a los análisis estadísticos, el agua indica que la C.E. es altamente probable y DBO<sub>5</sub> probable; en el suelo la probabilidad más alta es para el Arsénico y probable para el Na, P, HTP. La estimación de la probabilidad para el entorno

socioeconómico es 5 sus escenarios son conflictos socio ambientales y riego de suelos.

El criterio de valoración de riesgo se da como producto de la probabilidad y la gravedad de las consecuencias, cuyos resultados en el entorno humano en el agua es 39.7% (AC-1) y 42.8% (AC-2) reportados en la tabla 60; para el suelo según la tabla 61, 32.5% (AC-1) y 30.8% (AC-2). En el entorno ecológico se tiene 43.7% (AC-1) y 47.9% (AC-2) con respecto al agua, y del suelo 30.8% (AC-1) y 29.18% (AC-2) de la tabla 63. Asimismo, en entorno socioeconómico el promedio es de 62%. (Tabla 64). Estos resultados comparando con la tabla 24 determinado que las áreas contaminadas 1 y 2 del agua y suelo su nivel de riesgo es moderado.

## RECOMENDACIONES

- Primera:** Se sugiere a las autoridades competentes tomar medidas para prevenir algún colapso o derrame de los sitios contaminado, inicialmente construir barreras.
- Segunda:** Se sugiere continuar evaluando los niveles de contaminación principalmente los parámetros fisicoquímicos que presentaron riesgo ambiental, tomando en cuenta que las predicciones periódicas indican que seguirán en aumento las concentraciones.
- Tercera:** Se sugiere desarrollar otra metodología de comparación para evaluar y definir los parámetros que afectan profundamente los sitios contaminados.
- Cuarta:** Se sugiere realizar una mejor elección de los parámetros de análisis tanto para el agua y suelo, partiendo de un estudio preliminar de la geología y geoquímica del área de estudio.
- Quinta:** El resultado de Riesgo ambiental es moderado, se recomienda implementar medidas de recuperación de los sitios contaminados, la selección debe darse mediante alternativas disponibles, contando con datos de emplazamiento que no eran cruciales para este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Autino, J., Romanelli, G. y Ruiz, D. (2013). *Química Orgánica. Enseñanza Universitaria*. Buenos Aires Argentina. Primera edición. 2013 ISBN 978-950-34-0998-5. [Editorial@editorial.unlp.edu.ar](mailto:Editorial@editorial.unlp.edu.ar). 445
- Acevedo, D. (2012). *“Uso de métodos directo e indirecto en la caracterización de un sitio contaminado por hidrocarburos.* (Tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved from: <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/2669>
- Álvarez, C., Chipe, L. & Panchana, F. (2015). *Estudio de los pozos productivos y abandonados como fuente de contaminación de hidrocarburos y su impacto ambiental en el sector de Santa Paula del Cantón Salinas* (Tesis de Grado). Universidad Estatal Península de Santa Elena. Ecuador. Retrieved from: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2475>
- Anónimo (1924). *Yacimientos petrolíferos de Huancané. Síntesis de la minería peruana en el centenario de Ayacucho*. pp. 117 – 133. Lima.
- Autoridad Nacional del Agua. PE ANA. (2014). *Evaluación de la Calidad del Agua del Lago Titicaca Perú- Bolivia* (Informe de Monitorio Marzo 2014. Retrieved from: <http://geotiticaca.org/web/reportes-tecnicos/item/download/210556e0cd83934f9724e15ea6b2e17.html>
- Autoridad Nacional del Agua. ANA. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos hídricos Superficiales*. Resolución Jefatural N°010-2016-ANA. Retrieved from: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR ). 1998. *Reseña Toxicológica de Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)* (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. Revisado en. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts123.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.html)
- Begon, M., Tonwsend, C. & Harper, J. (2006). *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4th ed. Black Well Publishing. United Kingdom. 738 p.

- Bermúdez, A., Ramos J. & Rojas. T. (2018). Contaminación odorífera: Causas, efectos y posibles soluciones a una contaminación invisible. *Innovación y Ciencia Revista XXV No 1 2018*. Revisado: [https://innovacionyciencia.com/articulos\\_cientificos/contaminacion-odorifera-causas-efectos-y-posibles-soluciones-a-una-contaminacion-invisible](https://innovacionyciencia.com/articulos_cientificos/contaminacion-odorifera-causas-efectos-y-posibles-soluciones-a-una-contaminacion-invisible)
- Bifaretti, M. & Sánchez, V. (2008). Estudio del Impacto de la actividad petrolera sobre el medio ambiente: los pasivos ambientales. Montevideo: Asociación de Universidades Grupo Montevideo: III Jornadas Universitarias Internacionales.
- Cabrera La Rosa, A. & Petersen, G. (1936). Reconocimiento de los yacimientos petrolíferos del Departamento de Puno. *Boletín N° 115 Cuerpo de ingenieros de minas del Perú*. pp 72.
- Castellanos, M., Isaza, R. & Torres, J. (2015). Evaluación de los Hidrocarburos totales de petróleo (TPH) sobre suelos urbanos en Maicao. Colombia. *Revista Colombiana de Química*. 44(3). 11–17. Revibec: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/55605>
- Castro, V. (2007). Diseño Monitoreo frente a derrames de Hidrocarburos. Informe Final Proyectos y Asesoría ambientales PRASA. Gobierno de Chile. Revisado en: [https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/INFORME\\_FINAL\\_ASESORIA\\_SAG\\_HCS2.pdf](https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/INFORME_FINAL_ASESORIA_SAG_HCS2.pdf).
- Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio ambiente – Centro de Desarrollo Agrario y Forestal (CIRNMA-CEDAFOR). (2001). Plan Maestro Reserva Nacional del Titicaca. Reporte Técnico. Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT). Programa de las naciones unidas para el desarrollo (PNUD). Puno. Perú 86p. Revisado en: [http://www.alt-perubolivia.org/Web\\_Bio/PROYECTO/Docum\\_peru/21.27%20Plan%20Maestrdf](http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.27%20Plan%20Maestrdf)
- Cuesta, I. (2016). *Determinación de Hidrocarburos aromáticos policíclicos en agua pas y sedimentos de ríos de la Amazonia ecuatoriana*. (Tesis de Posgrado). Universidad San Francisco de Quito USFQ. Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5698>.

- Huisa, D. (2017). *Determinación del área degradada y biodiversidad de la zona de influencia por la actividad petrolera en la zona de Ahuallane, distrito de Pusi. Huancane – Puno.* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional del Altiplano. Retrieved from: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5289/Huisa\\_Balcon\\_Dennis\\_Xavier.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5289/Huisa_Balcon_Dennis_Xavier.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jiménez, D., (2006). Estudio de impacto ambiental generado por un derrame de hidrocarburos sobre una zona estuarina, aledaña al terminal de ecopetrol en Tumaco. (Tesis de Pos grado). Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá. Colombia
- García F., Luizaga V.,& Herbas B., Estela. (2016). *Análisis del riesgo ambiental producto de pasivos ambientales de YPFB, generados en la limpieza de contenedores en inmediaciones de la Refinería Gualberto Villarroel (Cochabamba-Bolivia) y propuesta de medidas correctivas.* Revista Cielo ACTA NOVA; Vol. 7. N° 3, marzo 2016. ISSN 1683-0768. Revibec: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892016000100008](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892016000100008)
- Gonzales, S. (2009). *Impacto de la Extracción de Petróleo en el agua de consumo humano y la salud en comunidades del Chaco boliviano.* (Tesis Doctoral) en .Ciencias de la Salud Universidad Rey Juan Carlos. Revisado en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=91227>
- González, S., Esteban, J., Valcárcel, R., Hernández, V. & Gil, M. (2010). Contaminación del agua en fuentes cercanas a campos petrolíferos de Bolivia. Revisado en Feb. 2018. Disponible en: <https://scielosp.org/pdf/rpsp/2010.v28n4/235-243/es>
- Gonzalo, C. (2009). *Impacto Ambiental generado por los derrames de petróleo en el SOTE en el tramo comprendido entre lago Agrio y Baeza.* (Tesis de Maestría.) Universidad Técnica del Norte. Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1204/1/PG%20207>
- Goyzueta, G. (2005). Majestuoso Lago Titicaca Fuente de Vida. San Gabán S.A.FIMART S.A.C. Puno – Perú. 39 p. Revisado en: [http://www.sangaban.com.pe/pgw\\_externos/pgw\\_memoriaanual/2004pdfSE.pdf](http://www.sangaban.com.pe/pgw_externos/pgw_memoriaanual/2004pdfSE.pdf)

- GORE Gobierno Regional de Puno. (2015). Informe final del {área de Geología Regional de Puno. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Revisado en:[http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/memoria\\_descriptiva\\_geologia\\_0.pdf](http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/memoria_descriptiva_geologia_0.pdf)
- Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales. *Ministerio del Ambiente Perú*. (2010). [En línea] Evaluación de los riesgos ambientales. Disponible en: [https://higienyseguridadlaboralcv.s.files.wordpress.com/2012/10/4d80cbb8f232b\\_guia\\_riesgos\\_ambientales.pdf](https://higienyseguridadlaboralcv.s.files.wordpress.com/2012/10/4d80cbb8f232b_guia_riesgos_ambientales.pdf)
- Hamilton, L, Simpson, S. & Ellis, D. (1988). Cálculos de Ingeniería Analítica. Editoria Mc. Graw Hill. ISBN 0-07-025-733.7. 107-132 pgs.
- Huisa, D. (2017). *Biodiversidad de la zona de influencia por la actividad petrolera en la zona de Ahuallane. Distrito de Pusi*. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Retrieved from:
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (1995). Evaluación de la contaminación del lago Titicaca. Reporte Técnico. MINAG. Lima. Perú. 27 p.
- Instituto Argentino de Oceanografía Bahía Blanca. IADO. (2011). Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Zona Interior del Estuario de Bahía Blanca. Addenda al Informe Final 2010. Retrieved from: [https://www.bahia.gob.ar/subidos/cte/informes/Informe\\_Final\\_Quimica\\_Marina\\_del\\_Estuario\\_de\\_Bahia\\_Blanca\\_2010.pdf](https://www.bahia.gob.ar/subidos/cte/informes/Informe_Final_Quimica_Marina_del_Estuario_de_Bahia_Blanca_2010.pdf)
- ITOPF (Promoting Effective Spill Response). (2014). Muestreo y Monitorización de Derrames de Hidrocarburos en el medio marino. Documento de Información Técnica. Retrieved from:<http://www.itopf.org/es/knowledge-resources/documents-guides/document/14-muestreo-y-monitorizacion-de-derrames-de-hidrocarburos-en-el-medio-marino/>
- Leal, M.C. (2011). Planteamiento de alternativas físico-químicas para remediación de agua subterránea y suelos contaminados con hidrocarburos apoyados en la aplicación de software Visual Modflow para un área de interés de Ecopetrol S.A. (Tesis de Licenciatura.) Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga. 159 p. Retrieved from:

[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1240/digital\\_20403.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/1240/digital_20403.pdf?sequence=1)

- Leahy, J. & Colwell, R. (1990). Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. *Microbiol. Rev.* Vol. 54 (3).
- Luque, J., Ciano, N. & Bueno, G. (2014). Gestión Ambiental de pasivos en Cañadón León. Meseta Espinosa y Cañadón León (Pcia de Santa Cruz). Cañadon León Santa Cruz Argentina. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_ambientales\\_petroleo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ambientales_petroleo.pdf)
- Machaca, N. (2012) Informe de Imarrucos. Disponible en: <https://doku.pub/documents/imfrome-de-imarrucos-6pldk4w5pvqn>
- Mamani, W., Suarez, N. & García, C. (2003). Estudio socio ambiental de la contaminación del agua por actividad hidrocarbúrica en la serranía Aguarague de Tarija. Zona de influencia Villa Montes. Aguarague del PIEB Consultores asociados. mail : [aguarague@bolivia.com](mailto:aguarague@bolivia.com) [mtcb@cosett.com.bo](mailto:mtcb@cosett.com.bo) Tarija-Bolivia.
- Martínez, I., Zuleta, R., Pacheco, A., & Sanjinés, J. (2007). Cooperación sobre el Lago Titicaca. Documento Técnico. División de Ciencias de Agua de UNESCO. 118 p.  
Retrieved from: [https://hydrologie.org/BIB/Publ\\_UNESCO/TD\\_PCCP\\_032\\_S.pdf](https://hydrologie.org/BIB/Publ_UNESCO/TD_PCCP_032_S.pdf)
- Ministerio del Ambiente y OEFA. (2012). Metodología para la estimación de nivel de riesgo para pasivos ambientales en el subsector de hidrocarburos. Disponible en: <http://www.oefa.gob.pe/wp-content/uploads/2013/05/metodologia.pdf>
- Ministerio de salud y protección social y Organización panamericana de la salud. (2017). Lineamientos para la vigilancia sanitaria y ambiental de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/impacto-olores-ofensivos-salud.pdf>.
- Ministerio de Energía y Minas. (2011). Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/regionales/Publicaciones/GUIA%20HIDROCARBUROS%20II.pdf>



- Moran, P. G. (2017). Ingeniería Ambiental y Manejo de Recursos Naturales. Repositorop Dspace-Revisado en:<http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/13727/browse?value=Mor%C3%A1n+Esp%C3%ADn%2C+Dar%C3%ADo+Germ%C3%A1n&type=author>
- Noriega, F. (1962). Historia de la industria del petróleo en el Perú desde sus comienzos hasta la fecha. 9p. Retrieved from [Http:// www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads /GFH/Historia del Petróleo Peru.pdf](Http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFH/Historia%20del%20Petr%C3%B3leo%20Peru.pdf)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA. (2013). Metodología para la estimación del nivel de riesgo de pasivos ambientales en el Subsector Hidrocarburos. Lima - Perú
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA. (2016). La Identificación de Pasivos Ambientales del Subsector de Hidrocarburos. Retrieved from:[https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=20078](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=20078)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2019). Evaluación ambiental temprana en el área de Influencia del Proyecto de exploración de hidrocarburos Lote 107 – locación OSHEKI de Petrolífera Petroleum del Perú S.R.L. durante el 2019. Subdirección de Sitios Impactados. Dirección de Evaluación Ambiental. Retrieved from: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/IF\\_0503-2019-OEFA-DEAM-SSIM\\_2.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/IF_0503-2019-OEFA-DEAM-SSIM_2.pdf)
- Palacios, O., De la Cruz, J., De la Cruz, k. link, B., Allison, R. y Hawkins, M.P. (1993). Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú. Lima; Editorial ALLAMANDA S.R.L. 257 páginas.
- Plaza, G., & López, R., (2006). Estudio de la influencia de la salinidad en la biorecuperación de suelos contaminados con hidrocarburos. Fac. de Ingeniería– INENCO – CIUNSa Universidad Nacional de Salta argentina SADES Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10. 2006. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184-.
- Pinedo, J. (2014). *Evaluación de riesgos en suelos afectados por hidrocarburos de petróleo*. (Tesis Doctoral) Departamento de Ingeniería Química y Biomolecular.

- Universidad de Cantabria. Santander. Revisado en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Tesis%20JPA.pdf>
- Pérez, M. (2017). “*Evaluación de Riesgo Ambiental en el área de influencia minera del río crucero por plomo y mercurio - Distrito de Ananea*”. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional del Altiplano – Puno Perú. Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Moises\\_Perez\\_Capa.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Moises_Perez_Capa.pdf)
- Personna, Y.R., Boufadel, M. C. & Zhang, S. (2014) Biodegradation of Dispersed Endicott Oil in Controlled Experiments. *Int. Oil Spill Conf. Proc.* 2014, 126-1140 Retrieved: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es950754r>
- Petro, H. & Mercado, G. (2014). Biorremediación de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos derivados del petróleo en Colombia. Facultad de ingeniería. Arquitectura. Artes y Diseño. (Tesis de Pregrado) Universidad de San Buenaventura. Bogotá. Colombia
- Prieto, V. & Martínez de V, A. (1999). La contaminación de las aguas por hidrocarburos: un enfoque para abordar su estudio. Citado por Scielo. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* versión On-line ISS 1561-3003.
- Pons, M. (2000). *Tratado de Química Física*. A.F.A. Editores Importados S.A. Lima Perú
- Salleh, A. B., Ghazali, F. M., Rahman, R. N. A. y Basri, M. (2003). Bioremediation of petroleum hydrocarbon pollution. *Indian Journal of Biotechnology*, 2: 411-425. Revisado en: <https://www.redalyc.org/journal/5722/572262171015/html/>.
- Savall, S., Lara, F., Lesser, M. & Nieto, M. (2004). Contaminación de Acuíferos con Hidrocarburos: causas, efectos, riesgos asociados y medidas de prevención. Instituto de Ingeniería. UNAM; Comisión Nacional del Agua. México. Retrieved from: <http://lesser.com.mx/files/0-Cap.Academia-FINAL-FINAL.pdf>
- Saval, S. (1995). Acciones para la Remediación de Suelos en México. Segundo Simposio Internacional sobre Contaminantes del Agua y Suelo. Instituto de Ingeniería. México. Universidad Autónoma de México. Revisado en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1844/leyvacardoso.pdf?sequence=1>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. Norma Oficial Mexicana. Revibec from <http://legismez.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat138ss-05.pdf>.
- Seoánez, M. & Varela, R. (2000). Manual de Contaminación Marina y Restauración del Litoral. Contaminación, accidentes y catástrofes, agresiones a las costas y solución pesca la ordenación y la gestión del litoral. Ediciones Mundi-Prensa Libros. España. ISBN 84-7114-914-1. Revibec from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=147754>
- NOM-138-SERMANAT/SS-2003. (2003). Límites Permisibles de Hidrocarburos en Suelos as Especificaciones para su Caracterización y Remediación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 4-5P.
- Torres, J. (1958). Consideraciones sobre la Geología y las posibilidades petrolíferas de Pirin y de la Cuenca Titicaca. Estudio de la Universidad Nacional de Ingeniería Lima Perú.
- Zavala, C. (2017). “Evaluación del riesgo ambiental originado por el derrame de combustible en la línea pk-128 del Cantón la Concordia Santo Domingo en el periodo 2011 – 2015. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo Ecuador. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7869>
- Zúñiga, B. (2015). *Restauración de Suelos Salinizados mediante intercambio Catiónico en Pirin – Puno*. (Tesis de Posgrado) Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú. Recuperado de: <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6606/EPG962-00962->



# ANEXOS

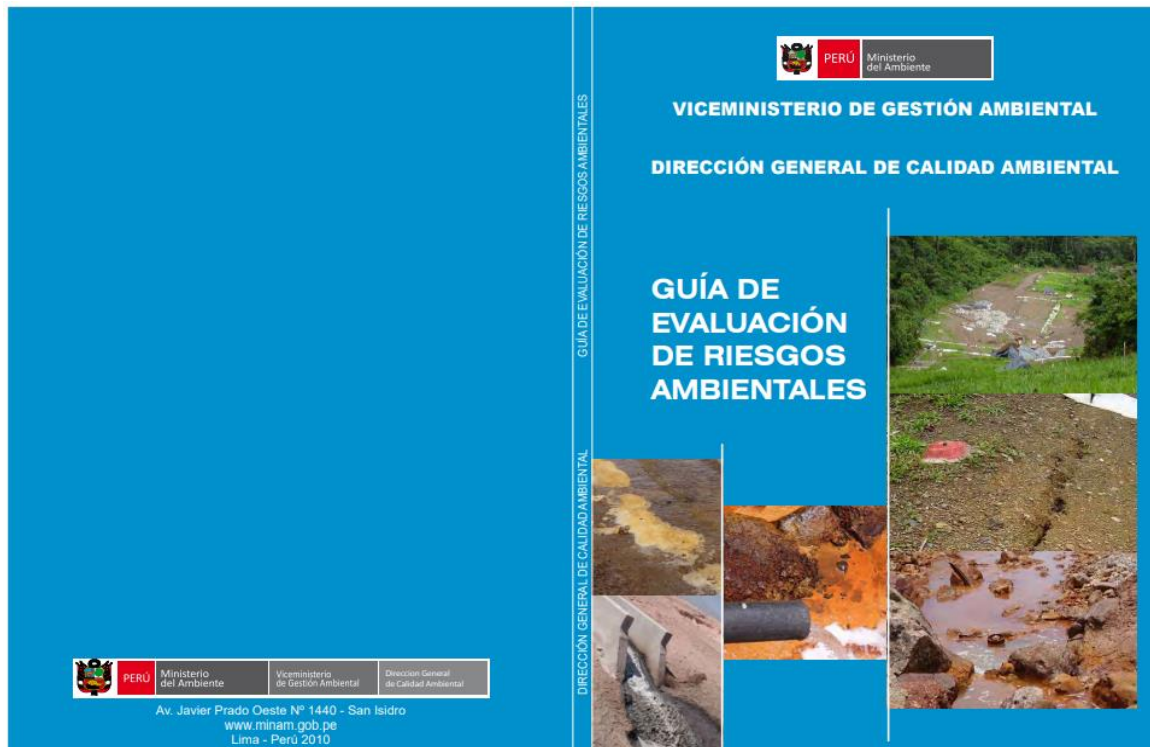
**Anexo 1.** Formato de Recopilación de información de Evaluación de Riesgos.

**FORMATO DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE EVALUACIÓN DE  
RIESGOS AMBIENTALES.**

1) NOMBRE DEL ESTUDIO	
2) OBJETIVOS Objetivos General  Objetivos Específicos	
3) UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y POLITICA:	4) CARACTERISTICAS DEL AMBITO
5) REFERENCIAS DEL ESTUDIO	6) SITUACIÓN ACTUAL
7) ANTECEDENTES TÉCNICOS	
8) IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	9) CARACTERÍSTICAS DEL PELIGRO. Causas de Ocurrencia  Meses de ocurrencia  Área afectada  Tipo de material que arrastra  Periodicidad de peligro
10) ACCIONES DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	11) EQUIPO TÉCNICO
12) OTROS:	

## Anexo 2. Normatividad Nacional

### 1. Guía de Evaluación de Riesgos ambientales (Índice)



Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales

#### CONTENIDO

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>ANTECEDENTES</b> .....	9
<b>I. GENERALIDADES</b> .....	10
1.1. Objetivos de la guía .....	10
1.2. Alcances y propósitos de la guía .....	10
<b>II. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	11
2.1. Experiencia internacional .....	11
2.2. Avances en el ámbito nacional .....	12
<b>III. FUNDAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO</b> .....	13
3.1 Descripción del marco teórico conceptual de la evaluación de riesgo ambiental .....	13
3.2 Consideraciones para la evaluación de riesgos ambientales .....	13
3.2.1. Gerencia de Recursos Naturales y de Medio Ambiente .....	13
3.2.1.1. Fases del proceso de la evaluación de riesgos ambientales .....	13
3.2.1.2. Criterios para la evaluación de riesgos ambientales .....	14
3.2.2. Identificación de peligros ambientales .....	15
3.2.2.1. Determinación de escenarios .....	15
3.2.2.2. Lista de verificación de cumplimiento .....	16
3.2.2.3. Análisis de escenarios Identificación y definición de causas y peligros .....	16
<b>IV. GUIA MATRICIAL DE RIESGOS AMBIENTALES</b> .....	18
4.1. Propuesta del procedimiento técnico administrativo para la Evaluación de Riesgos Ambientales .....	18
4.2. Metodología análisis y evaluación de riesgos ambientales .....	19
4.2.1. Descripción de la metodología .....	19
4.3. Procesos del sistema matricial del riesgo ambiental .....	20
4.3.1. Análisis de riesgos ambientales .....	20
4.3.1.1. Definición de suceso iniciador .....	22
4.3.1.2. Formulación de escenarios .....	24
4.3.1.3. Estimación de la probabilidad .....	26
4.3.1.4. Estimación de la gravedad de las consecuencias .....	27
4.3.1.5. Estimación del riesgo ambiental .....	31
4.3.2. Evaluación del riesgos ambientales .....	33
4.3.3. Caracterización del riesgo ambiental .....	33
<b>V. PREVENCION DE LOS RIESGOS AMBIENTALES</b> .....	34
5.1. Estrategia de prevención .....	34
5.1.1. Evaluación de riesgos para la prevención .....	34
5.1.2. Modelos de predicción .....	35



## 2. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA.



CUT: 135807

Expediente  
Materia

: CUT - 135807 - 2015  
: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la  
Calidad de los Recursos Hídricos

### RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 010 -2016-ANA

Lima, 11 ENE. 2016

#### VISTO:

El Memorando N°2484-2015-ANA-DGCRH de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos; y,

#### CONSIDERANDO:

Que, conforme el artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, es función de la Autoridad Nacional del Agua, dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos;

Que, según el artículo 76° de la acotada Ley, la Autoridad Nacional del Agua en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa y fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por la autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementa actividades de vigilancia y monitoreo, sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad de recurso;

Que, el artículo 126° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG, establece que el monitoreo de la calidad de las aguas, en el marco del Plan Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua, se efectúa de acuerdo con el protocolo aprobado por la Autoridad Nacional del Agua;

Que, asimismo el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, y modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, prescribe que la autoridad competente establece el protocolo de monitoreo de la calidad ambiental del agua, en coordinación con el MINAM y la participación de los sectores respectivos;

Que, el "Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Cuerpos Naturales de Agua Superficial" fue aprobado mediante Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA;

Que, con Resolución Jefatural N° 251-2015-ANA se publicó un proyecto de protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial, para que durante el plazo de quince (15) días hábiles, se reciban los opiniones y comentarios respectivos;



Que, con documento del visto, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos remite el Informe Técnico N° 175-2015-ANA-DGCRH/GECRH-MEPB/KH y la nueva propuesta de Protocolo que propone estandarizar criterios y procedimientos técnicos para evaluar la calidad de los recursos hídricos, continentales y marino costeros, considerando las normas internacionales en su última actualización y estableciendo mayores precisiones para el monitoreo; propuesta que contempla los aportes, comentarios y sugerencias efectuados por las autoridades ambientales correspondientes;

Que, en tal sentido el citado informe recomienda se apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, ello en cumplimiento a lo previsto en el artículo 6° de las Disposiciones para la Implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobadas por el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, modificado por Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM;

Que, por lo expuesto resulta necesario dictar el acto administrativo que apruebe el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, y deje sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA; y

Con el visto de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica y de la Secretaría General, y en uso de las facultades conferidas en el artículo 11° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG;



**SE RESUELVE:**

**Artículo 1°.- Aprobación**

Aprobar el "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales", que forma parte integrante de la presente resolución.

**Artículo 2°.- Publicación**

Disponer la publicación de la presente resolución y del Protocolo aprobado mediante el artículo precedente en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe).

**Artículo 3°.- Derogatoria**

Dejar sin efecto la Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA.



JUAN CARLOS SEVILLA GILDEMEISTER  
Jefe  
Autoridad Nacional del Agua

**6.7. Parámetros recomendados en el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales**

En el cuadro 2, se presentan los parámetros mínimos a considerar de acuerdo con la categoría del recurso hídrico asignada por la ANA a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, aprobados por el MINAM (D.S. N.° 015-2015-MINAM).

**Cuadro 2.** Parámetros mínimos recomendados para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales.



Parámetros	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4 Ríos, lagunas y lagos	Categoría 4 Ecosistemas marino-costeros
<b>Parámetros de campo</b>	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, Cond, OD	pH, T, OD
<b>Parámetros químico-físicos</b>	DBO <sub>5</sub> , AyG, N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>3</sub> , P, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO <sub>5</sub> , AyG, SST, N-NO <sub>3</sub> , P, sulfuros, metales (As, B, Ba, Cd, Cu, Cr <sup>6+</sup> , Hg, Ni, Pb, Zn)	DBO <sub>5</sub> , AyG, N-NO <sub>3</sub> , sulfatos, metales (Al, As, B, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn)	DBO <sub>5</sub> , AyG, SST, N <sub>ox</sub> , N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>3</sub> , P, metales (As, Ba, Cd, Cu, Cr <sup>6+</sup> , Hg, Ni, Pb, Zn), sulfuros	DBO <sub>5</sub> , AyG, N-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>3</sub> , P, metales (As, Cd, Cu, Cr <sup>6+</sup> , Hg, Ni, Pb, Zn)
<b>Parámetros microbiológicos</b>	Coliformes termotolerantes, Escherichia coli, Organismo de vida libre	Coliformes termotolerantes,	Coliformes termotolerantes, Escherichia coli, Huevos y larvas de helmintos,	Coliformes termo tolerantes	

Elaboración propia



### 3. D.S. N° 004-2017 MINAM Aprueba Estándares de Calidad Ambiental ECA para el agua.

10 NORMAS LEGALES Miércoles 7 de junio de 2017 / El Peruano

#### Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO  
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

#### Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

#### Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

#### Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

##### 3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

##### a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

##### - A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### - A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; Incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### - A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

##### b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente:

**- B1. Contacto primario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

**- B2. Contacto secundario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con boates, lanchas o similares.

**3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**

**a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (E.): ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabrillas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (E.): erizos y estrella de mar) y tunicados.

**b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

**c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

**d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

**3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

**a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

**- Agua para riego no restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (E.): hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

**- Agua para riego restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (E.): habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (E.): árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (E.): trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (E.): algodón); y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (E.): maíz forrajero y alfalfa).

**b) Subcategoría D2: Bebida de animales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

**3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

**a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lenticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

**b) Subcategoría E2: Ríos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

**- Ríos de la costa y sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Tílica, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

**- Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

**c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos**

**- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

**- Marinos**

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermiales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

**Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua**

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

**Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio**

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los Instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efuente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua; que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,



químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

#### Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

#### Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los Instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

#### Artículo 8.- Sistematización de la Información

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

8.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

8.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

#### Artículo 9.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

#### DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

##### Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los Instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Agua en los Instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de Instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

##### Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

##### Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

#### DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

##### Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan Integral en trámite ante la Autoridad Competente

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del Instrumento de gestión ambiental y/o plan Integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el Instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

##### Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del Instrumento de gestión ambiental correspondiente.

##### Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del



4. D.S. N° 011-2017 MINAM Aprueba Estándares de Calidad Ambiental ECA para el suelo.

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM; corresponde disponer la publicación de la propuesta de metodología en el Diario Oficial El Peruano, antes de la fecha prevista para su entrada en vigencia, con la finalidad de permitir a las personas interesadas formular los comentarios y aportes respectivos;

Con los vistos de la Secretaría General, la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la Oficina de Asesoría Jurídica, y en uso de las facultades conferidas en la Ley de Recursos Hídricos, el Reglamento de Organización y Funciones de esta autoridad, aprobado por Decreto Supremo N° 06-2010-AG, y modificado por Decreto Supremo N° 012-2016-MINAGRI;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- Dispóngase la publicación de la presente resolución en el Diario Oficial El Peruano y del documento denominado "Metodología para la determinación del Índice de calidad de agua para los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA-PE)", en el portal web de la Autoridad Nacional del Agua: [www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe), por el plazo de quince (15) días hábiles, a fin que los interesados remitan sus opiniones y sugerencias a la dirección electrónica siguiente: [IndiceCalidadAgua@ana.gob.pe](mailto:IndiceCalidadAgua@ana.gob.pe).

Artículo 2.- Encargar a la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos, la recepción y análisis de los aportes y comentarios que se presenten respecto al documento citado en el artículo precedente.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA  
Jefe  
Autoridad Nacional del Agua

1593024-1

AMBIENTE

**Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo**

DECRETO SUPREMO  
N° 011-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo con lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, según lo dispuesto en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA, las que serán remitidas a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante decreto supremo;

Que, en virtud de lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, esta entidad tiene como función específica elaborar los ECA, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante decreto supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM se aprueban los ECA para Suelo y, a través del Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM se aprueban las disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 013-2015-MINAM se dictan las reglas para la presentación y evaluación del informe de identificación de Sitios Contaminados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado

DIARIO OFICIAL DEL CENTENARIO

**El Peruano**

**REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE  
NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS**

Se comunica a las entidades que conforman el Poder Legislativo, Poder Ejecutivo, Poder Judicial, Organismos constitucionales autónomos, Organismos Públicos, Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, que para efectos de la publicación de sus disposiciones en general (normas legales, reglamentos jurídicos o administrativos, resoluciones administrativas, actos de administración, actos administrativos, etc) con o sin anexos, que contengan más de una página, se adjuntará un CD o USB en formato Word con su contenido o éste podrá ser remitido al correo electrónico [normaslegales@editoraperu.com.pe](mailto:normaslegales@editoraperu.com.pe).

LA DIRECCIÓN



de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, siendo una de sus funciones específicas, analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental del país;

Que, en mérito a la evaluación técnica realizada por el citado Grupo de Trabajo, se identificó la necesidad de actualizar los ECA para Suelo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 182-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para Suelo, en cumplimiento del artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; el Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente; y la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente;

#### DECRETA:

#### Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, que como Anexo forman parte integrante del presente decreto supremo.

#### Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como referente obligatorio

Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, y son aplicables para aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios.

#### Artículo 3.- De la superación de los ECA para Suelo

De superarse los ECA para Suelo, en aquellos parámetros asociados a las actividades productivas, extractivas y de servicios, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

Lo indicado en el párrafo anterior no aplica cuando la superación de los ECA para Suelo sea inferior a los niveles de fondo, los cuales proporcionan información acerca de las concentraciones de origen natural de las sustancias químicas presentes en el suelo, que pueden incluir el aporte de fuentes antrópicas no relacionadas al sitio en evaluación.

#### Artículo 4.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, y el Ministro de Agricultura y Riego.

#### DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

#### Primera.- Criterios para la gestión de sitios contaminados

Mediante decreto supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente y en coordinación con los sectores competentes, se aprobarán los criterios para la gestión de sitios contaminados, los mismos que regulan las acciones señaladas en el artículo 3 del presente decreto supremo.

#### Segunda.- Aplicación del ECA para Suelo en los Instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Suelo en los Instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de Instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Suelo se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial correspondiente.

#### DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

#### Primera.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente

Los/as titulares que, antes de la entrada en vigencia de la presente norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Suelo vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los/as titulares deberán considerar lo establecido en la Segunda Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Suelo aprobados mediante el presente decreto supremo.

#### Segunda.- De los procedimientos en trámite para la adecuación de los Instrumentos de gestión ambiental a los ECA

Los procedimientos de adecuación de los Instrumentos de gestión ambiental a los estándares de calidad ambiental (ECA), iniciados con anterioridad a la vigencia del presente decreto supremo, se resuelven conforme a las disposiciones normativas vigentes al momento de su inicio.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

#### Única.- Derogación

Derógase el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, y el Decreto Supremo N° 003-2014-MINAM, que aprueba la Directiva que establece el procedimiento de adecuación de los Instrumentos de gestión ambiental a nuevos Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, al primer día del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD  
Presidente de la República

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN  
Ministro de Agricultura y Riego

ELSA GALARZA CONTRERAS  
Ministra del Ambiente

CAYETANA ALJOVIN GAZZANI  
Ministra de Energía y Minas

PEDRO OLACHEA ÁLVAREZ CALDERÓN  
Ministro de la Producción

FERNANDO ANTONIO D'ALESSIO IPINZA  
Ministro de Salud

BRUNO GIUFFRÀ MONTEVERDE  
Ministro de Transportes y Comunicaciones

CARLOS RICARDO BRUCE MONTES DE OCA  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO  
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS <sup>(1)</sup>	Usos del Suelo <sup>(2)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(3)(4)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(8)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(8)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fración de hidrocarburos F1 <sup>(9)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fración de hidrocarburos F2 <sup>(9)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fración de hidrocarburos F3 <sup>(9)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos polidlorados - PCB <sup>(4)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(7)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(8)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F ó ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Notas:

- [\*] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.
- (1) Suelo: Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.
- (2) PS: Peso seco.
- (3) Suelo agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

- (4) Suelo residencial/parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.
- (5) Suelo comercial: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.
- (6) Suelo industrial/extractivo: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.
- (7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA



5. D.S. N° 012-2017 MINAM Aprueban Criterios para la Gestión de sitios contaminados.

El Peruano / Sábado 2 de diciembre de 2017		NORMAS LEGALES		15															
	correspondiente al parámetro bajo análisis.																		
(8)	Para aquellos parámetros respecto de los cuales no se especifican los métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se deben utilizar métodos que cumplan con las condiciones señaladas en la nota (7).	(7)	aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.																
(9)	EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, por sus siglas en Inglés).		Se determina mediante la medición en solución extractora 0,1 M CaCl <sub>2</sub> de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). <i>Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health</i> . ISBN N° 978-0-7785-7691-4.																
(10)	Este parámetro comprende la suma de Xilenos: o-xileno, m-xileno y p-xileno. En el respectivo Informe de ensayo se debe reportar la suma de los Xilenos (3) isómeros de manera individual.	(g)	Valores aplicables en sitios que cumplen con las concentraciones de Bario extraíble. La concentración del Bario total real se determina mediante las técnicas de fusión XRF o por fusión ICP, de acuerdo con la metodología establecida por Alberta Environment (2009). <i>Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health</i> . ISBN N° 978-0-7785-7691-4.																
(11)	Fración de hidrocarburos F1 o fracción ligera: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre seis y diez átomos de carbono (C6 a C10). Los hidrocarburos de fracción ligera deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, solventes, gasolinas, gas nafta, entre otros.	(h)	Suelo comercial.																
(12)	Fración de hidrocarburos F2 o fracción media: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a diez y hasta veintiocho átomos de carbono (>C10 a C28). Los hidrocarburos fracción media deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, diesel, turbosina, queroseno, mezcla de creosota, gasolvente, gasolinas, gas nafta, entre otros.	(i)	Suelo industrial/extractivo.																
(13)	Fración de hidrocarburos F3 o fracción pesada: Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen mayor a veintiocho y hasta cuarenta átomos de carbono (>C28 a C40). Los hidrocarburos fracción pesada deben analizarse en los siguientes productos: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, parafinas, petrolatos, aceites del petróleo, entre otros.	(16)	DIN: Instituto Alemán de Normalización (Deutsches Institut für Normung, por sus siglas en alemán).																
(14)	Suma de siete PCB indicadores: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 y PCB 180.			1593392-5															
(15)	De acuerdo con la metodología de Alberta Environment (2009): <i>Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health</i> . ISBN No. 978-0-7785-7691-4. En el caso de sitios con presencia de baritina se podrán aplicar los valores establecidos para Bario total real en la Tabla 1. Un sitio con presencia de baritina se determina cuando todas las muestras de suelo cumplen con los valores establecidos para Bario extraíble, de acuerdo con lo indicado en la tabla 1.																		
<p><b>Tabla 1. Valores para bario en sitios con presencia de baritina<sup>®</sup></b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parámetros en mg/kg PS</th> <th colspan="3">Uso del suelo</th> </tr> <tr> <th>Suelo Agrícola<sup>(a)</sup></th> <th>Suelo Residencial/Parques<sup>(b)</sup></th> <th>Suelo Comercial<sup>(c)</sup>/ Industrial<sup>(d)</sup>/ Extractivo<sup>(e)</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bario extraíble<sup>(a)</sup> (Extractable Barium)</td> <td>250</td> <td>250</td> <td>450</td> </tr> <tr> <td>Bario total real en sitios con presencia de baritina<sup>(a)</sup> (True total Barium at Barite Sites)</td> <td>10 000</td> <td>10 000</td> <td>15 000<sup>(a)</sup> 140 000<sup>(b)</sup></td> </tr> </tbody> </table>					Parámetros en mg/kg PS	Uso del suelo			Suelo Agrícola <sup>(a)</sup>	Suelo Residencial/Parques <sup>(b)</sup>	Suelo Comercial <sup>(c)</sup> / Industrial <sup>(d)</sup> / Extractivo <sup>(e)</sup>	Bario extraíble <sup>(a)</sup> (Extractable Barium)	250	250	450	Bario total real en sitios con presencia de baritina <sup>(a)</sup> (True total Barium at Barite Sites)	10 000	10 000	15 000 <sup>(a)</sup> 140 000 <sup>(b)</sup>
Parámetros en mg/kg PS	Uso del suelo																		
	Suelo Agrícola <sup>(a)</sup>	Suelo Residencial/Parques <sup>(b)</sup>	Suelo Comercial <sup>(c)</sup> / Industrial <sup>(d)</sup> / Extractivo <sup>(e)</sup>																
Bario extraíble <sup>(a)</sup> (Extractable Barium)	250	250	450																
Bario total real en sitios con presencia de baritina <sup>(a)</sup> (True total Barium at Barite Sites)	10 000	10 000	15 000 <sup>(a)</sup> 140 000 <sup>(b)</sup>																
<p><b>Notas:</b></p> <p>(a) A efectos de aplicar los valores establecidos para el Bario total, Bario extraíble o Bario total real en sitios con presencia de baritina, corresponde utilizar el procedimiento detallado por Alberta Environment (2009). <i>Soil remediation guidelines for barite: environmental health and human health</i>. ISBN N° 978-0-7785-7691-4.</p> <p>(b) Suelo agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.</p> <p>(c) Suelo residencial/parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.</p> <p>(d) Suelo comercial: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.</p> <p>(e) Suelo industrial/extractivo: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o</p>																			
<p><b>Aprueban Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados</b></p> <p><b>DECRETO SUPREMO N° 012-2017-MINAM</b></p> <p>EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA</p> <p>CONSIDERANDO:</p> <p>Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;</p> <p>Que, el artículo 1 del Título Preliminar de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, señala que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;</p> <p>Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;</p> <p>Que, en virtud del numeral 16.2 del artículo 16 de la Ley, los Instrumentos de gestión ambiental constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen en el país;</p> <p>Que, asimismo, según lo dispuesto por el numeral 17.2 del artículo 17 de la Ley, los planes de remediación constituyen un tipo de Instrumento de gestión ambiental;</p> <p>Que, el numeral 30.1 del artículo 30 de la Ley, referido a los planes de descontaminación y el tratamiento de pasivos ambientales, señala que estos están dirigidos a remediar impactos ambientales originados por uno o varios proyectos de inversión o actividades, pasados o presentes; asimismo, precisa que los citados planes deben considerar el financiamiento y las responsabilidades que correspondan a los titulares de las actividades contaminantes, incluyendo la compensación por los daños generados, bajo el principio de responsabilidad ambiental;</p> <p>Que, de conformidad con el numeral 30.2 del artículo 30 de la Ley, las entidades con competencias ambientales promueven y establecen planes de descontaminación y recuperación de ambientes degradados, y la Autoridad Ambiental Nacional establece los criterios para su elaboración;</p>																			



Que, de acuerdo con lo establecido en el literal g) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica establecer los criterios y procedimientos para la formulación, coordinación y ejecución de los planes de descontaminación y recuperación de ambientes degradados;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Decreto Supremo N° 002-2014-MINAM y Decreto Supremo N° 013-2015-MINAM, se regulan, entre otros, la identificación, caracterización y remediación de sitios contaminados;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM, se creó el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito al análisis técnico realizado por el citado Grupo de Trabajo, se identificó la necesidad de aprobar disposiciones para la gestión de sitios contaminados, como una medida prioritaria para mejorar la calidad ambiental del país;

Que, en ese contexto, mediante Resolución Ministerial N° 212-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados, en cumplimiento de lo establecido en el artículo 39 del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por el Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; Ley N° 28611, Ley General del Ambiente; Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; y, el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2017-MINAM;

DECRETA:

**Artículo 1.- Aprobación de los criterios para la gestión de sitios contaminados**

Apruébanse los Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados, los mismos que constan de tres (03) Títulos, dos (02) Capítulos, diecisiete (17) artículos, diez (10) Disposiciones Complementarias Finales, dos (02) Disposiciones Complementarias Transitorias y una (01) Disposición Complementaria Derogatoria, que forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

**Artículo 2.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción y el Ministro de Transportes y Comunicaciones.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, al primer día del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD  
Presidente de la República

ELSA GALARZA CONTRERAS  
Ministra del Ambiente

CAYETANA ALJOVIN GAZZANI  
Ministra de Energía y Minas

FERNANDO ANTONIO D'ALESSIO IPINZA  
Ministro de Salud

JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN  
Ministro de Agricultura y Riego

CARLOS RICARDO BRUCE MONTES DE OCA  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ CALDERÓN  
Ministro de la Producción

BRUNO GIUFFRÀ MONTEVERDE  
Ministro de Transportes y Comunicaciones

## CRITERIOS PARA LA GESTIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS

### TÍTULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES

##### Artículo 1.- Objeto

La presente norma tiene por objeto establecer los criterios para la gestión de sitios contaminados generados por actividades antrópicas, los cuales comprenden aspectos de evaluación y remediación, a ser regulados por las autoridades sectoriales competentes, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente.

##### Artículo 2.- Ámbito de aplicación

Los presentes criterios son de aplicación a las autoridades sectoriales que tienen competencias para regular la normatividad de alcance nacional respecto de las actividades productivas, extractivas o de servicios, bajo el ámbito de su competencia, cuyo desarrollo puede generar sitios contaminados.

##### Artículo 3.- Actividades potencialmente contaminantes para el suelo

Se consideran actividades potencialmente contaminantes para el suelo aquellos proyectos o actividades antrópicas, cuyo desarrollo implica el uso, manejo, almacenamiento, transporte, producción, emisión o disposición de sustancias químicas, materiales o residuos peligrosos, que son capaces de generar la contaminación del suelo y de los componentes ambientales asociados a este, por su toxicidad, movilidad, persistencia, biodegradabilidad, entre otras características de peligrosidad establecidas en las guías técnicas aprobadas por el Ministerio del Ambiente.

##### Artículo 4.- Definiciones

Para la aplicación de los Criterios para la Gestión de Sitios Contaminados se debe considerar las siguientes definiciones:

**4.1 Agua subterránea afectada.-** Es aquella agua subterránea cuyas funciones ecosistémicas se encuentran deterioradas o que presenta una calidad que no es apta para su uso por el hombre, como consecuencia de la alteración de sus características naturales por influencia antropogénica.

**4.2 Área de potencial afectación.-** Se trata de zonas adyacentes a los lugares donde se instalarán componentes o se desarrollarán procesos de actividades antrópicas potencialmente contaminantes para el suelo, que han sido identificadas en el marco de la elaboración de la línea base, y que a su vez se ubican en el área de influencia directa del proyecto.

**4.3 Área de potencial interés.-** Se trata de áreas identificadas durante la Fase de Identificación en las cuales existen indicios o evidencias de contaminación del suelo, sobre el cual se realizarán las labores de muestreo.

**4.4 Atenuación natural monitoreada.-** Es un enfoque de gestión del sitio contaminado en el que se hace seguimiento a los procesos físicos, químicos y biológicos de degradación natural de los contaminantes, que reducen la masa, toxicidad y/o movilidad de la contaminación en suelos o aguas subterráneas, a niveles aceptables para la salud y el ambiente.

**4.5 Autoridad competente.-** Para efectos de la presente norma, es aquella entidad del gobierno nacional, regional o local con competencias para emitir la certificación ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA).

**4.6 Contaminante.-** Cualquier sustancia química relacionada a actividades antrópicas susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente.

**4.7 Contaminante de potencial interés.-** Cualquier sustancia química susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente, asociada a las actividades antrópicas que se desarrollan o desarrollaron en el sitio bajo estudio. Son aquellas sustancias en las cuales se enfoca el muestreo de identificación y el muestreo de detalle, tras las conclusiones de la evaluación preliminar.

**4.8 Fase libre.-** Este término también se denomina "producto libre" y describe la presencia de sustancias no acuosas que se caracterizan por no formar mezclas con el agua o el suelo. Se utiliza frecuentemente para contaminaciones con hidrocarburos que flotan sobre un espejo de agua o que son visibles en la superficie del suelo.

**4.9 Foco de contaminación.-** Este término se denomina también "fuente secundaria de contaminación" o "hotspot", y comprende los componentes ambientales afectados por las fuentes primarias de contaminación, que se caracterizan por presentar altas concentraciones de contaminantes y ser potenciales generadores de contaminación en otros componentes ambientales.

**4.10 Fuente de contaminación.-** Este término se denomina también "fuente primaria de contaminación", y comprende cualquier componente, instalación o proceso de actividades antrópicas, que puede liberar contaminantes al medio ambiente.

**4.11 Indicios de contaminación.-** Son circunstancias o signos suficientemente acreditados que permiten inferir de forma preliminar la posible existencia de un sitio contaminado.

**4.12 Medidas de aseguramiento.-** Son aquellas técnicas de remediación que tienen por objeto evitar la dispersión de los contaminantes a largo plazo o disminuir la exposición de los receptores a niveles que no impliquen riesgos para la salud y el ambiente. Estas medidas pueden contemplar, por ejemplo, el encapsulamiento, confinamiento, sellado, inmovilización, drenaje de gases y barreras hidráulicas o permeables.

**4.13 Medidas de descontaminación.-** Comprenden aquellas técnicas de remediación que tienen por objeto eliminar o reducir los contaminantes del sitio hasta alcanzar los ECA para Suelo, los niveles de fondo o los niveles establecidos en el Estudio de Evaluación de Riesgos a la Salud y el Ambiente (ERSA).

Esta clase de medidas pueden contemplar técnicas fisicoquímicas (como la excavación de suelo contaminado, extracción del aire del suelo, bombeo y tratamiento de aguas subterráneas, enjuague de suelos y tratamientos químicos in-situ), biológicas (como la biodegradación in-situ, fitorremediación, landfarming, tratamientos ex-situ, on-site y off-site en biopilas y compostaje), térmicas (como la incineración y desorción térmica), entre otras.

**4.14 Modelo Conceptual.-** Relato escrito y/o representación gráfica del sistema ambiental y de los procesos físicos, químicos y biológicos, que determinan el transporte de contaminantes desde las fuentes de contaminación hasta los potenciales receptores, a través de los componentes ambientales que forman parte de dicho sistema.

**4.15 Nivel de Fondo.-** Concentración de origen natural de una o más sustancias químicas presentes en los componentes ambientales, que puede incluir el aporte de fuentes antrópicas no relacionadas al sitio potencialmente contaminado o sitio contaminado.

**4.16 Nivel de Remediación Específico.-** Es la concentración de una sustancia química, determinada de manera específica para las condiciones de un sitio contaminado, a través de una evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA).

**4.17 Plan dirigido a la remediación.-** Es un instrumento de gestión ambiental que tiene por finalidad la remediación de sitios contaminados originados por actividades antrópicas pasadas o presentes.

**4.18 Pluma de contaminación.-** En general, este término comprende aquella descarga visible o medible de un contaminante partiendo desde un punto de origen. En el caso de las aguas subterráneas, se denomina pluma de contaminación al acuífero que contiene el agua contaminada, que se origina por la infiltración de contaminantes al subsuelo.

**4.19 Proyecto.-** Para efectos de la presente norma, se debe entender como proyecto lo establecido en la normativa del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA).

**4.20 Remediación.-** Este término implica la eliminación o reducción, a niveles aceptables, de los riesgos para la salud de las personas o el ambiente asociados a la contaminación del sitio. Además comprende las acciones que permitan lograr el uso posterior del sitio o el restablecimiento del mismo a un estado similar al presentado antes de ocurrir los impactos ambientales negativos.

**4.21 Sedimentos.-** Material no consolidado depositado por procesos fluviales o marinos recientes, y que se encuentran permanente o temporalmente por debajo del espejo de aguas superficiales.

**4.22 Sitio contaminado.-** Área en la cual el suelo contiene contaminantes provenientes de actividades antrópicas, en concentraciones que pueden representar riesgos para la salud o el ambiente, debido a que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, estándares internacionales aprobados por el MINAM o los niveles de fondo, siempre que estos últimos presenten valores que excedan dichos estándares.

El área identificada como sitio contaminado puede comprender el agua subterránea subyacente, los sedimentos u otros componentes ambientales, que resulten afectados por la contaminación del suelo, cuando se encuentren dentro de esta.

**4.23 Sitio potencialmente contaminado.-** Área en la cual el suelo puede contener contaminantes provenientes de actividades antrópicas. El sitio potencialmente contaminado puede comprender el agua subterránea subyacente, los sedimentos u otros componentes ambientales, cuando estos resulten afectados por la presunta contaminación del suelo.

**4.24 Suelo.-** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

**4.25 Tasa móvil.-** Es la fracción de una sustancia contaminante en el suelo que puede ser movilizada a través de lixiviados, aguas subterráneas o la fase gaseosa del suelo. La tasa móvil es un factor importante para determinar el potencial de migración del contaminante en el ambiente.



Anexo 3. Certificados de Análisis de Laboratorio Acreditado.

FR-005  
Versión: 06  
FE: 10/2016  
Página: de

Os- 178883

**CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS**

**SAG S.A.C.**

Ciudad: Puno      Cliente: Maria Rodriguez Melo      Contacto: San Padsilla      E-mail: hinclo57@hotmail.com      Telef.(s) 989589331

Lugar: Puno      Empresa: Universidad Nacional del Altiplano      Planta:      Proyecto: Riesgo Ambiental

Carta/Cotización: 2019-11VF-47-1      MUESTREO POR SAG      MUESTREO POR CLIENTE      X

PUNTO DE MUESTREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU		ANÁLISIS DE LABORATORIO										DATOS ADICIONALES
	FECHA	HORA		PH	Cond. Ind. (mS/cm)	Cloro	Cloro libre	Cloro total	Cloro residual	Cloro residual libre	Cloro residual total	Cloro residual oxidizable	Cloro residual oxidizable libre	Cloro residual oxidizable total	CÓDIGO DE LABORATORIO	
M-1	23-11-19	12:30	Agua, Sup.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19112760	-
M-1	23-11-19	13:45	Suelo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19112761	-
M-2	23-11-19	14:30	Agua, Sup.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19112762	-
M-2	27-11-19	15:35	Suelo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19112763	-

\* OD no aceptado por no cumplir con el volu men según metodología.

NO CUMPLIR  
SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES  
**P. CIRINO**  
25 NOV 2019  
RECEPCION DE MUESTRAS  
SAG

Observaciones de Muestreo:

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Ing. Maria Rodriguez Melo      Recibido en laboratorio: 11:00

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: [Firma]      Día/Hora: 11:00



**SAG**

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



Página 1 de 3

Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 138130 - 2019  
CON VALOR OFICIAL**

**RAZÓN SOCIAL** : MARÍA RODRÍGUEZ MELO  
**DOMICILIO LEGAL** : JIRÓN AZOGUINE N° 178 PUNO  
**SOLICITADO POR** : MARÍA RODRÍGUEZ MELO  
**REFERENCIA** : PROYECTO DE TESIS: RIESGO AMBIENTAL POR CONTAMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE CARABUCO, DISTRITO DE PUSI, PUNO  
**PROCEDENCIA** : PUNO  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 2019-11-25  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2019-11-25 AL 2019-12-09  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2019-11-23  
**MUESTREO 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
<b>SUELO</b>			
*Salinidad	NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.2.5 Método AS-18. Conductividad medido en el Extracto de Saturación. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Materia Orgánica. 2002.		dS/m
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007	1.86	mg/kg
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg
<b>AGUA</b>			
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 <sup>(a)</sup>	mg/L
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl <sup>-</sup> B, 23rd Ed. 2017. Chloride. Argentometric Method.	2.00	Cl <sup>-</sup> mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test.	2.00 <sup>(a)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O <sub>2</sub> mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-O C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5 <sup>(a)</sup>	O <sub>2</sub> mg/L
*Olor	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2150 B. 23rd Ed. 2017. Odor. Threshold Odor Test.	1	NUO
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	EPA Method 8015C Revision 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007.	0.01	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.  
(a) Expresado como límite de detección del método.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.O.P N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS WORKING FOR YOU

Cod.: FI 02/Version: 08/FE/03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar 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.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 3





**SAG**

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



Página 2 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° 138130 - 2019  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	
Matriz analizada	Suelo	Suelo	
Fecha de muestreo	2019-11-23	2019-11-23	
Hora de inicio de muestreo (h)	13:45	15:35	
Coordenadas	0400926E 8289453N	0401122E 8289251N	
Altitud (msnm)	3895	3895	
Precisión	+/- 4m	+/- 3m	
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	
Código del Cliente	M-1	M-2	
Código del Laboratorio	19112761	19112763	
Ensayo	Unidad	Resultados	
*Salinidad	dS/m	1.8      1.4	
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	mg/kg	17.84      <1.86	
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales</b>			
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08      <0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	1468.7      1781.0
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	153.8      3.4
Boro (B)	0.2	mg/kg	7.0      10.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	20.0      28.4
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.53      <0.03
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	>40000      >40000
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	1.47      0.31
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	0.7      <0.2
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	1.08      1.18
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	<0.05      <0.05
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	1.2      2.0
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	11333.0      2860.7
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1      <0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	296.3      373.8
Litio (Li)	0.3	mg/kg	4.8      6.2
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	1503.1      1445.3
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	160.98      17173.38
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.3      <0.2
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	1469.1      674.7
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	0.93      1.59
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	279.7      293.7
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	6.25      3.22
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.5      0.5
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3      <0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.3      0.2
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	2046.7      2216.4
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	61.78      44.02
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3      <0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	4.96      4.27
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	26.0      7.7

L.D.M.: límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportados en base seca.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

**Quim. Belbeth Y. Fajardo Leon**  
C.Q.P.N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar 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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 3



**SAG**

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



Página 3 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° 138130 - 2019  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada	Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo	2019-11-23	2019-11-23
Hora de inicio de muestreo (h)	10:15 - 12:30	12:30 - 15:50
Coordenadas	0400926E 8289453N	0401122E 8289251N
Altitud (msnm)	3895	3895
Precisión	+/- 4m	+/- 3m
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	M-1	M-2
Código del Laboratorio	19112760	19112762
Ensayo	Unidad	Resultados
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<0.5
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg/L	774.30
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	<2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	<10.0
**Oxígeno Disuelto (OD)	O <sub>2</sub> mg/L	5.1
*Olor (1)	NUO	<1
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (C <sub>10</sub> - C <sub>42</sub> )	mg/L	<0.01

(1) Olor: medido en unidades de Número de Olor Umbral. <1 es equivalente a sin olor y/o olor aceptable.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

\*\*El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por no cumplir con el volumen según metodología.

Lima, 12 de Diciembre del 2019.

*Quim. Bellem Y. Fajardo León*  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency; ASTM: American Society for Testing and Materials; NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar 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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com





**SAG**

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



Registro N° LE-047

**INFORME DE ENSAYO N° 138238 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**RAZÓN SOCIAL** : MARÍA RODRÍGUEZ MELO  
**DOMICILIO LEGAL** : JIRÓN AZOGUINE N° 178 PUNO  
**SOLICITADO POR** : MARÍA RODRÍGUEZ MELO  
**REFERENCIA** : PROYECTO DE TESIS: RIESGO AMBIENTAL POR CONTAMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE CARABUCO, DISTRITO DE PUSI, PUNO  
**PROCEDENCIA** : PUNO  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 2020-08-17  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2020-08-15 AL 2020-08-31  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2020-08-15  
**MUESTREO 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
<b>SUELO</b>			
*Salinidad	NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.2.5 Método AS-18. Conductividad medida en el Extracto de Saturación. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Materia Orgánica. 2002.		ds/m
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007	1.86	mg/kg
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg
<b>AGUA</b>			
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 <sup>(a)</sup>	mg/L
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl <sup>-</sup> B, 23rd Ed. 2017. Chloride. Argentometric Method.	2.00	Cl <sup>-</sup> mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test.	2.00 <sup>(a)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O <sub>2</sub> mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-O C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5 <sup>(a)</sup>	O <sub>2</sub> mg/L
*Olor	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2150 B. 23rd Ed. 2017. Odor. Threshold Odor Test.	1	NUO
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	EPA Method 8015C Revision 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007.	0.01	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Expresado como límite de detección del método.

**Quim. Belbeth Y. Fajardo León**  
C.O.P N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar 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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com



**SAG**

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



Página 2 de 3

Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 138238 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo		Suelo
Matriz analizada	Suelo		Suelo
Fecha de muestreo	2020-08-15		2020-08-15
Hora de inicio de muestreo (h)	13:35		15:55
Coordenadas	0400926E		0401122E
Altitud (msnm)	8289453N		8289251N
Precisión	3895		3895
Condiciones de la muestra	+/- 4m		+/- 3m
Código del Cliente	Conservada		Conservada
Código del Laboratorio	M-1		M-2
Ensayo	Unidad	Resultados	
*Salinidad	dS/m	2.6	2.1
Hydrocarburos totales de petróleo - TPH (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	mg/kg	39.5	2.83
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales</b>			
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	1592.0
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	765.25
Boro (B)	0.2	mg/kg	7.1
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	30.1
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.7
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	>40000
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	0.79
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	0.21
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	0.97
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	0.06
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	1.45
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	9289.1
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Potasio (K)	3.8	mg/kg	324.6
Litio (Li)	0.3	mg/kg	5.76
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	1549.2
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	292.5
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.129
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	2341.5
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	1.25
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	285.0
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	5.35
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.39
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.34
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	2567.0
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	110.2
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	5.9
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	27.8

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Suelo reportados en base seca.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency, ASTM: American Society for Testing and Materials, NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar 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.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 3





**SAG**

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



Página 3 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° 138238 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada	Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo	2020-08-15	2020-08-15
Hora de inicio de muestreo (h)	10:15 - 12:30	12:30 - 15:50
Coordenadas	0400926E	0401122E
	8289453N	8289251N
Altitud (msnm)	3895	3895
Precisión	+/- 4m	+/- 3m
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	M-1	M-2
Código del Laboratorio	19112760	19112762
Ensayo	Unidad	Resultados
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	1.1      4.00
Cloruros	Cl mg/L	914.50      1119.30
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	6.00      <2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	<10.0      4.00
**Oxígeno Disuelto (OD)	O <sub>2</sub> mg/L	13.10      3.60
*Olor (1)	NUO	<1      <1
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (C <sub>10</sub> - C <sub>42</sub> )	mg/L	0.54      0.26

(1) Olor medido en unidades de Número de Olor Umbral. <1 es equivalente a sin olor y/o olor aceptable.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

\*\*El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por no cumplir con el volumen según metodología.

Lima, 31 de Agosto del 2020

Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.O.P N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

Cod.: FI 02/Version: 08/FE.03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo [laboratorio@sagperu.com](mailto: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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

Página 3 de 3



**SAG**

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



Página 1 de 3

Registro N° LE-047

**INFORME DE ENSAYO N° 138381 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**RAZÓN SOCIAL** : MARÍA RODRÍGUEZ MELO  
**DOMICILIO LEGAL** : JIRÓN AZOGUINE N° 178 PUNO  
**SOLICITADO POR** : MARÍA RODRÍGUEZ MELO  
**REFERENCIA** : PROYECTO DE TESIS: RIESGO AMBIENTAL POR CONTAMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE CARABUCO, DISTRITO DE PUSI, PUNO  
**PROCEDECIA** : PUNO  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 2020-11-30  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2020-11-30 AL 2020-12-15  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2020-11-28  
**MUESTREO 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
<b>SUELO</b>			
*Salinidad	NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.2.5 Método AS-18. Conductividad medido en el Extracto de Saturación. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Materia Orgánica. 2002.		dS/m
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007	1.86	mg/kg
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg
<b>AGUA</b>			
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 <sup>(a)</sup>	mg/L
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl <sup>-</sup> B, 23rd Ed. 2017. Chloride. Argentometric Method.	2.00	Cl <sup>-</sup> mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test.	2.00 <sup>(a)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O <sub>2</sub> mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-O C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5 <sup>(a)</sup>	O <sub>2</sub> mg/L
*Olor	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2150 B. 23rd Ed. 2017. Odor. Threshold Odor Test.	1	NUO
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	EPA Method 8015C Revision 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007.	0.01	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.  
(a) Expresado como límite de detección del método.

**Quim. Belbeth Y. Fajardo León**  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo [laboratorio@sagperu.com](mailto: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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

Página 1 de 3





**SAG**

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



Página 2 de 3

INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Pruebas  
Acreditado

Registro MLE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 138381 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	
Matriz analizada	Suelo	Suelo	
Fecha de muestreo	2020-11-30	2020-11-30	
Hora de inicio de muestreo (h)	13:30	15:30	
Coordenadas	0400926E 8289453N	0401122E 8289251N	
Altitud (msnm)	3895	3895	
Precisión	+/- 4m	+/- 3m	
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	
Código del Cliente	M-1	M-2	
Código del Laboratorio	19112761	19112763	
Ensayo	Unidad	Resultados	
*Salinidad	dS/m	2.1      1.9	
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	mg/kg	71.3      3.45	
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales</b>			
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	<0.08      <0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	3138.0      2105.0
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	1460.0      102.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	7.0      10.9
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	64.3      30.9
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.97      <0.03
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	>40000      62457
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	1.03      0.32
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	0.82      <0.02
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	1.92      1.09
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	0.04      <0.05
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	1.62      2.1
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	11029.2      2907.0
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1      <0.01
Potasio (K)	3.8	mg/kg	311.5      402.5
Litio (Li)	0.3	mg/kg	12.56      7.2
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	2035.4      1678.2
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	189.5      17182.5
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.305      <0.2
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	2024.3      598.2
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	1.11      1.89
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	287.2      285.5
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	6.05      3.28
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.45      0.5
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	0.49      <0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.31      0.23
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	2234.0      203.9
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	86.7      39.88
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3      <0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	5.6      4.02
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	25.3      7.0

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Suelo reportados en base seca.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

*[Firma]*  
**Quim. Belbeth Y. Fajardo Leon**  
CQP N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar 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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacara Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 2 de 3



**SAG**

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



Página 3 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° 138381 - 2020  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada	Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo	2020-11-30	2020-11-30
Hora de inicio de muestreo (h)	10:30 - 12:30	12:30 - 15:30
Coordenadas	0400926E 8289453N	0401122E 8289251N
Altitud (msnm)	3895	3895
Precisión	+/- 4m	+/- 3m
Condiciones de la muestra	Refrigerada/ Preservada	Refrigerada/ Preservada
Código del Cliente	M-1	M-2
Código del Laboratorio	19112760	19112762
Ensayo	Unidad	Resultados
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	1.84      0.70
Cloruros	Cl mg/L	821.20      972.50
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	4.00      <2.00
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	9.50      6.00
**Oxígeno Disuelto (OD)	O <sub>2</sub> mg/L	9.53      5.70
*Olor (1)	NUO	<1      <1
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	mg/L	0.93      0.27

(1) Olor: medido en unidades de Número de Olor Umbral. <1 es equivalente a sin olor y/o olor aceptable.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

\*\* El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por no cumplir con el volumen según metodología.

Lima, 11 de Diciembre del 2020.

*17025*  
**Quim. Belbeth Y. Fajardo Leon**  
CQP N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

Cod.: FI 02/Version: 08/FE 03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar 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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 3 de 3





**SAG**

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



**INFORME DE ENSAYO N° 138882 - 2021  
CON VALOR OFICIAL**

**RAZÓN SOCIAL** : MARÍA RODRÍGUEZ MELO  
**DOMICILIO LEGAL** : JIRÓN AZOGUINE N° 178 PUNO  
**SOLICITADO POR** : MARÍA RODRÍGUEZ MELO  
**REFERENCIA** : PROYECTO DE TESIS: RIESGO AMBIENTAL POR CONTAMINACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA COMUNIDAD DE CARÁBUCO: DISTRITO DE PUSI, PUNO  
**PROCEDENCIA** : PUNO  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA** : 2021-02-08  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2021-02-08 AL 2021-02-22  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2021-02-05  
**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
<b>SUELO</b>			
*Salinidad	NOM-021-SEMARNAT-2000 ítem 7.2.5 Método AS-18. Conductividad medido en el Extracto de Saturación. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Materia Orgánica. 2002.		ds/m
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	EPA 8015 C, Rev 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007	1.86	mg/kg
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg
<b>AGUA</b>			
Aceites y grasas (HEM)	EPA-821-R-10-001 Method 1664 Rev. B. N-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated N-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry. 2010	0.5 <sup>(a)</sup>	mg/L
Cloruros	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl <sup>-</sup> B, 23rd Ed. 2017. Chloride. Argentometric Method.	2.00	Cl <sup>-</sup> mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test.	2.00 <sup>(a)</sup>	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.	10.0	O <sub>2</sub> mg/L
Oxígeno Disuelto OD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 4500-O C. 23rd Ed. 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.	0.5 <sup>(a)</sup>	O <sub>2</sub> mg/L
*Olor	SMEWW-APHA-AWWA-WEF 2150 B. 23rd Ed. 2017. Odor. Threshold Odor Test.	1	NUO
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	EPA Method 8015C Revision 3. Nonhalogenated Organics by Gas Chromatography. 2007.	0.01	mg/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Expresado como límite de detección del método.

**Quim. Belbeth Y. Fajardo León**  
 C.O.P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

Cod.: FI.02/Versión: 08/FE.03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.

• Para corroborar 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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com



**SAG**

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



**INFORME DE ENSAYO N° 138882 - 2021  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2021-02-05	2021-02-05	2021-02-05
Hora de inicio de muestreo (h)	13:20	15:20	
Coordenadas	0400926E 8289453N	0401122E 8289251N	
Altitud (msnm)	3895	3895	
Precisión	+/- 4m	+/- 3m	
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	
Código del Cliente	M-1	M-2	
Código del Laboratorio	19112761	19112763	
Ensayo	Unidad	Resultados	
*Salinidad	dS/m	1.8	1.6
Hidrocarburos totales de petróleo - TPH (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	mg/kg	45.09	2.01
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales</b>			
Plata (Ag)	0.08	mg/kg	0.08
Aluminio (Al)	1.2	mg/kg	2086.0
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	87.4
Boro (B)	0.2	mg/kg	9.8
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	24.8
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	<0.03
Calcio (Ca)	3.1	mg/kg	61389
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	0.37
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	<0.02
Cobalto (Co)	0.04	mg/kg	1.13
Cromo (Cr)	0.05	mg/kg	<0.05
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	1.9
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	3006.9
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.01
Potasio (K)	3.8	mg/kg	398.0
Litio (Li)	0.3	mg/kg	6.8
Magnesio (Mg)	4.1	mg/kg	2153.0
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	17178.2
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	<0.2
Sodio (Na)	2.2	mg/kg	458.1
Níquel (Ni)	0.07	mg/kg	1.78
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	321.0
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	3.01
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	0.5
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	0.26
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	245.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	40.1
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	<0.3
Vanadio (V)	0.06	mg/kg	4.17
Zinc (Zn)	0.3	mg/kg	7.2

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Suelo reportados en base seca.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

*[Firma]*  
Quim. Belbeth Y. Fajardo Leon  
CQP N° 648  
Asesor Técnico Químico

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency; ASTM: American Society for Testing and Materials; NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo se refieren a las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego será para corroborar 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 pueden ser procesados de acuerdo a ley.

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

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Malto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com





**SAG**

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



Página 3 de 3

**INFORME DE ENSAYO N° 13882 - 2021  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial	
Matriz analizada	Agua Natural	Agua Natural	
Fecha de muestreo	2021-02-05	2021-02-05	
Hora de inicio de muestreo (h)	11:00 - 12:30	12:30 - 14:00	
Coordenadas	0400926E	0401122E	
Altitud (msnm)	8289453N	8289251N	
Precisión	3895	3895	
Condiciones de la muestra	+/- 4m	+/- 3m	
Código del Cliente	Refrigerada/Preservada	Refrigerada/Preservada	
Código del Laboratorio	M-1	M-2	
Ensayo	19112760	19112762	
Unidad	Resultados		
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	3.05	2.90
Cloruros	Cl <sup>-</sup> mg/L	1007.80	1174.40
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	4.80	2.50
Demanda Química de oxígeno (DQO)	O <sub>2</sub> mg/L	8.90	5.30
**Oxígeno Disuelto (OD)	O <sub>2</sub> mg/L	9.90	4.50
*Olor (1)	NUO	<1	<1
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	mg/L	0.12	0.17

(1) Olor: medido en unidades de Número de Olor Umbral. <1 es equivalente a sin olor y/o olor aceptable.

\* El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL-DA

\*\* El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA debido a que la muestra no es idónea para el ensayo, por no cumplir con el volumen según metodología.

Lima, 22 de Febrero del 2021.

**Quim. Belbeth Y. Fajardo Leon**  
CQP N° 648  
Asesor Técnico Químico

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.

OBSERVACIONES: • 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 sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar 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.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 3 de 3



**Anexo 4.** Panel fotográfico.



**Figura 1.** Vista Panorámica de la Comunidad de Corapata.



**GPS Coordenadas**

Lat Long	-15.4701859, -69.9234069
UTM WGS84	400943.407E 8289455.349N 19L
MGRS	19LDC 00943 89455
EPSG:4326	-69.923 -15.47
Elevación:	3950.08 m
Elev (msl)	3904.19 m asl.
Exactitud	3.9 m
Ángulo	114.96°
Velocidad	0.2 m/sec

**Figura 2.** Área contaminada 1 (AC-1) ubicación colinda con la Escuela Inicial.



**GPS Coordenadas**

Lat Long	-15.4702113,-69.9235138
UTM WGS84	400931.951E 8289452.49N 19L
MGRS	19LDC 00932 89452
EPSG:4326	-69.924 -15.47
Elevación	3949.15 m
Elev (msl)	3903.26 m a.s.l.
Exactitud	3.9 m
Ángulo	293.94°
Velocidad	1.07 m/sec



**Figura 3.** Área Contaminada 2 (AC-2) su ubicación colinda con la Cancha deportiva.





**Figura 4.** Recorrido del Vertido del Área contaminada 1.



**Figura 5.** Toma de la muestra de parámetros in situ para agua y suelo.





**Figura 6.** Toma de la muestra de la conductividad eléctrica a la profundidad del área contaminada.



**Figura 7.** Utilización de perseverantes para las muestras tomadas.





*Figura 8.* Preparación de la muestra de suelos.



*Figura 9.* Control de la solubilidad del suelo.





**Figura 10.** Cuarteo de suelos del área contaminada AC -2.



**Figura 11.** Preservante de la muestra de agua del área contaminada AC -2.