



## Contaminación del río Moche y su impacto en la abiota y las enfermedades

Contamination of the Moche river and its impact on the abiota and diseases

Carlos Alfredo Cerna Muñoz; Francisco Alejandro Espinoza Polo\*; Gaby Esther Chunga Pingo

Universidad católica de Trujillo Benedicto XVI, Carretera Panamericana Norte km 555. Moche, Trujillo, La Libertad, Perú.

### RESUMEN

Esta investigación demostró la influencia de la contaminación del río Moche en la abiota y las enfermedades en la zona rural del distrito de Moche, Trujillo, La Libertad. En la investigación se administraron dos instrumentos: El cuestionario sobre contaminación del río Moche y el cuestionario sobre la abiota y enfermedades, considerándose una población de 5004 habitantes y una muestra de estudio de 334 habitantes, con un diseño no experimental, transeccional correlacional causal. Para la prueba del coeficiente de correlación se utilizó la  $r$  de rho spearman. La contaminación del río Moche influye significativamente ( $p < 0,01$ ) en la abiota y las enfermedades de los habitantes de la zona rural del distrito de Moche, Provincia de Trujillo, cuyos valores generales son:  $r = 0,296^{**}$  (Correlación positiva baja) y  $r^2 = 0,0876$ . Como conclusión es urgente promover actividades centradas en la descontaminación del río Moche para mejorar la biota y la salud.

**Palabras clave:** Contaminación del río Moche; impacto en la abiota; impacto en las enfermedades.

### ABSTRACT

This investigation showed the influence of the pollution of the Moche river in the abiota and the diseases in the rural area of the Moche district, Trujillo, La Libertad. In the research, two instruments were administered: the questionnaire on pollution of the Moche River and the questionnaire on abiota and diseases, considering a population of 5004 inhabitants and a study sample of 334 inhabitants, with a non-experimental design, causal correlational transection. The rho spearman  $r$  was used for the correlation coefficient test. Pollution of the Moche River significantly influences ( $p < 0.01$ ) in the abiota and the diseases of the inhabitants of the rural area of the district of Moche, Province of Trujillo, whose general values are:  $r = 0.296^{**}$  (Positive correlation high) and  $r^2 = 0.0876$ . In conclusion, it is urgent to promote activities focused on the decontamination of the Moche River to improve biota and health.

**Keywords:** Pollution of the Moche river; impact on the abiota; impact on diseases.

### 1. Introducción

La demanda del agua, la vida animal, la vida vegetal y la salud humana, se han convertido en las esenciales intranquilidades del mundo, por lo que se deben adoptar de sistemas continuos de tratamientos y controles, para que los accesos a estos servicios sean realmente de calidad, con entidades con alta conciencia ambiental.

Experiencias de uso de agua en condiciones no ideales son muchas, como en el Bajo Cauca Antioqueño, Colombia (Maldonado y Rozo, 2014), incluso con propuestas para neutralizar sus consecuencias y recobrar el equilibrio

medioambiental (Mosquera *et al.*, 2015); en Sonora, México (Vega, 2014); en Santa Catarina, Brasil, donde la explotación del carbón y la combustión generan cuantiosos residuos que pueden originar transformaciones metabólicas en la biota local (Dhanakumar *et al.*, 2015), y pueden generar cambios nocivos en el ADN que conllevan a lesiones mutagénicas irreversibles (Leonard *et al.*, 2004; Villela *et al.*, 2007; Alimba *et al.*, 2016); experiencias de envenenamiento por minerales pesados Juliaca, Perú (Quispe, 2017); en el río Moche, Perú, con presencia de metales pesados y su efecto en cultivos (Huaranga *et*

al., 2012), estudio que incide en la preocupación de la preservación de la flora, fauna y la calidad de la salud de los pobladores de la zona rural; y casos de envenenamiento del agua y el aire (Gonzales et al., 2014; Jiménez-Herrera et al., 2017; Ochando y Martínez, 2017; Braga et al., 2017; López, 2016; Velásquez et al., 2018; Zamora-Martínez et al., 2018). Experiencias positivas del uso del agua también existen, como la aplicación de un Plan de seguridad del agua (PSA) en un sistema desde la captación hasta el usuario (DWSS) en Italia (Sorlini, 2017); este PSA para el DWSS podría implementarse en países subdesarrollados, brindando ahorros considerables en costos en la producción de agua de alta calidad (Rondi et al., 2015); en El Palmar, Argentina, utilizando un modelo de similitudes de ordenamiento de la heterogeneidad florística (Batista et al., 2014); en Cuba lograron erradicar la materia orgánica en las aguas domésticas en valor superior al 70% (Crombet et al., 2016); en Ecuador donde probaron con éxito la capacidad del mucílago de tuna para tratar el tratamiento de coagulación-floculación del agua cruda (Morejón, 2017).

Específicamente en Perú, río Moche, Lezama (2018) corrobora la presencia de especies de coliformes y enterobacterias patógenas para las personas en las tres estaciones de muestreo en la quebrada baja del afluente Moche, entre estos se tienen a: *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*; mientras la especie *Serratia* se ubicó sólo en las estaciones Cerro blanco y Puente Moche. Según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, las aguas de la quebrada baja del afluente Moche, no es aconsejable su uso para propósitos agrícolas, recreativos y consumo humano. Fuentes-Hernández et al. (2018) aseveran que los minerales provienen básicamente de los desechos de terrenos y peñas meteorizadas naturalmente y enriquecidos con escasa contribución humana para transformarlo, salvo en el Cd, único mineral que exhibió enriquecimiento muy alto. El Cd junto con el Cu y Ni inciden en la posibilidad de ocurrencia de impactos desfavorables para los recursos biológicos y humanos; no obstante, la posibilidad tóxica conjunta de los minerales es muy baja. La repercusión de este peligro ambiental se reduce debido a la poca cantidad de minerales pesados en la fracción vulnerable (en los

sedimentos del saco del golfo de carriaco). Esto es categórico para garantizar su sostenibilidad futura. Finalmente, Gamarra y Uceda (2017) sustentan que, los grados de concentración de los minerales pesados Pb y Cd en las vísceras blandas de las 16 muestras de peces arcoiris "*Oncorhynchus mykiss*" no sobrepasaron los parámetros máximos admisibles considerados en la legislación mundial y nacional, no obstante, se mostró que sí sobrepasaron en el agua del afluente Chiapuquio de ingenio – Huancayo. El valor de pH fue de 7,25, conductividad 256,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos suspendidos completos 26,20 mg/L y nitrato 1,28 mg/L, cifras que se muestran por debajo del parámetro máximo admisible <LMP> del Ministerio del Ambiente. El nivel de carga microbiológica de *Escherichia coli* en el agua fue <300 número más probable NMP/100 mL, dichas cifras se mostraron dentro del LMP (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM).

Así, los trabajos previos demuestran que existen experiencias positivas y negativas en el uso y tratamiento del agua para los cultivos y consumo humano, pero a pesar que muchos demuestran una relación de la contaminación con la biota y la salud, hacen falta más estudios que utilicen técnicas estadísticas para encontrar una relación más precisa. Así, el propósito de este estudio fue demostrar la influencia de la contaminación del río Moche en la biota y la salud en la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

## 2. Material y métodos

La población de estudio estuvo integrada por 5004 habitantes de la zona rural del distrito de Moche, Trujillo, La Libertad, Perú, año 2018, y una muestra probabilística de 334 habitantes, del tipo de muestreo aleatorio simple.

Se recopilaron datos utilizando una encuesta con sus dos instrumentos elaborados por los autores: (a) cuestionario sobre contaminación del río Moche y (b) cuestionario sobre abiótica y enfermedades. El primero con sus ámbitos de medición: Dimensión 1: Desmontes y basura, Dimensión 2: Relaves mineros, Dimensión 3: Aguas servidas, Dimensión 4: Productos químicos. El cuestionario consta de 43 ítems que fueron suavizados por tres expertos ingenieros. Su estandarización, validez de constructo validado con el análisis factorial confirmatorio (Tabla 1): con KMO de adaptación al muestreo = 0,605 y un sig. < 0,01

y 27,337% acumulado de la varianza total explicada por cuatro componentes; su confiabilidad es:  $\alpha_{\text{Desmontes y basura}} = 0,7798$ ;  $\alpha_{\text{Relaves mineros}} = 0,803$ ;  $\alpha_{\text{Aguas servidas}} = 0,799$  y  $\alpha_{\text{Productos químicos}} = 0,801$ , cuya estadística fue ejecutada en el distrito de Moche (2018), fundamenta las dimensiones de la contaminación del río Moche, constituyendo ésta el soporte para la adecuación del instrumento.

**Tabla 1**  
Análisis factorial confirmatorio, Matriz de componente rotado<sup>a</sup>

	Componente			
	1	2	3	4
i15	0,577			
i7	0,543			
i13	0,539			
i9	0,504			
i11	0,500			
i3	0,485			
i19	0,466			
i5	0,462			
i27	0,415			
i1	0,414			
i21	0,378			
i17	0,261			
i12		0,642		
i16		0,598		
i20		0,551		
i14		0,545		
i10		0,488		
i8		0,474		
i6		0,447		
i18		0,426		
i4		0,415		
i2		0,305		
i28		0,296		
i35			0,558	
i25			0,492	
i26			-0,473	
i34			-0,467	
i24			-0,437	
i33			0,407	
i23			0,400	
i36			-0,397	
i37			0,364	
i22			-0,346	
i32			-0,329	
i29			0,321	
i30			-0,266	
i40			-0,012	
i38				0,537
i42				0,524
i41				-0,424
i43				-0,382
i39				-0,311
i31				0,270

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

<sup>a</sup>La rotación ha convergido en 13 iteraciones.

El segundo con sus ámbitos de medición: Abiótica, Enfermedades; sus 28 ítems fueron suavizados por tres expertos ingenieros, su estandarización, validez de constructo validado con el análisis factorial confirmatorio (Ver tabla 2): con KMO de adaptación al muestreo = 0,645 y un sig.<0,01 y 23,524% acumulado de la varianza total explicada por dos componentes; su confiabilidad es:  $\alpha_{\text{Abiota}} = 0,756$   $\alpha_{\text{Enfermedades}} = 0,772$ , cuya estadística fue ejecutada en el distrito de Moche, conformando ésta el soporte para la adecuación del instrumento.

**Tabla 2**  
Análisis factorial confirmatorio, Matriz de componente rotado<sup>a</sup>

	Componente	
	1	2
i15	0,548	
i11	0,527	
i19	0,525	
i7	0,501	
i13	0,481	
i9	0,459	
i3	0,454	
i27	0,451	
i25	0,449	
i1	0,438	
i21	0,429	
i23	0,379	
i5	0,372	
i17	0,364	
i20	0,114	
i16		0,580
i12		0,562
i24		0,494
i22		0,477
i14		0,465
i26		0,458
i10		0,445
i18		0,395
i28		0,391
i8		0,377
i4		0,335
i6		0,333
i2		0,125

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

<sup>a</sup>La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

Se recolectó la información de los mismos habitantes de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de

La Libertad, mediante la aplicación masiva de los dos instrumentos: Cuestionario sobre contaminación del río Moche y el cuestionario sobre la abiota y enfermedades. Se contó con el consentimiento de las familias de la colectividad; de igual modo, los habitantes lugareños fueron advertidos sobre las pretensiones de la examinación y el carácter voluntario de su implicación en el estudio y de la reserva de las respuestas. Antes de la ejecución, las orientaciones se leyeron en voz alta y se permitió un tiempo prudente para que los habitantes respondiesen todos los ítems.

Los datos fueron gestionados con el programa SPSS v. 24 a través del análisis de validez y fiabilidad; análisis de frecuencias; análisis de correlaciones bivariadas; análisis de regresión lineal.

### 3. Resultados y discusión

Como se advierte en la [Tabla 3](#), los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, se ubican con mayor dominancia en el nivel alto, en las cuatro dimensiones de la contaminación del río Moche: Desmontes y basura, relaves mineros, aguas servidas y productos químicos. Como se advierte en la [Tabla 4](#), los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, se ubican con mayor dominancia en el nivel alto, en las dos dimensiones de la abiota y enfermedades: Abiota, y enfermedades.

**Tabla 4**

Niveles de las dos dimensiones de abiota y enfermedades

Niveles de dimensiones	Abiota		Enfermedades	
	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%
Baja	0	0	1	,3
Regular	83	24,9	81	24,3
Alta	212	63,5	242	72,5
Muy Alta	39	11,7	10	3,0
Total	334	100,0	334	100,0

La [Tabla 5](#) facilita ver la existencia de una relación altamente significativa entre

**Tabla 3**

Niveles de las cuatro dimensiones de contaminación del río Moche

Niveles de dimensiones	Desm y Basura		Relaves Mineros		Aguas Servidas		Productos Químicos	
	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%	f <sub>i</sub>	%
Baja	0	0	1	,3	0	0	1	,3
Regular	96	28,7	77	23,1	49	14,7	113	33,8
Alta	214	64,1	161	48,2	224	67,1	211	63,2
Muy Alta	24	7,2	95	28,4	61	18,3	9	2,7
Total	334	100,0	334	100,0	334	100,0	334	100,0

contaminación del río Moche con abiota, enfermedades y abiota y enfermedades ( $r = 0,308^{**}$ ;  $r = 0,175^{**}$ ;  $r = 0,296$ ;  $v \text{ sig.} < 0,01$ ); asimismo una relación altamente significativa entre desmontes y basura, productos químicos con abiota, las enfermedades, abiota y enfermedades ( $r = 0,254^{**}$ ;  $r = 0,142^{**}$ ;  $r = 0,241$ ; ( $r = 0,280^{**}$ ;  $r = 0,204^{**}$ ;  $r = 0,291$ ;  $v \text{ sig.} < 0,01$ ); también una relación altamente significativa entre relaves mineros, aguas servidas con abiota, abiota y enfermedades ( $r = 0,240^{**}$ ;  $r = 0,229^{**}$ ;  $r = 0,253^{**}$ ;  $r = 0,223^{**}$ ;  $v \text{ sig.} < 0,01$ ); igualmente una relación significativa entre relaves mineros con enfermedades ( $r = 0,135^{*}$ ;  $v \text{ sig.} < 0,05$ ).

**Tabla 5**

Relación entre contaminación del río Moche con abiota y enfermedades

Correlaciones		Abiota	Enferm	Abiota y Enfermes
Desm y	Correlac.	0,254	0,142	0,241
Basura	Rho Spear	0,000	0,009	0,000
Relaves	Correlac.	0,240	0,135	0,229
Mineros	Rho Spear	0,000	0,014	0,000
Aguas	Correlac.	0,253	0,100	0,223
Servidas	Rho Spear	0,000	0,068	0,000
Productos	Correlac.	0,280	0,204	0,291
Químicos	Rho Spear	0,000	0,000	0,000
Contam río	Correlac.	0,308	0,175	0,296
Moche	Rho Spear	0,000	0,001	0,000

Se determina el coeficiente de determinación ( $r^2 = 0,0876$ ), lo que permite aseverar que la variable abiota y enfermedades es causada en un 8,76% por la variable contaminación del río Moche, y en un 91,23% es incitada por otros factores.

La ejecución del primer cuestionario con respecto a contaminación del río Moche ha legitimado configurar que el nivel alto de aguas servidas, dentro de las cuatro dimensiones de nivel alto de la variable referida, es el que tiene mayor número de pobladores (67,1%) que lo llevan a cabo.

En concordancia con este párrafo, las aguas servidas definidas por el instrumento de contaminación del río Moche, como el elemento residual doméstico que eliminamos a través de los lavaplatos, artefactos sanitarios, entre otros, desembocan en colectores, luego a estaciones elevadoras y plantas de tratamiento, donde el control de calidad de aguas debería ser estricto y no sobrepasar los estándares permitidos para protección de flora, fauna y salud (lo que no sucede con esta supervisión de calidad de aguas), posteriormente son dispuestas en ríos, pantanos, el mar.

La ejecución del segundo cuestionario con respecto a la abiota y enfermedades ha legitimado establecer que el nivel alto de las enfermedades, dentro de las dos dimensiones de nivel alto de la variable referida, es la que tiene mayor número de pobladores (72,5%) que lo llevan a cabo.

En concordancia con este párrafo, las enfermedades definidas por el instrumento de abiota y enfermedades, como la alteración leve o grave del funcionamiento normal de un organismo o de alguna de sus partes debida a una causa interna o externa, en este caso aguas con sobredosis de potasio, cobre, magnesio, entre otros, que generan enteritis, salmonelosis, leptospirosis, tracoma, ciertos casos de cáncer (Ramos, 2013).

Entre la contaminación del río Moche con abiota, enfermedades, abiota y enfermedades de los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, existe una relación positiva baja, positiva muy baja, positiva baja ( $r = 0,308^{**}$ ;  $r = 0,175^{**}$ ;  $r = 0,296^{**}$ ;  $V \text{ sig.} < 0,01$ ), es decir que a mayor contaminación del río Moche, mayor abiota, mayores enfermedades, mayor abiota y enfermedades y viceversa, además las sig. (bilateral)  $< 0,01$ , señala que existe una relación significativa entre las variables estimadas.

Gonzales et al. (2014), puntualizan que, pese al florecimiento económico peruano, aún pasa por una etapa de transición de factores de peligro ambientales, en el que persisten dificultades infecciosas vinculadas con el envenenamiento de agua y aire. Estrada et al. (2016) precisan que a pesar que el sistema de adecuación humana a la absorción de componentes tóxicos está preparado, el exceso de estas múltiples infecciones en el medio ambiente, pueden terminar con consecuencias irreversibles para la salud, en especial para las

mujeres. Andrade et al. (2014) sustentan que un sistema regional de laboratorios de supervisión de envenenamiento marino es básico para el aseguramiento y control de la calidad y para estructurar pruebas de capacidad regionales para la indagación de minerales e infecciones orgánicas en el agua del mar, los residuos y la biota marina. López et al. (2018) especifican que en el agua subterránea del acuífero El Barril de México se exhiben propiedades adversas en todos sus componentes a causa de su clima geológico y condiciones hidrológicas, que dan como desenlace un índice de pobreza hídrica de 27. El agua subterránea se usa en agricultura con bajo rendimiento e índice de empleo bajo de 19. Gamarra y Uceda (2017) detallan que los grados de concentración de los minerales pesados Pb y Cd en las vísceras blandas de las 16 muestras de peces arcoíris no sobrepasaron los parámetros máximos admisibles considerados en la legislación mundial y nacional, no obstante, se mostró que sí sobrepasaron en el agua del afluente Chiapuquio de ingenio – Huancayo. El valor de pH fue de 7,25, conductividad 256,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos suspendidos completos 26,20 mg/L y nitrato 1,28 mg/L, cifras que se muestran por debajo del parámetro máximo admisible <LMP> del Ministerio del Ambiente. El nivel de carga microbiológica de *Escherichia coli* en el agua fue <300 número más probable NMP/100mL, dichas cifras se mostraron dentro del LMP, según legislación del Ministerio del Ambiente.

Entre relaves mineros con abiota, abiota y enfermedades de los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, existe una relación positiva baja ( $r = 0,240^{**}$ ;  $r = 0,229^{**}$ ;  $V \text{ sig.} < 0,01$ ); entre relaves mineros con enfermedades, existe una relación positiva muy baja ( $r = 0,135^{*}$ ;  $V \text{ sig.} < 0,05$ ); entre productos químicos con abiota, enfermedades, y abiota y enfermedades ( $r = 0,280^{**}$ ;  $r = 0,204^{**}$ ;  $r = 0,291$ ;  $V \text{ sig.} < 0,01$ ); además cinco relaciones significativas con sig. (bilateral)  $< 0,01$  y una relación significativa con sig. (bilateral)  $< 0,05$ .

Velásquez et al. (2018), puntualizan que el 32% de los huecos del valle El Carrizal-México, así como el hueco LM20, rebasan el límite máximo permisible de conductividad eléctrica dispuesto por la OMS (WHO, 2011) con un valor de 1,4 mS/cm, del mismo modo que las concentraciones de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ . Las

clases de agua se vinculan preferentemente con la litología del sector y en algunos huecos se vinculan con la acción antrópica. En el sector alto del valle El Carrizal, la clase de agua que aventaja es bicarbonatada cálcica ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ), a causa de la disolución del compuesto calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Las altas concentraciones de  $\text{Na}^+$  están vinculadas a la existencia del compuesto albita ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), mientras que las altas concentraciones de  $\text{SO}_4^{2-}$  en el agua subterránea es causada por el proceso de lixiviación de los desechos mineros. Las elevadas concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{Cl}^-$  son destellos de la acción antrópica, primordialmente por residuos domésticos y ganadería.

Zamora-Martínez et al. (2018) precisan que a través de la técnica de espectroscopia de absorción atómica con flama (EAA-F) fue posible medir de modo sucesivo las concentraciones de Fe, Mn, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn en muestras de sedimentos, terrenos y peñas en zona norte de México. A través de la configuración de complejos coloridos de especies de hierro, conseguidos en circunstancias de reacción específicas y bien determinadas, y su sucesiva medición por medio de espectroscopia visible con metodologías independientes, fue factible la identificación del contenido de hierro total,  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  en lixiviados del yacimiento. Los parámetros de linealidad en EAA-F para los siete componentes varían de 0,05 a 16 mg/L, con límites de localización comprendidos entre 0,03 y 0,2 mg/L. Con respecto a las identificaciones colorimétricas de Fe total,  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  en muestras de lixiviados mineros sulfurados, se percibieron parámetros lineales de concentración comprendidos entre 0,05 y 17,5 mg/L. Los límites de localización alcanzados fueron de 0,05 mg/L para Fe total y  $\text{Fe}^{2+}$  y de 0,14 mg/L para  $\text{Fe}^{3+}$ .

Batista et al. (2014) precisan que se ubicó siete comunidades vegetales en El Palmar-Argentina, delineados por 20 grupos florísticos. El modelo de similitudes entre estas comunidades recomienda que se ordene según dos elementos, según la textura del terreno y según la humedad del suelo. Tres de las comunidades, similares entre sí, se distribuyen en las azoteas altas e interfluvios que comprenden la matriz del paisaje, cambian sucesivamente por el crecimiento de la lignificación desencadenada por la separación del ganado y apoyada por la carencia de

incendios naturales. Las demás cuatro comunidades se muestran estrictamente vinculadas con afloramientos de peñas, acopios arenosos o vías de escurrimiento, en ellas no es visible la lignificación.

Se armoniza con Crombet et al. (2016), defienden que en la Universidad Oriente-Cuba, los procedimientos anaerobios evaluados, UASB y laguna anaerobia, logran eliminar la materia orgánica en las aguas domésticas en un porcentaje mayor al 70%, pudiendo usarse sucesivamente ambos, ya que con ellos acrecienta la calidad del efluente y su reutilización.

Morejón (2017) detalla las pruebas de la capacidad del mucílago de tuna (proporción 25%) en el tratamiento de coagulación-floculación del agua cruda (proporción 75%), donde se examinó los parámetros que actúan en la clarificación del agua como fueron el pH, la Turbidez, Dureza, Color, Sólidos Disueltos Totales comparados con la Norma Técnica Ecuatoriana (Agua Potable Requisitos, NTE INEN 1 108:2011 cuarta revisión 2011-06) en el agua potable. Por último, el cálculo costo-beneficio revela el éxito del uso del mucílago de tuna que es materia prima existente con el mismo rendimiento que el coagulante químico, pero con inversión menor.

García et al. (2014) precisaron que el uso de abono orgánico a base de hongo en porción de 2,5 y 5 Mgha-1 tuvo impacto trascendente directo ( $p \leq 0,05$ ) sobre el volumen de clorofila, el índice de fotosíntesis y la productividad del frijol var. Pinto Saltillo bajo riego. Así mismo generar una mejor calidad de este frijol con el empleo del nitrógeno.

Molina (2017) asegura que el quitosano defiende a los rizomas de los vegetales tratados de las mermas de  $\text{H}_2\text{O}$  o resecaiones normales al instante del replantar, consintiendo un superior y veloz desarrollo radicular de los vegetales tratados en terrenos con inferior grado de  $\text{H}_2\text{O}$ . Se mostró en los vegetales de arroz un matiz verde más profundo, estos efectos se deben a la aptitud incitante del quitosano, dado que actúa favoreciendo el enraizamiento y la producción del sector de hojas del vegetal, lo que incrementa los grados de clorofila e incrementa el porcentaje de absorción neta para asentar un llenado del arroz de más calidad y veloz.

Jiménez-Herrera et al. (2017), corroboraron la presencia de polifenoles con antioxidante, en aguas residuales originadas en la producción

de aceite de oliva, en cambio los efluentes residuales representan un problema ambiental por ser fitotóxicos y difíciles de degradar.

Ochando y Martínez (2017), detallaron que, en las tareas previas sobre aguas de desechos de molinos de oliva, se decidió la cura complementaria de oxidación avanzada. No obstante, el efluente exhibió una altísima Salinidad después de este tratamiento, a causa primordialmente a diluidas variedades iónicas monovalentes y divalentes como desenlace del empleo de hidróxido de sodio y cloruro férrico impulsor.

Braga et al. (2017), consideraron que los pescadores que integraron la embarcación pesquera de Peniche Portugal, que tienen alto conocimiento ecológico local, con un alto grado de formación y una edad juvenil tenían alta posibilidad de detentar conductas positivas vinculadas con la preservación de las sardinias. Los resultados develaron que las divergencias en los porcentajes de conocimiento son estadísticamente trascendentes cuando se confronta el tipo A con el tipo C.

López (2016) señala que el peligro biológico tiene una diagnosis de peligro III (alto, mejorable) y caracteriza el 55,6%, en tanto que el peligro químico con una diagnosis de peligro I (muy alto, crítico) caracteriza el 44,4%. Asimismo, debe declararse que la planta de abono orgánico muestra un déficit en las medidas de prevención y protección por la violación de la reglamentación legal imperante en garantía y salud. La planta de abono orgánico debe iniciar la fiscalización de la misma, para de este modo aminorar la fragilidad del colaborador expuesto a peligros biológico y químico.

Entre desmontes y basura con con abiota, enfermedades, y abiota y enfermedades de los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, existe dos relaciones positivas bajas y una relación positiva muy baja ( $r = 0,254^{**}$ ;  $r = 0,142^{**}$ ;  $r = 0,241^{**}$ ;  $V \text{ sig.} < 0,01$ ); entre aguas servidas con abiota, y abiota y enfermedades, existe una relación positiva baja ( $r = 0,253^{**}$ ;  $r = 0,223^{**}$ ;  $V \text{ sig.} < 0,01$ ); además cinco relaciones significativas con sig. (bilateral)  $< 0,01$ .

Lezama (2018) prueba la presencia de especies de coliformes y enterobacterias patógenas para las personas en las tres estaciones de muestreo en la quebrada baja del afluente Moche, entre estos se tienen a:

*Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*; mientras la especie *Serratia* se ubicó sólo en las estaciones Cerro blanco y Puente Moche. Según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, las aguas de la quebrada baja del afluente Moche, no es aconsejable su uso para propósitos agrícolas, recreativos y consumo humano.

Fuentes-Hernández et al. (2018) sostienen que los minerales provienen básicamente de los desechos de terrenos y peñas meteorizadas naturalmente y enriquecidos con escasa contribución humana para transformarlo, salvo en el Cd, único mineral que exhibió enriquecimiento muy alto. El Cd junto con el Cu y Ni inciden en la posibilidad de ocurrencia de impactos desfavorables para los recursos biológicos y humanos; no obstante, la posibilidad tóxica conjunta de los minerales es muy baja. La repercusión de este peligro ambiental se reduce debido a la poca cantidad de minerales pesados en la fracción vulnerable (en los sedimentos del saco del golfo de carriaco). Esto es categórico para garantizar su sostenibilidad futura.

#### 4. Conclusiones

Las conclusiones de la investigación: Existe un nivel alto de desmonte y basura (64,1%); presencia de desechos mineros, industriales, de construcción, presencia de residuos sólidos domésticos y residuos orgánicos en descomposición; un nivel alto de relaves mineros (48,2%); presencia de concentraciones de mercurio, cadmio, plomo, cobre, arsénico; un nivel alto de aguas servidas (67,1%); existencia de excrementos, detergentes, residuos industriales, petróleo, aceites, en desagües, existencia de agentes productores de bacterias, virus, hongos, parásitos, amebas; un nivel alto de productos químicos (63,2%); existencia de compuestos de fierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, cadmio, existencia de ácido sulfúrico, nítrico, clorhídrico, existencia de alcalí de potasa, soda, existencia de acetonas, insecticidas, fungicidas, herbicidas, nitratos, fosfatos; dimensiones de contaminación del río Moche de los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

Existe un nivel alto en abiota (63,5%): muerte de liza, langostinos, aves, ganado vacuno, ganado equino, ganado ovino, desaparición de variedades de árboles forestales, de variedades de frutales, escasas de caña de

azúcar, papa, maíz, alfalfa, piña, yuca, frijol, hortalizas; un nivel alto de enfermedades (72,5%): casos de enteritis, salmonelosis, letopirosis, tracoma, daños a los intestinos, a la piel, a los ojos, a los riñones, al hígado, al estómago, a los pulmones, ciertos casos de cáncer; dimensiones de abiota y enfermedades de los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

Existe relación significativa ( $p < 0,01$ ) entre contaminación del río Moche, desmonte y basura, productos químicos con abiota, enfermedades, y abiota y enfermedades; así también entre relación significativa ( $p < 0,01$ ) entre relaves mineros, aguas servidas con abiota, y abiota y enfermedades ( $r = 0,308^{**}$ ;  $r = 0,175^{**}$ ;  $r = 0,296^{**}$ ;  $r = 0,254^{**}$ ;  $r = 0,142^{**}$ ;  $r = 0,241^{**}$ ;  $r = 0,280^{**}$ ;  $r = 0,204^{**}$ ;  $r = 0,291^{**}$ ;  $r = 0,240^{**}$ ;  $r = 0,229^{**}$ ;  $r = 0,253^{**}$ ;  $r = 0,223^{**}$ ); de los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

Existe relación significativa ( $p < 0,05$ ) entre relaves mineros con enfermedades ( $r = 0,135^{*}$ ); de los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

Se acepta la hipótesis general de investigación, la que al ser contrastada evidencia que la contaminación del río Moche afecta la biota y la salud de los pobladores de la zona rural del distrito de Moche, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, en un 8,76% y que la diferencia es afectada en un 91,23% por otros factores.

## Referencias bibliográficas

- Alimba, C.G.; Dhillon, V.; Bakare, A.A.; Fenech, M. 2016. Genotoxicity and cytotoxicity of chromium, copper, manganese and lead, and their mixture in WIL2-NS human B lymphoblastoid cells is enhanced by folate depletion. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen* 798-799: 35-47.
- Andrade, H., Gutiérrez S., Andrade H. 2014. Estado del medio ambiente marino y costero del pacífico sudeste. Plan de acción para la protección del medio marino y áreas costeras del pacífico sudeste – Conpacse III Comisión permanente del pacífico sur (CPPS). Disponible en: [http://cpps.dyn dns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/sept/CONPACSE\\_2013\\_FIN\\_v2.pdf](http://cpps.dyn dns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/sept/CONPACSE_2013_FIN_v2.pdf)
- Batista, W.B.; Rolhauser, A.G.; Biganzoli, F.; Burkart, S.E.; Goveto, L.; Maranta, A.; Genoveva, P.G.; Morandera, N.S. y Rabadán, M. 2014. Las comunidades vegetales de la Sabana del Parque Nacional El Palmar (argentina). *Darwiniana*, nueva serie 2(1): 5-38.
- Braga, H.; Azeitero, U.; Oliveira, H.; Pardal, M. 2017. Evaluating fishermen's conservation attitudes and local ecological knowledge of the European sardine (*Sardina pilchardus*), Peniche, Portugal. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 13(25): 1-12.
- Crombet, S.; Abalos, A.; Rodríguez, S.; Pérez, N. 2016. Evaluación del tratamiento anaerobio de las aguas residuales de una comunidad universitaria. *Revista Colombiana de Biotecnología* 18(1): 49-56.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Dhanakumar, S.; Solaraj, G.; Mohanraj, R. 2015. Heavy metal partitioning in sediments and bioaccumulation in commercial fish species of three major reservoirs of river Cauvery delta region, India. *Ecotoxicol. Environ. Saf* 113: 145-151.
- Estrada, A.; Gallo M.; Nuñez, E. 2016. Contaminación ambiental, su influencia en el ser humano, en especial: el sistema reproductor femenino. *Universidad y Sociedad* 8(3): 80-86.
- Fuentes-Hernández, M.A.; Sanguinetti-Gamboa, O.A.; Rojas de Astudillo, L.L. 2018. Evaluación del riesgo ambiental de metales pesados en los sedimentos superficiales del saco del golfo de carriaco. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 35(1): 101-114.
- Gamarrá, N.A.; Uceda, R.Y. 2017. Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica en truchas arcoiris "oncorhynchus mykiss" del río Chiapucquio de ingenio – Huancayo. Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico y Bioquímico, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Huancayo, Junín. Perú. 148 pp.
- García, H.A.; Balderrama, P.J.; Castro, L.; Mungaró, C.; Arellano, M.; Martínez, J.L.; Gutiérrez, M.A. 2014. Efecto del abono de sustrato gastado de champiñón en el rendimiento de frijol *Phaseolus vulgaris* L. *Terra latinoamericana* 32(1): 69-76.
- Gonzales, G. F.; Zevallos, A.; Gonzales-Castañeda, C.; Nuñez, D.; Gastañaga, C.; Cabezas, C.; Naeher, L.; Levy, K.; Steenland, K. 2014. Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 31(3): 547-556.
- Huaranga, F.; Méndez, E.; Quilcat, V.; Huaranga, F. 2012. Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. *Scientia Agropecuaria* 3(3): 235-247.
- Jiménez-Herrera, S.; Ochando-Pulido, J.M.; Martínez-Ferez, A. 2017. Comparison between different liquid-liquid and solid phase methods of extraction prior to the identification of the phenolic fraction present in olive oil washing wastewater from the two-phase olive oil extraction system. *Grasas y Aceites* 68(3): 1-12.
- Leonard, S.S.; Bower, J.J.; Shi, X. 2004. Metal-induced toxicity, carcinogenesis, mechanisms and cellular responses. *Molecular and Cellular Biochemistry* 255(1): 3-10.
- Lezama, M.K. 2018. Evaluación de coliformes y enterobacterias patógenas como potencial de riesgo de contaminación del agua de riego en la cuenca baja del río Moche. Tesis de doctorado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Perú. 53 pp.
- López-Álvarez, B.; Rizo-Fernández, Z.; Ramos-Leal, J.A.; Morán-Ramírez, J.; Almanza-Tovar, Ó.G. 2018. Water poverty index in arid zones: the barril aquifer, Santo Domingo, San Luis Potosí, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 35(1): 35-46.
- López, I.D.; Muñoz, A.M.; Muñoz, M. 2016. Riesgos biológico y químico en planta de compostaje de ingenio azucarero, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de investigación agraria y ambiental* 2: 53-72.
- Maldonado I.E.; Roza L.M. 2014. Convergencia de los grupos armados organizados al margen de la ley en la minería aurífera aluvial en la subregión del Bajo Cauca antioqueño. *Revista Criminalidad* 3: 119-138.
- Márquez, L.; Torres, A.; Barba, E.; Ilizaliturri, C.A.; Martínez, R.I.; Morales, J.J.; Sánchez, I. 2016. Estimación de riesgo de exposición a metales pesados por consumo de plecos (*Pterygoplichthys spp.*) en infantes de comunidades ribereñas de los ríos Grijalva y Usumacinta, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32(2): 153-164 .

- Molina, J.A.; Rincón, M.; Rincón D.; Vargas, J.A. 2017. Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a). Revista de investigación agraria y ambiental 8(2): 151-165.
- Morejón, B.J. 2017. Utilización del mucílago de tuna (*opuntia ficus-indica*) en el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano, en la comunidad de Pusir Grande, provincia del Carchi. Disponible en: [https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od\\_3056:3ffb108c3490a1cf5375100b21bca10a](https://explore.openaire.eu/search/publication?articleId=od_3056:3ffb108c3490a1cf5375100b21bca10a).
- Mosquera; R.A.; Santamaría, T.; López, J.C. 2015. Sistemas de transmisión del conocimiento etnobotánico de plantas silvestres comestibles en Turbo, Antioquia, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 6(1): 133-143.
- Ochando-Pulido, J.M.; Martínez-Férez, A. 2017. Regarding the rejection performance of a polymeric reverse osmosis membrane for the final purification of two-phase olive mill effluents previously treated by an advanced oxidation process. Grasas y Aceites 68(1): 1-10.
- Quispe R. F. 2017. Evaluación de la concentración de metales pesados (Cromo, Cadmio y Plomo) en los sedimentos superficiales en el río Coata. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola, Puno. Perú. 103 pp.
- Ramos, J. T. 2013. Contaminación del río Moche. Scribd. Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/153892963/CONTAMINACION-EN-EL-RIO-MOCHE>
- Rondi, L.; Sorlini, S.; Collivignarelli, M. C. 2015. Sustainability of Water Safety Plans Developed in Sub-Saharan Africa. Sustainability 7(8): 11139-11159.
- Sorlini, S.; Biasibetti, M.; Abbà, A.; Collivignarelli, M.C.; Damiani, S. 2012. Water Safety Plan for drinking water risk management: the case study of Mortara (Pavia, Italy). Revista Ambiente y Agua 12(4): 513-526.
- Vega, E.L.; Morales, M.; Castillo, J.; Fierro, G.A.; Ramírez, J.G. (2014). Evaluación hidrogeológica del acuífero del Río Tecoripa, Sonora, México. Investigación 17: 23-33.
- Velázquez-Pedroza, K.; Murillo-Jiménez, J.M.; Marmolejo-Rodríguez, A.J.; Nava-Sánchez, E.H.; Morales-Puente, P.A.; Wurl, J.; Hernández-Pérez, E. 2018. Caracterización hidrogeoquímica en la cuenca hidrológica el carrizal, baja california sur, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 35(1): 47-64.
- Villela, I.V.; De Oliveira, I.M.; Silveira, J.C.; Dias, J.F.; Henriques, J.A.; Da Silva, J. 2007. Assessment of environmental stress by the micronucleus and comet assays on *Limnoperna fortunei* exposed to Guaíba hydrographic region samples (Brazil) under laboratory conditions. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis 628(2): 76-86.
- Zamora-Martínez, O.; Lozano-Santa, R.; Samayoa-Oviedo, H.Y.; Velázquez-Castro, M.; Prado-Pano, B. 2018. Adecuabilidad y comparación de técnicas espectroscópicas para el análisis de muestras de origen geológico. Revista internacional de contaminación Ambiental 35(1): 65-79.

