

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



---

**Concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales asentadas en la rivera de la margen izquierda del río Tumbes y su relación con la concentración de estos en el agua superficial del río Tumbes**

---

Para optar el título profesional de ingeniero forestal y del medio ambiente

Presentado por:

**Andy Luis García Peña**

**Tumbes, 2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



---

**Concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales asentadas en la rivera de la margen izquierda del río Tumbes y su relación con la concentración de estos en el agua superficial del río Tumbes**

---

Tesis aprobada en forma y en estilo por:

Mg. Luis A. Bermejo Requena (Presidente)

Mg. Eber L. Herrera Palacios (Secretario)

Ing. José A. Silva Chávez (Vocal)

**Tumbes, 2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



---

**Concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales asentadas en la rivera de la margen izquierda del rio Tumbes y su relación con la concentración de estos en el agua superficial del rio Tumbes**

---

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y forma:

Ba. Andy Luis García Peña (Autor)

Dr. Gerardo J. F. Cruz Cerro (Asesor)

Ing. John Rimaycuna Ramírez (Co-asesor)

**Tumbes, 2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA  
FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE  
CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"  
SECRETARIA ACADEMICA  
TUMBES - PERU



### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS


En Tumbes, a los Once (11) días del mes de mayo de dos mil veinte, se reunieron de manera virtual, en la plataforma Zoom, los integrantes del jurado designados, según Resolución Decanal N°078-2019/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (20-08-2019) y con Aprobación del Proyecto de Tesis, según Resolución Decanal N°119-2019/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (28-10-2019); con el objetivo de evaluar la sustentación de la tesis denominada: "**CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN EL AGUA DE CONSUMO DE LAS ZONAS RURALES ASENTADAS EN LA RIVERA DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO TUMBES Y SU RELACION CON LA CONCENTRACION DE ESTOS EN EL AGUA SUPERFICIAL DEL RIO TUMBES**", para optar e Título de Ingeniero Forestal y del Medio Ambiente.

A las **DOCE (12)** horas con **DIEZ (10)** Minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.


Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO**

Por lo tanto el Bachiller, **GARCIA PEÑA ANDY LUIS**, queda apto para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, le expida el Título Profesional de Ingeniero Forestal y del Medio Ambiente de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Siendo las **TRECE** horas con **TREINTA (30)** minutos, el presidente del jurado dio por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.

  
\_\_\_\_\_  
**Mg. Luis A. Bermejo Requena**  
*Presidente*

  
\_\_\_\_\_  
**Mg. Eber L. Herrera Palacios**  
*Secretario*

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. José A. Silva Chávez**  
*Vocal*

## **Agradecimiento**

A la Universidad Nacional de Tumbes, por ser mi alma mater profesional y por permitirme el uso de sus ambientes y el análisis de muestras.

Al proyecto “Caracterización petrológica estructural térmica y como absorbentes de sillares (Ignimbritas) de Arequipa para su uso sostenible en aplicaciones constructivas y ambientales”, financiado por el FONDECYT-SENCICO (contrato N° 122-2018-FONDECYT) y al proyecto CANON financiado por la Universidad Nacional de Tumbes “Utilización de carbón activado y pro-bióticos inmovilizados en biocarbon para la reducción de contaminantes de los efluentes generados en el procesamiento de langostino pre tratado mediante aireación y filtración – Tumbes 2018”

A Dr. Cruz Cerro Gerardo e Ing. Rimaycuna Ramírez John por su apoyo durante el desarrollo de tesis, en la parte técnica de laboratorio así como la facilitación de bibliografía.

A Arcaya Rodríguez Sinthya, Guerra Moran Jhoxer, Moreno Medina Gustavo y Cherres Seminario Antoni por su apoyo durante la recolección de muestras.

## INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISION DE LITERATURA (Estado del Arte).....	12
III. MATERIALES Y METODOS .....	16
3.1. Zona de estudio .....	16
3.2. Recolección y preparación de muestras.....	17
3.3. Análisis de Muestra.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	21
4.1. Curvas de calibración de Metales Pesados.....	21
4.2. Rica Playa .....	23
4.3. La Capitana.....	25
4.4. Higuerón .....	27
4.5. Oidor .....	29
4.6. Vaquería .....	31
4.7. La Peña.....	33
4.8. San Jacinto .....	35
4.9. Correlación.....	37
4.10. Discusiones.....	40
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
5.1. Conclusiones.....	42
5.2. Recomendaciones .....	42
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
VII. ANEXOS .....	48
7.1. Panel fotográfico .....	48
7.2. Encuesta.....	46
7.3. Matriz de consistencia.....	54
7.4. Resultados de metales pesados.....	56

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Estándares de calidad .....	14
Cuadro 2: Condiciones análisis del Cadmio. ....	18
Cuadro 3: Condiciones análisis del Cromo.....	19
Cuadro 4: Condiciones análisis del Plomo. ....	20
Cuadro 9: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en Rica Playa.....	24

Cuadro 10: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en La Capitana.....	26
Cuadro 11: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en Higuерón .....	28
Cuadro 12: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en Oidor .....	30
Cuadro 13: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en Vaquería .....	32
Cuadro 14: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en La Peña.....	34
Cuadro 15: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en San Jacinto .....	36

### **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	16
Figura 2: Curva de calibración de Cadmio.....	21
Figura 3: Curva de calibración de Cromo .....	21
Figura 4: Curva de calibración de Plomo.....	22
Figura 5: Mapa de distribución de muestras del pueblo de Rica Playa.....	23
Figura 6: Mapa de distribución de muestras del pueblo de La Capitana. ....	25
Figura 7: Mapa de distribución de muestras del pueblo de Higuерón. ....	27
Figura 8: Mapa de distribución de muestras del pueblo de Oidor.....	29
Figura 9: Mapa de distribución de muestras del pueblo de Vaquería. ....	31
Figura 10: Mapa de distribución de muestras del pueblo de La Peña .....	33
Figura 11: Mapa de distribución de muestras del pueblo de San Jacinto. ....	35
Figura 12: Correlación de Cadmio entre las muestras.....	37
Figura 13: Correlación de Cromo entre las muestras .....	38
Figura 14: Correlación de Plomo entre las muestras.....	39



## **Resumen**

En la actualidad se reportan altas concentraciones de metales pesados (MP) en el río Tumbes así como en sus pueblos aledaños tales como Rica Playa, esto se debe a la minería informal situada en los ríos de Portovelo y Zaruma. En tal sentido esta investigación busca encontrar la concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales de Tumbes y su relación con el contenido de estos en el agua superficial del río Tumbes. Para ello se tomaron muestras en tiempo de estiaje en los puntos de captaciones para el agua de consumo y en los domicilios de la población. Estas muestras fueron analizadas espectroscopia de emisión atómica por la técnica de grafito para hallar la concentración de (MP), se analizaron el Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Plomo (Pb) hallándose que en el río Tumbes existe una alta concentración de (Pb) mientras que para él (Cd) y el (Cr) son concentraciones inferiores, de la misma forma las concentraciones de (MP) en el agua de consumo son más alarmantes para el Pb que en los otros dos elementos analizados. Al final para hallar la relación entre estos, se analizaron con el método de correlación de Pearson (CP) mostrando un índice correlación negativa de baja intensidad.

**Palabras claves: Agua de consumo, Metales pesados, correlación, Plomo**



### **Abstract**

Currently, high difficulties of heavy metals (PM) are reported in the Tumbes river as well as in its neighboring towns, tales such as Rica Playa, this is due to informal mining located in the Portovelo and Zaruma rivers. In this sense, this research seeks to find the concentration of heavy metals in the drinking water of the rural areas of Tumbes and its relationship with the content of these in the surface water of the Tumbes river. To do this, samples can be taken during the dry season at the collection points for drinking water and in the homes of the population. These samples were analyzed atomic emission spectroscopy by the graphite technique to find the concentration of (MP), Cadmium (Cd), Chromium (Cr) and Lead (Pb) were analyzed, finding that in the Tumbes river there is a high concentration of (Pb) while for him (Cd) and (Cr) are the lower antibodies, in the same way the (MP) proteins in drinking water are more alarming for Pb than in the other two elements analyzed. At the end to find the relationship between these, analyze with the Pearson correlation method (CP) showing a low intensity negative correlation index.

**Keywords: Drinking water, Heavy metals, correlation, lead**

## I. INTRODUCCIÓN

Las aguas dulces del planeta vienen siendo impactadas por los relaves mineros (Huaranga Moreno, Méndez García, Quilcat León, & Huaranga Arévalo, 2012), debido a las grandes cantidades de agua que utilizan para obtener los metales deseados (Guerra & Zaldumbide, 2010).

En la actualidad los metales pesados más comunes encontrados en los ríos son el cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), manganeso (Mn), plomo (Pb) y zinc (Zn) (Ortiz & Vega, 2019) de los cuales el Cr, Cu, Mn y Zn son esenciales como micronutrientes para plantas y microorganismos, mientras que el Cd y Pb no se ha demostrado que tengan actividad fisiológica por el contrario son perjudiciales en concentraciones altas (Capacoila Coila, 2017)

Las aguas del río Tumbes se ven afectadas por la contaminación de metales pesados, debido que en la zona alta de la cuenca vienen realizando actividades para la extracción de oro y plata (Mora, Jumbo-Flores, González-Merizalde, & Bermeo-Flores, 2016) vertiendo sus lixiviados con altas concentraciones de cianuro, mercurio y metales pesados a los principales tributarios del río Puyango - Tumbes (Río Calera y Amarillo) (Tarras-Wahlberg, Flachier, Lane, & Sangfors, 2001),

En la naciente el río binacional Puyango - Tumbes se han realizado estudios donde se ha encontrado 29  $\mu\text{g/l}$  de plomo y 12  $\mu\text{g/l}$  de arsénico (Fernández Yarlequé, 2019) además se demuestra que el agua en zona sometida a una alta presión minera no es apta para el consumo humano porque supera los límites permisibles de la norma de calidad ecuatoriana encontrándose altas concentraciones de Pb (Valenzuela Reyna, 2014) de igual manera en el lado peruano se han realizado evaluaciones donde se determina presencia de Pb, Cd, etc.

La ciudad de Tumbes tiene como fuente principal de captación para agua de consumo humano al río Tumbes quedando así la población expuesta a la eficiencia con la que se trate el agua fuente mientras que las poblaciones asentadas en las márgenes del río captan el agua sin ser tratada eficientemente y en otros casos consumida sin ningún tratamiento (Rimaycuna & Celi, 2012).

En distintas investigación e informes de monitoreo reportan la presencia de metales pesados en el río Tumbes tales como aluminio (ANA et al., 2016), arsénico (ANA et al., 2016; Otiniano, 2008), Cadmio (Otiniano, 2008), Cobre (Otiniano, 2008) hierro (Carril & Pacheco, 2002), mercurio (Otiniano, 2008) manganeso (Carril & Pacheco, 2002), plomo (Gavilanez García, 2016; ANA et al., 2016; Otiniano, 2008; Carril & Pacheco, 2002),

Sin embargo la información encontrada en los domicilios en asentados en la ribera del río es escasa y/o nula por eso es importante investigar la concentración de metales pesados en los pueblos que captan el agua superficial del río Tumbes para su consumo para ello se usara el método de espectroscopia de absorción atómica por la técnica de grafico para la determinación de metales pesados totales en los puntos de captación de aguas superficiales del río Tumbes y el agua de consumo de los pueblos rurales asentados en la margen izquierda del río.

Para esta investigación se ha escogido el cadmio, cromo y plomo para analizar debido a que son unos de los metales que se han reportado en el río Tumbes, además los resultados que se obtendrán servirán como información base para nuevas investigaciones en el tema, así mismo plantear estrategias y proyectos que ayuden a disminuir los problemas ambientales de metales pesados.

En tal sentido nace esta investigación con el objetivo de determinar la concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales asentadas en la ribera de la margen izquierda del río Tumbes y evaluar su relación con su concentración en el agua superficial del río Tumbes.

## II. REVISION DE LITERATURA (Estado del Arte)

El término de metal pesado hace referencia a los elementos químicos metálicos que tengan una alta densidad, naturalmente se encuentra como componentes naturales de la corteza terrestre (Prieto Méndez, Gonzáles Ramíres, Román Gutiérrez, & Prieto García, 2009).

De todos los contaminantes orgánicos e inorgánicos, los metales pesados son de particular inquietud debido a su persistencia ambiental, reciclaje biogeoquímico y posibles riesgos ecológicos (Zhang, Merino, Okamoto, & Gedalanga, 2018) son contaminantes frecuentes en los cuerpos de agua y el agua potable (Graney & Eriksen, 2004; Stead-Dexter & Ward, 2004; Wang, Wang, & Wang, 2014) y la posible toxicidad en la salud humana (Christensen, Nakajima, & Baun, 2006; Karlavičienė et al., 2009). Hasta en pequeñas concentraciones producen problemas fisiológicas y neuronales (Nebel & Wrigth, 1999), en altas concentraciones son cancerígenos (Flores Lozano, 2016), se acumulan en la sangre (Gavilanez Garcia, 2016) y eliminan la vida acuática (Espinoza Ortiz & Falero Alama, 2016)

Es elemental considerar que los seres vivos requieren cantidades mínimas de estos metales como el cobre, zinc, hierro, para funciones biológicas (Londoño Franco, Londoño Muñoz, & Muñoz Garcia, 2016) metales como el Cu y Zn son elementos esenciales de micronutrientes biológicos que se requieren para el crecimiento de muchos organismos acuáticos, pero estos micronutrientes pueden volverse tóxicos en altas concentraciones (Sunda, 1988) pero una escasa o excesiva concentración de éstos pueden modificar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo (Londoño Franco et al., 2016). Otros metales, como Cr, Pb y Cd, no son necesarios para el desarrollo de organismos acuáticos e incluso cantidades mínimas pueden ser altamente tóxicas para los organismos marinos (Baeyens et al., 1998; Beltrame, De Marco, & Marcovecchio, 2009) en pocas palabras lo que hace tóxico a los metales pesados son las concentraciones en las que pueden presentarse, y más importante aún, el tipo de compuesto o metabolito que forman, por ejemplo el metilmercurio (Abrahams, 2002).

La contaminación por metales en el río está estrechamente relacionada con la actividad humana como resultado de varias operaciones industriales (Ahalya, Ramachandra, & Kanamadi, 2003; Meybeck, 2013). Los contenidos naturales de Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sn y Zn en las corrientes dependen de los tipos de rocas o suelos presentes a lo largo de la cuenca (Hussain, Husain, Arif, & Gupta, 2017; Meybeck, 2013).

El cadmio es un metal blanco, dúctil y maleable, es insoluble en bases, se disuelve en ácido nítrico diluido (Capacoila Coila, 2017), se encuentra asociado a muchos minerales, está presente en casi todos los concentrados de zinc (Flores Lozano, 2016), En el medio acuático se encuentra como ion libre  $Cd^{2+}$  en aguas dulces, como compuestos clorados  $CdCl^+$  y  $CdClO$  (Capacoila Coila, 2017). La principal fuente de contaminación es la fabricación de hierro y acero, pigmentos, tuberías galvanizadas además se origina por descargas de desechos industriales o por lixiviados de rellenos sanitarios (Capacoila Coila, 2017). El cadmio puede ser ingerido por los organismos y transportados a todos los eslabones de la cadena alimenticias (Flores Lozano, 2016).

El cromo es un elemento natural ubicuo, se encuentra en la naturaleza como cromita ( $Cr_2O_4Fe^{2+}$ ) componiendo la peridotita y la serpentina, en su forma hexavalente Cr (VI) es mucho más tóxico, es considerado tóxico cuando se encuentra a concentraciones mayores a  $50 \mu/l$  en las aguas potables además se ha demostrado que posee propiedades mutagénicas y carcinogénicas (Pájaro & Díaz, 2014).

El plomo es importante por su extenso uso en procesos industriales, su resistencia a la corrosión atmosférica y a la acción de los ácidos, cuando se encuentra disuelto en su forma iónica  $Pb_2^+$  es más peligroso, disuelto en la sangre se transfiere a los órganos vitales y pasa rápidamente al feto (Masters & Ela, 2008). La mayor contaminación de Pb proviene de las emisiones de los procesos de mimas, refinadoras y fundidoras (Flores Lozano, 2016). Efectos de la acumulación de plomo en el cuerpo son: en niños los síntomas incluyen el retraso en el desarrollo, dificultades de aprendizaje, pérdida de peso, estreñimiento, pérdida de la audición; en adultos los síntomas incluyen hipertensión, dolor articular y

muscular, dificultades con la memoria o la concentración, dolor de cabeza, dolor abdominal (A Poma, 2013).

Actualmente los países emiten documentos oficiales donde establecen requisitos mínimos para el uso de las agua, para el caso del Perú maneja los Límites Máximos Permisibles (LMP) y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) con la norma vigente DS N° 031-2010-SA y DS N° 004-2017-MINAM respectivamente como se muestra en el cuadro 1.

*Cuadro 1: Estándares de calidad*

Elemento	LMP	ECA
	(µg/l) DS N° 031-2010-SA	(µg/l) DS N° 004-2017-MINAM
Cadmio	3	3
Cromo	50	50
Plomo	10	10

En diversos países se viene estudiando el grado de contaminación por metales pesados en las aguas dulces, encontrándose en más frecuencia metales como cadmio, cromo y plomo (Ortiz & Vega, 2019). En la India se ha reportado altas concentraciones Plomo en sus ríos determinándolas como aguas no aptas para consumo humano (Jakhu & Mehra, 2018) además sugieren una evaluación continua debido a la toxicidad de dicho elemento y monitoreo continuo a los recursos de agua potable (Saleh et al., 2018). Así mismo en Pakistán evaluaron los riesgos para salud de la ingesta de metales pesados disueltos en el agua donde encontraron que el metal con mayor riesgo es el cromo, seguido del plomo y por ultimo del arsénico (Hussain et al., 2017).

Por otro lado se estudió las concentraciones de Plomo en las tuberías y tanques de agua donde reportan que la principal fuente de plomo en el agua de consumo es la corrosión de la tubería de plomería ya sean tuberías de plomo como de tuberías de hierro galvanizado sin embargo es más baja en tuberías de polipropileno (Chowdhury, Kabir, Mazumder, & Zahir, 2018). En Bangladés analizaron el riesgo ecológico de los metales pesados encontrados en el agua y sedimentos del rio Pasur determinando que el cadmio tiene un mayor riesgo

ecológico seguido del plomo y por último el cromo (Ali, Ali, Islam, Rahman, & others, 2018) (Saleh et al., 2018).

En investigaciones nacionales también se reportan metales pesados presentes en distintos ríos nacionales (Castillo Coaquira, 2018; Chávez Collantes, 2016; Mamani Huanca, 2019).

En la región de tumbes existen investigaciones donde reportan presencia de plomo en la sangre de los pobladores del pueblo de Rica Playa debido a la ingesta del agua del río Tumbes (Gavilanez Garcia, 2016) así mismo (Carril & Pacheco, 2002) en su investigación reportan una alta concentración de plomo (146 µg/L). En el 2006 La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) realizó un monitoreo del agua superficial donde reportan 25,104 mg/kg y 20,738 mg/kg de cromo y plomo respectivamente en los sedimentos del río Tumbes y 41 µg/l de plomo en el agua superficial cerca al pueblo de Rica Playa, por otro lado la Autoridad Nacional del Agua en sus monitoreos reporta lo siguiente cadmio (0,5 µg/l), Cromo (0,7 µg/l) y plomo (60 µg/l) cerca al pueblo de Rica Playa, cadmio (0,1 µg/l), Cromo (0,2 µg/l) y plomo (108,8 µg/l) cerca al pueblo de La Peña y cadmio (0,1 µg/l), Cromo (0,1 µg/l) y plomo (152,4 µg/l) cerca al pueblo de Higuierón (ANA et al., 2016).



### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Zona de estudio

La presente investigación se realizó en el departamento de Tumbes, distrito de San Jacinto, en los pueblos de Rica Playa, La Capitana, Higuierón, Oidor, Vaquería, La Peña y San Jacinto (Figura 1).

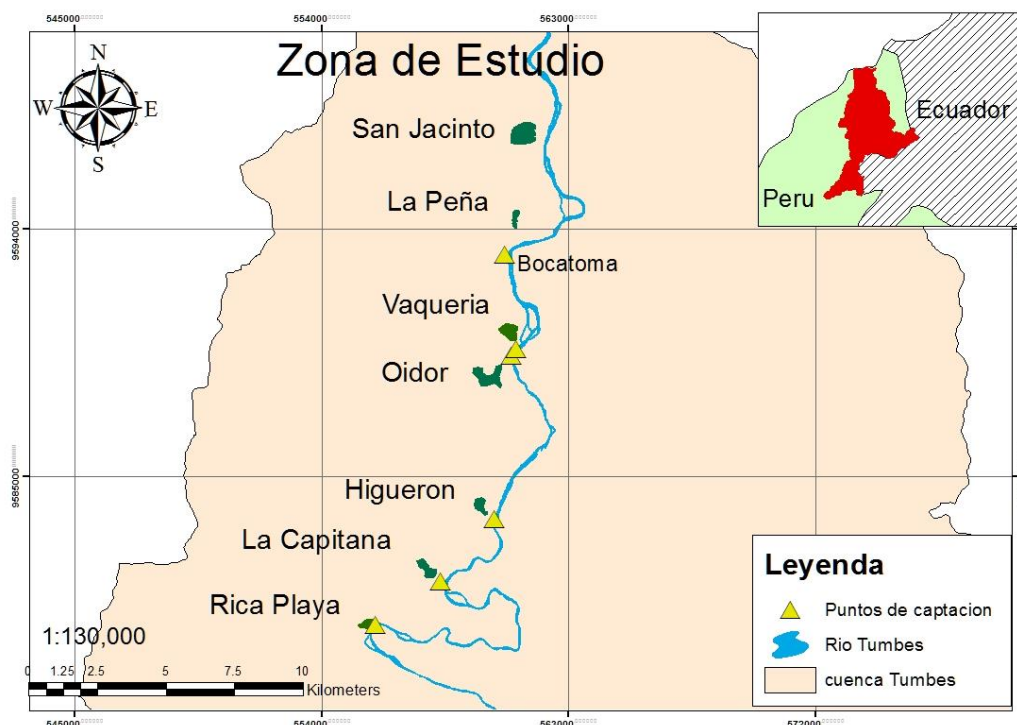


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio.

En las cuales se recolectaron 69 muestras en total, estas muestras fueron recolectadas en dos fechas distintas ambas en tiempo de estiaje en el mes de octubre debido al tiempo que duraba la recolección en cada pueblo, la primera fecha de recolección (09/10/2020) comprendió los pueblos de Rica Playa, La Capitana, Higuierón y Oidor mientras que la segunda fecha de recolección (23/10/2020) comprendió los pueblos de Vaquería, La Peña y San Jacinto.

De cada pueblo se tomaron 10 muestras, 9 muestras distribuidas entre los domicilios y 1 en el punto de captación de agua. El muestreo en cada pueblo se realizó por 3 estratos, tomando 3 muestras por zonas, para la delimitación de estas se utilizó como criterio la distancia entre el domicilio más cercano del punto de captación y el domicilio más alejado (Figura 2 – 8).

Se tomaron las muestras tomando como punto de partida los domicilios más cercanos al punto de captación de agua de consumo, siendo el área delimitada de azul la zona baja, el área delimitada de verde la zona media y el área delimitada de rojo la zona alta, dentro de las zonas se escogieron las casas equidistantes entre sí, así mismo en cada puntos se tomaron coordenadas de ubicación geográfica y una encuesta con las siguientes preguntas; 1°) ¿Cuál es la procedencia del agua?; 2°) ¿en que almacena el agua de consumo que llega a su domicilio?; 3°) ¿Cada cuánto tiempo brinda usted una limpieza a su depósito?; 4°) ¿Qué mantenimiento brinda usted al agua antes de consumirla?; 5°) ¿Cuál cree que es la calidad del agua?; 6°) ¿Cree usted que el agua contiene metales pesados?.

### **3.2. Recolección y preparación de muestras**

En domicilios donde contaban con el agua directamente del grifo se dejó escurrir el agua por unos 5 segundos luego se recolecto un poco de muestra para saturar el envase y se procedió a coleccionar la muestra en el envase, en casos donde la muestra estaba almacenada en tanques se tomó la muestra con el envase inicialmente para saturar el envase para luego coleccionarla directamente del tanque de almacén.

Las muestras se recolectaron en envases de plástico de 100 ml reusables debidamente lavados con abundante agua destilada. Se recolecto 100 ml de los cuales 20 ml pasaron por un proceso de filtrado con ayuda de jeringas (20 ml) eliminando los primero 5 ml para luego coleccionar 15 ml en tubos cónicos de centrifuga plásticos con para rosca, luego se les agrego 0.10 ml de ácido nítrico concentrado (disminuye el pH a 2). Estos se mantuvieron en almacenamiento a temperatura ambiente hasta su respectivo análisis.

Para caracterizar el agua se analizó el pH y la conductividad eléctrica mediante dos potenciómetros (ST-2100-F - OHAUS) y (ST-3100C-F - OHAUS) respectivamente. Así mismo la concentración de todos los metales pesados existentes en esas aguas se analizó mediante espectroscopia de emisión atómica por la técnica de grafito (contrAA800D - Analytik Jena AG).

Luego de obtener los datos de concentración de metales pesados se halló la correlación entre las concentraciones promedio del agua de consumo y el agua superficial del punto de captación en el río Tumbes utilizando el método de correlación de Pearson con ayuda de software informático (Excel, SPSS).

### 3.3. Análisis de Muestra

Las muestras fueron analizadas con un espectrofotómetro de absorción atómica de alta resolución con fuente continua (HR-CS) Analytik Jena ContrAA800D equipado con horno de grafito y autosampler (Laboratorio de Análisis Ambiental – Universidad Nacional de Tumbes).

Se analizaron 3 metales (Cadmio, Cromo y Plomo) de los cuales cada uno se analizó en sus condiciones óptimas (cuadro 2 – 4). Se prepararon curvas de calibración de cada elemento de 0 a 20 µg/l, con dichas curvas se hizo las mediciones de todas las muestras, las muestras que arrojaban una absorbancia mayor a la dada por la curva de calibración se les realizó una dilución para ajustarlas al modelo de la curva de calibración.

Por día se colocaron entre 6 a 14 muestras en el autosampler con un volumen de 1,5 ml por muestra, en la misma muestra se analizaron de manera consecutiva los 3 elementos, cada muestra por tres repeticiones, con una duración de 10 minutos por muestra.

Cuadro 2: Condiciones análisis del Cadmio.

Nombre	Temp (°C)	Descenso (°C/s)	Sostener (s)	Tiempo (s)	Gas	
					Limpia	Añadir
Secado 1	80	6	20	26.7	Max	Stop
Secado 2	90	3	20	23.3	Max	Stop
Secado 3	110	5	10	14.0	Max	Stop

*Cuadro 2: Continuación...*

Pirolisis 1	350	50	20	24.8	Max	Stop
Pirolisis 2	600	300	10	10.8	Max	Stop
Adaptación de gas	600	0	5	5.0	Stop	Stop
Atomización	1200	1400	3	3.4	Stop	Stop
Limpieza	2450	500	4	6.5	Max	Stop

*Cuadro 3: Condiciones análisis del Cromo.*

Nombre	Temp (°C)	Descenso (°C/s)	Sostener (s)	Tiempo (s)	Gas	
					Limpia	Añadir
Secado 1	80	6	20	26.3	Max	Stop
Secado 2	90	3	20	23.3	Max	Stop
Secado 3	110	5	10	14.0	Max	Stop
Pirolisis 1	350	50	20	24.8	Max	Stop
Pirolisis 2	1350	300	10	13.3	Max	Stop
Adaptación de gas	1350	0	5	5.0	Stop	Stop
Atomización	2300	1500	4	4.6	Stop	Stop
Limpieza	2450	500	4	4.3	Max	Stop

*Cuadro 4: Condiciones análisis del Plomo.*

Nombre	Temp (°C)	Descenso (°C/s)	Sostener (s)	Tiempo (s)	Gas	
					Limpia	Añadir
Secado 1	80	6	20	26.3	Max	Stop
Secado 2	90	3	20	23.3	Max	Stop
Secado 3	110	5	10	14.0	Max	Stop
Pirolisis 1	350	50	20	24.8	Max	Stop
Pirolisis 2	800	300	10	11.5	Max	Stop
Adaptación de gas	800	0	5	5.0	Stop	Stop
Atomización	1500	1500	4	4.5	Stop	Stop
Limpieza	2450	500	4	5.9	Max	Stop

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Curvas de calibración de Metales Pesados

En esta investigación solo se analizaron los niveles de Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Plomo (Pb) debido a que son unos de los metales pesados más tóxicos que se han reportado en las aguas superficiales del río Tumbes, para ello se realizaron sus respectivas curvas de calibración con concentraciones de 0 a 20 µg/l, que se presentan a continuación (figura 2 - 3)

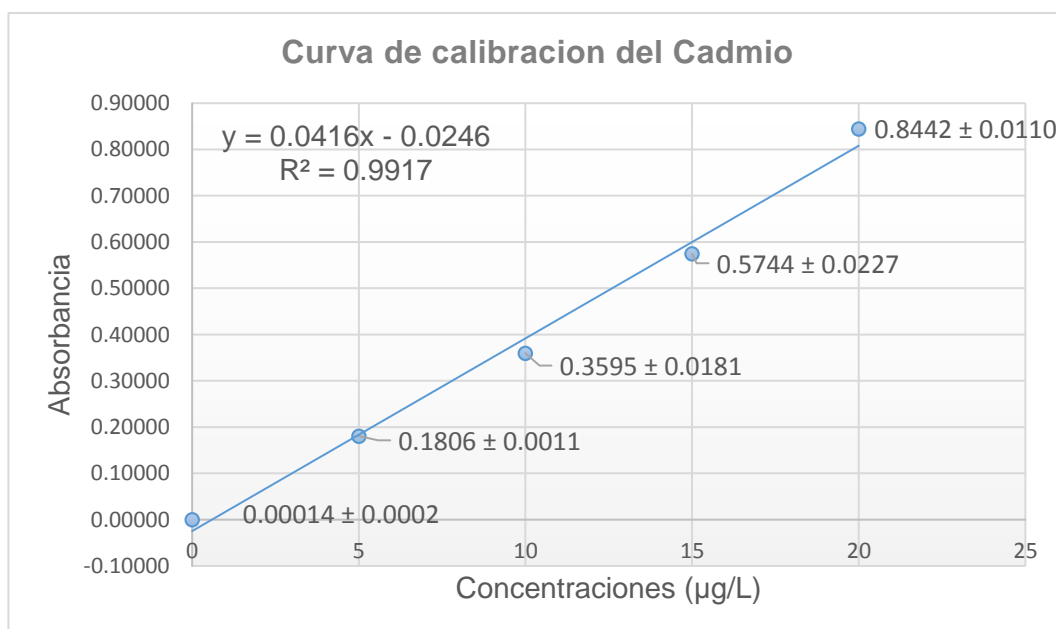


Figura 2: Curva de calibración de Cadmio

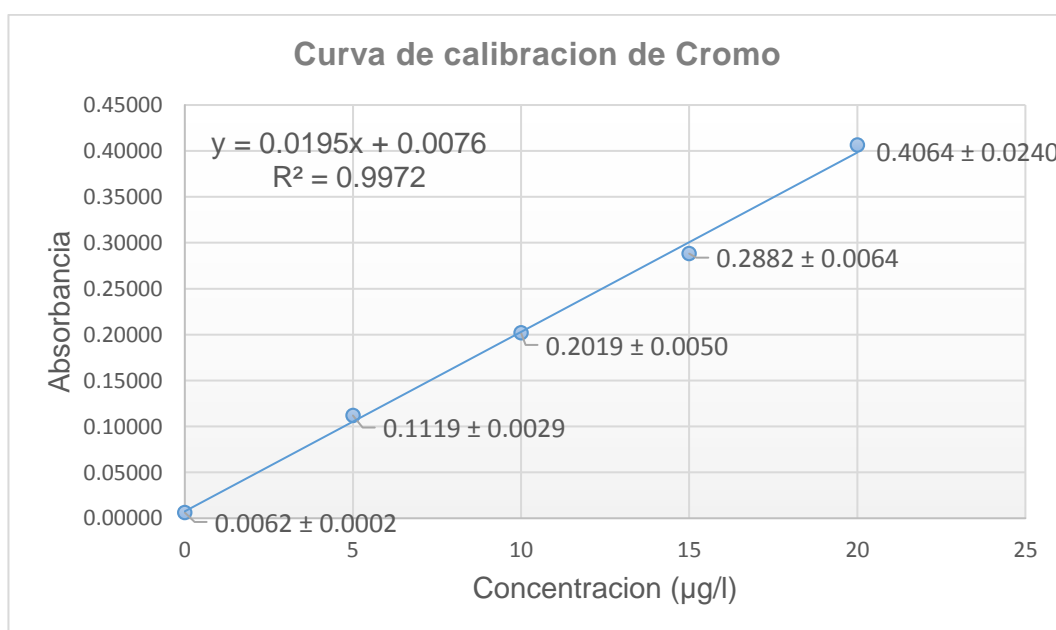
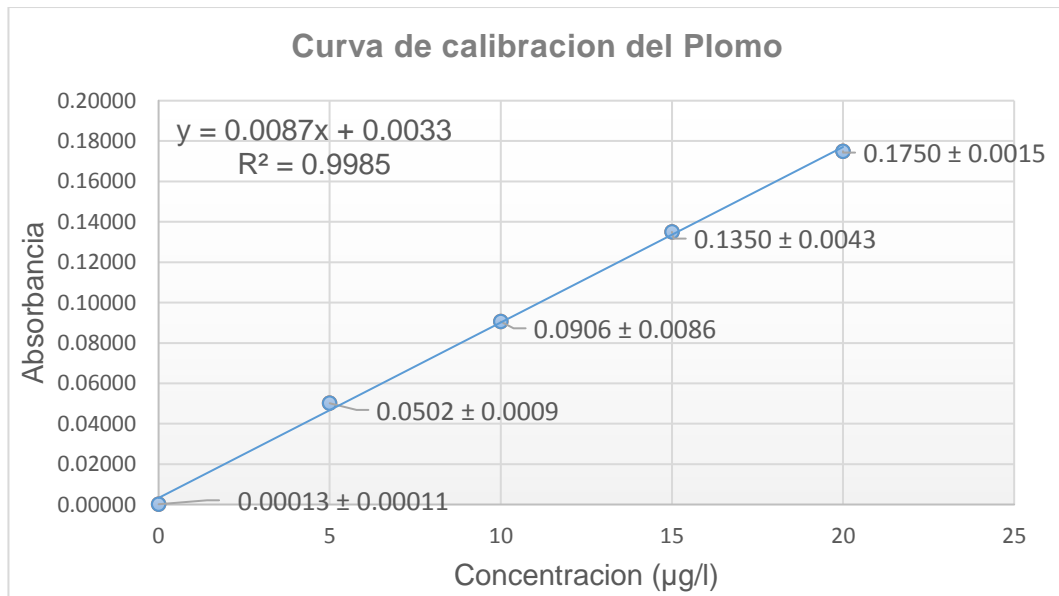


Figura 3: Curva de calibración de Cromo



*Figura 4: Curva de calibración de Plomo*

En las figuras 2 - 4 se observa las curvas de calibración de cadmio, cromo y plomo respectivamente, con absorbancia que van desde 0,0014 hasta 0,84415 en concentraciones de 0 hasta 20 µg/l respectivamente para cadmio, en cromo se encontró absorbancias desde 0,0062 hasta 0,4064 en concentraciones de 0 hasta 20 µg/l respectivamente y por ultimo para el plomo se encontraron absorbancias que van desde 0,0001 hasta 0,1749 en concentraciones de 0 hasta 20 µg/l respectivamente, también se observa el coeficiente de determinación de 0,99 en las curvas de los 3 elementos por lo tanto son modelos cuyas estimaciones se ajustan bastante bien a las concentraciones reales. Con estas curvas de calibración se interpola las absorbancias de los metales pesados encontradas en el Rio y en los pueblos que se describen a continuación:



## 4.2. Rica Playa

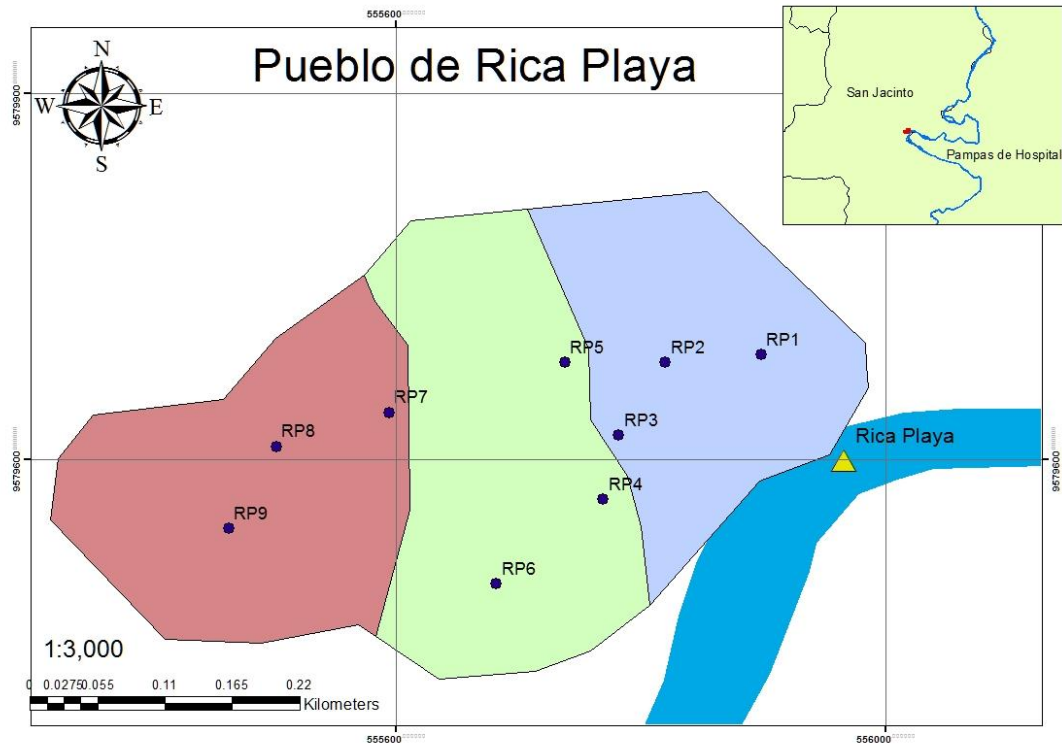


Figura 5: Mapa de distribución de muestras del pueblo de Rica Playa.

En el pueblo de Rica Playa captan el agua de consumo directamente del agua superficial del río Tumbes a pocos metros de donde se encuentra el pueblo y la distribuyen mediante una red de distribución por tuberías, sin ningún tratamiento previo, en entrevista con los pobladores se encontró que la mayoría de los pobladores almacenan el agua de consumo en envases de plástico que limpian cada dos a tres días, con respecto a los domicilios propios de cada domicilio la mayoría de los pobladores toman el agua de manera directa sin ningún tratamiento previo, algunos optan por hervir el agua pero este tratamiento no es el adecuado para la disminución de metales, otros en cambio cuentan con un filtro para agua de consumo lo cual los resultados demuestran que es un buen tratamiento, por otro lado la percepción de población es que están consumiendo un agua de mala calidad con altas concentraciones de plomo. A continuación en el cuadro 5 se presentan las concentraciones de metales pesados hallados en las muestras colectadas.

*Cuadro 5: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en Rica Playa.*

Código	pH	CE**	Cadmio (µg/l)	Cromo (µg/l)	Plomo (µg/l)
RP 1	7,04	2,10	0,818 ± 0,0389	0,388 ± 0,0371	3,296 ± 0,0782
RP 2	6,80	1,87	0,091 ± 0,0131	< 0.01*	0,878 ± 0,0263
RP 3	7,03	1,89	0,284 ± 0,0150	< 0.01*	1,724 ± 0,0583
RP 4	6,88	2,10	1,039 ± 0,0146	< 0.01*	2,969 ± 0,0283
RP 5	6,87	2,02	0,155 ± 0,0233	< 0.01*	2,012 ± 0,0304
RP 6	6,80	2,11	0,202 ± 0,0138	< 0.01*	0,793 ± 0,0487
RP 7	6,86	2,07	0,863 ± 0,0899	< 0.01*	< 0.03*
RP 8	6,84	2,02	0,335 ± 0,0204	< 0.01*	0,013 ± 0,0135
RP 9	6,83	2,16	0,482 ± 0,0201	< 0.01*	0,161 ± 0,0285
Captación	7,11	2,01	3,833 ± 0,0125	4,529 ± 0,0110	107,542 ± 0,335

\* Por debajo del límite de detección. \*\* Conductividad Eléctrica (mS/cm).

En el cuadro 5 se observan los parámetros medidos en las muestras del pueblo de Rica Playa, teniendo unos niveles promedios de pH y conductividad eléctrica en 6,9 y 2,03 mS/cm, además se muestran las concentraciones de cadmio, cromo y plomo, siendo el plomo el que tiene la mayor concentración en el río con un valor de 107,54 µg(Pb)/l sobrepasando en concentración estipulada en la norma vigente (ECA), mientras que en los domicilios se encuentra con un valor promedio de 1,32 µg(Pb)/l están dentro de la norma vigente (LMP) para este elemento, por contrario el cromo fue el elemento con menos concentración siendo que en la mayoría de muestras del domicilio la concentración se encuentra por debajo del límite de detección mientras que en la muestra de río se encuentra con un valor de 4,53 µg(Cr)/l estando por debajo de la norma vigente (ECA), por otro lado para el caso del cadmio se encuentra en valores muy bajos siendo un valor promedio de 0,09 µg(Cd)/l en los domicilios mientras que en el río con una concentración de 3,83 µg(Cd)/l sobrepasa la norma vigente (LMP).

### 4.3. La Capitana

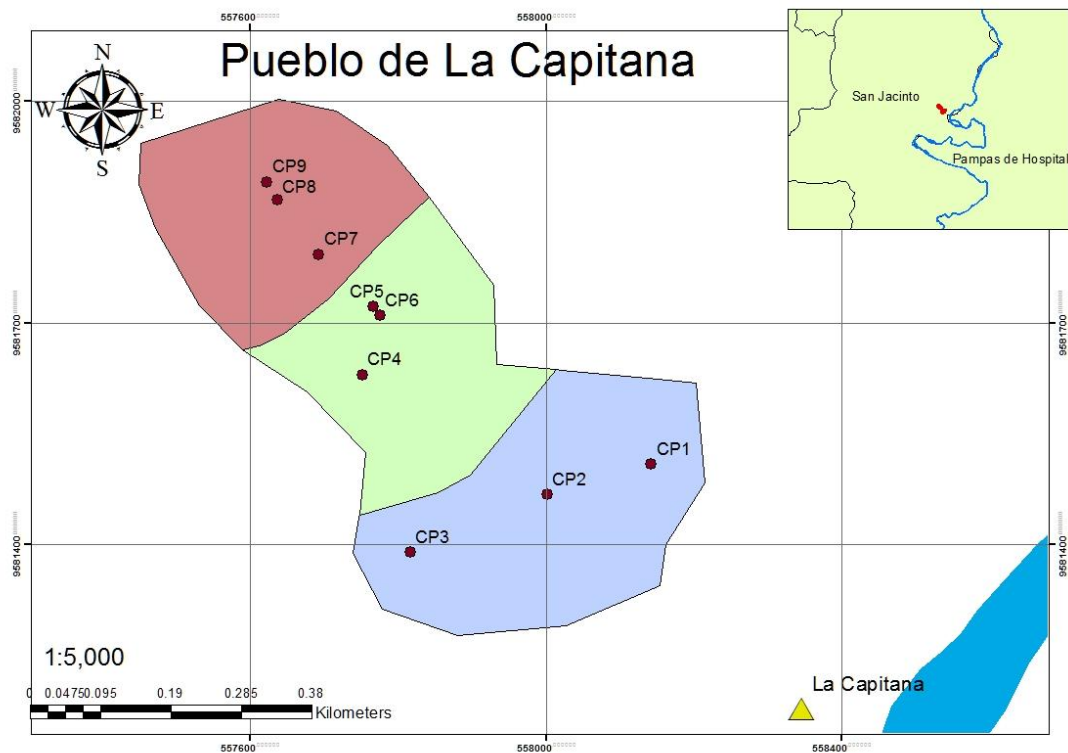


Figura 6: Mapa de distribución de muestras del pueblo de La Capitana.

El pueblo de La Capitana capta el agua de consumo directamente del agua superficial del río Tumbes y la distribuye mediante una red de distribución por tuberías, sin ningún tratamiento previo, en entrevista con los pobladores se encontró que la mayoría de los pobladores almacenan el agua de consumo en envases de plástico y algunos otros almacenan en depósitos de metal con cemento que limpian casi de manera diaria, de igual manera que en rica playa la mayoría de los pobladores toman el agua de manera directa sin ningún tipo de tratamiento previo, algunos optan por hervir el agua pero este tratamiento no es el adecuado para la disminución de metales, mientras que en un domicilio muestreado (CP5) opta por filtrar el agua antes de consumirla y en lo datos refleja menor concentración de los metales evaluados. Por otro lado la percepción de población es que están consumiendo un agua de mala calidad con presencia de mercurio. A continuación en el cuadro 6 se presentan las concentraciones de metales pesados hallados en las muestras colectadas.

*Cuadro 6: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en La Capitana*

Código	pH	CE**	Cadmio (µg/l)	Cromo (µg/l)	Plomo (µg/l)
CP 1	6,79	2,01	1,186 ± 0,0262	1,179 ± 0,0298	26,524 ± 0,1696
CP 2	6,91	1,96	2,229 ± 0,1383	0,196 ± 0,0872	0,878 ± 0,1239
CP 3	6,92	1,75	3,197 ± 0,0670	0,314 ± 0,1040	7,155 ± 0,1399
CP 4	6,90	2,04	0,442 ± 0,0034	< 0,01*	0,670 ± 0,0231
CP 5	6,93	1,91	0,444 ± 0,0037	0,429 ± 0,2529	0,232 ± 0,0185
CP 6	6,90	2,02	0,279 ± 0,0673	< 0,01*	2,503 ± 0,0953
CP 7	6,95	1,89	0,466 ± 0,0235	0,072 ± 0,0890	13,795 ± 0,1942
CP 8	6,93	1,97	0,111 ± 0,0143	0,150 ± 0,0450	0,768 ± 0,0435
CP 9	6,94	2,04	0,130 ± 0,0044	< 0,01*	38,723 ± 0,0505
Captación	7,10	1,61	0,568 ± 0,0513	1,646 ± 0,0659	15,822 ± 0,4438

\* Por debajo del límite de detección. \*\* Conductividad Eléctrica (mS/cm).

En el cuadro 6 se observan los parámetros medidos en las muestras del pueblo de La Capitana, teniendo unos niveles promedios de pH y conductividad eléctrica en 6,9 y 1,02 mS/cm, además se muestran las concentraciones de cadmio, cromo y plomo, siendo el plomo el que tiene la mayor concentración en el río con un valor de 15,82 µg(Pb)/l sobrepasando en concentración la norma vigente (ECA) sin embargo es la menor concentración en comparación a lo encontrado por otros pueblos, mientras que en los domicilios se encontró valores altos de plomo en los puntos CP1, CP7 Y CP9 incluso concentraciones mayores a lo encontrado en el agua superficial del río, por contrario el cromo fue el elemento con menos concentración teniendo un valor promedio de 0,26 µg(Cr)/l en las muestras de los domicilios, mientras que en la muestra de río se encuentra con un valor de 1,64 µg(Cr)/l estando por debajo de la norma vigente, por otro lado para el caso del cadmio se encuentra en valores muy bajos siendo un valor promedio de 0,94 µg(Cd)/l en los domicilios y 0,56 µg(Cd)/l en el Río.

#### 4.4. Higuero

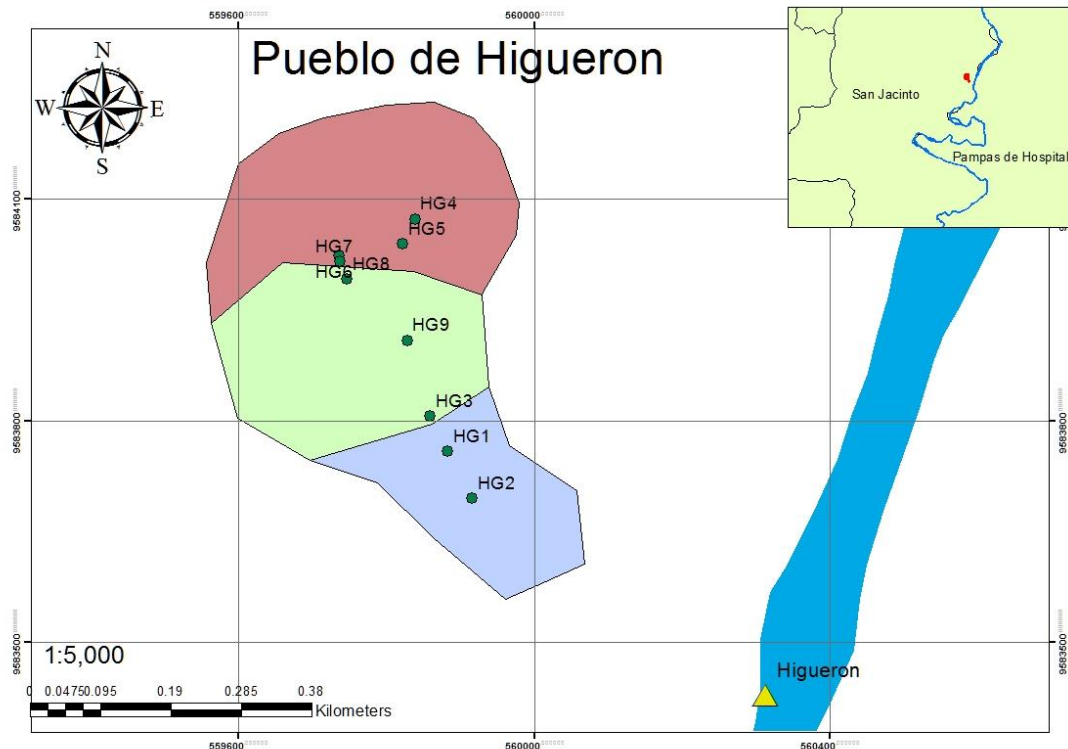


Figura 7: Mapa de distribución de muestras del pueblo de Higuero.

En el pueblo de Higuero captan el agua de consumo directamente del agua superficial del río Tumbes cerca a la estación meteorológica “el tigre” y la distribuyen mediante una red de distribución por tuberías, sin ningún tratamiento previo, en entrevista con los pobladores se encontró que la mayoría de los pobladores almacenan el agua de consumo en envases de plástico, solo en la muestra HG2 donde el envase es de metal con cemento donde se evidencia un leve incremento de metales en comparación con las otras muestras, algunos pobladores optan por hervir el agua antes de consumirla mientras que otros la pasan por un proceso filtrado antes de consumirla sin embargo en algunos domicilios muestreado consumen el agua sin ningún tipo de tratamiento, por otro lado la percepción de población es que están consumiendo un agua de mala calidad con presencia de plomo. A continuación en el cuadro 7 se presentan las concentraciones de metales pesados hallados en las muestras colectadas.

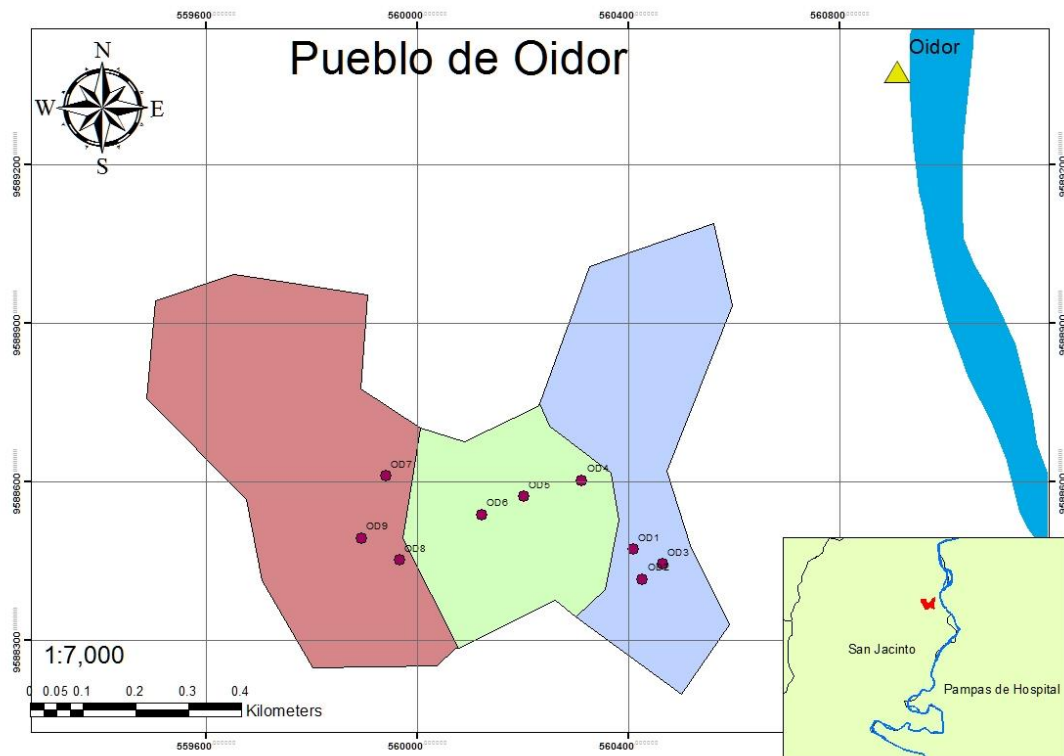
*Cuadro 7: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en Higuerón*

Código	pH	CE**	Cadmio (µg/l)	Cromo (µg/l)	Plomo (µg/l)
HG 1	7,05	1,86	0,526 ± 0,0080	0,439 ± 0,0128	1,8419 ± 0,0720
HG 2	7,01	2,02	1,274 ± 0,0840	1,408 ± 0,0151	5,9398 ± 0,1311
HG 3	7,01	2,21	0,468 ± 0,0271	< 0,01*	3,2824 ± 0,0129
HG 4	7,01	2,28	0,536 ± 0,0029	< 0,01*	0,3814 ± 0,1108
HG 5	6,38	2,21	0,214 ± 0,0232	0,246 ± 0,2378	0,9694 ± 0,0386
HG 6	6,23	2,25	0,528 ± 0,0221	0,009 ± 0,0150	72,3146 ± 0,2637
HG 7	6,55	1,78	0,619 ± 0,0324	< 0,01*	3,0442 ± 0,0656
HG 8	6,70	2,07	0,270 ± 0,0322	< 0,01*	1,0017 ± 0,0081
HG 9	6,30	2,34	1,225 ± 0,0293	< 0,01*	3,3903 ± 0,2718
Captación	6,84	1,57	0,997 ± 0,0560	1,360 ± 0,0489	29,256 ± 0,0294

\* Por debajo del límite de detección. \*\* Conductividad Eléctrica (mS/cm).

En el cuadro 7 se observan los parámetros medidos en las muestras del pueblo de Higuerón, teniendo unos niveles promedios de pH y conductividad eléctrica en 6,7 y 2,06 mS/cm, además se muestran las concentraciones de cadmio, cromo y plomo, siendo el plomo el que tiene la mayor concentración en el río con un valor de 29,26 µg(Pb)/l sobrepasando en concentración la norma vigente (ECA) este dato se asemeja a lo encontrado en el punto de captación La Capitana, mientras que en los domicilios se encuentra con concentraciones que varían entre 0,38 y 5,93 µg(Pb)/l a excepción de la muestra (HG6) que muestra una concentración incluso mayor que la que se encuentra en el río siendo de 72,31 µg/(Pb)l, por contrario el cromo fue el elemento con menos concentración siendo que en la mayoría de muestras del domicilio la concentración se encuentra por debajo del límite de detección mientras que el resto de muestras se encuentran en concentraciones demasiado bajas, por otro lado en la muestra de río se encuentra con un valor de 1,360 µg(Cr)/l estando por debajo de la norma vigente, por otro lado para el caso del cadmio se encuentra en valores muy bajos siendo un valor promedio de 0,6 µg(Cd)/l en los domicilios y 0,9 µg(Cd)/l en el Río.

#### 4.5. Oidor



*Figura 8: Mapa de distribución de muestras del pueblo de Oidor.*

En el pueblo de Oidor captan el agua de consumo directamente del agua superficial del río Tumbes sin ningún tipo de tratamiento previo, el punto de captación se encuentra a un kilómetro del pueblo, este punto de captación abastece a los pueblos de Carretas, Casa Blanca y Oidor, para esta investigación solo se evaluó el pueblo más cercano al punto de captación, en entrevista con los pobladores del pueblo se encontró que los pobladores almacenan el agua de consumo en envases de diversos (plástico, cemento y metal-cemento), la mayoría de los pobladores optan por comprar el agua de otro poblado antes que consumir el agua que les llega a los domicilios dicha agua solo es usada para el lavado de aseo, por otro lado la percepción de población es que están consumiendo un agua de muy mala calidad. A continuación en el cuadro 8 se presentan las concentraciones de metales pesados hallados en las muestras colectadas.



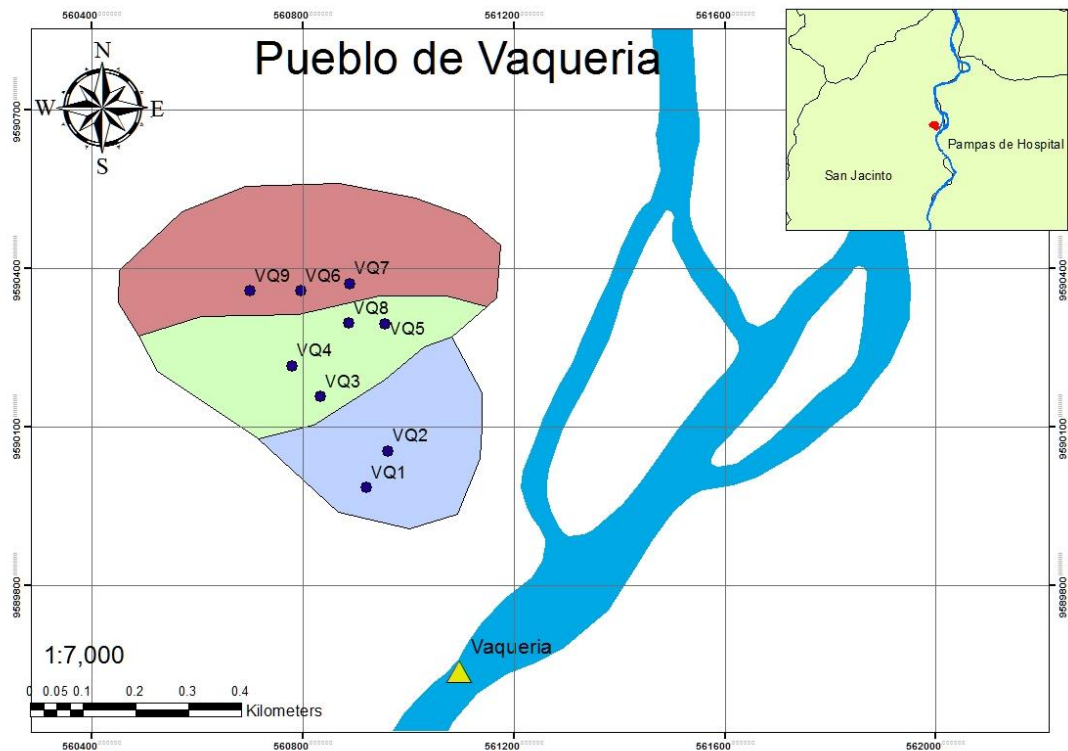
*Cuadro 8: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en Oidor*

Código	pH	CE**	Cadmio (µg/l)	Cromo (µg/l)	Plomo (µg/l)
OD 1	7,35	4,56	0,401 ± 0,0362	0,153 ± 0,0020	8,134 ± 0,1852
OD 2	7,33	7,98	0,462 ± 0,0328	0,225 ± 0,0007	6,983 ± 0,0977
OD 3	7,56	3,70	1,251 ± 0,0421	1,259 ± 0,0555	37,622 ± 0,0543
OD 4	7,26	4,50	0,334 ± 0,0269	0,341 ± 0,0271	13,190 ± 0,0714
OD 5	7,49	7,07	1,772 ± 0,0570	1,489 ± 0,0442	50,362 ± 0,0078
OD 6	7,64	6,03	3,633 ± 0,0008	2,217 ± 0,0381	99,079 ± 0,0481
OD 7	7,57	4,89	2,264 ± 0,0208	1,495 ± 0,0355	73,702 ± 0,0919
OD 8	7,52	5,43	1,833 ± 0,0278	1,249 ± 0,2403	65,088 ± 0,0120
OD 9	7,46	5,68	2,465 ± 0,0810	1,550 ± 0,0140	79,230 ± 0,2435
Captación	7,43	3,18	1,063 ± 0,1214	1,031 ± 0,0709	26,575 ± 0,5449

\* Por debajo del límite de detección. \*\* Conductividad Eléctrica (mS/cm).

En el cuadro 8 se observan los parámetros medidos en las muestras del pueblo de Oidor, teniendo unos niveles promedios de pH 7,5 dentro del rango del pH neutro en cambio la conductividad eléctrica resulto con un promedio de 5,3 mS/cm encontrándose con una concentración elevada, además se muestran las concentraciones de cadmio, cromo y plomo, siendo el plomo el que tiene la mayor concentración en el rio con un valor de 26,57 µg(Pb)/l sobrepasando en concentración la norma vigente (ECA) este dato se asemeja a lo encontrado en los pueblos de La Capitana e Higueron, a diferencia que en los domicilios se encontraron valores muchos más altos que el encontrado en el rio que varían entre 6,98 y 99,08 µg(Pb)/l, por contrario el cromo fue el elemento con menos concentración siendo teniendo un valor promedio de 1,11(Cr) µg/l en los domicilios mientras que en la muestra de rio se encuentra con un valor de 1,03 µg(Cr)/l estando por debajo de la norma vigente, por otro lado para el caso del cadmio se encuentra en valores muy bajos siendo un valor promedio de 1,6 µg(Cd)/l en los domicilios y 1,06 µg(Cd)/l en el Rio.

#### 4.6. Vaquería



*Figura 9: Mapa de distribución de muestras del pueblo de Vaquería.*

En el pueblo de Rica Playa captan el agua de consumo directamente del agua superficial del río Tumbes y llega a una planta de tratamiento donde pasa por un proceso de coagulación (sulfato de aluminio), floculación, decantación y filtración (filtro de arena) luego es distribuido mediante una red de distribución por tuberías, en entrevista con los pobladores del pueblo se encontró que la mayoría de los pobladores almacenan el agua de consumo en envases de plástico que limpian cada uno a dos días, los pobladores de vaquería optan por darle un tratamiento adicional ya sea (filtrado, hirviendo, o añadiéndole cloro), por otro lado la percepción de población es que están consumiendo un agua de mala calidad con altas concentraciones de plomo. A continuación en el cuadro 9 se presentan las concentraciones de metales pesados hallados en las muestras colectadas.

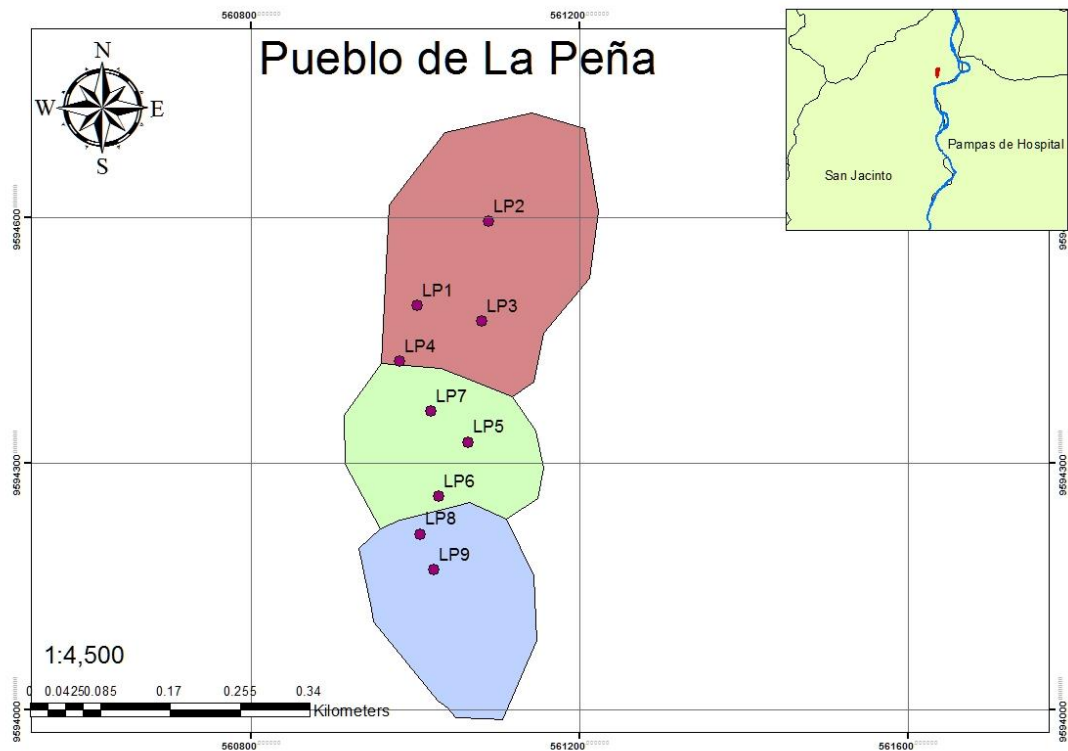
*Cuadro 9: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en Vaquería*

Código	pH	CE**	Cadmio (µg/l)	Cromo (µg/l)	Plomo (µg/l)
VQ 1	7,71	2,21	0,500 ± 0,0293	< 0,01*	5,746 ± 0,0297
VQ 2	7,80	2,66	1,041 ± 0,0266	0,126 ± 0,0266	10,266 ± 0,0353
VQ 3	7,60	2,54	0,276 ± 0,0113	< 0,01*	1,738 ± 0,0648
VQ 4	7,53	2,49	0,407 ± 0,0096	0,299 ± 0,0096	2,535 ± 0,1194
VQ 5	7,71	2,22	0,138 ± 0,0084	< 0,01*	0,959 ± 0,0713
VQ 6	7,50	2,69	0,335 ± 0,0319	< 0,01*	3,547 ± 0,0761
VQ 7	7,70	2,56	0,080 ± 0,0051	< 0,01*	1,206 ± 0,0071
VQ 8	7,50	2,59	0,132 ± 0,0045	< 0,01*	0,865 ± 0,0319
VQ 9	7,43	2,43	0,155 ± 0,0040	< 0,01*	0,910 ± 0,0737
Captación	7,56	2,09	3,824 ± 0,0468	4,626 ± 0,0740	147,175 ± 0,0750

\* Por debajo del límite de detección. \*\* Conductividad Eléctrica (mS/cm).

En el cuadro 9 se observan los parámetros medidos en las muestras del pueblo de Vaquería, teniendo unos niveles promedios de pH y conductividad eléctrica en 7,6 y 2,78 mS/cm, además se muestran las concentraciones de cadmio, cromo y plomo, siendo el plomo el que tiene la mayor concentración en el río con un valor de 177,17 µg(Pb)/l sobrepasando en concentración la norma vigente (ECA), mientras que en los domicilios se encuentra con un valores bajos con excepción de la muestra VQ2 que se encontró un valor de 10,26 µg(Pb)/l sobrepasando por 0,26 la concentración de la norma vigente (LMP), por contrario el cromo fue el elemento con menos concentración siendo que en la mayoría de muestras del domicilio la concentración se encuentra por debajo del límite de detección mientras que en la muestra de río se encuentra con un valor de 4,63 µg(Cr)/l estando por debajo de la norma vigente, por otro lado para el caso del cadmio se encuentra en valores muy bajos siendo un valor promedio de 0,34 µg(Cd)/l en los domicilios y 3,82 µg(Cd)/l en el Río.

#### 4.7. La Peña



*Figura 10: Mapa de distribución de muestras del pueblo de La Peña*

En el pueblo de La Peña captan el agua de consumo directamente del agua superficial del río Tumbes en el sector “La Bocatoma” y llega a una planta de tratamiento donde pasa por un proceso de coagulación, floculación, decantación y filtración luego es distribuido mediante una red de distribución por tuberías, este punto distribuye agua de consumo a los pueblos de La Peña, Plateros, Santa Rosa, San Jacinto, Pechichal y Cristales, pero para este punto de captación se eligieron los pueblos de La Peña y San Jacinto, debido a que La Peña es el pueblo más cercano al punto de captación y San Jacinto es el pueblo con la mayor población del distrito, en entrevista con los pobladores del pueblo se encontró que la mayoría de los pobladores almacenan el agua de consumo en envases de plástico que limpian cada uno a tres días, algunos pobladores optan por clorar el agua y otros por hervir, por otro lado la percepción de población es que están consumiendo un agua de mala calidad. A continuación en el cuadro 10 se presentan las concentraciones de metales pesados hallados en las muestras colectadas.

*Cuadro 10: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en La Peña*

Código	pH	CE**	Cadmio (µg/l)	Cromo (µg/l)	Plomo (µg/l)
LP1	7,87	2,12	0,194 ± 0,0180	< 0,01*	0,406 ± 0,0049
LP2	7,88	2,05	0,194 ± 0,0078	< 0,01*	0,355 ± 0,0092
LP3	7,86	2,10	0,173 ± 0,0067	< 0,01*	0,190 ± 0,0057
LP4	7,86	2,23	0,160 ± 0,0045	0,245 ± 0,1054	0,390 ± 0,0148
LP5	7,85	2,06	0,116 ± 0,0037	< 0,01*	0,162 ± 0,0099
LP6	7,85	2,13	0,146 ± 0,0037	0,152 ± 0,0498	0,213 ± 0,1962
LP7	8,85	2,15	0,147 ± 0,0012	< 0,01*	0,105 ± 0,1071
LP8	7,84	2,20	0,116 ± 0,0039	< 0,01*	0,214 ± 0,0014
LP9	7,87	2,06	0,130 ± 0,0082	< 0,01*	0,226 ± 0,0254
Captación	7,38	2,16	4,270 ± 0,1910	4,626 ± 0,0589	194,889 ± 0,3182

\* Por debajo del límite de detección. \*\* Conductividad Eléctrica (mS/cm).

En el cuadro 10 se observan los parámetros medidos en las muestras del pueblo de La Peña, teniendo unos niveles promedios de pH y conductividad eléctrica en 7,9 y 2,13 mS/cm, además se muestran las concentraciones de cadmio, cromo y plomo, siendo el plomo el que tiene la mayor concentración en el río con un valor de 194,89 µg(Pb)/l sobrepasando en concentración la norma vigente(ECA), mientras que en los domicilios se encuentra con un valor promedio de 0,25 µg(Pb)/l están dentro de la norma vigente (LMP) para este elemento, por contrario el cromo fue el elemento con menos concentración siendo que en la mayoría de muestras del domicilio la concentración se encuentra por debajo del límite de detección mientras que en la muestra de río se encuentra con un valor de 4,63 µg(Cr)/l, por otro lado para el caso del cadmio se encuentra en valores muy bajos siendo un valor promedio de 0,15 µg(Cd)/l en los domicilios y 4,27 µg(Cd)/l en el Río.

#### 4.8. San Jacinto

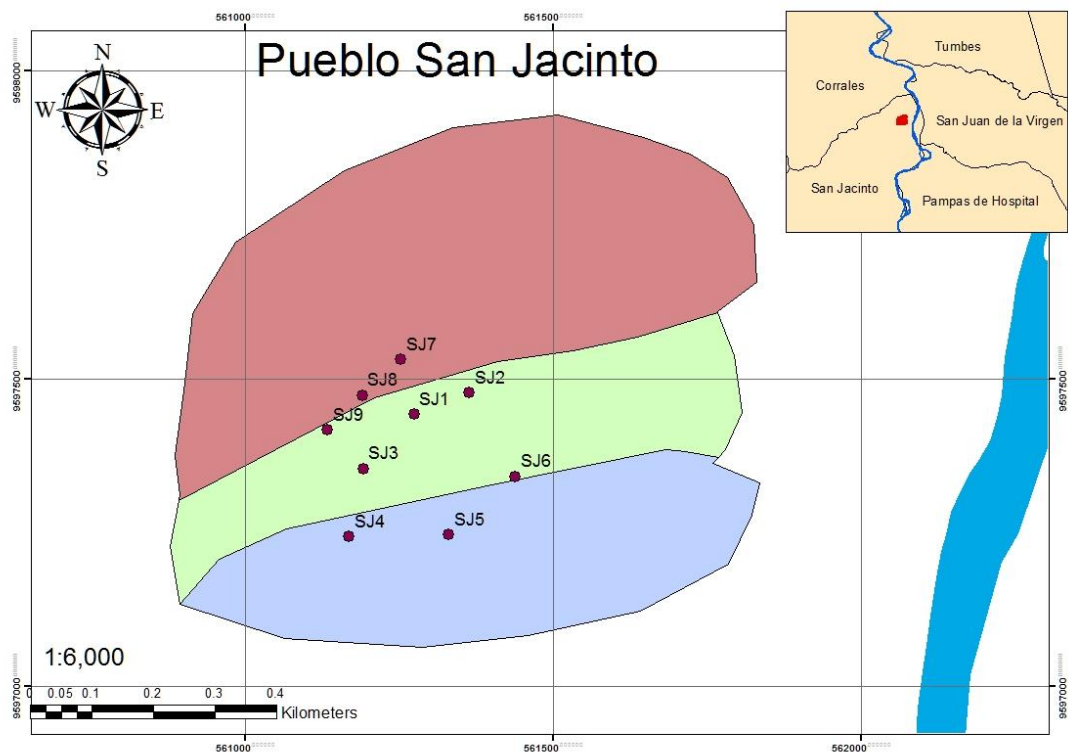


Figura 11: Mapa de distribución de muestras del pueblo de San Jacinto.

En el pueblo de San Jacinto captan el agua de consumo directamente del agua superficial del río Tumbes desde el sector “La Bocatoma”, en entrevista con los pobladores del pueblo se encontró que la mayoría de los pobladores almacenan el agua de consumo en envases de plástico y otros en recipientes de cemento, la mayoría de los pobladores toman el agua de manera directa sin ningún tratamiento previo, algunos optan por hervir y otros por clorar el agua, por otro lado la percepción de población es que están consumiendo un agua de mala calidad. A continuación en el cuadro 11 se presentan las concentraciones de metales pesados hallados en las muestras colectadas.

*Cuadro 11: Niveles de pH, conductividad eléctrica y concentración de metales pesados en San Jacinto*

Código	pH	CE**	Cadmio (µg/l)	Cromo (µg/l)	Plomo (µg/l)
SJ1	7,82	2,18	0,077 ± 0,0016	0,076 ± 0,0016	0,197 ± 0,0125
SJ2	7,86	2,07	0,261 ± 0,0057	0,261 ± 0,0057	1,120 ± 0,0233
SJ3	7,84	2,32	0,295 ± 0,0061	0,295 ± 0,0061	0,032 ± 0,0172
SJ4	8,88	2,11	0,105 ± 0,0039	0,105 ± 0,0039	0,155 ± 0,0303
SJ5	7,84	2,09	0,135 ± 0,0047	0,135 ± 0,0047	0,136 ± 0,0195
SJ6	7,79	2,16	0,148 ± 0,0031	0,148 ± 0,0031	0,464 ± 0,0014
SJ7	7,80	2,18	0,089 ± 0,0099	0,089 ± 0,0099	0,108 ± 0,0141
SJ8	7,46	2,08	0,110 ± 0,0068	0,110 ± 0,0068	0,399 ± 0,0014
SJ9	7,55	2,12	0,095 ± 0,0037	0,095 ± 0,0037	0,055 ± 0,0028
Captación	7,38	2,16	4,270 ± 0,1910	4,626 ± 0,0589	194,889 ± 0,3182

\* Por debajo del límite de detección. \*\* Conductividad Eléctrica (mS/cm).

En el cuadro 15 se observan los parámetros medidos en las muestras del pueblo de Rica Playa, teniendo unos niveles promedios de pH y conductividad eléctrica en 7,82 y 2,15 mS/cm, además se muestran las concentraciones de cadmio, cromo y plomo, siendo el plomo el que tiene la mayor concentración en el río con un valor de 194,89 µg(Pb)/l sobrepasando en concentración la norma vigente, mientras que en los domicilios se encuentra con un valor promedio de 0,29 µg(Pb)/l, por contrario el cromo fue el elemento con menos concentración teniendo un valor promedio de 0,21 µg(Cr)/l mientras que en la muestra de río se encuentra con un valor de 4,63 µg(Cr)/l estando por debajo de la norma vigente, por otro lado para el caso del cadmio se encuentra en valores muy bajos siendo un valor promedio de 0,14 µg(Cd)/l en los domicilios y 4,27 µg(Cd)/l en el Río.

#### 4.9. Correlación

Correlación de Cadmio entre las concentraciones promedio de los domicilios y las concentraciones en el río.

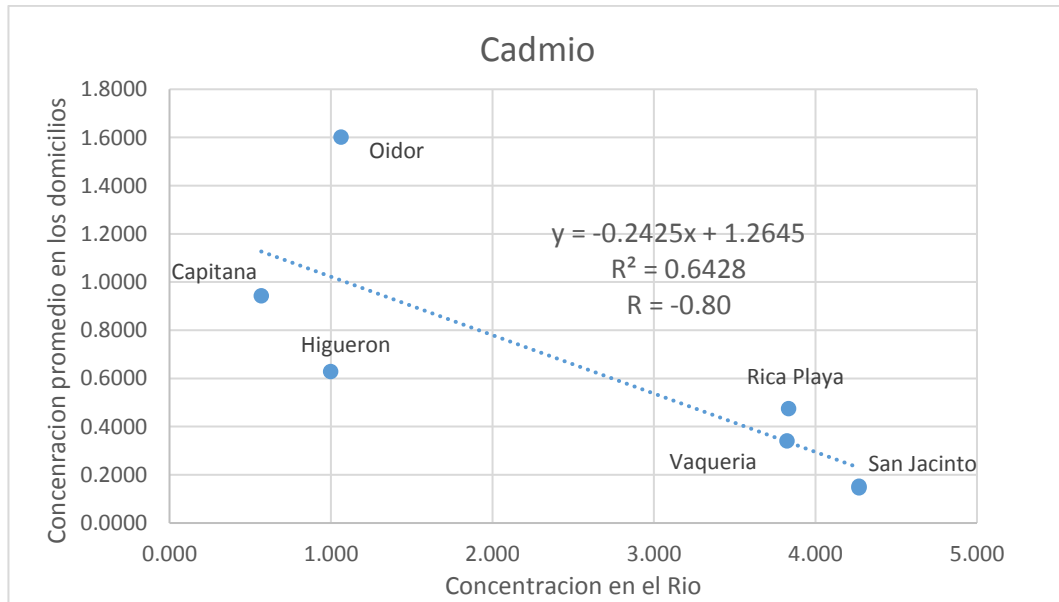


Figura 12: Correlación de Cadmio entre las muestras

Cuadro 12: Concentraciones de cadmio y su correlación

Pueblos	Río	Domicilios
Rica Playa	3.834 ± 0,013	0,4744 ± 0,348
Capitana	0.568 ± 0,051	0.9429 ± 1,079
Higuerón	0.997 ± 0,056	0.6288 ± 0.375
Oidor	1.063 ± 0,121	1.6018 ± 1,111
Vaquería	3.824 ± 0,047	0.3405 ± 0,298
La Peña	4.270 ± 0,191	0.1529 ± 0,030
San Jacinto	4.270 ± 0,191	0.1462 ± 0,079
Correlación		-0.801718893

En la figura 12 se observa la distribución de la concentración de cadmio entre las muestras así como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) con un valor de 0,64, así mismo en coeficiente de correlación de Pearson ( $R$ ) con un valor de -0,8 0 lo que indica que tienen una relación inversa.



Correlación de Cromo entre las concentraciones promedio de los domicilios y las concentraciones en el río.

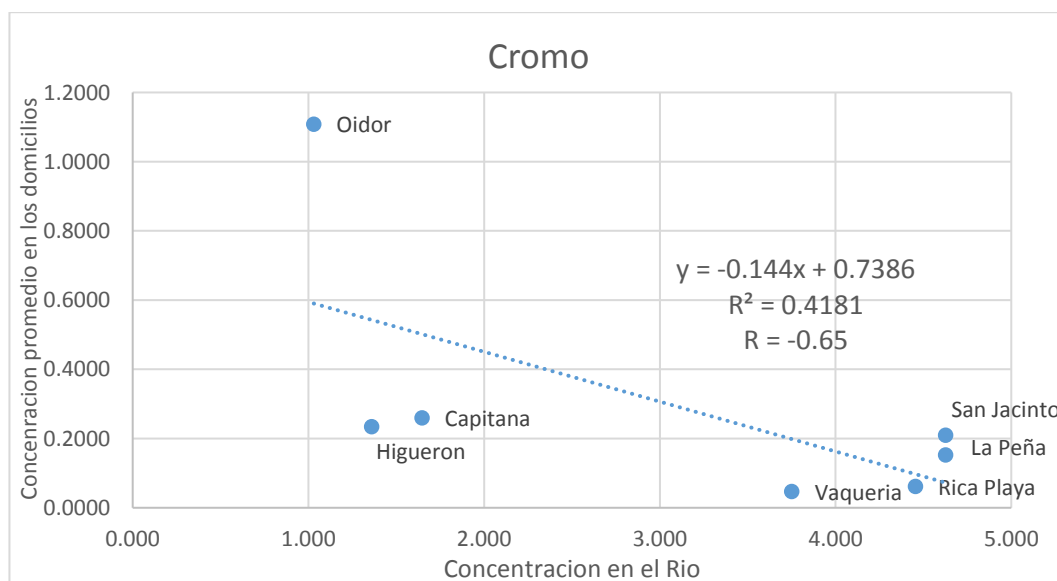


Figura 13: Correlación de Cromo entre las muestras

Cuadro 13: Concentraciones de cromo y su correlación

Pueblos	Río	Domicilios
Rica Playa	4.455 ± 0,011	0.062 ± 0,130
Capitana	1.646 ± 0,066	0.260 ± 0.376
Higuerón	1.360 ± 0,049	0.235 ± 0,467
Oidor	1.031 ± 0,071	1.109 ± 0,711
Vaquería	3.750 ± 0,074	0.047 ± 0,103
La Peña	4.626 ± 0,059	0.153 ± 0,091
San Jacinto	4.626 ± 0,059	0.210 ± 0,278
Correlación		-0.646580899

En la figura 13 se observa la distribución de la concentración de cromo entre las muestras así como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) con un valor de 0,41, así mismo en coeficiente de correlación de Pearson ( $R$ ) con un valor de -0,65 lo que indica que tienen una relación inversa.

Correlación de Plomo entre las concentraciones promedio de los domicilios y las concentraciones en el río.

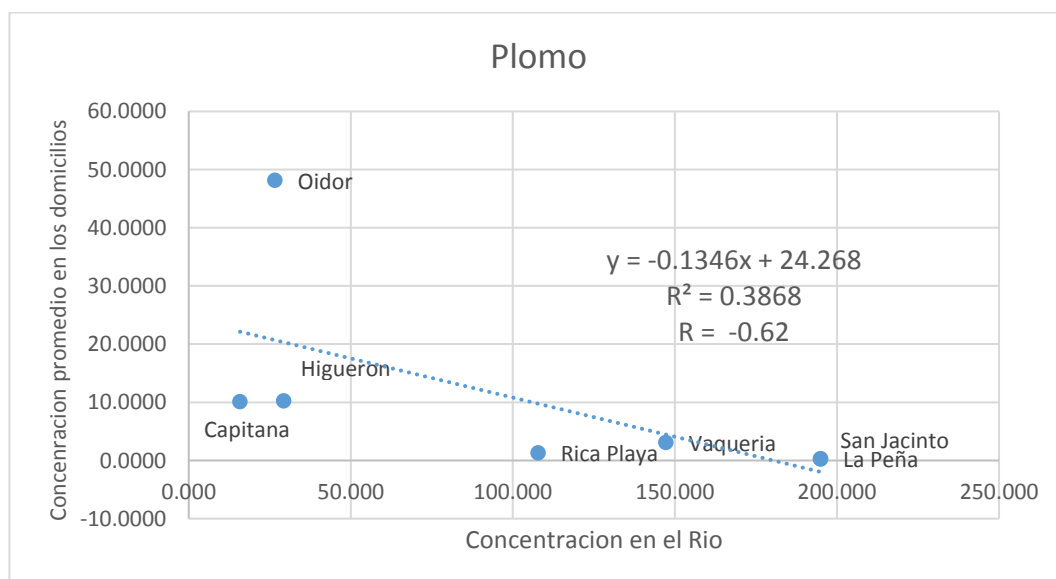


Figura 14: Correlación de Plomo entre las muestras

Cuadro 14: Concentraciones de plomo y su correlación

Pueblos	Río	Domicilios
Rica Playa	107.779 ± 0,335	1.316 ± 1,252
Capitana	15.822 ± 0,444	10.139 ± 13,818
Higuieron	29.256 ± 0,029	10.241 ± 23,340
Oidor	26.575 ± 0,545	48.154 ± 33,789
Vaquería	147.175 ± 0,075	3.086 ± 3,136
La Peña	194.889 ± 0,318	0.251 ± 0,106
San Jacinto	194.889 ± 0,318	0.296 ± 0,342
Correlación		-0.621925513

En la figura 14 se observa la distribución de las muestras así como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) con un valor de 0,39, así mismo en coeficiente de correlación de Pearson ( $R$ ) con un valor de -0,62 lo que indica que tienen una relación inversa.

#### 4.10. Discusiones

En esta investigación se han obtenidos datos relevantes sobre la concentración de metales pesados en las aguas superficiales.

En el pueblo de Rica Playa concentraciones bajas en el agua de consumo sin embargo en el agua superficial del río se encontró una alta concentración de plomo (107,542 µg/l) esto se asemeja a lo reportado por (Carril & Pacheco, 2002) pero difiere con lo encontrado por DIGESA 2006 y ANA 2019 donde encontró una concentración de 41 µg/l y 60 µg/l de plomo respectivamente, estas diferencias entre concentraciones en distintos años puede deberse a la dinámica existente en el cuerpo de agua, en el pueblo de Rica Playa se encontró además que el cadmio (3,833 µg/l) sobrepasando la normativa vigente (ECA) mientras que el cromo se encuentra en niveles bajos.

En Capitana algunas muestras resultaron con concentraciones altas de metales, el caso de CP3 con una concentración alta de cadmio que sobrepasa ligeramente la normativa vigente (LMP) y las muestras CP1, CP7 y CP9 que se encontraron concentraciones elevadas de plomo.

En Higuerón se muestran niveles bajos de metales pesados a excepción de la muestra HG6 que muestra altos niveles de plomo 72,31 µg/l esto puede deberse a que según la encuesta el domicilio no realiza ningún tratamiento previo y el periodo de limpieza del depósito donde almacena el agua es más largo, así mismo en el río se encontró una concentración que sobrepasa el (ECA) sin embargo (ANA et al., 2016) encontró concentraciones muchos más altas que las reportadas en esta investigación.

En Oidor se ha encontrado las concentraciones más altas de plomo en los domicilios incluso mayores que la encontrada en el río. Esto puede deberse a un sistema de distribución de agua en mal estado como reporta (Chowdhury et al., 2018).

La concentración de plomo encontrado en los puntos de captación para el agua de consumo en los pueblos de Capitana, Higuerón y Oidor puede deberse a que estos puntos de captación se encuentran ubicados en puntos donde no hay mucho caudal lo que permite la precipitación de los metales, a

diferencia del pueblo de Rica Playa que el punto de captación se encuentra en una curva bien pronunciada sin embargo se necesita una mayor investigación para su corroboración.

Por otro lado las concentraciones en los pueblos de capitana, higerón y oidor se evidencia un incremento de concentraciones de plomo en los domicilios en comparación a lo encontrado en sus puntos de captaciones, una de las posibles causas es un ineficiente sistema de distribución, la adición de plomo puede deberse también a la oxidación en la soldadura de los grifos de los domicilios (Chowdhury et al., 2018).

Por el contrario en Vaquería se reporta las concentraciones menores a comparación de otros pueblos, esto se debe a que cuentan con una planta de tratamiento, sin embargo en vaquería se encuentra concentraciones altas en el rio.

En los pueblos de La Peña y San Jacinto comparten el mismo punto de captación en el rio donde se encontró la concentración más alta de plomo 194,89  $\mu\text{g/l}$  lo que es similar a lo reportado por (ANA et al., 2016) una concentración de 152,4  $\mu\text{g/l}$ , mientras que en los domicilios se encontró concentraciones bajas para los 3 elementos.

Por otro lado el índice de correlación de Pearson para el cadmio, cromo y plomo mostro valores negativos de mediana intensidad lo que indica una relación inversa, además no se han encontrado antecedentes.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- a. En el pueblo de Oidor se encontraron las concentraciones de plomo más altas entre los domicilios a comparación con otros pueblos evaluados, por el contrario los pueblos de San Jacinto, La peña y Vaquería se encontraron con las concentraciones más bajas de plomo en los domicilios.
- b. Las concentraciones cromo se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles en todas las muestras domiciliarias, mientras que las concentraciones de cadmio se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles a excepción de dos muestras (CP3 y OD6).
- c. En las muestras de agua superficial del río Tumbes se encontraron concentraciones de metales pesados bajas para el cadmio y el cromo, mientras que el plomo resultó en concentración muy altas llegando a un valor máximo 194,89 µg/l.
- d. La correlación entre las concentraciones de los metales pesados del agua superficial del río Tumbes y la concentración de los mismos en el agua de consumo de los domicilios resultó con índice correlación negativa de baja intensidad.

### 5.2. Recomendaciones

- a. Evaluar el sistema de distribución de agua de consumo en el pueblo de Oidor.
- b. Evaluar el grado de eficiencia que tiene la planta de tratamiento en Vaquería para la remoción de metales pesados.
- c. Evaluar las concentraciones de Arsénico y Mercurio en el agua superficial del río Tumbes y en los pueblos asentados en la rivera del río Tumbes.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A Poma, P. (2013). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de La Facultad de Medicina*. <https://doi.org/10.15381/anales.v69i2.1155>
- Abrahams, P. W. (2002). Soils: their implications to human health. *Science of The Total Environment*, 291(1–3), 1–32. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01102-0](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01102-0)
- Ahalya, N., Ramachandra, T. V., & Kanamadi, R. D. (2003). Biosorption of heavy metals. *Res. J. Chem. Environ*, 7(4), 71–79.
- Ali, M. M., Ali, M. L., Islam, M., Rahman, M., & others. (2018). Assessment of toxic metals in water and sediment of Pasur River in Bangladesh. *Water Science and Technology*, 77(5), 1418–1430.
- ANA, A. N. del A., Zarumilla, A. A. del A. J.-, Agua, A. L. de, Aguilar Ylaquijo, F. Z., Burga Ramírez, G., & Mera García, Á. (2016). Informe técnico del primer monitoreo participativo de la calidad de agua superficial de las cuencas del río Tumbes y Zarumilla (realizado del 28 de marzo al 01 de abril del 2016). *Autoridad Nacional Del Agua*.
- Baeyens, W., Parmentier, K., Goeyens, L., Ducastel, G., De Gieter, M., & Leermakers, M. (1998). The biogeochemical behaviour of Cd, Cu, Pb and Zn in the Scheldt estuary: results of the 1995 surveys. In *Trace Metals in the Westerschelde Estuary: A Case-Study of a Polluted, Partially Anoxic Estuary* (pp. 45–62). [https://doi.org/10.1007/978-94-017-3573-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-017-3573-5_3)
- Beltrame, M. O., De Marco, S. G., & Marcovecchio, J. E. (2009). Dissolved and particulate heavy metals distribution in coastal lagoons. A case study from Mar Chiquita Lagoon, Argentina. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85(1), 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.04.027>
- Capacoila Coila, J. (2017). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas superficiales del río Coata*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Castillo Coaquira, I. E. (2018). *Estudio fisicoquímico, microbiológico, contenido de*

*metales pesados y alternativas de solución en el agua potable del Distrito de Ilave--Puno 2018.*

Chávez Collantes, A. (2016). *Determinación de metales pesados en el agua del manantial La Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre Celendín.*

Chowdhury, S., Kabir, F., Mazumder, M. A. J., & Zahir, M. H. (2018). Modeling lead concentration in drinking water of residential plumbing pipes and hot water tanks. *Science of The Total Environment*, 635, 35–44.

Christensen, A. M., Nakajima, F., & Baun, A. (2006). Toxicity of water and sediment in a small urban river (Store Vejleå, Denmark). *Environmental Pollution*, 144(2), 621–625. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.01.032>

Espinoza Ortiz, D., & Falero Alama, S. (2016). Niveles de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en peces del río Tumbes y riesgos para salud humana por su consumo. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.*

Fernández Yarlequé, J. (2019). *Nivel de contaminación por metales pesados: Hg, Pb, As y Cianuro (CN-), en el nacimiento río Binacional Puyango--Tumbes (Perú--Ecuador).* Universidad Nacional de Trujillo.

Flores Lozano, H. H. (2016). *Evaluación de la concentración de metales pesados en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera.* Universidad Nacional de Cajamarca.

Gavilanez Garcia, E. (2016). Estudio de la concentración del plomo en el agua del río Tumbes periodo 2012 - 2015 como causa de la minería aurífera y su relación con la salud de los pobladores del caserío de Rica Playa - 2016. *Programa De Difusión Tributaria Y Su Incidencia En La Cultura Tributaria De Los Comerciantes Del Mercado Modelo De Tumbes*, 94. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2007.01.071>

Graney, J. R., & Eriksen, T. M. (2004). Metals in pond sediments as archives of anthropogenic activities: A study in response to health concerns. *Applied*

- Geochemistry*, 19(7), 1177–1188.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2004.01.014>
- Guerra, M., & Zaldumbide, D. (2010). La agonía del Puyango: agua, minería y contaminación. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.7.2010.885>
- Huaranga Moreno, F., Méndez García, E., Quilcat León, V., & Huaranga Arévalo, F. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980 – 2010, La Libertad – Perú. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 235–247.
- Hussain, J., Husain, I., Arif, M., & Gupta, N. (2017). Studies on heavy metal contamination in Godavari river basin. *Applied Water Science*, 7(8), 4539–4548. <https://doi.org/10.1007/s13201-017-0607-4>
- Jakhu, R., & Mehra, R. (2018). Risk estimation and multivariate statistical analysis of the heavy metal content of drinking water samples. *Toxicology and Industrial Health*, 34(10), 714–725.  
<https://doi.org/10.1177/0748233718773024>
- Karlavičienė, V., Švedienė, S., Marčiulionienė, D. E., Randerson, P., Rimeika, M., & Hogland, W. (2009). The impact of storm water runoff on a small urban stream. *Journal of Soils and Sediments*, 9(1), 6–12.  
<https://doi.org/10.1007/s11368-008-0038-9>
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz Garcia, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145.  
[https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Mamani Huanca, E. J. (2019). *Relación entre el consumo de agua potable con niveles altos de metales pesados (Plomo, Cadmio, Aluminio) con aspectos clínicos de la gingivitis en niños de 6 a 12 años atendidos en el Puesto de Salud de Calana--Tacna. 2018.*
- Masters, G. M., & Ela, W. P. (2008). *Introducción a la ingeniería medioambiental* (3rd ed.; P. E. S.A., Ed.). Madrid.



- Meybeck, M. (2013). Heavy metal contamination in rivers across the globe: An indicator of complex interactions between societies and catchments. *IAHS-AISH Proceedings and Reports*, 361, 3–16. IAHS Press.
- Mora, A. M., Jumbo-Flores, D., González-Merizalde, M., & Bermeo-Flores, S. A. (2016). Niveles de metales pesados en sedimentos de la cuenta del Río Puyango, Ecuador. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 385–397. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.02>
- Otiniano, J. (2008). Evaluación del comportamiento del recurso hídrico en el río Puyango-Tumbes periodo 1963 -2005.
- Pájaro, Y., & Díaz, F. (2014). Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón. *Revista Colombiana de Química*.
- Prieto Méndez, J., Gonzáles Ramíres, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29–44.
- Rimaycuna, J., & Celi, E. (2012). *Calidad del Agua Potable en el Distrito de Tumbes por Parámetros Físicos Químicos y Microbiológicos*. Tesis Grado Ingeniero Forestal y del Medio Ambiente--Facultad de Ciencias~....
- Saleh, H. N., Panahande, M., Yousefi, M., Asghari, F. B., Oliveri Conti, G., Talaei, E., & Mohammadi, A. A. (2018). Carcinogenic and Non-carcinogenic Risk Assessment of Heavy Metals in Groundwater Wells in Neyshabur Plain, Iran. *Biological Trace Element Research*. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1516-6>
- Stead-Dexter, K., & Ward, N. I. (2004). Mobility of heavy metals within freshwater sediments affected by motorway stormwater. *Science of The Total Environment*, 334–335, 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.04.076>
- Sunda, W. G. (1988). Trace metal interactions with marine phytoplankton.

*Biological Oceanography*, 6(5–6), 411–442.

<https://doi.org/10.1080/01965581.1988.10749543>

Tarras-Wahlberg, N. ., Flachier, A., Lane, S. ., & Sangfors, O. (2001).

Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango River basin, southern Ecuador. *Science of The Total Environment*, 278(1–3), 239–261.

[https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00655-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00655-6)

Valenzuela Reyna, S. S. (2014). *Ictiofauna y estado de conservación de la cuenca del río Tumbes*. Universidad Mayor de San Marco.

Wang, B., Wang, Y., & Wang, W. (2014). Retention and mitigation of metals in sediment, soil, water, and plant of a newly constructed root-channel wetland (China) from slightly polluted source water. *SpringerPlus*, 3(1), 1–16.

<https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-326>

Zhang, S., Merino, N., Okamoto, A., & Gedalanga, P. (2018, September 1).

Interkingdom microbial consortia mechanisms to guide biotechnological applications. *Microbial Biotechnology*, Vol. 11, pp. 833–847.

<https://doi.org/10.1111/1751-7915.13300>

## VII. ANEXOS

### 7.1. Panel fotográfico



Figura 15: Toma de muestra del río. (A) Rica Playa. (B) La Capitana.



Figura 16: Encuesta a la población.



Figura 17: (A) Toma de muestra de domicilios. (B) Proceso de filtrado de la muestra.

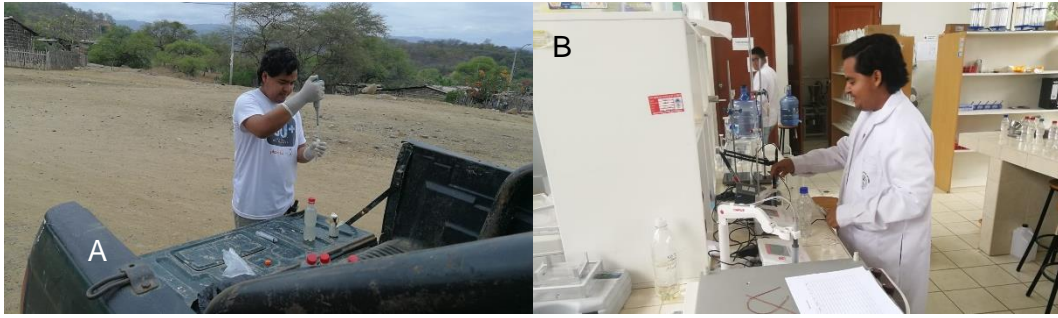


Figura 18: (A) Conservación de la muestra con ácido nítrico concentrado. (B) Mediciones de parámetros físicos (ph y Conductividad eléctrica).





## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Andy Garcia**  
Título del ejercicio: **Informe Final de Tesis - Andy Garcia**  
Título de la entrega: **Informe Final de Tesis AGarcia-Rep...**  
Nombre del archivo: **Informe\_Final\_1.docx**  
Tamaño del archivo: **6.96M**  
Total páginas: **50**  
Total de palabras: **10,283**  
Total de caracteres: **51,969**  
Fecha de entrega: **28-sep-2020 08:21p.m. (UTC-0500)**  
Identificador de la entrega: **1399829689**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



Concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales asentadas en la rívera de la margen izquierda del río Tumbes y su relación con la concentración de estos en el agua superficial del río Tumbes

Para optar el título profesional de ingeniero forestal y del medio ambiente

Presentado por:  
**Andy Luis García Peña**

Tumbes, 2020



# Informe Final de Tesis AGarcia-Repositorio

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

17%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)

Fuente de Internet

10%

2

[printfu.org](http://printfu.org)

Fuente de Internet

8%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo

