

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



Toxicidad de residuos químicos de la elaboración de  
pasta básica de cocaína sobre renacuajos de *Rhinella*  
*spinulosa*. Ayacucho, 2015.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGA EN LA ESPECIALIDAD DE ECOLOGÍA Y  
RECURSOS NATURALES

Presentado por la:  
Bach. VILA LUJAN, Ruth Vitman

AYACUCHO – PERÚ  
2017



A Dios, a mis padres y  
hermanos con mucho  
amor y cariño.



## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *Alma Mater*, forjadora de profesionales competentes y de calidad humana al servicio de la sociedad.

A la Facultad de Ciencias Biológicas, a la Escuela Profesional de Biología, a su plana docente por su afán y paciencia en brindarme sus conocimientos y dejarme un ejemplo social humano que contribuirá en el desarrollo de mi vida profesional y personal.

Al Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica, por haberme dado las facilidades para materializar este trabajo de investigación.

A la Comisión Administradora del Parque Zoológico “La Totorilla”, por haberme brindado las facilidades para realizar mi trabajo de tesis.

Al laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica, por haberme brindado las facilidades para realizar mi trabajo de tesis.

A mi asesor, Dr. Carlos Emilio Carrasco Badajoz por su orientación académica y contribución, que han permitido la elaboración y finalización del presente trabajo de tesis.

Al Ing. Pérez Chauca Fernando, docente adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Química y Metalurgia de la UNSCH, coasesor del presente trabajo de investigación, por el apoyo, sugerencias y ayuda brindada.

A todas las personas que, de una u otra manera, colaboraron en la realización y conclusión del presente trabajo de investigación.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Marco conceptual	6
2.2.1. Toxicidad	6
2.2.2. Residuos químicos de pasta básica de cocaína	7
2.2.3. Concentración letal media (CL <sub>50</sub> )	7
2.2.4. Tiempo de exposición	7
2.2.5. Mortalidad	7
2.2.6. Porcentaje de mortalidad	7
2.3. Bases teóricas	7
2.3.1. Toxicidad	7
2.3.2. Bioindicadores	8
2.3.3. Bioensayos	9
2.3.4. Estructura de la membrana celular en los organismos	11
2.3.5. Taxonomía de <i>Erythroxyllum coca</i> "coca"	13
2.3.6. Pasta básica de cocaína	13
2.3.7. Contaminación de los ecosistemas acuáticos continentales	17
2.3.8. Rangos de tolerancia de los organismos	18
2.3.9. Metales pesados	18
2.3.10. Características físico químicas de las aguas naturales	19
2.3.11. Anfibios	21
2.3.12. <i>Rhinella spinulosa</i>	23
2.3.13. Determinación de metales pesados	23
2.4. Marco legal	24
2.4.1. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)	24

2.4.2.	Código penal	24
2.4.4.	Estándares nacionales de calidad ambiental	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1.	Lugar de recolección de muestra	33
3.2.	Lugar de ejecución del experimento	33
3.3.	Tipo de investigación	35
3.4.	Población y muestra	35
3.5.	Metodología y recolección de muestras	36
3.6.	Análisis estadístico	38
IV.	RESULTADOS	39
V.	DISCUSIÓN	49
VI.	CONCLUSIONES	57
VII.	RECOMENDACIONES	59
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXOS	63



## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1.	Parámetros físico químicos para diferentes orígenes de agua en su condición de cuerpo receptor.	27
Tabla 2.	Límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.	29
Tabla 3.	Límites máximos permisibles de algunas sustancias químicas para el subsector hidrocarburos.	29
Tabla 4.	Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-Metalúrgicos.	30
Tabla 5.	Límite Máximo Permissible de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre.	30
Tabla 6.	Límites máximos permisibles de efluentes de Planta de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas (PTAR).	31
Tabla 7	Disposición de los recipientes con diferentes volúmenes de muestra de residuos químicos de la elaboración de pasta básica de cocaína.	37
Tabla 8	Distribución de las unidades experimentales según los volúmenes de muestra de residuo químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína	38
Tabla 9.	Características químicas de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína comparadas con valores de Límites Máximo Permisibles (LMP) de Planta de Tratamiento de Agua Residuales (PTAR). Ayacucho, 2015.	41
Tabla 10.	Valores de la concentración de metales en los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína comparados con valores de LMP y ECA. Lima 2015.	42



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa de ubicación política de recolección de muestra.	34
Figura 2. Porcentaje de mortalidad (promedio y desviación típica) de renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> a las 24 horas de exposición en cuatro volúmenes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína. Ayacucho, 2015.	43
Figura 3. Porcentaje de mortalidad acumulada (promedio y desviación típica) de renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> a las 48 horas de exposición en cuatro volúmenes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína. Ayacucho, 2015.	44
Figura 4. Tendencia de mortalidad de renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> en función de los volúmenes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína y el valor de la concentración letal media (CL50) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	45
Figura 5. Ajuste a una tendencia lineal de la mortalidad de renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> en función de los volúmenes de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	46
Figura 6. Ajuste a una tendencia lineal de la mortalidad acumulada de renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> en función de los volúmenes de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.	47



## ÍNDICE DE ANEXO

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Registro de mortalidad en función de los volúmenes de los residuos de la elaboración de pasta básica cocaína y de los tiempos de exposición.	64
Anexo 2. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> sometidos a cuatro volúmenes crecientes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína registrados a las 24 horas de exposición.	65
Anexo 3. Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> sometidos a cuatro volúmenes crecientes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína registrados a las 48 horas de exposición.	66
Anexo 4. Percentiles (concentración letal media en mL/L) de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína sometido a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit	67
Anexo 5. Documento de los resultados de la concentración de metales en residuo químico líquido de pasta básica de cocaína, Lima 2015.	68
Anexo 6. Tesista realizando la adición de ácido nítrico a un litro de residuo químico líquido de pasta básica de cocaína, VRA 2015.	69
Anexo 7. <b>Tesista realizando el análisis químico de residuo químico líquido de pasta básica de cocaína. Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica FCB. UNSCH. Ayacucho, 2015.</b>	70
Anexo 8. Tesista realizando el filtrado de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína en el Laboratorio de Físicoquímica, UNSCH 2015.	71
Anexo 9. Tesista realizando la colecta de los renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> del río Muyurina, Ayacucho 2015.	72
Anexo 10. La adición de volumen de muestra de residuo químico de	73

	pasta básica de cocaína a recipientes con 1 L de agua decolorada. Parque Zoológico “La Totorilla”, Ayacucho 2015.	
Anexo 11.	Recolección con cal a renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> . Parque Zoológico “La Totorilla”, Ayacucho 2015.	74
Anexo 12.	Tesista evaluando la mortalidad de renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> . Parque Zoológico “La Totorilla”, Ayacucho 2015.	75
Anexo 13.	Matriz de Consistencia.	76

## RESUMEN

La producción de pasta básica de cocaína como actividad ilícita, genera un conjunto de consecuencias negativas en la sociedad, la que menos ha recibido interés es determinar su efecto en el ambiente y los seres vivos como consecuencia de la eliminación de los residuos en el medio ambiente. Es por ello que es importante generar información sobre los efectos toxicológicos de dichos residuos en los organismos que habitan en el ambiente acuático. Razón por la cual se desarrolló este trabajo de investigación teniendo como objetivo evaluar la toxicidad de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína, en volúmenes de muestras de 25 mL, 12,50 mL, 7,50 mL y 3,20 mL disueltos en un litro de agua, sobre renacuajos del segundo periodo de *Rhinella spinulosa*, los que fueron expuestos durante 24 y 48 horas para determinar su efecto toxicológico medido como mortalidad y determinar la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) sobre dichos organismos. El trabajo de investigación se llevó a cabo, en las instalaciones del Parque Zoológico "La Totorilla" en el área Acuicultura e Hidrobiología; correspondiendo a un nivel de investigación exploratorio. Se instalaron 25 unidades experimentales, consistentes en recipientes de plástico descartables, donde se colocó un litro de agua, con los volúmenes de los residuos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína, además de contar con unidades de control. En cada unidad experimental se incorporó 10 renacuajos del segundo periodo, para luego de 24 y 48 horas determinar la mortalidad generada. De los resultados, se observa que los porcentaje de mortalidad registrados en las diferentes concentraciones, son estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), donde en forma general se observa que a medida que se incrementa la concentración de los residuos, se incrementa también la mortalidad. También se observa que con el incremento del tiempo de exposición, se incrementa el porcentaje de mortalidad y por otro lado, se registra una disminución de los valores de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>). Así por ejemplo, se registró mayores mortalidades de 50%, a volúmenes de los residuos de 25 mL/L y 12,50 mL/L en 24 horas de exposición; la mortalidad de 100% fue en los recipientes donde la concentración fue de 25 mL/L, 12,50 mL/L y 7,50 mL/L a las 48 horas de exposición. La concentración letal media fue de 13,2 mL/L a las 24 horas, disminuyendo dicho valor para un tiempo de exposición de 48 horas.

**Palabras clave.** Pasta básica de cocaína, toxicidad, mortalidad.





## I. INTRODUCCIÓN

La producción de pasta básica de cocaína (PBC) requiere de productos como el ácido sulfúrico, gasolina, cemento y carbonato de sodio; cuando se va a procesar la pasta lavada se utiliza ácido sulfúrico o clorhídrico, permanganato de potasio y amoníaco; y cuando se pasa a procesar clorhidrato de cocaína se emplea adicionalmente acetona o éter; elementos que desechados irresponsablemente permanecerán muchos años afectando el ambiente así mismo en los ríos y arroyos que atraviesan las zonas de maceración ya han desaparecido algunas especies de peces, anfibios, reptiles, crustáceos, etc.<sup>1</sup>

Los cultivos ilícitos de coca significan no solamente un altísimo índice de deforestación, pérdida de suelos, disminución de recursos hídricos, pérdida de biodiversidad y quiebra de las funciones vitales de los ecosistemas, sino también contaminación de las aguas (superficiales y subterráneas) y de los suelos, tanto al nivel del cultivo propiamente dicho, y como de los procesos de fabricación de pasta básica, de cocaína.<sup>1</sup>

Millones de kilogramos de ácido sulfúrico, óxido de calcio, permanganato de potasio, combustible y otros productos altamente tóxicos se emplean en este proceso, que suele hacerse en pozas de maceración ocultas en la selva. Irremediablemente, estos insumos terminan arrojados en el ambiente y acaban en los ríos. Algunos estudios han revelado concentraciones elevadas de metales tóxicos como plomo, cadmio y cobre en las aguas de los ríos ubicados en zonas típicamente coccaleras, como el valle del Huallaga, al norte del país, y la cuenca de los ríos Apurímac y Ene.<sup>1</sup>

El sapo espinoso, es una especie de anfibio anuro propio de Sudamérica. Es de hábitos preferentemente nocturnos, aunque se ve de día si está nublado o lluvioso. Se denomina renacuajos a las larvas de los anfibios anuros. En ese estado respiran mediante branquias externas (o internalizadas) y residen permanentemente en el agua<sup>2</sup>. Se ha puesto en énfasis la evaluación de la

toxicidad de los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína a volúmenes crecientes, sobre renacuajos del segundo periodo de *Rhinella spinulosa*; con la finalidad de determinar el porcentaje de mortalidad y la concentración letal media para 24 y 48 horas de exposición.

Se sabe que los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína presentan un pH superior a 7, es decir presentan carácter básico o alcalino, además la gasolina, es una sustancia química que producen toxicidad a los renacuajos de *Rhinella spinulosa*.

En tal sentido en el presente trabajo se evaluará el efecto toxicológico de residuos químicos de la elaboración de pasta básica de cocaína, usando para ello renacuajos del segundo periodo *Rhinella spinulosa*, por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

#### **Objetivo General**

Evaluar la toxicidad de cuatro concentraciones de residuos químicos líquido de la elaboración de pasta básica de cocaína, en renacuajos del segundo periodo *Rhinella spinulosa* con exposición de 24 y 48 horas.

#### **Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto toxicológico en porcentaje de mortalidad de cuatro volúmenes de muestra de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína en 24 y 48 horas de exposición.
- Determinar la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) para 24 y 48 horas de exposición en cuatro volúmenes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Internacionales

En un test se expuso a grupos de 10 renacuajos en bioensayos estáticos a concentraciones de 0,005; 0,01; 0,05; 0,1; 0,12; 0,14; 0,16; 0,18 y 0,20 g/L herbicida hidrazida maleica (HM), con tres repeticiones por tratamiento. La mortalidad fue evaluada cada 15 minutos en la primera hora y luego de transcurridas 2, 12, 24, 48, 72 y 96 horas de ensayo. La mortalidad de los renacuajos fue considerada como punto final del bioensayo. Por otro lado, se evaluó, hasta el día 38 de estudio, la presencia de malformaciones en los renacuajos y ranas jóvenes sobrevivientes. Los datos de dosis respuesta fueron analizados mediante el uso de un procedimiento probit. Los renacuajos de *Bufo arenarum* respondieron de manera dosis dependiente a las soluciones de concentraciones crecientes de HM y la mortalidad se observó siempre dentro de los primeros 30 minutos de exposición. La dosis letal media calculada a las 96 horas fue de 0,118 g/L y la concentración a la cual no se observaron efectos fue de 0,08 g/L. No se observaron efectos teratológicos en los renacuajos sobrevivientes ni en las ranas jóvenes. La mortalidad de los renacuajos fue dependiente de la concentración de HM a la que fueron expuestos. Los renacuajos de *Bufo arenarum* murieron a concentraciones menores de las utilizadas habitualmente en los ecosistemas agrícolas, por tanto, la contaminación química de la HM podría ser una de las responsables de la declinación de las poblaciones de anfibios.<sup>3</sup>

Larvas de la rana *Dendrosophus bogerti* fueron expuestas a cinco concentraciones letales (0,25; 0,3; 0,36; 0,43 y 0,51 mg/L) y cuatro subletales (0,02; 0,04; 0,08 y 0,10 mg/L) de cloruro de mercurio (HgCl<sub>2</sub>), con el fin de determinar la CL<sub>50</sub>, los efectos sobre el crecimiento y sobre la tasa de desarrollo.

La  $CL_{50}$  96 h del  $HgCl_2$  fue 0,41 mg/L. Se evidenció un efecto del Hg sobre el crecimiento (peso y longitud) a los 10 y 20 días de exposición a 0,04; 0,08 y 0,1 mg/L  $HgCl_2$  con un  $p < 0,001$ . En contraste, el peso y la longitud de los renacuajos expuestos a 0,02 mg/L  $HgCl_2$  no mostraron diferencias significativas con el control ( $p = 0,77$  y  $P = 0,1$ , respectivamente). La mayor inhibición del crecimiento se observó a los 30 días ( $p < 0,001$ ). En el tiempo para alcanzar el estadio 36 de Gosner se encontraron diferencias significativas en todos los ejemplares tratados con Hg con respecto al control ( $H = 35,4$ ,  $p < 0,001$ ). El retraso en el desarrollo puede estar relacionado con la alteración enzimática y en la naturaleza presenta consecuencias negativas en la sobrevivencia de los renacuajos debido a la rápida desecación de las charcas temporales y vulnerabilidad a depredadores. La especie *D. bogerti* es sensible a la exposición del mercurio en ambientes acuáticos, con efectos desfavorables sobre el crecimiento y la tasa de desarrollo.<sup>4</sup>

Para las pruebas de tolerancia al pH, diez embriones y diez renacuajos de cada especie fueron expuestos separadamente, con su réplica, a cada uno de cuatro tratamientos de pH ácidos y básicos, más el control (agua), en recipientes de vidrio de 2 L, con un litro de agua previamente dechlorada por aireación. Los tratamientos con el pH ácido fueron: 3,5, 4,5, 5,5 y 6,5, ajustados con ácido clorhídrico (HCl), para una serie de experimentos, y con ácido acético ( $CH_3COOH$ ), para otra serie de experimentos; los pH básicos fueron: 8,5, 9,5, 10,5 y 11,5 ajustados con hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de amonio ( $NH_4OH$ ) para las dos series de experimentos. Se evaluó la tolerancia al pH del agua en embriones y renacuajos de cuatro especies de anuros colombianos bajo condiciones de laboratorio. Las cuatro especies de estudio presentaron rangos de tolerancia a pH ácidos,  $DL_{50}$ , entre 4,0 y 5,88; y para pH básicos entre 8,97 y 10,31. De acuerdo con los valores Dosis Letal, *Engystomops pustulosus* fue la especie más sensible para sustancias básicas como ácidas, mientras que *Rhinella granulosa* fue la más tolerante a sustancias ácidas y *Rhinella marina* a las sustancias básicas. *Hypsiboas crepitans* presentó tolerancias intermedias al pH. Entre los embriones y renacuajos no se encontró una diferencia significativa en la respuesta al pH, pero en todas las especies hubo una mayor tolerancia al hidróxido de sodio y al ácido clorhídrico en comparación con el hidróxido de amonio y el ácido acético, respectivamente.<sup>5</sup>

La posibilidad de evaluar la toxicidad de distintas matrices con embriones de anfibio, permitió establecer límites de tolerancia con objetivos de la conservación de la biodiversidad y el ambiente. Comparando la susceptibilidad de los embriones expuestos al Funguicygon® a partir de dos blastómeros y opérculo cerrado se observa que la misma es mayor durante el desarrollo temprano que al inicio del periodo larval. Así, por ejemplo, el valor (no-observable-effect-concentration).NOEC-7d para la sobrevivencia es de 2 y 4 mg/L respectivamente. En cuanto a la CL 100-24 h la misma es de 6 mg/L para los embriones expuestos a partir de E.3 y entre 10-15 mg/L para los expuestos a partir de E.25. Este resultado implica que las larvas de *Bufo arenarum* son 2 veces más resistentes que los embriones frente a este tóxico. En cuanto a los efectos subletales, la NOEC fue menor a 0,5 mg/L en los embriones expuestos a partir de E.3, teniendo en cuenta las malformaciones y de 5-10 mg/L para los expuestos a partir de E.25, considerando los datos de las alteraciones en el comportamiento. La relación entre estos valores representa un aumento de 15 veces en la resistencia al fungicida en los embriones en E.25. Los resultados demuestran que este formulado comercial que resulta de una mezcla de tres ditiocarbamatos organometálicos puede caracterizarse como teratogénico para los embriones de *Bufo arenarum*. El mecanismo de acción de los ditiocarbamatos se produciría a través de sus metabolitos isotiocianatos, que interfieren.<sup>6</sup>

### **2.1.2 Nacionales**

En el estudio "Efectos de la contaminación ambiental por actividades petroleras sobre la flora y la fauna", de 2005; las investigaciones con bioensayos dieron los siguientes resultados: A concentraciones de 100 ppm de cloruros los peces presentaron reotaxis negativa, a 300 ppm incrementan considerable su apetito, a 500 ppm expresaron agresividad en las primeras horas. A concentraciones progresivas de 100 ppm de cloruros por hora demostraron una aparente aclimatación de los peces, inclusive hasta concentraciones de 1300 ppm. Pruebas toxicológicas con un dispersante químico de petróleo demostraron que concentraciones de 1800 ppm de este dispersante eran letales para el 100% de la población de peces, a las 12 horas.<sup>7</sup>

Se realizaron pruebas ecotoxicológicas para determinar los efectos del petróleo crudo, Diésel 2 y kerosene sobre el crecimiento poblacional de la diatomea *Chaetoceros gracilis*. Se determinó la concentración efectiva media (CE) a un

tiempo de exposición de 96 h, siendo más tóxica la solución con Diésel 2 (90 mg/L 150%), seguida de la solución con kerosene (98 mg/L) y la solución con petróleo crudo (867,5 mg/L). Además, se evaluó los efectos ocasionados en la tasa intrínseca del crecimiento poblacional y en la tasa de división de la especie expuesta a los tres compuestos.<sup>8</sup>

Para evaluar la toxicidad de tres fármacos (ibuprofeno, naproxeno y diclofenaco) con diferentes concentraciones en dos tiempos de exposición (24 y 48 horas) se construyeron 40 unidades de experimentales constituidas por envases de plástico de 1 litro, con la respectiva concentración de cada fármaco además de contar con unidades de control sin presencia de fármaco. En cada unidad experimental se colocó 10 unidades de estadios inmaduros de *Rhinella spinulosa* con un tamaño aproximado de 2 a 2,5 cm, en cada uno de los envases, para luego determinar la mortalidad generada durante las 24 y 48 horas de exposición. Los porcentajes de mortalidad para cada fármaco fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ), según las concentración de los fármacos, registrándose para el ibuprofeno mortalidades de 43,33 y 100% a 40,00 y 80 mg/L de concentración durante 24 horas y 40,00; 76,67 y 100% a 10,00; 20,00 y 40,00 mg/L de concentración a las 48 horas de exposición, para el naproxeno se obtuvo una mortalidad de 3,33 y 13,33% a 32,00 y 64,00 mg/L a las 24 horas y 23,33; 26,67; 50,00 y 73,33% a las 8,00; 16,00; 32,00 y 64,00 mg/L de concentración a las 48 horas de exposición, finalmente para el diclofenaco se registró mortalidades de 13,33 y 100,00% a 60,00 y 120,00 mg/L a las 24 horas y 23,33; 60,00, 90,00 y 100,00% a 15,00; 30,00; 60,00 y 120,00 mg/L a las 48 horas, mostrando así para los tres fármacos estudiados, que a medida que se incrementa la concentración, aumenta el porcentaje de mortalidad. La concentración letal media para los fármacos ibuprofeno, naproxeno y diclofenaco fueron de 68,6 mg/L, 106,6 mg/L y 120 mg/L respectivamente a las 24 horas de exposición y de 13,47 mg/L, 104,6 mg/L y 29,8 mg/L respectivamente a las 48 horas, mostrando así que la concentración letal media disminuye a medida que el tiempo de exposición se incrementa.<sup>9</sup>

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Toxicidad**

Es la respuesta de los organismos vivos sometidos a la acción de sustancias o desechos, que producen efectos adversos por la acumulación ya que no son debidamente eliminados, dando como resultado la muerte.<sup>10</sup>

Esta actividad permite juzgar acerca de la capacidad que posee una sustancia para poder actuar como nociva para un organismo vivo bajo unas determinadas condiciones.

### **2.2.2 Residuos químicos de pasta básica de cocaína**

Para la producción de pasta básica de cocaína (PBC) se emplean productos como gasolina, ácido sulfúrico o clorhídrico, carbonato de sodio, sal, entre otras sustancias tóxicas que constituyen los residuos químicos de pasta básica de cocaína, que desechados irresponsablemente permanecen muchos años afectando al ambiente.<sup>1</sup>

### **2.2.3 Concentración letal media (CL<sub>50</sub>)**

Concentración de la sustancia tóxica que genera el 50% de mortalidad de los organismos sometidos a su acción. Se expresa en mg o g de sustancia por litro, en un tiempo determinado de exposición.<sup>10</sup>

### **2.2.4. Tiempo de exposición**

Tiempo en el cual un conjunto de organismos es sometido a la acción de una sustancia con la finalidad de observar una respuesta (mortalidad).

### **2.2.5 Mortalidad**

Cantidad de muertos de los organismos sometidos a la acción de una sustancia tóxica en un determinado tiempo.

### **2.2.6 Porcentaje de mortalidad**

Frecuencia de individuos muertos o inmóviles en relación con el total de individuos sometidos a la acción de un agente químico.

## **2.3 Bases teóricas**

### **2.3.1 Toxicidad**

La toxicidad es la capacidad inherente de una sustancia química de producir efectos adversos en los organismos vivos. Efectos de deterioro de tipo funcional, lesiones patológicas que afectan el funcionamiento del organismo y reducen su capacidad de respuesta a factores de riesgo o estrés. De acuerdo con el tiempo de exposición para que se llegue a manifestar el efecto tóxico o de la duración del mismo, éstos se dividen en dos grupos: agudos y crónicos. También se considera tóxica una sustancia, si tiene el potencial de causar la muerte, lesiones graves, efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel. Se ha optado por una definición de toxicidad totalmente cualitativa para evitar análisis sofisticados de laboratorio para la clasificación de los residuos. Sin embargo, una definición más exacta requiere la

utilización de límites cuantitativos de contenido de sustancias tóxicas el uso de definiciones que establecen la  $LC_{50}$  (concentración letal media que mata al 50% de los organismos de laboratorio).<sup>10</sup>

El efecto tóxico es el producido por uno o varios agentes tóxicos sobre un organismo, población o comunidad que se manifiesta por cambios biológicos. Su grado se evalúa por una escala de intensidad o severidad y su magnitud está relacionada con la dosis (cantidad de sustancia administrada, expresada generalmente por unidad de peso corporal) o la concentración (sustancia aplicada en el medio) del agente tóxico.<sup>11</sup>

#### **a. Toxicidad acuática**

La toxicología acuática estudia los posibles efectos adversos de compuestos químicos y sus mezclas sobre organismos acuáticos en diferentes niveles de organización, desde el subcelular y organismos individuales hasta comunidades y ecosistemas.<sup>11</sup> La toxicología acuática se centra, básicamente, en aquellos efectos agudos y crónicos considerados como adversos tales como mortalidad, efectos sobre el crecimiento, reproducción, etc., así como de los procesos de recuperación de la biota cuando la exposición cesa.<sup>12</sup>

#### **b. Toxicidad en el medio acuático**

El incremento de la producción y uso de sustancias potencialmente tóxicas, y el papel del medio acuático como sumidero de muchas de ellas ha hecho que cada vez sea más necesario poder valorar los efectos de tales compuestos, no sólo sobre el hombre, sino también sobre los organismos y ecosistemas. La experiencia muestra que es menos costoso, económica y ambientalmente, prevenir la posible contaminación de un ecosistema que su posterior recuperación.<sup>13</sup>

La presencia de compuestos xenobióticos en el medio natural puede generar efectos considerables sobre otros compuestos que existen de manera natural en el medio, sobre componentes físicos y biológicos y/o sobre determinados procesos claves para la supervivencia del ecosistema. La magnitud de tales efectos depende de las propiedades fisicoquímicas del contaminante y sus metabolitos, la concentración de compuesto en el medio, la frecuencia de descarga y las propiedades de los propios ecosistemas.<sup>14</sup>

### **2.3.2 Bioindicadores**

Un bioindicador es característico de un medio ambiente, que cuando mide, cuantifica la magnitud del estrés, las características del hábitat y el grado de exposición o el grado de respuesta ecológica a la exposición.<sup>15</sup>



El empleo de bioindicadores en diversos países está enfocado no solo para medir la salud del ecosistema acuático, sino también para determinar el impacto potencial al ámbito humano, especialmente el económico. Con base a este último, se deben asociar al desarrollo sustentable, y por lo tanto la elección de un indicador necesariamente debe tener una escala amplia. Un bioindicador es un organismo selecto por el grado de sensibilidad o tolerancia a diversos tipos de contaminación o sus efectos. Los organismos acuáticos se pueden utilizar a distintas escalas dentro del monitoreo biológico, que de acuerdo con el tipo de análisis permite llegar a conclusiones que establezcan los destinos y usos del agua.<sup>15</sup>

### **2.3.3 Bioensayos**

Los bioensayos son experimentos que se realizan bajo condiciones controladas de laboratorio con el propósito de evaluar cualitativamente y cuantitativamente el efecto que los agentes xenobióticos que producen sobre organismos vegetales o animales cuidadosamente seleccionado estandarizadas.<sup>16</sup>

Los bioensayos de toxicidad son una herramienta intensamente utilizada en países desarrollados, con el objeto de evaluar en forma efectiva y eficiente los efectos tóxicos agudos y crónicos de la contaminación en los organismos vivos. En la práctica, esta técnica cuantifica la relación concentración-efecto de compuestos químicos conocidos o mezclas complejas, por medio de respuestas biológicas, medidas bajo condiciones controladas y estandarizadas.<sup>16</sup>

A continuación se detallan algunos bioensayos más frecuentes:

- Aplicación de las pruebas de toxicidad (bioensayos)

La toxicología tiene como objetivo el desarrollo de protocolos de ensayo como herramientas de predicción temprana y eficiente necesarias para definir los umbrales permitidos, con niveles aceptables las cuales servirán como guía para la toma de decisiones de las entidades reguladoras.<sup>17</sup>

Los bioensayos en cualquier método por medio del cual alguna propiedad de una sustancia o material, es medida en términos de la respuesta biológica que produce. El bioensayo, se emplea para determinar la toxicidad de las sustancias químicas con supuestas propiedades tóxicas.<sup>17</sup>

Para medir la toxicidad de las aguas de supuestos contaminantes con residuos químicos en lo que respecta a la vida biológica son los ensayos biológicos. La finalidad de los ensayos biológicos es:

- Determinar la concentración de un agua residual, que produzca la muerte de un 50% de los organismos de ensayo en un periodo de tiempo específico.
- Determinar la concentración máxima que no causa efecto aparente sobre los organismos de ensayo durante 48 horas.

El uso de bioensayos para la evaluación de toxicidad de las sustancias liberadas al medio a través de efluentes, ha llevado a la utilización de biomonitores propios de los ambientes evaluados, lo cual favorece indirectamente la preservación de la biodiversidad local.<sup>17</sup>

#### **a. Dosis letal media (DL<sub>50</sub>) y concentración letal media (CL<sub>50</sub>)**

El nivel de estímulo que causa una respuesta en el 50% de los individuos de una población bajo estudio, es un importante parámetro de caracterización denotado como DL<sub>50</sub> o como concentración letal media CL<sub>50</sub>. El periodo de tiempo durante el cual se expone el estímulo debe ser especificado, por ejemplo, 24 horas DL<sub>50</sub>, esto con el fin comparar y estimar la potencia relativa del estímulo. La determinación de la DL<sub>50</sub>, se utiliza para encontrar umbrales de toxicidad para determinadas sustancias; en el desarrollo de pesticidas se utiliza para determinar los límites de resistencia de insectos, por ejemplo, ante ciertos biocidas a concentraciones altas se puede llegar a correlacionar la bioactividad con el valor de la DL<sub>50</sub> y al mismo tiempo su grado de toxicidad.<sup>10</sup>

La concentración letal media, es la concentración, obtenida por estadística, de una sustancia de la que puede esperarse que produzca la muerte, durante la exposición o en un plazo definido después de ésta, del 50% de los animales expuestos a dicha sustancia durante un periodo determinado. El valor de la CL<sub>50</sub> se expresa en peso de sustancia por unidad de volumen de aire normal (miligramos por litro, mg/L). Mientras que Dosis Letal media es la dosis individual de una sustancia que provoca la muerte del 50% de la población animal debido a la exposición a la sustancia por cualquier vía distinta a la inhalación. Normalmente expresada como miligramos o gramos de material por kilogramo de peso del animal.<sup>18</sup>

#### **b. Determinación de la DL<sub>50</sub> y CL<sub>50</sub>**

Para la determinación de la DL<sub>50</sub> y/o el CL<sub>50</sub>, el primer paso es el conteo de los individuos muertos en cada solución y en el testigo, se corrigen las mortalidades mediante la fórmula de Abbott y paralelamente se utiliza otra corrección que se basa en el porcentaje de supervivencia de los individuos, esta corrección es utilizada en algunos procedimientos encontrados.<sup>18</sup>

A continuación, se tiene la fórmula de Abbott (1925) para corregir la mortalidad natural:

$$MC = \frac{X - Y}{100 - Y} (100)$$

Dónde:

MC = mortalidad corregida (%)

X = mortalidad en el tratamiento (%)

Y = mortalidad en el testigo (%)

En general cuando se obtiene más de 15% de mortalidad en el testigo, los resultados deben desecharse.<sup>19</sup>

#### **2.3.4 Estructura de la membrana celular en los organismos**

Toda célula conserva su estructura debido a la membrana que la restringe del medio externo. Es el principal control de la entrada y salida de sustancias de las células debido a su semipermeabilidad (absorción y expulsivo de compuestos), participa en el movimiento celular, regula las funciones bioquímicas y permite la comunicación con otras células.<sup>20</sup>

De acuerdo a los estudios realizados, la estructura y composición de la membrana consiste en una bicapa lipídica que están recubiertas en ambos lados con finas láminas de proteína (una capa de proteínas en contacto con el medio externo y otra capa de proteínas en contacto con el medio intracelular). Estas proteínas tienen la facilidad de cambiar la permeabilidad y las propiedades de resistividad de la membrana.<sup>20</sup>

##### **2.3.4.1 Movimiento de las toxinas en el organismo**

Cuando las toxinas ingresan al organismo, interaccionan en el nivel celular con un receptor específico, que suele ser una proteína. Cuando la concentración de la sustancia dentro de la célula es grande, los sitios receptores se saturan y se produce una respuesta tóxica máxima; cuando la concentración es baja, la respuesta es menor. Esta relación permite establecer a los toxicólogos qué dosis produce el efecto deseado sin ser tóxica, para fines terapéuticos.<sup>20</sup>

Para que una sustancia tóxica ejerza sus efectos en un ser vivo debe ponerse en contacto con el organismo. La piel en los animales y la corteza en las plantas son las barreras naturales que separan a los organismos del medio ambiente. Sin embargo, una vez que ingresa una toxina al organismo, por cualquier ruta, ésta es absorbida y distribuida por el torrente circulatorio hasta llegar a las células blanco, que son las que tienen los receptores para un compuesto químico específico. Los agentes tóxicos pueden eliminarse de la circulación al

ser excretados por el riñón, o quizá acumularse en los tejidos grasos, o bien biotransformarse en las células del hígado y otros órganos.<sup>20</sup>

#### **2.3.4.2 Mecanismo de acción del plomo**

El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhídrico, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas:<sup>20</sup>

- Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.
- Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.<sup>20</sup>
- Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.<sup>20</sup>
- Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular. Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad.<sup>20</sup>
- A nivel renal interfiere con la conversión de la vitamina D a su forma activa, hay inclusiones intranucleares en los túbulos renales, produce una tubulopatía, que en estadios más avanzados llega a atrofia tubular y fibrosis sin compromiso glomerular, caracterizándose por una proteinuria selectiva. En niños se puede ver un síndrome semejante al de Fanconi, con aminoaciduria, glucosuria e hipofosfatemia, sobre todo en aquellos con plumbemias altas.<sup>20</sup>
- El plomo se acumula en el espacio endoneural de los nervios periféricos causando edema, aumento de la presión en dicho espacio y finalmente daño axonal.<sup>20</sup>
- El plomo interfiere en la síntesis de globulina en los eritrocitos, bloquea la ferroquelatasa impidiendo la unión del hierro a la protoporfirina IX para formar el grupo hemo, por lo que la protoporfirina IX se une al zinc y forma la protoporfirina zinc, lo cual incrementa la concentración de dicha metaloporfirina dentro del glóbulo rojo y disminuye la hemoglobina, hecho que produce anemia normocítica e hipocrómica y aumento en la concentración de hierro sérico.<sup>20</sup>

- La acción inhibitoria del plomo sobre la enzima pirimidin-5-nucleotidasa es responsable de la reducción-degradación del ARN en los reticulocitos en vías de maduración y de la persistencia de las granulaciones basófilas.<sup>20</sup>

### 2.3.5 Taxonomía de *Erythroxylum coca* “coca”

Según Barriga,<sup>21</sup> la “coca” tiene la siguiente clasificación:

#### a. Clasificación taxonómica

Reino	: Plantae
Phylum	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Malpighiales
Familia	: Erythroxylaceae
Género	: Erythroxylum
Especie	: <i>Erythroxylum coca</i>
Nombre vulgar	: “Coca”

#### b. Descripción

La coca es un arbusto originario de los Andes que crece hasta 2,5 m de altura, de tallos leñosos y hojas elipsoidales, pequeñas y de color verde intenso. Sus flores son minúsculas y de color blanco. Sus frutos, de color rojo, tienen forma ovoide y miden alrededor de un centímetro. La cocaína, el alcaloide más importante presente en esta planta, posee propiedades estimulantes, anestésicas, terapéuticas y mitigadoras del apetito, la sed y el cansancio.<sup>21</sup>

#### c. Hábitat

Las condiciones idóneas para esta planta son los valles calientes y húmedos de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, entre 600 y 2000 metros de altitud con una temperatura promedio de 20 °C con humedad aproximada de 90%, con suelos arcillosos ricos en nitrógeno. Sin embargo, cultivos en altura fuera de ese rango son posibles en determinadas regiones. Incluso la coca crece bajo la sombra de grandes árboles en las regiones tropicales.<sup>22</sup>

### 2.3.6 Pasta básica de cocaína

La PBC, conocida también como, pasta de coca, pasta base, o simplemente pasta, es el producto intermedio en el proceso de extracción y purificación del clorhidrato cocaína, que es la forma de consumo de cocaína más extendida: polvo blanco que se inhala. Su elaboración consta de los siguientes pasos: primero se machacan las hojas de coca secas (del arbusto *Eritroxylum coca*, y se disuelven en agua. Luego se trata esa solución con gasolina, con ácido

sulfúrico y amoníaco. Por último, se filtra la solución, obteniéndose así una mezcla semisólida del color amarillento o grisáceo característico: la Pasta Base. Existen cerca de 250 variedades de la hoja de coca. Por ello es que las características de la PBC variarán dependiendo, entre otras cosas, de la cantidad de alcaloide que contenga las hojas utilizadas.<sup>11</sup>

### **2.3.6.1 Insumos químicos utilizados para la elaboración de pasta básica de cocaína**

Los insumos químicos son sustancias químicas utilizadas en el procesamiento en fase extractiva o de síntesis de drogas ilícitas, actuando como precursores o siendo esenciales en dicho proceso. Estos insumos son sustancias químicas potencialmente peligrosas, ya que son inflamables, explosivos, corrosivos y tóxicos. Como son volátiles y por ende de combustión rápida; generan explosiones cuando se evaporan y se mezclan con el aire u otros agentes. Así tenemos por ejemplo que la acetona, el éter etílico, la gasolina, el permanganato de potasio, el ácido sulfúrico y el ácido clorhídrico, estos últimos que al contacto con metales generan hidrógeno gaseoso, el cual es altamente explosivo. Son también corrosivos porque producen irritaciones y quemaduras químicas en la piel, en las mucosas de los ojos, pulmones y bronquios. Por último, son tóxicos porque su ingesta ocasiona intoxicaciones agudas, lesiones y daños irreversibles, llegando a causar la muerte por ingestión e inhalación, como es el caso el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, hidróxido de amonio, hidróxido de sodio, permanganato de potasio, hipoclorito de sodio y el benceno.<sup>23</sup>

Los Insumos Químicos Fiscalizados que se utilizan en la elaboración de las drogas en el Perú son los siguientes:

- **Ácido sulfúrico:** Conocido también como sulfato de hidrógeno, aceite de vitriolo, óleum, es una sustancia que se usa como sustituto del ácido nítrico. Es utilizado para extraer la cocaína de las hojas de coca y en la conversión de la pasta bruta en PBC.<sup>23</sup>
- **Acetona:** Es un solvente que los traficantes de drogas utilizan en la elaboración de la pasta básica de cocaína al clorhidrato de cocaína, en caso de no contar con la acetona pueden ser sustituidas por el éter, metilisobutil cetona, thinner, alcohol isopropílico.<sup>23</sup>
- **Ácido clorhídrico:** Es utilizado generalmente como precursor, porque no tiene sustitutos, para la obtención de los clorhidratos de algunas sustancias ilegales, como el clorhidrato de cocaína.<sup>23</sup>

- **Carbonato de sodio:** Se emplea para preparar pasta básica de cocaína bruta, cocaína básica y otras sustancias, neutralizando el efecto del ácido. Tiene como sustitutos al óxido de calcio, carbonato de calcio, bicarbonato de sodio, carbonato de potasio, hidróxidos de sodio y potasio e hidróxido de amonio. Tiene forma de cristales transparentes o polvo blanco cristalino, es inodoro, cambia el papel tornasol del rojo al azul, si se le añade jugo de limón hace efervescencia.<sup>23</sup>
- **Carbonato de potasio:** Se le emplea como alcalizante en la preparación de pasta de coca, cocaína básica y otras sustancias de elaboración clandestina. Conocido también como potasa cáustica, sal tártara, cenizas de perla. Tiene como sustituto al óxido de calcio, carbonato de calcio, bicarbonato de sodio, etc.<sup>23</sup>
- **Hipoclorito de sodio:** Usado como oxidante en la purificación de la cocaína, a veces como sustituto del permanganato de potasio. Conocido como lejía. Puede ser sustituido por agua oxigenada.<sup>23</sup>
- **Gasolina:** Es una mezcla de hidrocarburos líquidos incoloros, volátiles y fácilmente inflamables, obtenidos en la destilación y craqueo del petróleo. Es utilizado en la extracción de la cocaína en su fase inicial como solvente para extracción.<sup>23</sup>
- **Óxido de calcio:** Es una materia alcalina que se emplea en la preparación de pasta de coca, cocaína básica y otras sustancias, y puede ser de dos maneras, como material alcalinizante, que con el agua solubiliza la cocaína, y como material de limpieza permitiendo que las partículas inorgánicas que están suspendidas en la solución rica de cocaína se precipiten.<sup>23</sup>

### 2.3.6.2 Elaboración de pasta básica de cocaína

La elaboración de la PBC se realiza en laboratorios construidos en zonas aledañas a los cultivos de coca, siendo indispensable disponer de corrientes de agua en el proceso de extracción del alcaloide cocaína, reciclaje de solventes, lavado de equipos y disposición de desechos del procesamiento químico de la hoja.<sup>24</sup>

Quienes elaboran la PBC siempre se apoyan en las propiedades fisicoquímicas del alcaloide y ponen especial cuidado en la diferencia de solubilidad, según se trate del alcaloide o de sus sales.<sup>24</sup>

Al respecto, la Dirección Antidrogas de la Policía Nacional del Perú (DIRANDRO, 2012) hace notar que hoy existen diferentes métodos para procesar las hojas de

coca y obtener PBC. El método tradicional es el conocido como método de extracción con solvente, sin embargo, el método de extracción con ácido es el más utilizado hoy, probablemente porque utiliza menor cantidad de solvente. A continuación, se describen parcialmente estos dos procedimientos (se omiten los enlaces químicos clave).<sup>24</sup>

#### **a. Procedimiento de extracción con solvente**

Las hojas de coca, frescas o secas, se depositan en la poza de maceración, se espolvorean con cal y se cubren con agua; luego se realiza el pisado durante 4 a 6 horas, y finalmente se dejan reposar por 24 horas.<sup>24</sup>

Posteriormente, se drena la solución obtenida a una segunda poza de extracción, agregando un solvente (generalmente gasolina), luego se agita fuertemente por 30 minutos, favoreciendo el paso de la cocaína base al solvente gasolina; y se reposa 10 minutos.<sup>24</sup>

Después, se separa el solvente (gasolina) en un bidón de plástico, se le agrega una solución de ácido sulfúrico diluido y se agita por 10 minutos, aproximadamente. En la fase ácida se forma el sulfato de cocaína, que es soluble en medio ácido; el solvente (gasolina) se suele emplear para otra extracción. Posteriormente, se agrega hidróxido de amonio a la solución de sulfato de cocaína y se agita intensamente generando una solución lechosa. Finalmente se precipita la PBC, filtrándola a través de una tela de tejido fino, para eliminar el agua. La solución pasa entonces a la fase de secado.<sup>24</sup>

#### **b. Procedimiento de extracción con ácido**

Se ponen las hojas de coca secas en la poza de maceración, y se cubren con una solución diluida de ácido sulfúrico. Luego se drena la solución ácida a la poza de extracción, agregando una solución de hidróxido de calcio, con lo que se obtiene un aspecto lechoso. La extracción se suele hacer con gasolina; así se separa la gasolina y se agrega ácido sulfúrico diluido. La gasolina viene luego reutilizada en otro proceso de extracción.<sup>24</sup>

La solución de ácido sulfúrico que contiene el sulfato de cocaína se traslada a un envase de plástico y se le agrega la solución de hidróxido de amonio. La solución se torna lechosa y se precipita la PBC, se completa el proceso eliminando el exceso de agua para pasar al secado.<sup>24</sup>



### **2.3.6.3 Contaminación del agua debido a la elaboración de la pasta básica de cocaína**

Cada año se aplican en los cultivos de coca 800.000 litros de insecticidas, fungicidas y herbicidas. A ello se suman los productos químicos que se usan para transformar la coca en pasta básica de cocaína. Millones de litros de ácido sulfúrico, óxido de calcio, permanganato de potasio, combustible y otros productos altamente tóxicos se emplean en este proceso, que suele hacerse en pozas de maceración ocultas en la selva. Irremediablemente, estos insumos terminan arrojados en el ambiente y acaban en los ríos. Algunos estudios han revelado concentraciones elevadas de metales tóxicos como plomo, cadmio y cobre en las aguas de los ríos ubicados en zonas típicamente cocalleras, como el valle del Huallaga, al norte del país, y la cuenca de los ríos Apurímac y Ene, al sur.<sup>1</sup> La magnitud de xenobióticos liberados en los ecosistemas es elevada. Sin embargo, no existen estudios sobre niveles de contaminación ni de la persistencia de los contaminantes en el medio. Se conoce que la mayor parte de las sustancias indicadas son resistentes a la biodegradación y degradación hidrolítica o fotolítica.<sup>25</sup>

### **2.3.7 Contaminación de los ecosistemas acuáticos continentales**

La contaminación es la introducción en un medio cualquiera de un contaminante, es decir, la introducción de cualquier sustancia o forma de energía con potencial para provocar daños, irreversibles o no, en el medio inicial, así mismo al cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente y que puede afectar la vida humana y de otras especies. La presencia en el ambiente, por acción del hombre, de cualquier sustancia química, objetos, partículas, microorganismos, formas de energía o componentes del paisaje urbano o rural, en niveles o proporciones que alteren la calidad ambiental y, por ende, las posibilidades de vida.<sup>17</sup>

#### **a. Contaminación del agua por productos químicos**

La agricultura es uno de los mayores consumidores de los recursos hídricos, luego de sus diferentes usos y aplicaciones sus efluentes retoman a los cursos de aguas superficiales o subterráneas conteniendo grandes cantidades de sales, nutrientes y productos agroquímicos, que también contribuye al deterioro de la calidad.<sup>17</sup>

Los problemas del agua se centran tanto en la calidad como en la cantidad. La comunidad debe conocer la importancia de la "calidad" y esa misma comunidad

debe encargarse de su cuidado y preservación. Los primeros en contaminar las aguas son los pesticidas, llevados hasta los ríos por la lluvia y la erosión del suelo, cuyas partículas vuelan hacia los ríos o el mar contaminándolos. Además, los campos pierden fecundidad por abuso de las técnicas agrícolas. La sal acarreada en el invierno desde las rutas hasta los ríos es otro factor envenenante.<sup>25</sup>

#### **b. Efecto de la contaminación sobre los organismos acuáticos**

Los organismos vivos que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, también presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así frente a una determinada alteración se encuentran organismos “sensibles” que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como “intolerantes”, mientras que otros, que son “tolerantes” no se ven afectados. Si la perturbación llega a un nivel letal para los intolerantes, estos mueren y su lugar es ocupado por poblaciones tolerantes.<sup>27</sup>

#### **2.3.8 Rangos de tolerancia de los organismos**

Cada especie en particular gracias a su conformación genética específica, está en la capacidad de sobrevivir únicamente dentro de determinados rangos ambientales. Aquellas que pueden soportar grandes espectros fisicoquímicos reciben el nombre de euritípicas y por ello se presentan en un gran número de regiones geográficas o están ampliamente dispersas dentro de un mismo ecosistema. Contrariamente, las especies estenotípicas son aquellas cuyos rangos de tolerancia ambiental son estrechos y por ello son indicadoras de una condición fisicoquímica concreta. De este modo, la presencia de una de estas especies señala condiciones ambientales particulares, o al encontrarse una variable fisicoquímica en un rango definido, se sugiere su presencia o ausencia.<sup>16</sup>

#### **2.3.9 Metales pesados**

Están constituidos por elementos de transición y post-transición incluyendo algunos metaloides como el arsénico y selenio. Estos elementos tienen una gravedad específica significativamente superior a la del sodio, calcio, y otros metales ligeros. Por otro lado, estos elementos se presentan en diferente estado de oxidación en agua, aire y suelo y presentan diversos grados de reactividad, carga iónica, solubilidad en agua y su densidad que es por lo menos cinco veces mayor que la del agua.<sup>28</sup>

Los metales más importantes que son considerados como contaminantes y tóxicos son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn).<sup>28</sup>

### **2.3.10 Características físico químicas de las aguas naturales**

Las principales características fisicoquímicas que se pueden determinar en las aguas son:

#### **a. Sólidos disueltos totales**

Las corrientes transportan materiales, principalmente sólidos disueltos o sólidos suspendidos. Los primeros se refieren a la materia orgánica en forma iónica y los segundos, a la materia orgánica como detritus y de origen aluvial como restos de rocas, arcilla, arena y similares. Los sólidos suspendidos pueden verse a simple vista como pequeñas partículas y son los que dan turbiedad al agua. Desde el punto de vista ecológico, aguas con elevadas cantidades de sólidos disueltos indican alta conductividad que puede ser un factor limitante para la vida de muchas especies por estar sometidas a una alta presión osmótica. Por su parte un alto contenido de sólidos en suspensión o alta turbiedad, también es limitante para el ecosistema acuático ya que impide el paso de los rayos solares, daña y tapona el sistema de intercambio gaseoso en los animales acuáticos destruyendo así su hábitat natural.<sup>29</sup>

#### **b. Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica en una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad de conducir la corriente eléctrica, esta capacidad depende de la presencia de iones en el agua, de su concentración total, de su movilidad, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición.<sup>30</sup>

#### **c. pH**

El pH es una expresión del carácter ácido o básico de un sistema acuoso. En un sentido estricto, es una medida de la “actividad del ión hidrónico” en un sistema acuoso, en un sentido práctico, es una medida de la “concentración molar del ión hidronio” en un medio acuoso. Los conceptos de pH, alcalinidad y acidez se relacionan mutuamente debido a que el pH de la muestra, se utiliza como criterio para determinar si la capacidad amortiguadora de la muestra se ha de medir en función de su acidez o en función de su alcalinidad; en este sentido los conceptos de pH, acidez y alcalinidad, se asemejan mucho a los de temperatura y calor.<sup>30</sup>

En disolución acuosa, la escala de pH varía, típicamente, de 0 a 14. Son ácidas las disoluciones con pH menores que 7 (el valor del exponente de la concentración es mayor, porque hay más iones en la disolución) y las disoluciones alcalinas presentan pH superiores a 7. Si el disolvente es agua, el pH = 7 indica el carácter neutro de la disolución.<sup>31</sup>

#### **d. Alcalinidad**

Este parámetro está íntimamente ligado con las formas en la cual se encuentran el dióxido de carbono. Cuando el CO<sub>2</sub> penetra en el agua, rápidamente se hidrata formando el ácido carbónico. La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos (capacidad amortiguadora), esto es atribuible en gran medida a los bicarbonatos, hidróxidos y carbonatos. Es por esta característica que las aguas naturales tienen la capacidad de resistir a los cambios radicales de pH.<sup>27</sup>

#### **e. Dureza Cálctica y Magnésica**

El calcio es un elemento importante en las aguas continentales (quinto en abundancia) y es el resultado del poder solvente del agua sobre las rocas calcáreas con las que pone en contacto. Se presenta principalmente bajo la forma de carbonato de calcio y está relacionada con la concentración del ion catión Ca<sup>++</sup>, alcalinidad, pH, temperatura y concentración total de sólidos disueltos. El calcio está muy relacionado con la dureza del agua y es importante para los seres vivos: nutriente en el metabolismo de las plantas superiores, para las membranas celulares, para la formación de estructuras calcáreas. El magnesio es requerido por las plantas por ser parte estructural de la clorofila como integrante de enzimas. En aguas naturales se presentan en concentraciones que van de 5 a 50 mg/L. Los carbonatos en aguas duras están presentes por lo general como CaCO<sub>3</sub> en una proporción de más del 95%, con una presión parcial de CO<sub>2</sub> normal. La determinación de la dureza de las aguas es un espacio importante para la evaluación de los ecosistemas acuáticos, debido a que el calcio y magnesio, están directamente involucrada en la productividad primaria de dichos ecosistemas.<sup>32</sup>

#### **f. Cloruros**

Los cloruros ocupan un tercer lugar del porcentaje de los aniones en el agua, estos por lo general expresan la salinidad, por lo mismo es un factor importante en la distribución geográfica de los organismos. La determinación de los cloruros es una prueba relativamente sencilla: se utiliza el cromato de potasio como

indicador (amarilla) y se titula con nitrato de plata hasta la obtención de un color anaranjado o rojo ladrillo.<sup>27</sup>

#### **g. Dureza total**

En las aguas continentales está determinada por la concentración de metales alcalinotérreos originados por depósitos calcáreos de la superficie terrestre. Los iones de calcio y magnesio se combinan fácilmente con los bicarbonatos y carbonatos, dando origen a la dureza temporal y con los sulfatos, cloruros, nitratos lo que se conoce como dureza permanente. Debido a que en las aguas naturales los iones más comunes son los de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  la dureza se define como la concentración de estos iones expresados como carbonato de calcio.<sup>27</sup>

#### **2.3.11. Anfibios**

Los anfibios son organismos que se caracterizan por su dependencia de los cuerpos de agua, por tener un ciclo de vida complejo, y por poseer una gran sensibilidad fisiológica ante las condiciones ambientales.<sup>33</sup>

##### **2.3.11.1 Renacuajos**

Se denomina renacuajos a las larvas de los anfibios anuros. En ese estado respiran mediante branquias externas (o internalizadas) y residen permanentemente en el agua. Las larvas de los anuros carecen de patas, y poseen una larga cola con la que nadan como la mayoría de los peces, por ondulación lateral. Nacen con branquias externas, pero éstas quedan pronto internalizadas por el desarrollo del opérculo, hasta quedar encerradas en un saco branquial que comunica con el exterior sólo por el espiráculo. Cuando un renacuajo alcanza la madurez necesaria, sufre una metamorfosis en la que gradualmente crecen sus patas y absorben su cola por apoptosis (muerte celular controlada). Los renacuajos de los anuros son fundamentalmente herbívoros, con una especial adaptación para raer superficies, para lo que están dotados de filas de dientecillos en torno a la boca (los dientes labiales). En la práctica se comportan como omnívoros, siempre capaces de adaptarse aceptablemente una vida carnívora, llegando unas pocas especies a practicar el canibalismo si las condiciones son muy duras.<sup>34</sup>

En el estado larval de los anuros se distinguen claramente en tres períodos (excepto en el *Alytes*) que son:

- Primer período: comprende desde la eclosión hasta la operculación;
- Segundo período (renacuajo (cabezón) propiamente dicho), desde la formación del espiráculo hasta la aparición de los miembros posteriores; y

- Tercer período, o final del período larval, el de la metamorfosis.<sup>34</sup>

**a. Primer período:**

A su salida de las cubiertas del huevo, la larva se halla en las condiciones más rudimentarias, en ella se distinguen tres regiones: cabeza, cuerpo y cola. La cabeza posee en su parte inferior un órgano de adhesión formado por una o dos eminencias llamadas impropriamente “chupadores”; su cola mal desarrollada no le permite desplazarse, por lo que se fija con sus “chupadores” a los restos de las cubiertas del huevo, a las plantas acuáticas o a las paredes del acuario; incapaz de alimentarse por sí misma, se desarrolla a expensas de sus reservas nutritivas (vitelo) almacenadas en la parte ventral del cuerpo; así desarrolla las branquias externas, en los lados posteriores de la cabeza; la boca adquiere labios, se abre el ano y la cola desarrolla las membranas, comenzando a comer vorazmente con dieta vegetariana. Las branquias externas comienzan a cubrirse por un repliegue de la piel, llamado opérculo, atrofiándose, al mismo tiempo que se desarrollan las branquias internas que quedan cubiertas completamente por el opérculo, dejando solamente un orificio, el espiráculo, por donde sale el agua después de haber bañado las branquias internas.<sup>34</sup>

**b. Segundo periodo**

Es el de mayor duración, tiene la forma característica del renacuajo o cabezón; cabeza y tronco confundidos en una sola masa y la cola. La boca adquiere un pico córneo y los labios se revisten de pequeños dientes córneos, visibles con ayuda de una lente, cuya disposición tiene gran importancia en la determinación de las especies. Se hallan dispuestos en series, y cada serie consta de una, dos o tres filas de dientes. La notación de las series se hace por un quebrado, en el que la cifra del numerador representa el número de series existentes en la mandíbula superior, y la del denominador, el de las series de la mandíbula inferior.<sup>34</sup>

**c. Tercer período**

La aparición de los miembros posteriores señala el comienzo de la metamorfosis. Durante este período, crítico, se realizan cambios bruscos en la estructura y función de diversos tejidos y órganos. Aquí, la larva suspende su alimentación por autólisis y reabsorción desaparecen ciertos tejidos y órganos; como las branquias y la cola; se desarrollan nuevas estructuras, como los párpados y las extremidades; los ojos se abultan; el intestino se acorta, los pulmones constituyen el principal órgano respiratorio; la boca se ensancha y

provee de lengua. Todos estos cambios son correlativos al cambio de su hábitat, que de acuático, pasa a terrestre, y al de su alimentación, que de vegetariana pasa a carnívora; convirtiéndose así en joven anuro terrestre.<sup>34</sup>

### **2.3.12. Rhinella spinulosa**

El sapo espinoso, es una especie de anfibio anuro propio de Sudamérica, vive en el altiplano andino Chileno, Argentino, Peruano y Boliviano. Es de tamaño mediano, de 5 a 12 centímetros de largo. Es de hábitos preferentemente nocturnos, aunque se ve de día si está nublado o lluvioso. En invierno se oculta bajo las piedras, en las orillas de arroyos y charcos o se refugia en los barrancos. Se alimenta de insectos y lombrices. Posee una piel rugosa de color verde pardusco, mientras las hembras ocasionalmente tienen manchas. Se reproduce al término del período de lluvia altiplánica, a fines de febrero. Deposita sus huevos en pozas de agua, donde se desarrollan los renacuajos.<sup>34</sup>

#### **2.3.12.1 Clasificación taxonómica**

Según Puentes,<sup>34</sup> el “sapo espinoso” tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Animalia

Phylum: Chordata

Clase : Amphibia

Orden : Anura

Familia: Bufonidae

Género: Rhinella

Especie: *Rhinella spinulosa*

Nombre vulgar: “Sapo espinoso”

#### **2.3.13. Determinación de metales en aguas**

Existen muchas técnicas instrumentales que permite cuantificar iones metálicos en aguas. La más utilizada y común es la de adsorción atómica, que requiere efectuar muchos ensayos y mayor tiempo para cuantificar diversos metales; en la actualidad se utiliza la técnica de la espectroscopia de emisión atómica denominado espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). La espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente es una técnica importante para el análisis elemental de metales. Esta técnica se caracteriza por ser multielemental, ya que puede leer hasta 70 muestras al mismo tiempo y puede analizar muchos elementos de la tabla periódica.<sup>35</sup>

El plasma de acoplamiento inductivo (ICP) surgió como fuente de excitación en espectroscopia de emisión atómica (OES). Este plasma es generado cuando se dirige la energía de un generador de frecuencia de radio hacia un gas apropiado, generalmente argón, aunque también se puede utilizar otros gases como son helio y nitrógeno; es importante que estos gases sean puros ya que si tuvieran algún contaminante pueden apagar la antorcha.<sup>35</sup>

La espectroscopia de emisión atómica es un proceso en el que se mide la luz emitida por un átomo o ion en estado excitado. La emisión de luz se produce cuando una cantidad suficiente de energía eléctrica o térmica, actúa sobre un átomo libre o ión; luego retorna a su configuración estable o estado fundamental, emitiendo energía en forma de luz de una longitud de onda específica de cada elemento.<sup>35</sup>

## **2.4 MARCO LEGAL**

La normatividad legal peruana en materia de calidad ambiental distingue dos instrumentos complementarios, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).

### **2.4.1. Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)**

En el Artículo 98° menciona que la conservación de los ecosistemas se orienta a conservar los ciclos y procesos ecológicos, a prevenir procesos de su fragmentación por actividades antrópicas y a dictar medidas de recuperación y rehabilitación, dando prioridad a ecosistemas especiales o frágiles.

### **2.4.2. Código Penal**

En sus artículos 304° y 305° prohíben la contaminación por vertimiento de residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza con infracción de las normas ambientales y por encima de los límites máximos permisibles, que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos. El Artículo 307° prohíbe el vertimiento de desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir con las normas sanitarias y de protección al ambiente.

### **2.4.3. Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)**

Regula el uso y gestión integrada de los recursos hídricos, que comprende agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a ésta. Según el ordenamiento legal peruano el agua es un recurso natural renovable que constituye patrimonio de la Nación y es un bien de uso público, cuya administración solo puede ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común,



la protección ambiental y el interés de la Nación. En consecuencia, no hay propiedad privada sobre el agua, correspondiendo al Estado la asignación de derechos patrimoniales a particulares, condicionado a su disponibilidad.

El agua cuya regulación es materia de la Ley mencionada comprende lo siguiente:

- Los ríos y sus afluentes, desde su origen natural;
- La que discurre por cauces artificiales;
- La acumulada en forma natural o artificial;
- La que se encuentra en las ensenadas y esteros;
- La que se encuentra en los humedales y manglares;
- La que se encuentra en los manantiales;
- La de los nevados y glaciares;
- La residual;
- La subterránea;
- La de origen minero medicinal;
- La geotermal;
- La atmosférica; y
- La proveniente de la desalación

#### **2.4.4. Estándares nacionales de calidad ambiental**

Un Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos o 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.

##### **2.4.4.1. Estándares nacionales de calidad ambiental para el agua (D.S. N° 004 – 2017-MINAM)**

Establece el grado o el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente, estos ECA son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en los diseños de normas legales y las políticas públicas, siendo también obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Las categorías de los ECA para agua son las siguientes:

### **Categoría 1. Poblacional y recreacional**

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Incluye las aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección; las que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; y las que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. Aguas superficiales destinadas para recreación. Incluye las de contacto primario y las de contacto secundario.

### **Categoría 2. Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales**

- Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras. Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras.
- Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras
- Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras.
- Extracción de actividades hidrobiológicas en lagos o lagunas.

### **Categoría 3. Riego de vegetales y bebidas de animales**

- Riego de vegetales: agua para riego no restringido y para riego, restringido.
- Bebida de animales: Utilizadas para bebida de animales mayores y menores.

### **Categoría 4. Conservación del ambiente acuático**

Están referidos a aquellos cuerpos naturales de agua superficiales, cuyas características requieren ser preservadas por formar parte de ecosistemas frágiles o áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento.

Dentro de esta categoría se tienen los siguientes con sus respectivas definiciones:

- **Lagunas y lagos:** Comprenden todas las aguas que no presentan corriente continua, corresponde a aguas en estado lentic, incluyendo humedales.
- **Ríos:** Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección.
- **Ríos de la costa y sierra:** aquellos ríos y sus afluentes comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, por encima de los 600 m.s.n.m.
- **Ríos de la selva:** aquellos ríos y sus afluentes comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes; incluyendo las zonas meándricas.

- **Ecosistemas costeros y marinos:** Se conocen dos tipos, ellos son:  
**Estuarios:** zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos, hasta el límite superior del nivel de marea; incluye marismas y manglares.  
**Marinos:** zona de la mar comprendida desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

**Tabla 1.** Parámetros físico químicos para diferentes orígenes de agua en su condición de cuerpo receptor.

PARÁMETROS FÍSICO Y QUÍMICOS	UNID.	LAGUNAS Y LAGOS	RIOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTERAS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIO	MARINOS
<b>FÍSICOS QUÍMICO</b>						
Aceites y grasa (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Total	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(uS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo Total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco (NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	total mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Tota	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)		≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤25	≤100	≤400	≤100	≤30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ	Δ2	Δ2
<b>INORGANICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05

Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,0050	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,0	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004 0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	3	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4-DDD Y 4,4-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036 0,000003	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	8	0,0000036	0,0000036
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	8	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes termotolerantes	NMP/100m L	1000	2000	2000	1000	2000

Fuente: Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (D.S. N° 004-2017).

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos – N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresar en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )

$\Delta 3$ : Significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

NOTA:

- EL símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

#### 2.4.5. Límites máximos permisibles

Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Los LMP son valores de cumplimiento obligatorio y son medidos en la propia descarga.

##### 2.4.5.1 Límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos (D.S. N° 037-2008-PCM)

De acuerdo al artículo 1, en la tabla N° 2 se reportan los Límites Máximos Permisibles (LMP) de Efluentes Líquidos para las Actividades del Subsector Hidrocarburos.

**Tabla 2.** Límites máximos permisibles de efluentes líquidos para el subsector hidrocarburos.

Parámetro regulado	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
	(mg/L) (concentraciones en cualquier momento)
Arsénico	0,2
Fenoles para efluentes de refinerías FCC	0,5
Sulfuros para efluentes de refinerías SCC	1,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	50
Demanda Química de Oxígeno ( DQO)	250
Cloro residual	0,2
Nitrógeno amoniacal	40
Coliformes Totales (NMP/100ml)	< 1000
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	<400
Fósforo	2,0
Bario	5,0
pH	6,0-9,0
Aceites y grasas	20
Plomo	0,1
Incremento de Temperatura *	< 3 °C

\*Es el incremento respecto a la temperatura ambiental de acuerdo al cuerpo receptor medida a 100 m de diámetro del punto de vertido.

**Tabla 3.** Límites máximos permisibles de algunas sustancias químicas para el subsector hidrocarburos.

Parámetro regulado	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES(mg/L) (concentraciones en cualquier momento)
	Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH)
Cloruro	500 (a ríos, lagos y embalses) 2000 (estuarios)
Cromo Hexavalente	0,1
Cromo Total	0,5
Mercurio	0,02
Cadmio	0,1

### 2.4.5.2 Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-Metalúrgicos (D.S. N° 010-2010 MINMAM)

**Tabla 4.** Límites máximos permisibles para para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-Metalúrgicos

PARÁMETRO	UNID.	LÍMITE EN CUALQUIER MOMENTO	LÍMITE PARA EL PROMEDIO ANUAL
pH		6-9	6-9
Sólidos suspendidos	(mg/L)	50	25
Aceites y grasas	(mg/L)	20	16
Cianuro total	(mg/L)	1	0,8
Arsénico Total	(mg/L)	0,1	0,08
Cadmio Total	(mg/L)	0,05	0,04
Cromo hexavalente (*)	(mg/L)	0,1	0,08
Cobre Total	(mg/L)	0,5	0,4
Hierro Disuelto	(mg/L)	2	1,6
Plomo Total	(mg/L)	0,2	0,16
Mercurio total	(mg/L)	0,002	0,0016
Zinc Total	(mg/L)	1,5	1,2

(\*) EN MUESTRA NO FILTRADA

- Los valores indicados en la columna “Limite en cualquier momento” son aplicables a cualquier muestra colectada por el Titular Minero, el Ente Fiscalizador o la Autoridad Competente, siempre que el muestreo y análisis hayan sido realizadas de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Agua y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas.
- Los valores indicados en la columna “Promedio Anual” se aplican al promedio aritmético de todas las muestras recolectadas durante el último año calendario previo a la fecha de referencia, incluyendo las muestras recolectadas por el Titular Minero y por el Ente Fiscalizador siempre que estas hayan sido recolectadas y analizadas de conformidad por el Protocolo de Monitoreo de Agua y Efluentes del Ministerio de Energía y Minas.

### 2.4.5.3. Límites máximos permisibles y valores referenciales para actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel (D.S. N° 003-2002- PRODUCE)

**Tabla 5.** Límite Máximo Permissible de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre.

PARÁMETROS	CEMENTO		CERVEZA		PAPEL		CURTIEMBRE	
	En curso	Nueva	En curso	Nueva	En curso	Nueva	En curso	Nueva
pH	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	6-9	5,0-8,5	5,0-8,0
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	35	35
Sólidos Sus.	50	30	50	30	100	30	50	30
Tot. (mg/L)								
Aceites y grasa (mg/L)			5	3	20	10	25	20
DBO5 (mg/L)			50	30		30	50	30

DQO <sub>5</sub> (mg/L)	250	50	50	250	50
Sulfuro (mg/L)				1	0,5
Cromo VI (mg/L)				0,3	0,2
Cromo Total (mg/L)				2,5	0,5
Coliformes fecales, NMP/100 mL				4000	1000
N-NH <sub>4</sub> (mg/L)				20	10

\* En curso: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que a la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo se encuentran operando.

\*\* Nueva: Se refiere a las actividades de las empresas de los subsectores cemento, papel y curtiembre que se inicien a partir de la fecha de vigencia del presente Decreto Supremo.

#### **2.4.5.4. Límites máximo permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (D.S. N° 003- 2010- MINAM)**

**Tabla 6.** Límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS</b>
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	10, 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6,5 – 8,5
Sólidos Totales en Suspensión	ml/L	150
Temperatura	° C	<35





### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación de la zona de recolección de muestra**

Las pozas de maceración de la hoja de coca estuvieron localizados en la zona del Valle Rio Apurímac (VRA), se colectó 5 L de residuo líquido de elaboración de pasta básica de cocaína de la región de Ayacucho, de la provincia de La Mar, Distrito Anco, Centro Poblado de Unión Progreso, de la Localidad de San Martín.

##### **3.1.1. Ubicación política**

Región : Ayacucho

Provincia : La Mar

Distrito : Anco

Localidad : San Martín

##### **3.1.2. Ubicación geográfica**

La Localidad de San Martín se encuentra ubicada en el Centro Poblado de Unión Progreso, a tres minutos del Rio Apurímac.

##### **3.1.3. Coordenadas proyectadas (UTM)**

Este : 660530

Norte : 8568934

Altitud : 702 m.s.n.m.

#### **3.2 Lugar de ejecución del experimento**

El trabajo de investigación se ejecutó en el área de Acuicultura e Hidrobiología ubicado en las instalaciones del Parque Zoológico “La Totorilla”, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

##### **3.2.1 Ubicación política**

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Jesús Nazareno

Lugar : Parque Zoológico “La Totorilla”

### 3.2.2. Ubicación geográfica

El Parque Zoológico “La Totorilla” (PZ “LT”) se encuentra ubicado en el kilómetro 1.5 de la Vía de Evitamiento Juan Pablo II, a diez minutos de la plaza Mayor de Huamanga, ubicado al Noreste de la capital de la provincia del mismo nombre.

### 3.2.3. Coordenadas Geográficas:

Latitud sur : 13° 09' 26"

Longitud oeste : 74° 13' 22"

### 3.2.4. Coordenadas proyectadas (UTM)

Este : 0624044

Norte : 8616591

Altitud : 2675 m.s.n.m.

Zona de Vida : estepa espinosa – Montano Bajo Subtropical (ee – MBS)

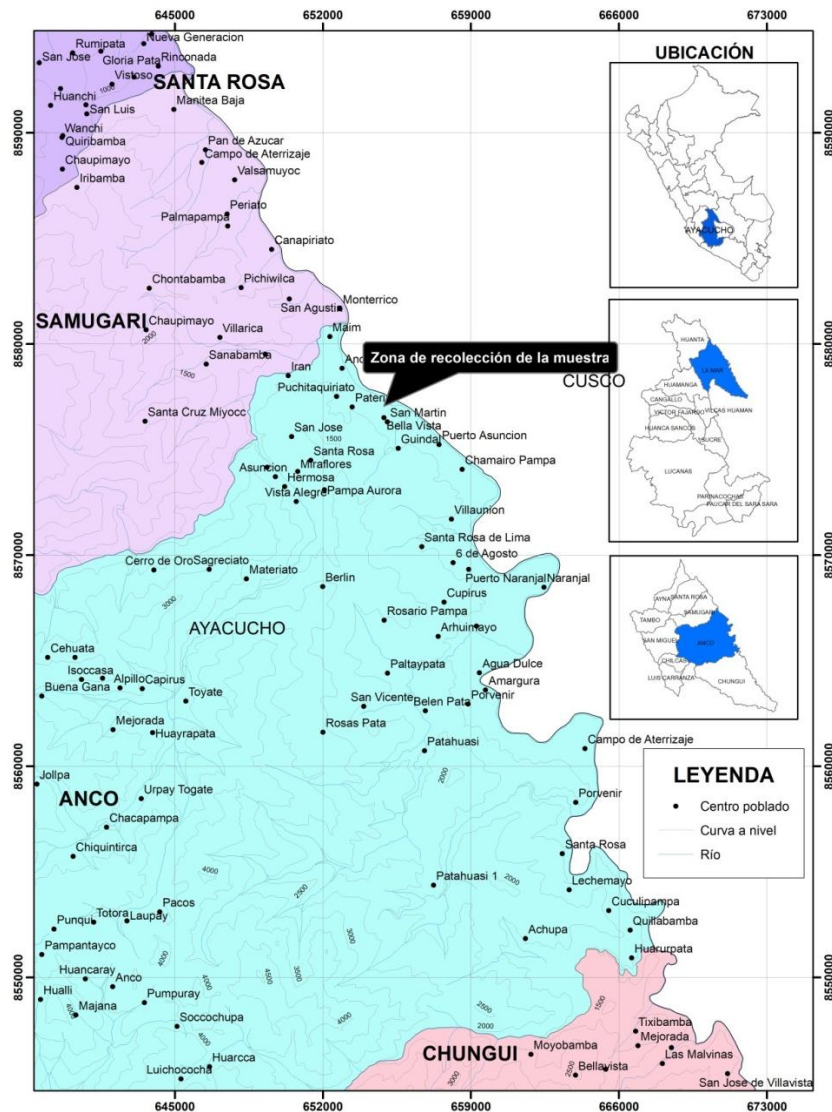


Figura 1. Mapa de ubicación política de recolección de muestra

### **3.3. Tipo de investigación**

El tipo de investigación realizado fue exploratorio, efectuado sobre una actividad ilegal, poco estudiado científicamente, contribuyendo a obtener conocimiento científico, ya que se desconoce los efectos de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína sobre los organismos acuáticos, tomándose como modelo a los renacuajos de *Rhinella spinulosa*, para lo cual se realizó el estímulo creciente de volúmenes de muestra de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína y se adecuó a un diseño experimental.

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1 Población**

Volumen de una poza de maceración que contiene residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína ubicada en la localidad de San Martín del valle río Apurímac (VRA).

#### **3.4.2 Muestra**

Cinco litros de residuo líquidos de etapa final del proceso de elaboración de pasta básica de cocaína, la misma que fue dividida de la siguiente manera para llevar a cabo tres actividades diferentes:

- a. Volumen de 1 L para análisis de metales.
- b. Volumen de 1 L para el análisis de características fisicoquímicas.
- c. Volumen de 3 L para la etapa experimental.

La muestra se colectó luego de la intervención policial de varias pozas de maceración de la hoja de coca en la zona del Valle Río Apurímac (VRA), en la provincia de La Mar, distrito de Anco, localidad de San Martín.

#### **3.4.3 Sistema de muestreo**

Una vez realizado la intervención policial de varias pozas de maceración de hoja de coca, un personal de la intervención recogió 5 L con volúmenes de dos y tres litros en cada botella de plástico de residuo químico líquido de elaboración de pasta básica de cocaína, el sistema de muestreo empleado fue no probabilístico, por conveniencia.

#### **3.4.4. Unidad experimental**

Recipiente de plástico que contienen 1 L de agua de clorada con los diferentes volúmenes de muestra de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína y 10 renacuajos de *Rhinella spinulosa* del segundo periodo<sup>34</sup>

### **3.5. Metodología y recolección de muestras**

La recolección realizada de muestras de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína por el personal de intervención se colectó de la zona del Valle Rio Apurímac (VRA) luego se trasladó a la ciudad de Ayacucho para las pruebas de experimento y la recolección de renacuajos de *Rhinella spinulosa* fueron obtenidos del río Muyurina – Ayacucho.

#### **3.5.1 Recolección de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína.**

La recolección de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína realizado por el personal de intervención recolectó en dos botellas de plástico transparentes directamente de los pozos de maceración de la hoja de coca, luego fueron separadas en cinco botellas transparentes donde al primer frasco de un litro se añadió 1 mL de ácido nítrico como preservante para el análisis de metales pesados y a los cuatro siguientes frascos no se añadió ningún preservante, posteriormente se colocó en una caja de tecnoport para su transporte. Para el análisis del contenido de metales se realizó mediante la técnica de espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) en un laboratorio en la ciudad de Lima.

#### **3.5.2. Obtención de renacuajos de *Rhinella spinulosa***

Los estados inmaduros de *Rhinella spinulosa* fueron obtenidos del río Muyurina - Ayacucho con la ayuda de un recipiente de 500 mL fueron capturados y trasvasados a un balde de 10 L en varias oportunidades hasta alcanzar una cantidad de 300 renacuajos, esta actividad se realizó en horas de la mañana.

#### **3.5.3. Acondicionamiento de los renacuajos antes del experimento**

Una vez arribado los renacuajos de *Rhinella spinulosa* al área de peces del Parque Zoológico “La Totorilla” fueron incorporados a una bandeja de plástico de 30 cm x 25 cm con altura de 5 cm con contenido de agua de clorada 24 horas antes de efectuarse el experimento, para evitar que las excretas y restos orgánicos interfiera en los resultados del experimento.

#### **3.5.4. Preparación de las soluciones de residuos químicos de la elaboración de pasta básica de cocaína.**

Se tuvo que probar diferentes volúmenes de muestra antes del experimento, ya que no se contaban con volúmenes recomendadas para residuos químicos de la elaboración de pasta básica de cocaína. Por ello se realizó pruebas piloto, a partir de los cuales se determinó los volúmenes de muestra que se muestran en la Tabla 7.

Por otro lado se consideró que los tratamientos estuvieran constituidos por recipientes conteniendo cuatro volúmenes crecientes de residuos químicos de la elaboración de pasta básica de cocaína más un testigo, para obtener resultados que represente mejor los hallazgos.

**Tabla 7.** Disposición de los recipientes con diferentes volúmenes de muestra de residuos químicos de la elaboración de pasta básica de cocaína.

Recipiente	N° de individuos (renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> )	volúmenes de residuos químicos de PBC.(mL/L)
Testigo	10	0
1	10	3,2
2	10	7,5
3	10	12,5
4	10	25

La prueba piloto se realizó en el ambiente del laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica, UNSCH.

### 3.5.5. Preparación de las unidades experimentales

Para realizar los bioensayos de toxicidad se emplearon 25 recipientes de plástico de 1 L de capacidad, en los cuales con una probeta se incorporó 1 L de agua declorada para obtener un volumen exacto, en el espacio sobrante del recipiente se agregó diferentes volúmenes de los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína y 10 renacuajos (número recomendado para estudios de toxicidad en la que se emplea como modelos a organismos como insectos, anfibios y peces)<sup>2</sup>. Con la finalidad de minimizar el efecto de la luz solar y de las lluvias, así mismo se evitó la presencia de personas ajenas al experimento que pueda causar disturbios se realizó en un ambiente aislado del Parque Zoológico “L T” en el el área de Acuicultura e Hidrobiología. Cabe señalar que, se considera la existencia de cuatro volúmenes de muestra para cada tratamiento. Una vez incorporados los individuos de *Rhinella spinulosa* en los envases conteniendo los volúmenes de muestra respectivas de los residuos.

**Tabla 8.** Distribución de las unidades experimentales según los volúmenes de muestra de residuo químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína.

Recipiente	N° de individuos (renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i> )	Volúmenes de residuos químicos de PBC.(mL/L)	Total de recipientes
Testigo	10	0	5
1	10	3,2	5
2	10	7,5	5
3	10	12,5	5
4	10	25	5

### **3.5.6. Recolección de datos**

El instrumento empleado para la recolección de datos fue la observación, se realizaron las inspecciones cada 12 horas, considerándose como primera lectura a las 7 horas del día siguiente, con la finalidad de determinar el número de renacuajos muertos en cada recipiente, para el cual con la ayuda de unas brochetas se tocaron aquellos renacuajos inmóviles, si en el caso de seguir inmóvil, fueron considerados como muertos y extraídos de las unidades experimentales, las inspecciones se realizaron con el mismo procedimiento a las 24 y 48 horas, registrándose datos tal como se observa en el Anexo 1.

### **3.6. Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron utilizados para la construcción de una matriz de datos en el software Excel, para luego ser exportados a MINITAB 16, a partir de los cuales se crearon tablas y figuras en los que se presentan estadísticos de tendencia central y de dispersión. Con la finalidad de comparar las mortalidades registradas de los renacuajos en los cuatro tratamientos (residuo químico de pasta básica de cocaína en cuatro volúmenes crecientes) más un testigo, se empleó el análisis de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no mostraron distribución normal. Para la estimación de la Concentración Letal Media ( $CL_{50}$ ), se empleó la metodología de Probit para el cual se empleó el software MINITAB 16 para realizar los análisis estadísticos señalados.

#### **IV. RESULTADOS**





**Tabla 9.** Características químicas de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína comparadas con valores de LMP de PTAR. Ayacucho, 2015.

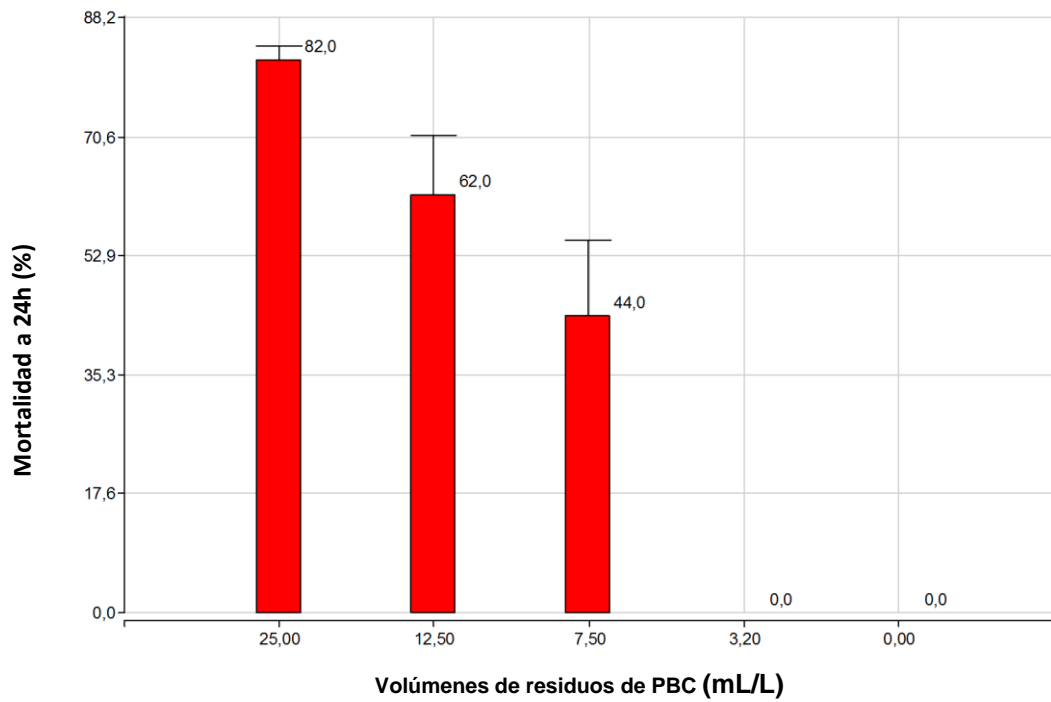
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	LMP DE PTAR
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	983,0	-
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/L	>30	-
Alcalinidad total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	138,0	-
Cloruro	mg Cl <sup>-</sup> /L	74,98	-
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	80,0	-
Dureza cálcica	mg/L Ca	76,0	-
Dureza magnésica	mg/L Mg	4,0	-
pH		9,51	6,5 – 8,5
Conductividad eléctrica	µs/cm	1967,0	-

LMP DE PTAR: Límites máximo permisibles de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.

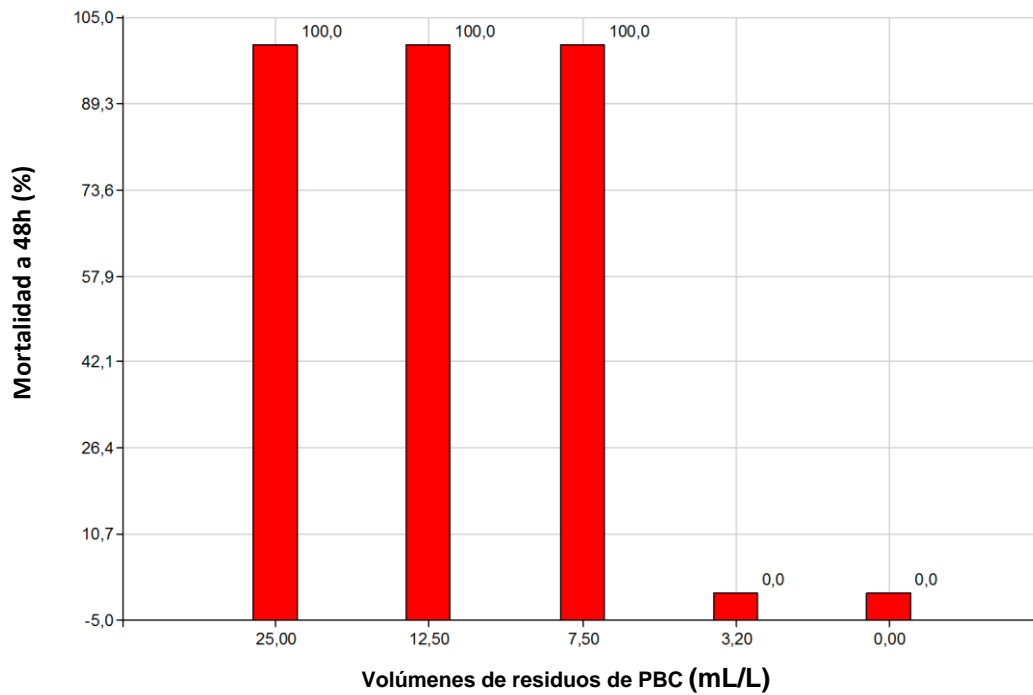
**Tabla 10.** Valores de la concentración de metales en los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína comparados con valores de LMP y ECA. Lima 2015.

<b>Elemento</b>	<b>Concentración (mg/L)</b>	<b>LMP minero-metalúrgicos (mg/L)</b>	<b>ECA para ríos de la selva (mg/L)</b>
Aluminio (Al)	1,014	-	-
Arsénico (As)	<0,046	1	0,15
Boro (B)	0,295	-	-
Bario (Ba)	0,138	-	1
Calcio (Ca)	71,805	-	-
Cadmio (Cd)	<0,008	-	0,00025
Cerio (Ce)	0,021	-	-
Cobalto (Co)	<0,009	-	-
Cromo (Cr)	<0,0207	-	0,011
Cobre (Cu)	0,077	1	0,1
Hierro (Fe)	1,475	2	-
Mercurio (Hg)	<0,028	-	0,0001
Potasio (K)	977,66	-	-
Litio (Li)	0,007	-	-
Magnesio (Mg)	91,025	-	-
Manganeso (Mn)	0,038	-	-
Molibdeno (Mo)	<0,059	-	-
Sodio (Na)	752,14	-	-
Níquel (Ni)	0,127	-	0,052
Plomo (Pb)	4,532	0,4	0,0025
Fosforo (P)	0,004	-	0,05
Antimonio (Sb)	<0,048	-	-
Selenio (Se)	<0,038	-	0,005
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	96,926	-	-
Estaño (Sn)	<0,029	-	-
Estroncio (Sr)	1,513	-	-
Titanio (Ti)	0,006	-	-
Talio (Tl)	<0,03	-	0,0008
Vanadio (V)	<0,01	-	-
Zinc (Zn)	0,705	3	0,12

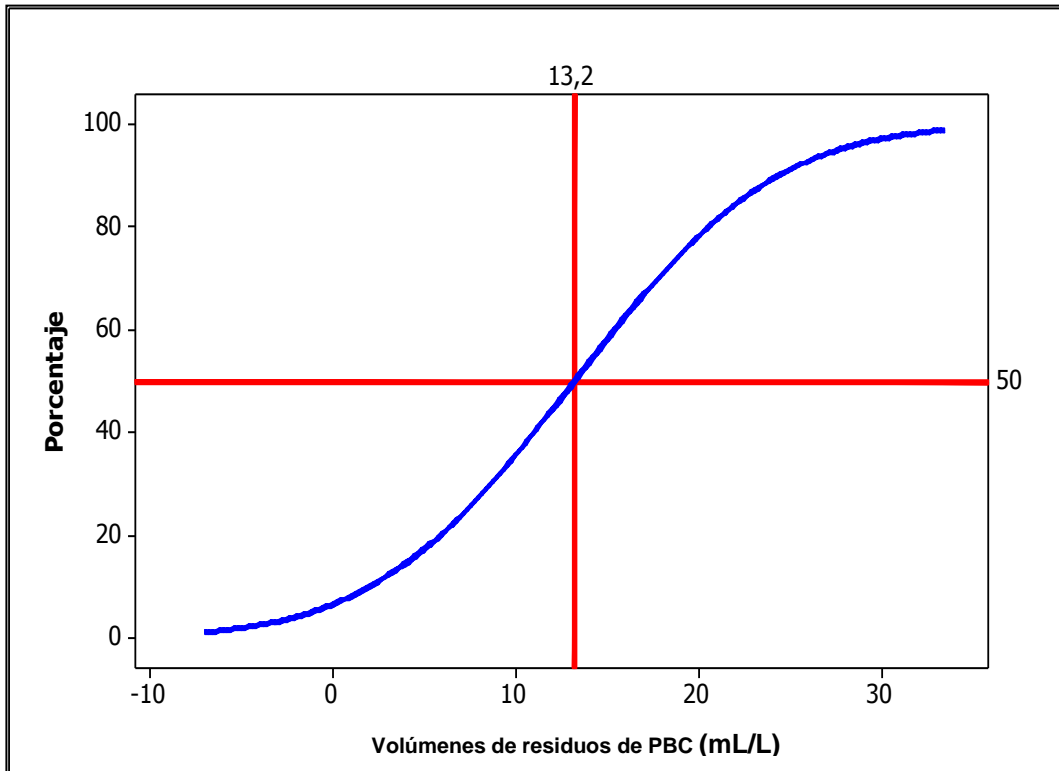
LMP: Límites Máximo Permisibles.



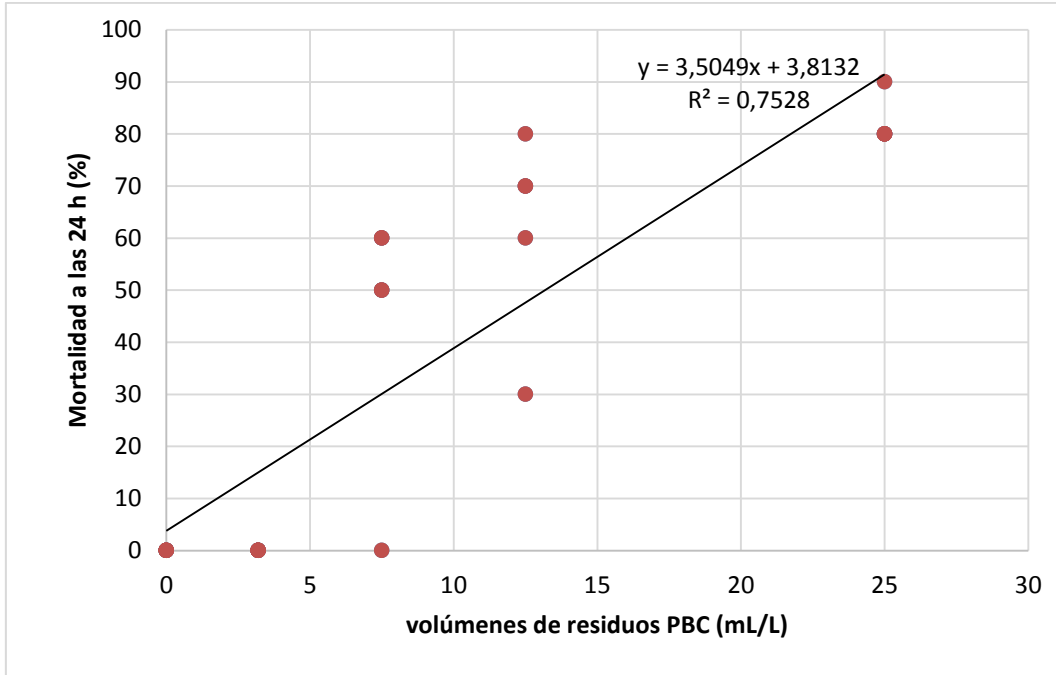
**Figura 2.** Porcentaje de mortalidad (promedio y desviación típica) de renacuajos de *Rhinella spinulosa* a las 24 horas de exposición en cuatro volúmenes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína. Ayacucho, 2015.



**Figura 3.** Porcentaje de mortalidad acumulada (promedio y desviación típica) de renacuajos de *Rhinella spinulosa* a las 48 horas de exposición en cuatro volúmenes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína. Ayacucho, 2015.



**Figura 4.** Tendencia de mortalidad de renacuajos de *Rhinella spinulosa* en función de los volúmenes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína y el valor de la concentración letal media (CL<sub>50</sub>) a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.



**Figura 5.** Ajuste a una tendencia lineal de la mortalidad de renacuajos de *Rhinella spinulosa* en función de los volúmenes de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína a las 24 horas de exposición. Ayacucho, 2015.

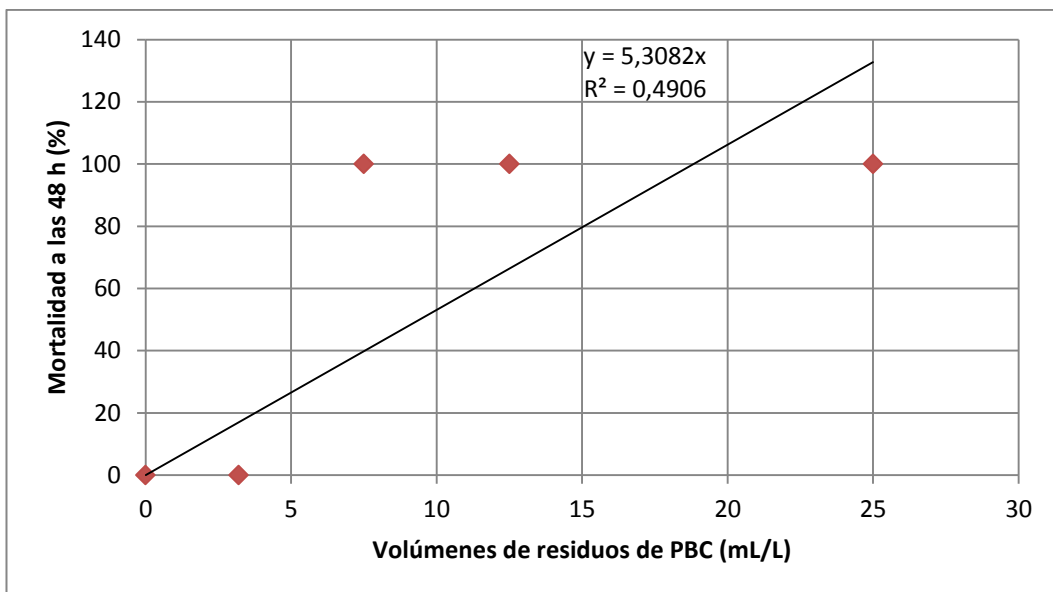


Figura 6. Ajuste a una tendencia lineal de la mortalidad acumulada de renacuajos de *Rhinella spinulosa* en función de los volúmenes de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína a las 48 horas de exposición. Ayacucho, 2015.





## V. DISCUSIÓN

En la tabla 9, se observa los valores de algunas propiedades químicas de residuos químicos líquidos derivados de la elaboración de pasta básica de cocaína. El valor hallado de la conductividad de los residuos químicos de pasta básica de cocaína fue de 1967,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  valor que supera los establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (D.S. N° 004–2017-MINAM) de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Se entiende que se obtuvo una mayor conductividad por la presencia de iones de sodio, calcio, magnesio, potasio y comparado con el límite máximo permisible de PTAR con pH de 6,5 a 8,5 el pH del residuo químico líquido de la elaboración de pasta básica de cocaína sobrepasa este valor obteniéndose pH de 9,51; la mayor presencia de sodio, calcio, potasio es por el uso de sal de cocina, óxido de calcio, bicarbonato de sodio, cemento para la extracción del alcaloide.

En la tabla 10, se observa los valores de la concentración de metales en los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína. Lo hallado se debe que, para los procesos de fabricación de pasta básica de cocaína se utilizan distintos tipos de insumos químicos como ácido sulfúrico, bicarbonato de sodio, carbonato de potasio, hipoclorito de sodio, amoníaco, gasolina, óxido de calcio, entre otros.<sup>23</sup>

Se suele hacerse en pozas de maceración ocultas en la selva. Irremediablemente, estos insumos terminan arrojados en el ambiente y acaban en los ríos. Algunos estudios han revelado concentraciones elevadas de metales tóxicos como plomo, cadmio y cobre en las aguas de los ríos ubicados en zonas típicamente cocalleras, como el valle del Huallaga, al norte del país, y la cuenca de los ríos Apurímac y Ene<sup>1</sup>. La concentración determinados por plasma de acoplamiento inductivo (ICP) de algunos metales en los residuos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína son Mercurio (Hg) con  $< 0,028 \text{ mg/L}$ ;

Níquel (Ni) con 0,127 mg/L; Plomo (Pb) con 4,532 mg/L; Selenio (Se) con < 0,038 mg/L; Talio (Tl) < 0,03 mg/L y Zinc (Zn) con 0,705 mg/L; que comparados con los valores establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua de la categoría 4 (D.S. N° 004 – 2017- MINAM) se encuentran fuera de lo establecida como el Mercurio (Hg) con 0.0001 mg/L; Níquel (Ni) con 0.052 mg/L, Plomo (Pb) con 0,0025 mg/L; selenio (Se) con 0,005 mg/L ; Talio (Tl) con 0,0008 mg/L y Zinc (Zn) con 0,12 mg/L. Los valores de los límites máximo permisible para efluentes líquidos minero-metalúrgicos (valor en cualquier momento) como del plomo es 0,4 mg/L son superiores a los obtenidos de los residuos químicos de pasta básica de cocaína. Se entiende que hay un riesgo significativo para las personas y el ambiente cuando los valores de ECA superan lo establecido de la norma legal. El calcio en aguas naturales se presenta en concentraciones que van de 5 a 50 mg/L, este valor es superado por los residuos químicos de pasta básica de cocaína cuya concentración es de 71,805 mg/L porque , para su extracción del alcaloide de la hoja de coca se usa sustancias que contienen al calcio como el óxido de calcio o cal apagada; el calcio presente en aguas naturales se presenta principalmente bajo la forma de carbonato de calcio y está relacionada con la concentración del ion catión  $Ca^{++}$ , alcalinidad, pH, temperatura y concentración total de sólidos disueltos. El calcio está muy relacionado con la dureza del agua y es importante para los seres vivos: nutriente en el metabolismo de las plantas superiores, para las membranas celulares, para la formación de estructuras calcáreas<sup>32</sup>. Los valores de concentración de sodio y potasio también son altos en los resultados obtenidos por (ICP) debido a su incorporación de sal, de cocina, cal y bicarbonato de sodio durante la elaboración de pasta básica de cocaína.

En la figura 2, se muestra el porcentaje de mortalidad de renacuajos de *Rhinella spinulosa* a las 24 horas de exposición en 25 mL/L; 12,50 mL/L; 7,50 mL/L y 3,20 mL/L de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína. Se observa, que la mortalidad a las 24 horas se incrementa a medida que los volúmenes de los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína también se incrementen, es así que a volúmenes de 3,20; 7,50; 12,50 y 25 mL/L se registra mortalidades de 0%, 44%, 62% y 82% respectivamente. Resalta el hecho de que, en el volumen de 3,20 mL/L de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína no se registró mortalidad, lo que indica que hay una tolerancia al medio por los

renacuajos; en el testigo no se registró mortalidad, lo que indica que la mortalidad de renacuajos en el experimento fue por la presencia de los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína. Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis (se empleó esta prueba debido a que los datos no mostraron distribución normal, tal como se observa en la tabla del anexo 2), se halló significancia estadística ( $p < 0,05$ ) nos permite afirmar que los porcentajes de mortalidad registrados difieren según de los volúmenes de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína a las 24 horas de exposición, al realizar la jerarquización en función de la magnitud de la mortalidad, el volumen de 7,50 mL/L originó menor mortalidad en los renacuajos en comparación con los volúmenes de 12,50 mL/L y 25 mL/L. Por otro lado, resalta el hecho de que a un volumen de 3,20 mL/L no originó mortalidad alguna. El resultado descrito, claramente nos indica que al haber un mayor volumen de los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína en el medio donde se hallan los renacuajos, mayor es el efecto negativo, produciendo mayor mortalidad, esto debido a que los residuos afectan directamente las branquias de los renacuajos por donde realizan el intercambio gaseoso, siendo los renacuajos sensibles por estar en una etapa de desarrollo fisiológico.<sup>36</sup> Los anfibios son organismos que se caracterizan por su dependencia de los cuerpos de agua, por tener un ciclo de vida complejo, y por poseer una gran sensibilidad fisiológica ante las condiciones ambientales.<sup>36</sup> Todos estos factores hacen que sean uno de los grupos más afectados por las alteraciones de su entorno y, en consecuencia, son considerados como importantes bioindicadores ambientales<sup>35</sup>. Sin embargo, diferentes especies parecen ser más sensibles que otras ante los cambios del entorno, como los generados por el pH, e incluso entre diferentes estadios de desarrollo, ya que se ha encontrado que los embriones son más sensibles al pH que las larvas.<sup>37</sup> Es importante considerar que el incremento de las concentraciones de sustancias tóxicas, en las poblaciones expuestas generara mayor mortalidad.<sup>38</sup> El efecto mencionado se podría deberse a que los residuos químicos al ser tóxico y en los volúmenes probadas, es suficiente un tiempo de exposición mínimo para generar mortalidades mayores.<sup>38</sup> El magnesio es un cofactor en numerosas reacciones enzimáticas. Es esencial para el funcionamiento de la bomba de sodio-potasio ATPasa. Actúa como un bloqueante fisiológico del canal de calcio y bloquea la transmisión neuromuscular. La toxicidad del magnesio es rara, pero los efectos colaterales

resultantes de una administración demasiado rápida incluyen enrojecimiento, transpiración, bradicardia leve, e hipotensión. La hipermagnesemia puede producir disminución de los reflejos, parálisis, colapso circulatorio, parálisis respiratoria. la intoxicación por magnesio genera un aumento de la destrucción celular o movilización acelerada del potasio hacia las células y la excreción disminuida de potasio en el cuerpo generando un desequilibrio de los iones transporte de iones a nivel celular de los renacuajos.<sup>37</sup> Siendo los metales pesados como ( $\text{Cd}^{+2}$ ,  $\text{Hg}^{+2}$  y  $\text{Pb}^{+2}$ ) ácidos de Lewis blandos que se unen a bases blandas los que actúan sobre bases de cisteína en las proteínas con radicales  $\text{RS}^-$  estableciendo de esta manera su toxicidad en los seres vivos.<sup>39</sup> En el caso de baja exposición al plomo existe un equilibrio entre el aporte del tóxico y su eliminación; pero una vez pasado un cierto nivel, la eliminación del plomo no se corresponde con el grado de la carga corporal del metal producido y acumulado y comienza el riesgo de intoxicación. El nivel referido depende no solamente del grado de exposición al plomo, sino también de la edad y de la integridad de órganos importantes para su metabolismo y eliminación. El plomo tiene gran afinidad por los grupos sulfhídrico, en especial por las enzimas dependientes de zinc. El mecanismo de acción es complejo; en primer lugar el plomo interfiere con el metabolismo del calcio, sobre todo cuando el metal está en concentraciones bajas, el plomo altera el calcio de las siguientes formas: reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.; activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares; se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante; inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio intracelular. Finalmente esta alteración a nivel del calcio traería consecuencias en la neurotransmisión y en el tono vascular lo que explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad. El plomo se puede acumular en un solo individuo o bien entrar a una cadena trófica en la que va a alterar el metabolismo de los organismos vegetales y animales, una vez que el plomo ha ingresado al torrente sanguíneo es llevado a todos los tejidos blandos tales como el sistema nervioso, hígado, riñón y páncreas. Las sustancias genotóxicas se adhieren al DNA o atacando a las enzimas las cuales generan funciones vitales en la célula, provocando con esto el desarrollo anormal de las células y creando crecimientos anormales nuevos en la célula y

cuando estas células se reproducen pueden llegar a generar tumores. Para el estudio de daño genotóxico y teratogénico, resultan adecuados los bioindicadores, por presentar mucha sensibilidad y resistencia a los contaminantes, como lo son los renacuajos, a pesar de su corta vida.<sup>40</sup>

En la figura 3, se muestra el porcentaje de mortalidad acumulada de renacuajos de *Rhinella spinulosa* a las 48 horas de exposición en 25 mL/L; 12,50 mL/L; 7,50 mL/L y 3,20 mL/L de residuos químicos de la elaboración de pasta básica de cocaína, registrados a las 48 horas de exposición en los cuatro volúmenes. Tal como se había señalado anteriormente, se observa que la mortalidad se incrementa a medida que los volúmenes de los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína aumenta, sin embargo a partir del volumen de 7,50 mL/L la mortalidad es del 100%, sólo en el volumen de 3,20 mL/L no se registró mortalidad alguna. Al realizar la prueba estadística de Kruskal-Wallis para comparar la mortalidad registrada en los diferentes volúmenes, a las 48 horas de exposición, se halló significancia estadística ( $p < 0,05$ ) la misma que se puede observar en el Anexo 3. Esto nos permite afirmar de la existencia de evidencia que los porcentajes de mortalidad registrados difieren según a los volúmenes de los residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína. Al realizar la categorización en función de los valores promedios de mortalidad registrados, los volúmenes de 3,20 mL/L de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína, no originó mortalidad en los renacuajos, mientras que los mayores volúmenes de 7,50 mL/L; 12,50 mL/L y 25 mL/L) originaron mortalidad del 100%.

Algunos organismos acuáticos tienen la capacidad de acumular sustancias ajenas su organismo sin que estos les causen daños aparentes. Es así que, las concentraciones de sustancias tóxicas pueden ingresar a la cadena alimenticia causando daños considerables.<sup>6</sup>

En la figura 4, se muestra la tendencia de mortalidad de renacuajos de *Rhinella spinulosa* en función de los volúmenes de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína y el valor de la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) a las 24 horas de exposición estimada mediante la técnica de Probit. Se observa que la mortalidad se incrementa a medida que el volumen de los residuos químicos líquidos de elaboración de pasta básica de cocaína se incrementa; también se observa que a un volumen de 13,2 mL/L teóricamente el 50% de los estados inmaduros de *Rhinella spinulosa* sometidos a la acción de los residuos químicos

de elaboración de pasta básica de cocaína, mueren a las 24 horas de exposición, lo que se interpreta que, cuanto más es el tiempo de exposición a una sustancia tóxica, causará mayor efecto tóxico (Anexo 4). Los metales de número atómico elevado, como Cadmio, Cobre, Cromo, Hierro, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, y Zinc, entre otros, son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación si la exposición es a largo plazo produce necrosis que genera una mayor cantidad de desechos tisulares.<sup>6</sup>

En la figura 5, se muestra el ajuste a una tendencia lineal de la mortalidad de renacuajos de *Rhinella spinulosa* en función de los volúmenes de residuos químicos de pasta básica de cocaína a las 24 horas de exposición. Al incremento del volumen de residuos de pasta básica de cocaína es mayor la mortalidad. Es importante considerar que el incremento de las concentraciones de sustancias tóxicas, en las poblaciones expuestas generara mayor mortalidad. Para que un compuesto produzca un efecto tóxico en un determinado órgano, primero debe alcanzar una concentración adecuada en ese lugar.<sup>38</sup>

En la Figura 6 se tiene una tendencia lineal de la mortalidad acumulada de renacuajos de *Rhinella spinulosa* en función de los volúmenes de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína a las 48 horas de exposición. La mortalidad de los renacuajos de *Rhinella spinulosa* es del 100% a los siguientes volúmenes de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína 7,50 mL/L; 12,50 mL/L y 25 mL/L; lo que se interpreta que, los renacuajos de *Rhinella spinulosa* no toleran por más de 48 horas a un volumen mayor de 7,50 mL/L. Es importante considerar que el incremento de los volúmenes de sustancias tóxicas, en las poblaciones expuestas generara mayor mortalidad. Para que un compuesto produzca un efecto tóxico en un determinado órgano, primero debe alcanzar una concentración adecuada en ese lugar.<sup>38</sup>

De acuerdo a los resultados obtenidos por Rayme son similares las mortalidades de renacuajos de *Rhinella spinulosa* siendo a una mayor concentración de sustancias mayor es la mortalidad cuyo resultado fue por el efecto tóxico de los metabolitos del diclofenaco ya que no son transformados en su totalidad al ser consumidos por el hombre y los animales, afectando directamente a los organismos acuáticos al ser acumulado en el medio donde habitan.<sup>9</sup> Los anfibios tienen una gran sensibilidad a la concentración de contaminantes, en particular, las formas larvales, las cuales pueden absorber dichos contaminantes por difusión cutánea o a través de la alimentación y acumularlos en el organismo, lo

que resulta en una serie de trastornos en sus diferentes estados de desarrollo; por esto, se han convertido en una herramienta indicadora para evaluar las diferentes actividades humanas afectan los ecosistemas acuáticos. La contaminación de los cuerpos de agua por metales pesados trae como consecuencia a los renacuajos de los anfibios en la dificultad para respirar y tragar aire de la superficie, movimientos erráticos, pérdida del equilibrio o posturas de nado incorrectas en renacuajos; fisiológicas, como causar desequilibrio en el sistema regulador osmótico, afectar enzimas y proteínas asociadas a las membranas, teniendo efectos muy severos en las membranas nerviosas; ontogénicos, como detener el desarrollo o inhibir el crecimiento celular, siendo la etapa de gastrulación la más sensible a la contaminación por mercurio , los cuales a su vez desencadenan procesos de teratogénesis, como distensión de la cavidad corporal, ampollas, o malformaciones ya sea en el disco oral.<sup>4</sup>





## VI. CONCLUSIONES

1. Los porcentajes de mortalidad registrados para residuos de la elaboración de la pasta básica de cocaína fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ), según los volúmenes de los residuos en las unidades experimentales, los porcentajes de mortalidad registrados fue aumentando a medida que la el volumen y el tiempo de exposición se incrementa, obteniéndose valores que van desde 44% hasta el 82% de mortalidad a las 24 horas, mientras que a las 48 horas la mortalidad registrada fue del 100%, excepto la unidad de menor volumen de 3,20 mL/L ( $p < 0,05$ ).
2. La concentración letal media hallada para los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína fue de 13,2 mL/L a las 24 horas, mientras que para las 48 horas, no se pudo calcular dicho valor debido a que se halló mortalidades del 100%
3. A mayores volúmenes de muestra de los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína con contenidos de metales pesados al ser vertidos al ambiente incrementa la probabilidad de producir toxicidad en los organismos.



## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda realizar trabajos de investigación en el cual se determine los efectos crónicos o subletales en los organismos modelos, como por ejemplo a nivel de las branquias e hígado, ya que por lo general las concentraciones de los contaminantes en un medio no alcanzan grandes concentraciones, sin embargo son persistentes en el tiempo.
2. Evaluar el efecto genotóxico y teratogénico de los residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína en renacuajos u otros organismos acuáticos.
3. Realizar estudios abarcando otros componentes de la fauna acuática presente en los ríos, incidiendo en comunidades y poblaciones que podrían servir como indicadores de la calidad de agua.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bernex N. El impacto del narcotráfico en el medio ambiente. 2ª ed Perú: Isabel; 2008.
2. Puente F. Huevos y larvas de anfibios. Argentina: Bellairs; 1955.
3. Mamani C, Burba L, Stadler T. Toxicidad aguda del herbicida hidrazida maleica en renacuajos *Bufo arenarum*, Argentina: Hensel; 2011.
4. Muñoz E, Palacio J. Efectos del cloruro de mercurio (HgCl<sub>2</sub>) sobre la sobrevivencia y crecimiento de renacuajos de *Dendrosophus bogerti*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 2010 Sep 1; 2(1): 25–37.
5. Henao L, Bernal M. Tolerancia al pH en embriones y renacuajos de cuatro especies de anuros colombianos. Colombia: Universidad del Tolima. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 35 (134): 105-110; 2011.
6. Sandoval M, Pérez C, Herkovits J. Toxicidad del Funguicygon. Sobre Embriones y Larvas de *Bufo arenarum*. Argentina: Universidad Nacional de San Martín; 2010; 129(2): 408–18.
7. Maco J, Pezo R, Canepa J. Efectos de la contaminación ambiental por actividades petroleras. Perú: Ase producción. Rev Peru Biol. 2010; 6(1): 68–74.
8. Vera G, Tam J, Pinto E. Efectos Eco toxicológicos Del Petróleo Crudo, Diesel 2 y Kerosene Sobre El Crecimiento Poblacional De La Microalga *chaetoceros gracilis schutt*. Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina; 2010.
9. Rayme Ch. Toxicidad de tres fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) sobre estados inmaduros de *Rhinella spinulosa*. Ayacucho 2014 [Tesis Pregrado]. [Ayacucho]: Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga; 2015.
10. Mayero R. Manual de toxicología básica. España: Díaz de Santos; 2000. 910 p.
11. Hernández R. Toxicología Ambiental. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; 1993.
12. Rand G. Fundamentos de toxicología acuática: efectos, destino ambiental y evaluación de riesgos. 2ª ed. Washington: CRC Press; 1995.
13. Sibila L. Evaluación de la biodegradabilidad y ecotoxicidad de tensioactivos en el medio acuático marino [Tesis Doctoral]. [Cadiz]: Universidad de Cádiz; 2008.
14. Van Leeuwen K. Evaluación de los efectos ecotoxicológicos en los Países Bajos: La evolución reciente. Gest Ambient. 1990; 14(6): 779–92.
15. Ramamoorthy S, Baddaloo EG. Manual de la Química: perfiles de toxicidad de las especies biológicas. Especies acuáticas. Florida: CRC Press; 1995. 408 p.
16. De la Lanza G, Hernández S, Carbajal J. Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores). 1ª ed. México: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.; 2000.
17. Ramírez P, Mendoza A. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. México: Instituto Nacional de Ecología. Delegación Tlalpan; 2008. 18-36 p.
18. Gutiérrez J, Salsamendi A. Fundamentos de Ciencia Toxicológica. Ediciones Díaz de Santos; 2001. 372 p.
19. Menéndez D. Higiene industrial. 9ª ed. España: Lex Nova; 2009. .
20. Repetto Jiménez M, Repetto Kuhn G. Toxicología Fundamental. 3ª ed. España: Ediciones Díaz de Santos S.A; 2009.

21. Murray R, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil PA. Harper. Bioquímica ilustrada. 28<sup>a</sup> ed. México: McGraw-Hill, Intermamericana Editores; 2013. 699 p.
22. Barriga R. Plantas Útiles de la Amazonía Peruana: características, usos y posibilidades. Perú: Editorial Libertad E.I.R.L; 1994.
23. Machado E. El género *Erhytroxylum* en el Perú, las cocas silvestres y cultivadas en el Perú. Lima: Raymondiana; 1972
24. Prieto J, Scorza C. Pasta Base de Cocaína. Laboratorio de Biología Celular. Uruguay: Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable; 2010.
25. DEVIDA: Pasta Básica de Cocaína: Cuatro décadas de historia, actualidad y desafíos. Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (UNODC), Perú: Universo; 2013.
26. Urrelo R. El cultivo de la coca en el Perú. Perú: El IX Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos en Trujillo; 1997.
27. Nebel B, Wright R. Ciencias Ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenible. 6<sup>a</sup> ed. México: Prentice May, S.A.; 1999.
28. Roldán Pérez G, Ramírez Restrepo J. Fundamentos de Limnología Neotropical. 2<sup>a</sup> ed. Colombia: Universidad de Antioquia; 1992.
29. Delgado J, Sandoval M. Ecotoxicidad y metales pesados. [Internet]. 2008 [cited 2014 Aug 1]. Disponible en: <http://quimiorg8.blogspot.com/2008/10/los-metales.html>
30. Margalef R. Limnología. 1<sup>a</sup> ed. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A; 1983.
31. Carrasco B. Manual de técnicas para análisis de agua. Ayacucho- Perú; 2005.
32. Ringetel R. Ecología Acuática Continental., Argentina: Eudeba; 1976.
33. Roldan G. Guía para el estudio de macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquía. Colombia: Universo; 1988.
34. Rojahlis J. Formas de respiración de los anfibios. México: Reverte S.A; 1994
35. Puente F. Huevos y larvas de anfibios. Argentina: Edit. Bellairs; 1955.
36. Sanchez I, De Luxan P, Frias. La espectrometría de emisión con fuente de plasma de acoplamiento inductivo. España:Alfa S.A.;1986.
37. Duellman W, Trueb L. Biología de anfibios. Johns Hopkins University Press. Baltimore; 1994.
38. Wells K. La ecología y el comportamiento de anfibios. Chicago: Universidad de Chicago; 2007.
39. Peña C, Carter D, Ayala F. Toxicología ambiental. Evaluación de riesgos y restauración ambiental: EE.UU Universidad de Arizona; 2001.
40. Comité de Expertos de Naciones Unidas sobre el transporte de mercancías peligrosas 9<sup>a</sup> ed. Nueva York: Naciones Unidas, 1995.
41. Trenado U, Rico R, Balzacar R. Evaluar el efecto genotóxico y teratogénico del plomo en renacuajos, en condiciones de laboratorio. México: Universidad Autónoma de Querétaro; 2011.
42. Baird C. Química ambiental. 2<sup>a</sup> ed. Cuba: Enpses-Mercie Group; 2003.

## **ANEXOS**

### Anexo 1

Registro de mortalidad en función de los volúmenes de los residuos de la elaboración de pasta básica cocaína y de los tiempos de exposición.

Volúmenes de residuos PBC (ml/L)	Nº inicial	Nº de Muertos a 12 h	Nº de Muertos a 24 h	Nº de Muertos a 36 h	Nº de Muertos a 48 h	% de Muertos a 12 h (	% de Muertos a 24 h	% de Muertos a 36 h	% de Muertos a 48 h
25	10	0	8	10	10	0	80	100	100
25	10	0	8	10	10	0	80	100	100
25	10	0	8	10	10	0	80	100	100
25	10	1	9	10	10	10	90	100	100
25	10	0	8	10	10	0	80	100	100
12,5	10	0	7	10	10	0	70	100	100
12,5	10	0	6	10	10	0	60	100	100
12,5	10	0	3	10	10	0	30	100	100
12,5	10	0	8	10	10	0	80	100	100
12,5	10	0	7	10	10	0	70	100	100
7,5	10	0	5	10	10	0	50	100	100
7,5	10	0	6	10	10	0	60	100	100
7,5	10	0	0	1	10	0	0	100	100
7,5	10	0	5	10	10	0	50	100	100
7,5	10	0	6	10	10	0	60	100	100
3,2	10	0	0	0	0	0	0	0	0
3,2	10	0	0	0	0	0	0	0	0
3,2	10	0	0	0	0	0	0	0	0
3,2	10	0	0	0	0	0	0	0	0
3,2	10	0	0	0	0	0	0	0	0
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0



## Anexo 2

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los renacuajos de *Rhinella spinulosa* sometidos a cuatro volúmenes crecientes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína registrados a las 24 horas de exposición.

Variable	volúmenes		Medias	H	p
	residuos	N			
	PBC				
Mortalidad a las 24 h (%)	0	5	0	19,34	0,0003
Mortalidad a las 24 h (%)	3,2	5	0		
Mortalidad a las 24 h (%)	7,5	5	44		
Mortalidad a las 24 h (%)	12,5	5	62		
Mortalidad a las 24 h (%)	25	5	82		

Trat.	Ranks			
0	6	A		
3.2	6	A		
7.5	13	A	B	
12.5	17.4		B	C
25	22.6			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Anexo 3

Prueba de Kruskal-Wallis para comparar el porcentaje de mortalidad de los renacuajos de *Rhinella spinulosa* sometidos a cuatro volúmenes crecientes de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína registrados a las 48 horas de exposición.

Variable	Volúmenes de residuos PBC..	N	Medias	H	p
Mortalidad a las 48 h (%)	0	5	0	17,31	0,0001
Mortalidad a las 48 h (%)	3,2	5	0		
Mortalidad a las 48 h (%)	7,5	5	100		
Mortalidad a las 48 h (%)	12,5	5	100		
Mortalidad a las 48 h (%)	25	5	100		

Trat.	Ranks		
3,2	5,5	A	
0	5,5	A	
25	18		B
12,5	18		B
7,5	18		B

#### Anexo 4

Percentiles (concentración letal media en mL/L) de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína sometido a las 24 horas de exposición, obtenidos mediante el análisis probit.

Porcentaje	Percentil	Error estándar	95,0% Fiducial CI	
			Inferior	Superior
1	-7,01106	2,08823	-12,1215	-3,57686
2	-4,64253	1,85491	-9,15894	-1,57646
3	-3,13977	1,71053	-7,28654	-0,300012
4	-2,00931	1,60435	-5,88285	0,665056
5	-1,08977	1,51986	-4,7448	1,45382
6	-0,30709	1,44951	-3,77929	2,12831
7	0,79165	1,3892	-2,93547	2,72246
8	0,993624	1,33644	-2,1824	3,25693
9	1,55245	1,28959	-1,49982	3,7453
10	2,06685	1,24753	-0,873648	4,19699
20	5,88927	0,97971	3,68834	7,64444
30	8,6455	0,862897	6,82056	10,2876
40	11,0006	0,838645	9,33891	12,7041
50	13,2018	0,885218	11,5474	15,1081
60	15,4031	0,989311	13,6359	17,6321
70	17,7582	1,14659	15,7757	20,4271
80	20,5144	1,36921	18,2015	23,7766
90	24,3368	1,7174	21,4863	28,5013
91	24,8512	1,76651	21,9239	29,1416
92	25,4101	1,8203	22,3984	29,838
93	26,0245	1,87995	22,9191	30,6049
94	26,7108	1,94712	23,4995	31,4624
95	27,4935	2,02437	24,1603	32,4417
96	28,413	2,11591	24,935	33,5938
97	29,5435	2,22946	25,8854	35,0121
98	31,0462	2,38187	27,1459	36,9004
99	33,4148	2,62481	29,1273	39,8821

## Anexo 5

Documento de los resultados de la concentración de metales en residuo químico líquido de pasta básica de cocaína, Lima 2015.

ELEMENTO	Límite de Detección (mg/L)	Muestra (mg/L)	Bk (mg/L)	Factor de dilución (fd)	Concentración (mg/L)
		M1	BK Método		
Ag	0.0005	<0.00015	0.00008	1	<0.002
Al	0.01	0.10213	0.00075	1	1.014
As	0.001	<0.00245	0.00211	1	<0.046
B	0.002	0.02952	<0.00458	1	0.295
Ba	0.002	0.01651	0.00268	1	0.138
Be	0.0002	<0.00026	0.00017	1	<0.004
Ca	0.02	7.192	0.01148	1	71.805
Cd	0.0004	<0.00063	0.00017	1	<0.008
Ce	0.002	0.00208	<0.00041	1	0.021
Co	0.0003	<0.00024	0.00063	1	<0.009
Cr	0.0005	<0.001	0.00107	1	<0.0207
Cu	0.0004	0.00848	0.00081	1	0.077
Fe	0.002	0.149	0.0015	1	1.475
Hg	0.001	<0.00081	0.00203	1	<0.028
K	0.04	97.787	0.02097	1	977.66
Li	0.003	0.00067	<0.00054	1	0.007
Mg	0.02	9.1197	0.01719	1	91.025
Mn	0.0004	0.00433	0.00056	1	0.038
Mo	0.002	<0.00304	0.00285	1	<0.059
Na	0.02	75.214	<0.00534	1	752.14
Ni	0.0005	0.0138	0.00108	1	0.127
P	0.003	0.45951	0.00636	1	4.532
Pb	0.0004	0.00104	0.00064	1	0.004
Sb	0.001	<0.00312	0.00167	1	<0.048
Se	0.003	<0.00271	0.00104	1	<0.038
SiO <sub>2</sub>	0.02	4.5229	<0.00944	1	98.926
Sn	0.001	<0.00067	0.00219	1	<0.029
Sr	0.001	0.15206	0.0008	1	1.513
Ti	0.0003	0.0012	0.00065	1	0.006
Tl	0.003	<0.00076	0.00224	1	<0.03
V	0.0004	<0.00021	0.00082	1	<0.01
Zn	0.002	0.07414	0.00368	1	0.705

Método: Espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado Inductivamente (ICP-OES)

Psje. Clorinda Matto de Turner 2055 Chacra Ríos Norte - Lima 1 - RUC 20514746355  
Teléfono: 425-7227 / 425-6885 / 425-5564 / 425-6047 / RPC: 99497-6442

## Anexo 6

Tesista realizando la adición de ácido nítrico a un litro de residuo químico líquido de pasta básica de cocaína, VRAE 2015.



## Anexo 7

- a. Tesista realizando el análisis químico de residuo químico líquido de pasta básica de cocaína. Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica FCB. UNSCH. Ayacucho, 2015.



- b. Recipientes conteniendo muestra del análisis químico de residuo químico líquido de pasta básica de cocaína. Laboratorio de Biodiversidad y Sistema de Información Geográfica FCB. UNSCH. Ayacucho, 2015.



## Anexo 8

- a. Tesista realizando el filtrado de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína en el Laboratorio de Fisicoquímica, UNSCH 2015.



- b. Matraces con contenido del filtrado de residuos químicos líquidos de pasta básica de cocaína en el Laboratorio de Fisicoquímica, UNSCH 2015.



## Anexo 9

- a. Tesista realizando la colecta de los renacuajos de *Rhinella spinulosa* del río Muyurina, Ayacucho 2015.



- b. El recipiente de plástico que se usó para la colecta de los renacuajos de *Rhinella spinulosa* del río Muyurina, Ayacucho 2015.





### Anexo 10

La adición de volumen de muestra de residuo químico de pasta básica de cocaína a recipientes con 1 L de agua de clorada. Parque Zoológico "La Totorilla", Ayacucho 2015.



### Anexo 11

Recolectando con cal cal a renacuajos de *Rhinella spinulosa*. Parque Zoológico “La Totorilla”, Ayacucho 2015.



## Anexo 12

Tesista evaluando la mortalidad de renacuajos de *Rhinella spinulosa*. Parque Zoológico “La Totorilla”, Ayacucho 2015.



### Anexo 13

#### Matriz de consistencia

**TITULO:** Toxicidad de residuos químicos de la elaboración de pasta básica de cocaína sobre renacuajos de *Rhinella spinulosa*. Ayacucho, 2015.  
**AUTOR:** Ruth Vitman Vila Lujan **ASESOR:** Dr. Carrasco Badajoz, Carlos Emilio

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es el efecto toxicológico de cuatro volúmenes de muestra de los residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína, sobre renacuajos del segundo periodo de <i>Rhinella spinulosa</i> ?	<p><b>Objetivos generales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la toxicidad de cuatro concentraciones de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína, probado en renacuajos del segundo periodo <i>Rhinella spinulosa</i> con exposición de 24 y 48 horas.</li> </ul> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el efecto toxicológico en porcentaje de mortalidad de cuatro volúmenes de muestra de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína en 24 y 48 horas de exposición.</li> <li>• Determinar la concentración letal media (CL50) para 24 y 48 horas de exposición de cuatro volúmenes de muestra de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína.</li> </ul>	<p>Toxicología            Toxicidad acuática            Bioindicadores            Bioensayos            Dosis letal media            Determinación de la DL<sub>50</sub> y CL<sub>50</sub>  <i>Erythroxyllum coca</i>            "coca"            Pasta básica de cocaína            Insumos químicos utilizados para la elaboración de pasta básica de cocaína            Efecto de la contaminación sobre los organismos acuáticos            Características de las aguas naturales</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A mayor volumen de muestra de residuos químicos líquidos de la elaboración de pasta básica de cocaína y mayor tiempo de exposición, mayor es el efecto toxicológico sobre renacuajos de <i>Rhinella spinulosa</i>.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente:</b>            Residuos químicos de la elaboración de PBC</p> <p><b>Indicadores</b>            •Concentraciones (mL/L)</p> <p><b>Variable Dependiente:</b>            Mortalidad (%)</p> <p><b>Indicadores:</b>            • Toxicidad.            • Concentración letal media (CL50)</p> <p><b>Variable interviniente</b>            • Metales pesados            • Cloruros            • pH            • Conductividad.            • Alcalinidad.            • Dureza total.            • Dureza cálcica.            • Amonio.            • STD</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b>            Básica</p> <p><b>Diseño:</b>            Estímulo creciente</p> <p><b>Muestreo:</b>            No probabilístico-por conveniencia</p> <p><b>Técnicas:</b>            Observación            Determinación</p> <p><b>Instrumentos:</b>            Observación</p>