

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO  
MITIGACIÓN DEL MANGANESO CON ZEOLITAS EN AGUAS DEL RÍO MANTARO,  
LUGAR BOCATOMA CANAL DE REGADÍO MARGEN IZQUIERDA, VALLE DEL  
MANTARO, JAUJA JUNÍN

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el grado académico de:

Doctor en Ingeniería Ambiental

Autor:

Gómez Mandujano, Adrián Valentín

Asesor:

Zamora Talaverano, Noé Sabino

(ORCID: 0000-0002-4368-8955)

Jurados:

Alburquerque Yataco, Celso Alejandro

Ramos Vera, Juana Rosa

Cesar Minga, Julio

Lima- Perú

2023

**Dedicatoria**

Este trabajo va dedicado a mi esposa, mis hijos, mi madre y mis hermanos, ellos me dieron todo el apoyo incondicional para el desarrollo de la tesis, recordando los inicios de mi vida profesional a mi INDUSTRIA METALÚRGICA PAMEA.

### **Agradecimientos**

A mis profesores del Doctorado de la Universidad Federico Villarreal, por su profesionalismo en el desempeño de sus actividades académicas, especialmente al Dr. Noé Zamora Talaverano, por su apoyo en el desarrollo de la tesis, Al terminar agradezco a mi hermano Aquiles Q.E.P.D, amigo fiel en mi vida.

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. Introducción.....	12
1.1 Planteamiento del Problema .....	13
1.2 Descripción del Problema .....	13
1.3 Formulación del problema .....	14
<i>1.3.1 Problema general.....</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2 Problemas específicos.....</i>	<i>15</i>
1.4 Antecedentes .....	15
1.5 Justificación de la Investigación .....	18
1.6 Limitaciones de la Investigación .....	21
1.7 Objetivos .....	21
<i>1.7.1 Objetivo general.....</i>	<i>21</i>
<i>1.7.2 Objetivos específicos: .....</i>	<i>22</i>
1.8 Hipótesis .....	22
<i>1.8.1 Hipótesis general .....</i>	<i>22</i>
<i>1.8.2 Hipótesis específicas .....</i>	<i>22</i>
II. Marco Teórico .....	23
2.1 Marco conceptual.....	23
2.2 Marco Legal .....	33
III. Método .....	39
3.1 Tipo de Investigación.....	39

3.2 Población y Muestra .....	40
3.3 Operacionalización de variables .....	46
3.4 Instrumentos.....	48
3.5 Procedimientos.....	53
3.6 Análisis de Datos .....	62
IV. Resultados.....	64
V. Discusión de resultados.....	84
VI. Conclusiones.....	86
VII. Recomendaciones.....	87
VIII. Referencias.....	88
IX. Anexos .....	93
Anexo A: Glosario de Términos .....	93
Anexo B: Matriz de consistencia.....	97
Anexo C: Ficha de Identificación del Punto de Monitoreo .....	98
Anexo E: Registros De Datos En Campo.....	100
Anexo G: Informes de análisis químico de los laboratorios SGS y la UNI (LABICER)..	101

## Índice Tablas

<b>Tabla 1:</b> Propiedades físicas y químicas .....	24
<b>Tabla 2:</b> Ubicación Geográfica de las zeolitas Clinoptilolita en Ecuador .....	27
<b>Tabla 3:</b> Características de la zeolita tipo Clinoptilolita.....	28
<b>Tabla 4:</b> Composición química de la zeolita en base a óxidos. ....	29
<b>Tabla 5:</b> Propiedades cristalográficas de la Clinoptilolita .....	30
<b>Tabla 6:</b> Categorías de Usos de las aguas .....	34
<b>Tabla 7:</b> Valores de los estándares de calidad ambiental ECA.....	35
<b>Tabla 8:</b> Descripción de la cuenca del Mantaro.....	41
<b>Tabla 9:</b> Cuadro de reporte de muestreo por ANA en el punto RMant12.....	42
<b>Tabla 10:</b> Ubicación de muestreo en el punto RMBT .....	43
<b>Tabla 11:</b> Frecuencia de monitoreo aguas del rio Mantaro en el punto RMBT .....	45
<b>Tabla 12:</b> Técnicas analíticas y equipo de laboratorio.....	53
<b>Tabla 13:</b> Matriz para hallar los valores ideales de la zeolita.....	57
<b>Tabla 14:</b> Concentración de Mn antes y después del tratamiento con zeolitas, en aguas del rio Mantaro punto RMBT .....	64
<b>Tabla 15:</b> Valores para Normalidad.....	65
<b>Tabla 16:</b> Resultados estadísticos para normalidad. ....	66
<b>Tabla 17:</b> Resultados de normalidad.....	67
<b>Tabla 18:</b> Valores de laboratorio agua de rio, antes de tratamiento con zeolitas .....	67
<b>Tabla 19:</b> Valores para hallar el desvió estándar y t Student.....	69
<b>Tabla 20:</b> Resultado de Prueba de muestras relacionadas hallando el p-valor .....	71
<b>Tabla 21:</b> Valores de Langmuir y Freundlich a diferentes concentraciones. ....	73
<b>Tabla 22:</b> Proceso de Langmuir.....	73
<b>Tabla 23:</b> Regresión Lineal Langmuir .....	75

<b>Tabla 24:</b> Cantidad adsorción experimental ( $q_e$ ) y cantidad de adsorción teórica ( $q_{et}$ ) .....	76
<b>Tabla 25:</b> Proceso de Freundelich.....	77
<b>Tabla 26:</b> Cantidades a graficar $q_e$ y $q_{et}$ , Freundelich .....	78
<b>Tabla 27:</b> Análisis de metales en las aguas superficiales del rio Mantaro.....	80
<b>Tabla 28:</b> Análisis preliminares. ....	80
<b>Tabla 29:</b> Porcentaje de remoción. ....	81
<b>Tabla 30:</b> Valores ideales.....	81
<b>Tabla 31:</b> Parámetros determinados.....	83
<b>Tabla 32:</b> Comparación de remoción de Mn entre agua sintética con agua de río.....	84

## Índice Figuras

<b>Figura 1:</b> Contenido de zeolita tipo clinoptilolita comprado en Ecuador, Guayaquil .....	30
<b>Figura 2:</b> Muestra de zeolita clinoptilolita comercial y roca .....	31
<b>Figura 3:</b> Mecanismo de remoción del manganeso. ....	32
<b>Figura 4:</b> Proceso de Investigación.....	40
<b>Figura 5:</b> <i>Ubicación del punto de muestreo RMBT</i> .....	43
<b>Figura 6:</b> Coordenadas UTM del punto de Muestreo .....	44
<b>Figura 7:</b> Punto de muestreo RMBT. ....	44
<b>Figura 8:</b> Puente Stuard, Carretera Central adyacente al punto RMant12 ANA. ....	45
<b>Figura 9:</b> Material de vidrio utilizado en el laboratorio .....	49
<b>Figura 10:</b> Reactivos utilizados para ajustar el pH de la solución y conservador de muestras .....	50
<b>Figura 11:</b> pH utilizados en el laboratorio. ....	50
<b>Figura 12:</b> Gel conservador de temperatura .....	51
<b>Figura 13:</b> Balanza utilizada para pesar las zeolitas en el laboratorio .....	51
<b>Figura 14:</b> Contenido de las tres diferentes aguas utilizados en el laboratorio .....	52
<b>Figura 15:</b> Envase etiquetado con la muestra para el laboratorio.....	55
<b>Figura 16:</b> Agitador de paletas utilizado en la prueba de jarras .....	58
<b>Figura 17:</b> Presentación muestras de trabajo .....	59
<b>Figura 18:</b> Representación gráfica del Espectrofluorometro tipo plasma con filtro .....	61
<b>Figura 19:</b> Gráfico en zona de rechazo para $H_0$ .....	68
<b>Figura 20:</b> Grafica de aceptación o rechazo de hipótesis nula $H_0$ .....	70
<b>Figura 21:</b> Grafica de Langmuir .....	74
<b>Figura 22:</b> Grafica de Regresión lineal Langmuir .....	75
<b>Figura 23:</b> Grafica de la representación $q_e$ . Experimental y teórica .....	76



<b>Figura 24:</b> Grafica de ecuación lineal de Freundlich.....	77
<b>Figura 25:</b> Grafica de $q_e$ . Experimental y Teórica de Freundelich .....	79
<b>Figura 26:</b> Grafica de porcentaje de remoción del manganeso en agua de río.....	81

## Resumen

El avance tecnológico desarrolla procesos industriales que impactan el medio ambiente con la generación de residuos. En la cuenca del río Mantaro las aguas están contaminadas por la minería y las poblaciones aledañas. (ANA, 2018), informa que a la altura del punto RMant 12 se observa un incremento de los valores de manganeso en sus aguas. A 200 m. aguas arriba se encuentra la bocatoma del canal de irrigación agrícola margen izquierda del valle del Mantaro (RMBT), punto referencial para la investigación. El objetivo del presente estudio es mitigar el contenido de manganeso respecto a los estándares ECA 3 (0.20 mg/L). La investigación realizada en el laboratorio demostró para el caso del agua sintética una mitigación del 55% para el contenido del manganeso con el tratamiento de zeolitas tipo clinoptilolita. En la práctica del tratamiento realizado en las mismas condiciones para las muestras de agua contaminada con manganeso del río Mantaro disminuyó un 32%. Se concluye que la mitigación del manganeso se ha realizado de acuerdo a la adsorción por las zeolitas, en multicapas según Freundlich. Se recomienda la investigación de la clinoptilolita para integrarlo en métodos de descontaminación de los ríos en nuestro país.

*Palabras claves:* rio Mantaro, zeolita, manganeso, contaminación

## Abstract

Technological progress develops industrial processes that impact the environment with the generation of waste. In the Mantaro river basin, the waters are contaminated by mining and surrounding populations. The National Water Authority (ANA) reports that at point RMant 12 an increase in manganese values is observed in its waters. at 200m Upstream is the intake of the agricultural irrigation channel left bank of the Mantaro Valley (RMBT), a reference point for the investigation. The objective of this study is to mitigate the manganese content with respect to the ECA 3 standards (0.20 mg/L). The investigation carried out in the laboratory demonstrated, in the case of synthetic water, a mitigation of 55% for the manganese content with the treatment of clinoptilolite-type zeolites. In the practice of the treatment carried out under the same conditions for the samples of water contaminated with manganese from the Mantaro River, the manganese content decreased by 32%. It is concluded that manganese mitigation has been carried out according to adsorption by zeolites, in multilayers according to Freundlich. Research on clinoptilolite is recommended to integrate it into decontamination methods for rivers in our country.

*Key words:* Mantaro river, zeolites, manganese, contamination.

## I. Introducción

La contaminación ambiental es un problema porque el contenido de la concentración de los metales pesados en suelos, plantas y aguas va en aumento, ya sea por la actividad agrícola, bajo la forma de fertilizantes o por la actividad industrial y minera. De acuerdo al monitoreo de la Autoridad Nacional del Agua, los valores obtenidos entre los años 2015 al 2018 en el punto RMant12, los valores del manganeso están incrementados. Aguas arriba, en el punto RMBT (Río Mantaro Boca Toma) donde se hizo un monitoreo de dos años, se observa el incremento del manganeso. El valor hallado del manganeso es de 0,27092 mg/L cantidad que se encuentra sobre el valor establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de acuerdo al Ministerio del Ambiente (MINAM) (2017), que para este elemento es no mayor de 0,20 mg/L. En base a esto el objetivo es mitigar el nivel del contenido de manganeso en las aguas del canal de regadío para la margen izquierda del valle del Mantaro a la altura del punto RMBT. La remoción del manganeso de las aguas contaminadas se hará con las zeolitas tipo clinoptilolita aprovechando su propiedad de adsorción tal como lo manifiesta Petkova (1997), desarrollada con las siguientes fases: “intercambio iónico, oxidación del manganeso y formación de capas en su superficie” (p.42). La justificación de la investigación es cumplir con las normas del ECA categoría 3 para las aguas utilizadas en el riego de cultivos agrícolas y consumo de los animales domésticos, los cuales deben tener una buena calidad. Esto implica que tanto sus componentes químicos como biológicos no comprometa el bienestar de los seres vivos y medio ambiente. De acuerdo a Prieto (2009), señala:

El metal pesado es un elemento químico metálico de alta densidad y es tóxico o venenoso en bajas concentraciones, se encuentran como minerales, sales u otros compuestos, no se degradan (natural o biológica) porque no cumplen funciones metabólicas específicas en los organismos vivos. Al ser metabolizado por las plantas se introducen a las cadenas alimenticias, de ahí a la atmósfera por volatilización, se movilizan

a las aguas superficiales o subterráneas. El manganeso, como metal pesado se encuentra en el suelo como óxido o hidróxido y dentro del organismo tiene un efecto bioacumulativo (p. 30).

### **1.1 Planteamiento del Problema**

El manganeso es uno de los contaminantes que sobrepasa los valores ECA en las aguas del río Mantaro a la altura de la bocatoma del canal de regadío RMBT. El manganeso puede afectar a la población y medio ambiente entrando en la cadena trófica por su movilidad en el agua, luego al suelo, de aquí a las plantas, para ser utilizado como alimento para el ganado y último al humano, según Tyller (1994).

Hay diversas técnicas de descontaminación de las aguas como la fitorremediación, la filtración y el intercambio iónico; pero la aplicación depende del tipo y la calidad del metal pesado a tratar, la disponibilidad de recursos y el impacto ambiental causado. En nuestro caso es la mitigación del manganeso con zeolitas tipo clinoptilolita, aprovechando su propiedad de adsorción y su potencial catiónico, para reducir la concentración del manganeso en el agua y el medio ambiente.

### **1.2 Descripción del Problema**

La minería, agricultura, ganadería, industria, transporte y poblaciones existentes en los alrededores del Mantaro eliminan sus desechos en el río trayendo como consecuencia la alteración del ecosistema existente. Los pobladores a la vez utilizan el agua para el riego de sus sembríos, incrementando el peligro de su contaminación. Uno de los elementos con mayor carga es el metal pesado manganeso (Mn).

De acuerdo a la bibliografía revisada podemos resaltar algunos conceptos importantes:

La Agenda 21 (1992) mencionó la importancia del agua debido a que es un recurso

finito que debe ser protegido. Algunos agentes que interfieren en su calidad y cantidad son la deforestación, la minería, una agricultura no sostenible, la urbanización, el exceso de bombeo de las napas, el uso de las vías navegables como cloacas, la lluvia ácida, los fertilizantes, los plaguicidas, la sedimentación y los factores climáticos que producen sequía. Muchos de estos factores los podemos observar en el valle del Mantaro.

La Agencia para Sustancias Tóxicas y Registros de Enfermedades (ATSDR) (2016), cita: "las fuentes del manganeso están en el aire, agua, suelo donde extraemos los alimentos también está en la manufactura de los productos (combustión) que lo utilizan, y no se transforman naturalmente". (Sección de ¿Qué le sucede al manganeso cuando entra al medio ambiente?, párrafo 1). Como vemos la combustión es un impacto negativo y suele ser una costumbre en las actividades agrícolas quemar la mala hierba de las chacras. Igualmente en los gases de combustión, emitidos por los medios de transporte y maquinaria agrícola (tractores), hay residuos de Mn. El uso sustentable de los recursos acuáticos es vital para el desarrollo del ecosistema existente del río, pero el peligro de su contaminación, con metales pesados (manganeso) es bastante preocupante para la conservación del medio ambiente

### **1.3 Formulación del problema**

Las aguas del río Mantaro en el punto RMBT, lugar de la bocatoma del canal de riego de la Margen Izquierda del valle del Mantaro, tiene un contenido de manganeso que sobrepasan los estándares ECA tipo 3. El problema es cómo mitigar este contenido de manganeso (metal pesado) porque hace mal a la salud y medio ambiente, además de tener un efecto acumulativo y magnificante en la población al entrar en la cadena alimentaria. Las zeolitas tipo clinoptilolita han demostrado en trabajos previos que mediante su capacidad de adsorción pueden retener al manganeso. Mediante esta investigación buscaremos los parámetros adecuados para utilizar las zeolitas en las aguas del río Mantaro hasta que cumplan con los estándares exigidos de

acuerdo a la legislación, y puedan ser utilizadas en la agricultura y ganadería del valle.

### ***1.3.1 Problema general***

- ¿De qué manera es posible mitigar el nivel de manganeso en las aguas del canal de regadío en el punto RMBT (bocatoma canal de regadío para la margen izquierda del valle del Mantaro), tomadas del río Mantaro?

### ***1.3.2 Problemas específicos***

- ¿La cantidad de Mn que hay en aguas del canal de regadío a la altura del punto RMBT, tomadas del río Mantaro, difiere significativamente de los estándares ECA 3?
- ¿Cuál es el grado de variabilidad de los valores de manganeso en las aguas del canal del regadío en el punto RMBT, tomadas del río Mantaro luego de la aplicación de las zeolitas tipo clinoptilolita?

## **1.4 Antecedentes**

### ***1.4.1 Desde cuando existe o se conoce el problema***

La contaminación por metales pesados es un problema desde la antigüedad; La supervivencia humana, trae como consecuencia el avance tecnológico, esto crea problemas ambientales y uno de ellos es la contaminación por manganeso. Ésta altera el ecosistema natural trayendo deterioro y contaminación ambiental generando la baja calidad de vida en los seres vivos.

### ***1.4.2 Estudios o Investigaciones Anteriores***

Arauzo (2010) manifiesta proporcionalmente el contenidos de algunos metales pesados importantes en el río Mantaro, como la cloaca de las mineras Volcán, Brocal, Huaron, Animon, complejo metalúrgico de la Oroya, y desde San Cristóbal, todas las mineras hasta Julcani, Cobriza, y los 67 centros mineros cerrados, expulsan 50,000 toneladas de relaves anuales

aproximadamente. Al comienzo el río Mantaro ya está contaminado por metales pesados, que se alteran y en cantidades elevadas, como el Cu y Cd 4 veces más que lo permitido el Pb 13 veces más el Fe 30 veces más y en ciertas épocas del año 130 veces, en el caso del Manganeso (Mn) en vegetales a 12 km. De la Oroya 1375 ppm y en Chupuro (Hyo) 365 ppm y lo permitido es 200 ppm, y sigue señalando otros contenidos (Contraloría General de la República, Proyecto Alfa 2000).

- **Prueba con travertinos. (Cordova & Rojas, 2015)**

Es una experiencia que se realizó con aguas del río Mantaro, para mitigar el contenido de Hierro y Manganeso por medio de una columna alcalina de travertinos (20, Ø x 150 cm, peso de travertinos 10.5 kg), subiendo el pH de 2.8 a 7.2 bajando el hierro de 79.7 mg/L a 4.7 mg/L pero el manganeso no disminuyó, para esto se construyó un estanque humedal con totora (bioextractor de 2x0.8x0.5 m) disminuyendo el manganeso de 17.7 mg/L a 0.2 mg/L, el caudal fue de 15 ml/min, temperatura 16 °C, presión atmosférica de 520 mm Hg (condiciones Huancayo) las variables fueron tamaño de grano, longitud de columna, y recorrido de estanque de humedad, las conclusiones fueron los travertinos son carbonatos de calcio, para esta técnica se necesita columnas más bioreactor y el grado de efectividad de extracción es aceptable.

- **Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado.**

Remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost, tal como manifiesta Munive, (2020), fue una experiencia realizada en la localidad del Mantaro y Muqui, ubicados en el valle del Mantaro, la finalidad fue reducir la contaminación por metales pesados en suelos agrícolas, el trabajo se realizó utilizando girasol como fitorremediadora, en estas localidades los suelos tienen mayor contenido de Pb y Cd, presentando efectos negativos para la producción, la planta de girasol absorbe los metales pesados en sus raíces. El resultado, demostró la capacidad del girasol como fitoestabilizador

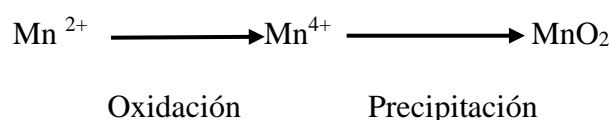


- **Pruebas con carbón activado en columnas (CIC)**

Esta prueba se desarrolló en las minas de Providencia, Bucaramanga, Colombia se trata de la recuperación del oro por medio de columnas cargadas de carbón activado, que al pasar el efluente disminuye la carga del aurocianuro (Figuroa & Florez, 2010), el proceso en si muestra cómo utilizar las columnas con filtros de carbón activado, en un proceso de cianuración, que luego son regenerados para volverlos a utilizar.

- **Extracción del manganeso**

Lenntech, (1998), Manifiesta que la” extracción del manganeso por vía físico química, en relación al hierro, en el agua, es natural (disolución de la forma reducida Mn 2+) e industrial (minería, siderurgia, etc.), lo mismo ocurre con la eliminación del agua. El peligro del manganeso hacia la salud humana y el medio ambiente es controlable, pero es desagradable el hecho, que el agua adquiere un color negro y un sabor metálico. También la eliminación de manganeso se puede llevarse a cabo mediante la oxidación de Mn 2+ en Mn 4+, que luego se precipita en dióxido de manganeso (MnO<sub>2</sub>). La precipitación se separa del agua por filtración en arena



La única diferencia (con el hierro) está en el reactivo utilizado. De hecho, la oxidación muchos casos no es suficiente para el manganeso a pH neutro.

Se pueden usar oxidantes más fuertes en el complemento, como el dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>), el cloro (Cl<sub>2</sub>), el permanganato de potasio (KMnO<sub>4</sub>) o el ozono (O<sub>3</sub>).”

- **Metales pesados:**

Prieto, (2009), Cita que “El metal pesado son elemento químico metálico de alta densidad y es tóxico o venenoso en bajas concentraciones, se encuentran como minerales, sales u otros compuestos, no se degradan o destruidos fácilmente (natural o biológica) porque no

cumplen funciones metabólicas específicas en los organismos vivos. Al ser metabolizado por las plantas se introducen a la cadena trófica, de ahí a la atmósfera por volatilización se movilizan a las aguas superficiales o subterráneas”

También “Los metales pesados están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo o como consecuencia de las actividades antropogénicas. En los suelos se pueden encontrar diferentes metales, formando parte de los minerales propios; como son silicio (Si), aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg). También puede encontrarse manganeso (Mn), que generalmente se presenta en el suelo como óxido y/o hidróxido, formando concreciones junto con otros elementos metálicos. Algunos de estos metales son esenciales en la nutrición de las plantas, así son requeridos algunos de ellos como el Mn, imprescindible en el fotosistema y activación de algunas enzimas Mathler, (2003) para el metabolismo vegetal”

## **1.5 Justificación de la Investigación**

### ***1.5.1 Justificación e Importancia***

Justificación de la investigación de las aguas utilizadas para el riego de los productos agrícolas y consumo de los animales domésticos, debe tener una buena calidad, de acuerdo al cumplimiento de los parámetros de Contaminación Ambiental (ECA) categoría 3. Esto implica que tanto sus componentes químicos como biológicos no comprometa el bien estar de los seres vivos y medio ambiente, En este caso los valores del manganeso están incrementados, en las aguas del canal de regadío Margen Izquierda del valle del Mantaro, que son tomadas en el punto RMBT.

### **Teórica**

Corroborar la metodología para la mitigación del Mn utilizando las zeolitas de tipo clinoptilolita en las aguas del río Mantaro.

## **Práctica**

El desarrollo de la técnica de extracción del manganeso de las aguas del canal de regadío margen izquierda del valle, será a nivel de laboratorio, que puede ser implementado a nivel piloto, luego proyectarlo a industrial y dar a conocer a la comunidad los resultados para que ellos puedan utilizarlos en sus proyectos de riegos de sus parcelas.

## **Metodológica**

El desarrollo de esta técnica es a nivel de laboratorio, la investigación es experimental cuantitativa, basada en variables (Tamaño de grano, masa y pH) estos se manipulan para encontrar un estándar de extracción del manganeso de las aguas del río Mantaro a la altura del punto RMBT, los resultados valorados por análisis químico cuantitativo de laboratorio, son tomados en cuenta para resolver el problema de contaminación de las aguas de río, se elabora la hipótesis el cual es comprobada con el desarrollado de la tesis.

## **Social**

Es importante el cumplimiento de los estándares ECA para el manganeso, porque se está incrementando la agricultura en las chacras regadas con estas aguas contaminadas; lugares que antes no eran cultivados, ahora siembran hortalizas, (zanahorias, cebollas, ajos), papas, maíz, (vegetales que tienen la propiedad de acumular los metales pesados). Esta agricultura es intensiva (dos cosechas al año). Los productos son consumidos por la población y los animales; acumulándose en su organismo, los metales pesados tienen propiedades negativas para su bienestar. En tal circunstancia se hace imprescindible la utilización de técnicas de descontaminación de las aguas previo a su consumo. Dicha mitigación será efectuada con el tratamiento de zeolitas tipo clinoptilolita para el cuidado del medio ambiente y la población

### ***1.5.2 Importancia de la Investigación***

La importancia es el cuidado del medio ambiente en lo que respecta a las aguas de los ríos, que no cumplen con los estándares ECA, estando contaminadas estas son las vías para la

propagación de enfermedades afectando a las comunidades aledañas al río Mantaro, deteriorando su medio ambiente.

Esta investigación propone un método que si bien ha sido aplicado en otras partes del mundo, no se ha implementado en nuestro país, entonces permitirá que otros investigadores puedan basarse en la misma, mejorarla y utilizarla en otros ríos tan importantes como el Mantaro

- **Efectos del manganeso sobre la salud:**

“El manganeso es uno de los tres elementos trazas tóxicos esenciales, tanto por deficiencia o por exceso, causando problemas a la salud. Los humanos lo toman mediante los vegetales (espinacas, soja, arroz, arvejas, frutos secos). Los efectos se centran en el sistema respiratorio, nervioso y el cerebro”, como lo dice Medina (2015).

**Agencia para Sustancias Tóxicas y Registros de Enfermedades, ATSDR (2016)** manifiesta, La ingestión del manganeso puede atravesar la barrera hematoencefálica y una pequeña cantidad de manganeso puede pasar a través de la placenta durante el embarazo y alcanzar el feto. La ingestión de cantidades muy altas de manganeso ha producido alteraciones del sistema nervioso en animales, incluso alteraciones del comportamiento. En animales machos que recibieron cantidades altas de manganeso en la comida se observaron daño de los espermatozoides y alteraciones en la función reproductiva. Hembras de roedores tratadas con manganeso oral sufrieron alteraciones de la fertilidad. En ratas tratadas con cantidades muy altas de manganeso se observaron alteraciones del riñón y de las vías urinarias. Estas alteraciones incluyeron inflamación de los riñones y formación de cálculos renales.

- **Efectos ambientales del manganeso:**

“Los humanos aumentan los contenidos de manganeso en el aire por las actividades industriales y a través de la quema de combustibles fósiles. Otra gran fuente de manganeso en los suelos es la aplicación de pesticidas. En las plantas, el manganeso es tóxico por la alta

concentración en el suelo causando inflamación en la pared celular, causando puntos marrones y luego secándose las hojas”. Medina (2015)

## **1.6 Limitaciones de la Investigación**

- No comercializan zeolitas clinoptilolita en forma legal en el Perú. Se encuentra en Ecuador o Chile, la génesis de la zeolita clinoptilolita es volcánica, en la zona de Arequipa se encuentra el tipo Chabasita pero todavía no hay estudios concretos
- Altos costos de análisis químicos para las zeolitas, escasa labor de laboratorios (pandemia), comencé mis pruebas en el laboratorio de la UNI pero por la pandemia cerro sus servicios y tuve que buscar los servicios de laboratorio SGS, bastante exigente para sus servicios hay que hacer tramites iniciales para que den sus servicios y prefieren a empresas y también los costos
- Escasa bibliografía especializada en zeolitas a nivel nacional, hasta donde pude informar a nivel de Ingeomin no pude recabar información
- Limitaciones de recurso financiero (personal), transporte restringido para traer muestras. Por la pandemia se restringió la salida fue difícil traer la última muestra tuve que sacar permisos especiales (análisis de covi)
- Respecto a la parte técnica es una investigación a nivel de laboratorio habría que hacer un trabajo a nivel piloto para corroborar la investigación y adicionar otros parámetros necesarios en la investigación

## **1.7 Objetivos**

### ***1.7.1 Objetivo general***

Mitigar el nivel de contaminación de manganeso en las aguas del canal de regadío para la Margen Izquierda del valle del Mantaro a la altura del punto RMBT.

### ***1.7.2 Objetivos específicos:***

- Comparar los valores de manganeso en las aguas del canal de regadío para la Margen Izquierda del valle del Mantaro a la altura del punto RMBT con los estándares ECA.
- Comparar los valores de Manganeso encontrados en el canal de regadío para la Margen Izquierda del valle del Mantaro, antes y después del tratamiento con zeolitas. tipo clinoptilolita.

## **1.8 Hipótesis**

### ***1.8.1 Hipótesis general***

- Existe una diferencia significativa en el nivel de contaminación de manganeso del río Mantaro antes y después del tratamiento con zeolitas tipo Clinoptilolita en el punto RMBT.

### ***1.8.2 Hipótesis específicas***

Los valores de Mn en las aguas del río en el punto RMBT son mayores o iguales al estándar ECA

El tratamiento con zeolitas tipo clinoptilolita naturales, mitigará el contenido de manganeso de las aguas contaminadas del canal de regadío, valle del Mantaro Margen Izquierda en el punto RMBT

## II. Marco Teórico

### 2.1 Marco conceptual

Es dirigir un proceso para alcanzar un resultado deseado

#### El Manganeseo

Según Medina (2015) “el manganeso existe en todas partes en la tierra es un elemento abundante en la corteza terrestre, en minerales, entre los que destacan la pirolusita ( $MnO_2$ ), psilomelana ( $MnO_2 \cdot H_2O$ ), manganita ( $MnO(OH)$ ), braunita ( $3Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$ ), etc.”.

Prieto (2009), señala que los metales existentes en el suelo son rápidamente absorbidos por la planta. La absorción del manganeso del suelo por la planta es mayor comparado con el zinc, cadmio, cobre y al último el plomo para pasar la barrera suelo, raíz, planta, además el manganeso puede sustituir el calcio y magnesio, elementos esenciales para la planta. Kabata – Pendias (2006) señala “Los metales pesados pueden ingresar a los agro-ecosistemas por procesos geogénicos (origen natural) o antropogénicos. Los metales pesados de origen antropogénico provienen del uso de fertilizantes, enmiendas orgánicas, residuos domiciliarios e industriales, agua de riego y depositación atmosférica

ATSDR (2016), tal como lo cita en el punto 1.2 “el manganeso no puede ser degradado en el ambiente, solamente puede cambiar de forma o adherirse o desligarse de partículas”

La ingestión de cantidades muy altas de Mn ha producido en animales alteraciones del comportamiento, del sistema nervioso, daño de los espermatozoides y alteraciones en la fertilidad, inflamación de los riñones y formación de cálculos renales

## Descripción de las propiedades del manganeso

**Tabla 1:**

*Propiedades físicas y químicas*

	Propiedades físicas	Propiedades químicas
Símbolo	Mn	-Estados de oxidación
Numero atómico	25	de +1 a +7
Masa atómica (uma)	54.938	-Altamente reactivo
Punto de fusión (°C)	1245	-Forma compuestos
Punto de ebullición (°C)	2150	coloreados
Densidad (g/ml)	7.42	
Color	Blanco grisáceo	
Aspecto	Duro frágil	

Nota. Fuente: valores sacados de Medina

## Los Estándares ECA

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) es legalmente la medida que establece el nivel de concentración del grado de elementos, sustancias o parámetros físico químico y biológico presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud en general.

De manera específica y conforme señala el ECA de agua, "es una unidad de medida para determinar el uso que puede darse a un cuerpo de agua en función a la calidad que presenta, ya sea por sus valores naturales o por la carga contaminante a la que pueda estar expresada" (MINAM, 2017)

## Mitigación de la Contaminación del Agua

La contaminación del agua es uno de los problemas más importantes de preocupación para el mundo en los siguientes años. Al reducir la contaminación del agua, se pueden mejorar



la salud humana, la calidad de vida y la sostenibilidad ambiental. Para lograr esto, resulta esencial implementar medidas que permitan el acceso y el manejo sostenible del agua y el saneamiento, así como promover un estilo de vida saludable que beneficie a todas las edades.

La preocupación por la problemática del agua ha llevado a los países a generar reuniones para alcanzar objetivos a favor medio ambiente. En este marco debo resaltar los acuerdos llegados por 193 países en el 2015 donde se planteó la agenda 2030 que contiene 17 objetivos importantes a implementar. En el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2017) se definió a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) u Objetivo Mundiales como “un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad”. De los objetivos planteados debo resaltar para el desarrollo de esta tesis los siguientes objetivos y metas mencionados por León et al. (2019):

Agua limpia y saneamiento: Donde se plantea el acceso equitativo a servicios de saneamiento e higiene adecuados, mejorar la calidad del agua, uso eficiente de recursos hídricos, proteger los ecosistemas relacionado con el agua, mejora de la gestión del agua y saneamiento.

Salud y bienestar para todos: Garantizar una vida sana, promover bienestar para todos, poner fin a epidemias, reducir la tasa de mortalidad infantil, prevención y tratamiento de abuso de sustancias adictivas, lograr cobertura sanitaria universal, apoyar investigaciones médicas.

De acuerdo a como lo menciona León et al. (2019) las universidades son fuentes de saber para el desarrollo de los recursos humanos con aptitudes y actitudes que contribuyen al logro de las metas trazadas en la agenda 2030. En este contexto, la investigación que realizamos con la universidad sobre la mitigación del manganeso en el agua mediante el uso de zeolitas puede ser una contribución significativa para cumplir los objetivos de la Agenda 2030.

- La sostenibilidad del medio ambiente, está relacionado al bien estar de los seres vivos, el principio ambiental es utilizar los recursos naturales lo suficiente sin comprometer el aprovechamiento a las generaciones futuras, en el caso del manganeso por dar el ejemplo se utiliza como elemento principal para mejorar la obtención de aceros, y esta industria ha prosperado mucho, genera trabajo pero la acción negativa ambiental es que afecta la contaminación del aire, agua y suelo, el objetivo de la tesis es mitigar el contenido de manganeso en las aguas del río Mantaro, lugar donde todo el valle del Mantaro siente los efectos de contaminación del aire, agua y suelo, efectuada por las mineras y la agricultura básicamente esta es la razón que motivo dicha investigación, creando conciencia que la tecnología puede colaborar en el problema, estudiar, comprender y ejecutar los principios de nuestro conocimiento ambiental

### **Las Zeolitas**

Una forma de descontaminar las aguas de los metales pesados son por medio de la utilización de zeolitas tipo clinoptilolita, “estas se ubican en los lugares donde hubo actividad volcánica en el pasado” Morante, Carballo (2004)

Según López, et al, (2016) “Las zeolitas son una clase de aluminosilicatos cristalinos basados en un esqueleto estructural aniónico rígido con canales y cavidades bien definidas, es por eso que retienen cationes metálicos, moléculas huéspedes removibles y reemplazables.

Químicamente la zeolita se neutralizan las cargas negativas del esqueleto estructural de aluminosilicatos”. También manifiesta “La fórmula estructural de las zeolitas es expresada en función de la celda unitaria cristalográfica y su relación molar Si/Al distinguiéndose las formas hidrofílicas (baja relación Si/Al) e hidrofóbicas (alta relación Si/Al)

La naturaleza cristalina de la estructura asegura que la abertura de los poros sea uniforme en el cristal y puede discriminar el paso de moléculas a través de ellos, con diferencias menores de 0.1 nanómetros (nm); por esta característica las zeolitas son conocidas como

tamices moleculares" Según el estudio realizado sobre las zeolitas en Ecuador, en Guayaquil (LAS ZEOLITAS DE COSTA ECUADOR (GUAYAQUIL): CARACTERIZACION Y APLICACIONES -Fernando Enrique Morante Carballo (2004). Ubica la zona del Guayas., donde logramos encontrar la zeolita tipo clinoptilolita.

## Ubicación

### Tabla 2:

#### *Ubicación Geográfica de las zeolitas Clinoptilolita en Ecuador*

Hoja	Pascuales
Serie	CT-NV-A1,3687 IV
Escala	1 : 50,000
Dato horizontal	Provisional de 1956 para América del Sur (La Canoa-Venezuela)
Dato vertical	Nivel medido del mar estación mareo gráfica de la Libertad, Provincia del Guayas, 1959
Zona	17

**Nota:** Fuente Morante Carballo, Zona del Guayas p.16

La Clinoptilolita pertenece a la familia de la Heulandita y está compuesta por aluminio silicato hidratados de sodio, potasio y calcio, y en su grupo está la Heulandita, Laumontita y otros. Morante, Carballo (2004)

A nivel nacional no se encuentra zeolita tipo Clinoptilolita, solamente hay informales que venden sin ninguna garantía compran los que tienen acuarios, y aves ornamentales, la génesis de las zeolitas es de tipo volcánico

### **Zeolitas tipo clinoptilolita**

Para la muestra de zeolitas, tipo Clinoptilolita, fue comprada en el Ecuador (este tipo de zeolita no se ha encontrado en Perú) lo venden bajo el nombre de MINERAPLUS, empresa Minerales y Servicios, Arciniegas Paspuel Edison, Vía a la Costa Km 50 Guayaquil

### Características Generales de la Zeolita Tipo Clinoptilolita.

**Tabla 3:**

*Características de la zeolita tipo Clinoptilolita*

Identificación de la empresa	Zeomatec S.A
Nombre comercial del producto	Mineplus
Nombre genérico	Zeolita natural
Nombre específico	Clinoptilolita
<hr/>	
Identificación del producto	
<hr/>	
Nombre químico	Aluminosilicato altamente cristalizado
Tipo de mineral	No metálico
Presentación	Granulado (malla 4-16)4-1.6 mm, Polvo (malla 20-30)1.4-0.4 mm
Envase	Sacos polipropileno laminado con marca
Peso	50 kg.
Formula química	SiO <sub>2</sub> ,Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,MgO,H <sub>2</sub> O
Uso de la sustancia	Agrícola
<hr/>	
Composición Química	
Dióxido de silicio, Óxido de aluminio, óxido de manganeso, Óxido de calcio. Óxido de potasio, Óxido de hierro, Óxido de sodio	
Propiedades Físicas y Químicas	
Estado físico	Polvo fino y granulado
Color	Verde azulado
Olor	Inodoro
pH solución acuosa al 5%	7.6
Absorción elementos (N P K)	Rápida
Selectividad	En su orden N,P,K otros
Liberación de elementos	Lenta
Solubilidad en agua (20°C)	< 100 mg/litro

Densidad aparente	300-400 Kg/m <sup>3</sup> compactada 520 Kg/m <sup>3</sup>
Punto de fusión/reblandecimiento	Estable hasta 1200 °C/No aplicable
Higroscopicidad	El producto es higroscópico

**Nota:** Referencia: Especificaciones técnicas Zeolita comercial ZZ, tesis Rivera Salcedo p.56

La composición química de las zeolitas, se obtiene mediante un análisis de muestras por fluorescencia de rayos X (FRX), determinándolos en forma de óxidos o en forma elemental, referidos al O<sub>72</sub> (número de oxígenos en la celda unitaria), también se determina la relación Si/Al. Además debemos de señalar la Difractometría por rayos X (DRX)

**Tabla 4:**

*Composición química de la zeolita en base a óxidos.*

Compuesto	% masa
SiO <sub>2</sub>	56.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.46
CaO	3.81
Na <sub>2</sub> O	2.04
MgO	2.74
K <sub>2</sub> O	1.08

**Nota.** Ref.: Datos de FRX de una muestra zeolita, Morante p.137

**Figura 1:**

*Contenido de zeolita tipo clinoptilolita comprado en Ecuador, Guayaquil*



**Fotografía 1.** *Contenido de zeolita clinoptilolita*

### **Características Específicas de la Zeolita Tipo Clinoptilolita.**

La fórmula de la celda unitaria y su proporción de óxidos son los siguientes:  $(\text{Na}_4\text{K}_4)\text{O} \cdot (\text{Al}_8\text{Si}_{40})\text{O}_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$  (Morante, Carballo, 2004) La Clinoptilolita pertenece a la familia de la Heulandita y está compuesta por aluminio silicato hidratados de sodio, potasio y calcio y en su grupo está la Heulandita, Laumontita y otros.

### **Tabla 5:**

*Propiedades cristalográficas de la Clinoptilolita*

Zeolita	Formula típica, celda unitaria	Sistema cristalino	Vol. poro	Dimen. canales (1)	Estabil. térmica	Capacidad intercambi iónico (2)
Clinoptilolita	$(\text{Na}_4\text{K}_4)\text{O} \cdot (\text{Al}_8\text{Si}_{40})\text{O}_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	Monoclínico	39	3.9x5.4	alta	254

**Nota** .Fuente: (Morante pág. 72) 1.-Determinado del contenido de agua 2.- Calculado de la celda unitaria

De acuerdo a trabajos realizados el examen para las zeolitas se realiza por Difractometría de rayos X (DRX).

**Figura 2:**

*Muestra de zeolita clinoptilolita comercial y roca*



**Fotografía.** Muestra de zeolita clinoptilolita

**Proceso de Adsorción del Mn por las Zeolita Tipo Clinoptilolita.**

Cuchimaque (2013) plantea que la clinoptilolita es la zeolita natural más abundante en la naturaleza con una alta capacidad de intercambio catiónico y una gran afinidad por los metales en solución los cuales se incorporan en su estructura cristalina, El uso de esta como medio de filtración es una alternativa efectiva para la disminución de Fe y Mn en el agua natural, ya que actúa como soporte poroso sobre el que se obtiene una película adsorbente de  $\text{FeO}_3$  y  $\text{MnO}_2$  que presentan la capacidad para adsorber los cationes de dichos metales disueltas en aguas.

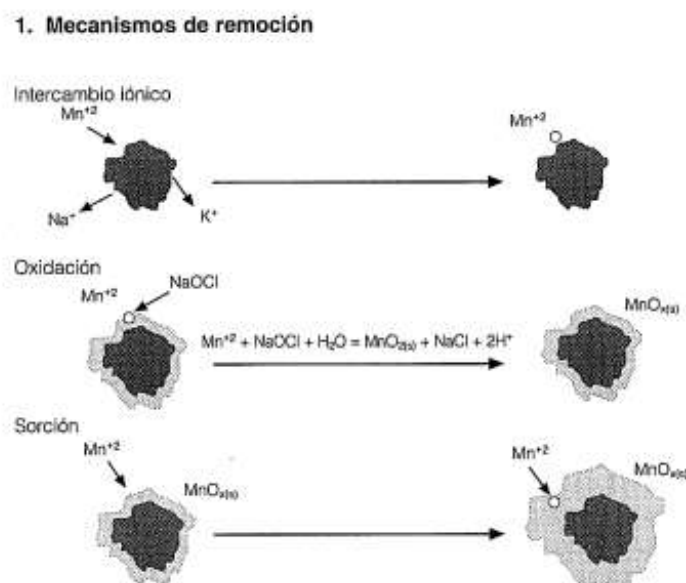
Petkova (1997) manifiesta La técnica de remoción de manganeso a través de las zeolitas integra los siguientes procesos.

1. Intercambio iónico, como fase inicial donde el manganeso disuelto se fija a la superficie de la zeolita.

2. Oxidación, el manganeso retenido forma una película de óxidos  $MnOx(s)$  sobre la superficie del grano que sigue removiendo el manganeso.
3. Remoción del manganeso disuelto en el agua por adsorción sobre la película de óxidos formado sobre el grano del material oxidando. Adsorbido en el superficie generan nuevos sitios de adsorción, así se regenera la capacidad del medio sorbente asegurándose una continua remoción del manganeso disuelto en el agua (Petkova pág. 42), Se regenera con hipoclorito de Cl ( $NaOCl$ ), el Cl asegura la regeneración.

### Figura 3:

*Mecanismo de remoción del manganeso.*



Uso de Zeolitas naturales en la remoción de manganeso, Petkova V. 1997 p 42

Galicia (2011) señala la adsorción “Es un fenómeno superficial que involucra la acumulación o concentración de sustancias en una superficie o inter-fase, el compuesto que se adsorbe se le llama adsorbato y la fase donde ocurre la adsorción se conoce como adsorbente. Basándose en el grado de atracción entre el adsorbente y el adsorbato, el proceso de adsorción se puede clasificar en dos tipos: Adsorción física ó fisorción Adsorción química ó quimisorción. La adsorción física suele ser resultado de fuerzas de Van der Waals, con lo que



por naturaleza al ser la unión bastante débil la adsorción física puede ser reversible ya que la unión puede romperse por cambios en parámetros como la temperatura, presión o concentración. La adsorción física puede ser de dos tipos: adsorción mono capa y adsorción multicapa. Por otro lado, la adsorción química es el resultado de la interacción química entre una molécula de adsorbato y la superficie del adsorbente esto hace que este tipo de adsorción sea irreversible. Este último tipo de adsorción es de interés en catálisis, pero raramente se usa para separaciones”

## 2.2 Marco Legal

En el diario El Peruano se publicó el **7 de junio del 2017. El DECRETO SUPREMO N° 004- (MINAM, 2017)**, (Ministerio del Medio Ambiente), Esta norma compila las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N°015-2015-MINAM. Estos aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua quedando sujeta a lo establecido en el presente Decreto Supremo.

El Estándar de Calidad Ambiental es legalmente “la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetro físico, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de elemento receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas y su medio ambiente”

De acuerdo al decreto mencionado, lo podemos ubicar en el artículo 3, Categoría de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, y 3.3 Riego de vegetales, bebida de animales y subcategoría D2 bebida de animales

En el artículo 5 podemos ver los Estándares de Calidad Ambiental y su aplicación. En disposiciones complementarias en la tercera, nombra al Instituto Nacional de Calidad (INACAL) como coordinador de la norma.

**Tabla 6:***Categorías de Usos de las aguas*

	DESCRIPCION	SUBCATEGORIAS	DESCRIPCION
<b>Categoría 1 –A</b>	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A1	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
		A2	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
		A3	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>Categoría 1 – B</b>	Aguas superficiales destinadas a la recreación	B1	Contacto primario
		B2	Contacto secundario
<b>Categoría 2:</b> Actividades de extracción y cultivo marino costeras y continentales	Aguas de mar	C1	Extracción y cultivo de moluscos Bivalvos
		C2	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas
		C3	Otras actividades
		C4	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
<b>Categoría 3:</b> Riego de vegetales y bebida de animales	Parámetros para riego de vegetales	D1	Riego de cultivo alto y bajo
	Parámetros para bebida de animales	D2	Bebida de animales
<b>Categoría 4</b>	Conservación del ambiente acuático	E1	Lagunas y lagos
		E2: Ríos	Ríos de costa y sierra, ríos de selva
		E3: Ecosistemas marino costero	Estuarios Marinos

**Nota.** Fuente: D.S N° 015-2015-MINAM El Peruano 19/12/2015

**Tabla 7:***Valores de los estándares de calidad ambiental ECA*

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARAMETRO	UNIDAD	PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARAMETROS PARA BEBIDA DE ANIMALES
<b>INORGANICOS</b>			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0.1	0.2
Bario	mg/L	0.7	-
Berilio	mg/L	0.1	0.1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0.01	0.05
Cobre	mg/L	0.2	0.5
Cobalto	mg/L	0.05	1
Cromo total	mg/L	0.1	1
Hierro	mg/L	5	-
Litio	mg/L	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	-	250
<b>Manganeso</b>	<b>mg/L</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>
Mercurio	mg/L	0.001	0.01
Níquel	mg/L	0.2	1
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.02	0.05

**Nota** Fuente: Legislación de Estándares Nacionales ECA, El Peruano 07/05/2017.

### 2.3 Otras Directivas

#### Clasificación de los Cuerpos de Agua

El río Mantaro se clasifica con la Categoría 3 “Riego de vegetales y bebida de animales” de acuerdo, ANA (2016) que clasifica los cuerpos de agua superficial marino costeros del Perú (Autoridad Administrativa del agua X Mantaro, Tercer monitoreo participativo en la cuenca del río Mantaro, Setiembre- Octubre 2016, pág. 5 al 9).

De acuerdo ANA (2016) que aprueba la clasificación de cuerpos de aguas continentales superficiales de fecha 13 de febrero del 2018; el río Mantaro como cuerpo de agua loticos está clasificado dentro de la Categoría 3 del ECA para agua “Agua para riego de vegetales y bebida de animales “ Esta categoría está referida a aquellos cuerpos de agua superficiales que son utilizados para riego de plantas de tallo alto y bajo, así como para bebidas de animales mayores y menores.(pag.17, Clasificación de los cuerpos de agua, Resultado del monitoreo participativo de la calidad del agua superficial en el ámbito de la cuenca del río Mantaro - Noviembre 2018) Las aguas contaminadas con Mn en el canal de regadío de la Margen Izquierda del valle del Mantaro, tomadas a la altura del punto RMBT provincia de Jauja-Junín, sus valores referenciales son tomadas de “Resultados del Monitoreo Participativo de la Calidad de agua Superficial en el ámbito de la cuenca río Mantaro 2018”, cuadro N° 06 Resultados de Monitoreo Cuenca Mantaro (ALA)Mantaro.

La ubicación del área de estudio es la bocatoma del canal de regadío (RMBT), que recorre en paralelo unos 200 m al río Mantaro luego del cruce con la carretera central, su recorrido casi paralelo a la carretera, distanciándose del cauce del río Mantaro y ramificándose para los diversos sectores de riego.

### **Directivas de Análisis e Interpretación de la Información:**

#### **– La Recolección de Datos.**

Inicialmente es a nivel de bibliografía, generalmente datos tomadas de los informes técnicos del ANA de las fuentes contaminantes del río Mantaro y libros especializados a través de un determinado tiempo.

#### **– Determinación del Punto de Muestreo.**

De acuerdo a lo observado en el punto anterior, esta cumple con los requisitos descritos, en el punto de muestreo (accesibilidad, representatividad, frecuencia de muestreo, facilidad para muestrear), indicados

– **Sobre la Técnica para la Recolección de la Muestra.**

Está estipulado por el ANA PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA ((ANA), 2016) Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, Lima 11 enero 2016 Memorando N° 2484-2015-ANA-DGCRH de la Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos. Conforme con el artículo 15 de la ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.

**Para elaborar la tesis se tomó los siguientes:**

– **Ubicación del cuerpo lotico**

Identificación de los puntos de Monitoreo, se determina con el Sistema de posicionamiento global (GPS), expresado en el sistema UTM., también se debe indicar las referencias, en nuestro caso se tomó el puente Stuard de la carretera central, 260 Km de la carretera central

– **Tipos de muestras de agua:**

- a) Se toma una muestra simple y puntual
- b) Muestras compuestas, por la condición de tomar promedios en un determinado periodo.

Planificar el monitoreo de la cuenca de acuerdo a su acceso al lugar, ubicación, punto de muestreo. El análisis de las muestras deben estar acreditadas por el INACAL.

– **Codificación, identificación por GPS registrado en sistema UTM.**

- Código de acuerdo a la Norma R = río (RMBT)
- Parámetros recomendados en monitoreo categoría 4 Río. - pH, T.
- Preparación de materiales y equipo:
  - Cooler, frascos de plástico, balde, soga de nylon
  - Preservantes HNO<sub>4</sub>.
  - Etiquetado de acuerdo a norma

– **Procedimiento para toma de muestras:**

a) En ríos,

- Toma de agua en punto medio del canal, sin turbulencia ni sedimentos.
- Registrar en ficha de campo.

b) Para la toma de agua sumergir el balde de 20-30 cm, desde la superficie de agua y en dirección opuesta al flujo del río.

ANEXO VII. Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado, para el caso del manganeso.

- Recipiente de plástico
- Condición de preservación y almacenamiento se acidifico con HNO<sub>3</sub>
- Tiempo de almacenamiento máximo 1 mes.

**Los instrumentos utilizados**

Se utilizó GPS, para tomar pH (PH-911, PEN TYPE.), envases esterilizados de plástico, esto en la zona de muestreo, y luego en el laboratorio lo pertinente al análisis

### III. Método

#### 3.1 Tipo de Investigación

La investigación es **Experimental** a nivel de laboratorio químico, con muestras evaluadas cuantitativamente con tratamiento estadístico y el resultado obtenido demostrara la utilización de las propiedades de las zeolitas para la mitigación del manganeso en las aguas del canal de regadío de la Margen Izquierda del valle del Mantaro tomadas en el punto RMBT.

Es una investigación **tecnológica** porque responde a problemas técnicos de la descontaminación del Mn, de acuerdo a Sanches, Reyes, Mejía (2018).

#### Diseño de Investigación

Una vez obtenida las muestras respectivas, se procede a la investigación a nivel de laboratorio, de acuerdo a los procedimientos previamente planificados.

De acuerdo a, Sanches, Reyes, Mejía (2018) el diseño es **Pre experimental** (GE), con

#### Pre test y Pos test con un solo grupo

$GE O1 X O2$  Donde: O1 = Contenido de Mn en agua de rio.

X = Variables ideales (tamaño de grano 40#, masa 10g. pH, alcalino)

O2 = Contenido de Mn en agua rio después de tratamiento con zeolitas

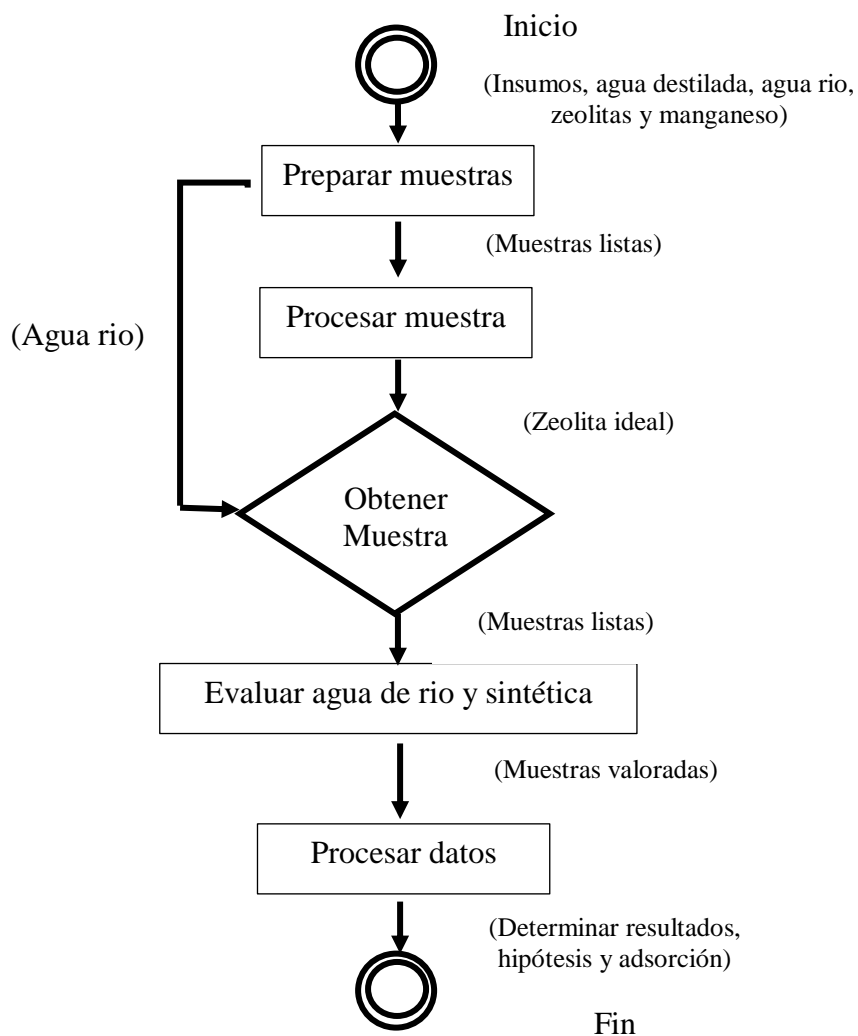
Los procedimientos importantes son:

1. Preparación de las muestras: - agua sintética -agua de rio - zeolita tipo clinoptilolita.
2. Proceso de jarras: agua sintética - agua sintética con zeolita.
3. Evaluación de muestras (lab, químico): Evaluación aguas del rio Mantaro con zeolita ideal encontrada en proceso anterior – Evaluación agua sintética con zeolita ideal.
4. Procesamiento especializado de los datos (contrastación de hipótesis y tipo de adsorción)

## Diagrama de Investigación

**Figura 4:**

*Proceso de Investigación*



### 3.2 Población y Muestra

#### – Población

#### La Cuenca del río Mantaro.

ANA (2018) Políticamente comprende los territorios de los departamentos de Cerro de Pasco, Lima, Junín, Huancavelica y Ayacucho, constituido por 21 provincias y 186 distritos, su extensión es de 34,363 km<sup>2</sup>. Se encuentra ubicado en la región central del Perú, y pertenece



a la vertiente del Océano Atlántico. Nace en Upamayo, infraestructura del lago Chinchaycocha, y termina desembocando en el río Ene. En la cuenca hay 2'086,995 habitantes, y está distribuido en un 22.3% en Huancayo y 10.6% en Huamanga. Además la agricultura es el sector más importante, el minifundio y la pequeña propiedad es lo común, la parcelación con un 85.7% La ganadería lechera es complementario a la agricultura, la crianza de ovinos representa un 60% de la población pecuaria, seguido del vacuno, porcino y camélidos La minería es intensa en la cuenca alta del Mantaro, se extrae oro, plata, cobre y zinc. Las empresas importantes son Argentum S.A, Chinalco Perú S.A y Volcan S.A

### Aspectos Generales de la Cuenca del río Mantaro.

**Tabla 8:**

*Descripción de la cuenca del Mantaro*

Aspectos generales	Descripción
Nombre de la cuenca	Cuenca del río Mantaro
Vertiente hidrográfica	Océano Atlántico / Amazonas
Demarcación geográfica	Latitud Sur: 10°30' a 13°30' / Long. Oeste: 74°00'-76°30'
Área aproximada	34,363 km <sup>2</sup>
Jurisdicción (AAA/ALA)	X Mantaro ALA Pasco–Mantaro-Huancavelica-Ayacucho
Nombre del río principal	Río Mantaro
Longitud del río principal	735 km
Tributarios principales	Ríos: Anticoná, Mantaro, Anguscocha, San José, Conocancha, Aguascocha, Carahuacra, Rumichaca, Pomacocha, Yauli, Pucara, Huari Pachacayo, Chia, Achamayo, Cunas, Shullcas, Chanchas, Vilca, Upamayo, Ichu, Escalera, Huayraccasa, Pallcapampa, Huachocolpa, Lircay, Sicra, Opamayo, Urubamba, Disparate, Alameda, Apacheta, Hatumpampa, Vinchos, Yucaes, Cachi, Huarpa, Cachimayo. Lago: Chinchaycocha. Lagunas: Naticocha, Huaroncocha, Huacracocha (Unidad Hidrográfica Yauli). Huacracocha (Unidad Hidrográfica Shullcas), Churruca, Huascacocha, Pomacocha.
Principales actividades en la cuenca	Poblacional, agrícola, ganadería, minería, energético y otros.

**Nota.** Fuente: : Información técnica N° 012-2014-ANA-DGCRH/GOCRH/Identificación de Fuentes Contaminantes en la cuenca del Mantaro

– **Muestra**

**Aguas del río Mantaro.**

El valle del Mantaro utiliza las aguas del río para las diversas actividades agrícolas, en su mayoría es el que da sustento a los habitantes, sus productos son comercializados en la región y también hay exportación (caso de Concepción, la alcachofa) de igual manera la producción lechera, ovina, aves utilizan el agua por eso es importante el control de los metales pesados en el contenido del agua, para el cuidado de los seres vivos y medio ambiente.

**Ubicación de Punto de Muestreo.**

El punto de muestreo se tomó en función a los monitoreos históricos realizado por el ANA, punto de captación RMant12, CIMIRM y Plan Meris. Distrito Yauyos provincia de Jauja departamento Junín, (UTM, WGS 84 - E 8694663 – N 446138) “Puntos de monitoreo ANA, punto 41, cuyos valores indican la contaminación del manganeso en la zona. Además es el comienzo del canal margen izquierda del valle del Mantaro punto importante para la tesis.

**Tabla 9:**

*Cuadro de reporte de muestreo por ANA en el punto RMant12.*

Fecha muestreo	Valores Mn (mg/L)
2015/11/11	0.108
2016/17/05	0.377
2016/28/09	0.493
2017/28/09	0.39479
2018/21/11	0.40014

Los resultados nos dan un valor de 0.35459 mg/L, valore histórico.

## Punto de Toma de Muestras RMBT.

**Tabla 10:**

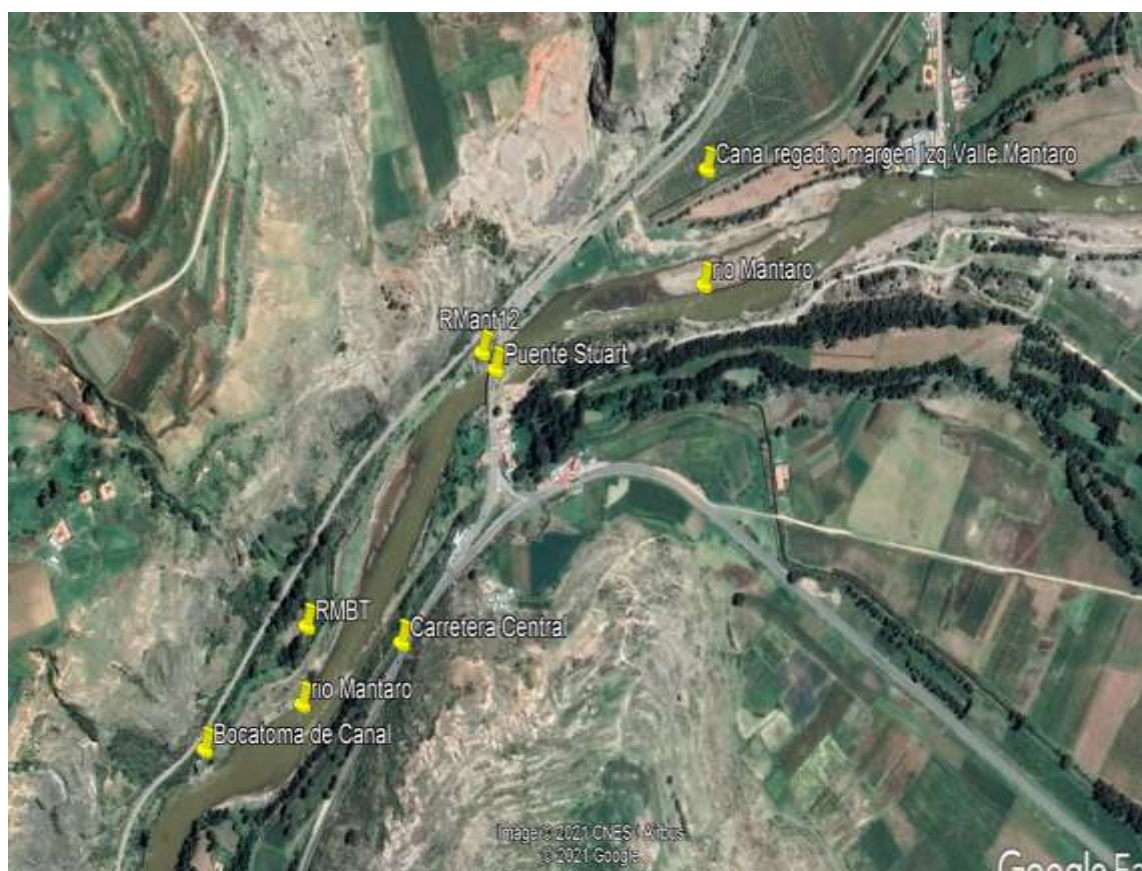
*Ubicación de muestreo en el punto RMBT*

Descripción	Ubicación		Altitud (msnm)	Código tesis	
	Este (m)	Norte (m)			
Bocatoma canal de regadío margen izquierda valle Mantaro	A 200 m aguas arriba del punto RMant12 CIMIRM Y Plan Meris (ANA)	0446438	8695186	3383	<b>RMBT</b>

## Ubicación del punto de muestreo RMBT

**Figura 5:**

*Ubicación del punto de muestreo RMBT*



**Figura 6:**

*Coordenadas UTM del punto de Muestreo*

**Figura 7:**

*Punto de muestreo RMBT.*



Fotografía. Punto RMBT

## Frecuencia del Monitoreo.

**Tabla 11:**

*Frecuencia de monitoreo aguas del rio Mantaro en el punto RMBT*

Fecha	Muestra	Valor de Mn mg/L (Lab.UNI)
17/05/2019	RM01	0.068
07/11/2019	MO1	0.420
04/12/2019	MO2	0.5221
23/01/2020	MO1	0.210
27/02/2020	MO1	0.120

**Nota.** Fuente: Propia, valores Laboratorios Universidad Nacional de Ingeniería.

Estos resultados dieron un promedio de 0.26802 mg/l, cantidad que se toma para realizar las pruebas en el laboratorio

**Figura 8:**

*Puente Stuard, Carretera Central adyacente al punto RMant12 ANA.*



Fotografía 2. Puente Stuard, Carretera Central km 260

### 3.3 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
<p>Tratamiento con zeolitas tipo clinoptilolita</p> <p>Variable Independiente. (x)</p>	<p>Es utilizar las zeolitas de tipo clinoptilolita para mitigar el Mn en aguas de rio.</p>	<p>El tratamiento de zeolitas de tipo clinoptilolita está definido por la cantidad de gramos utilizados (m), el tamaño de grano utilizado (#) y el tiempo de contacto de la zeolita con el agua de rio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masa de zeolitas</li> <li>• Tiempo de contacto de las zeolitas con el agua.</li> <li>• Tamaño de grano de las zeolitas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de zeolitas entre 5 a 10 gramos</li> <li>• Tiempo de contacto de la zeolita con el agua entre 60 a 360 minutos.</li> <li>• Número de malla entre 20 a 40 #</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Relojes y cronómetro</li> <li>• Mallas Tyller</li> <li>• Molino de discos</li> <li>• Rotap</li> </ul>
<p>Nivel de contaminación de Mn en las aguas del rio Mantaro en el punto RMBT</p> <p>Variable Dependiente. (y)</p>	<p>Es la concentración del contenido de manganeso en las aguas de rio Mantaro en el punto RMBT</p>	<p>Es la cantidad de Manganeso en las aguas del rio Mantaro en el punto RMBT que son comparadas con los estándares ECA y analizados en sus aspectos físicos generales como la turbidez, color y pH del agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de mg/L de Mn en el agua del rio.</li> <li>• Turbidez del agua</li> <li>• Color del agua</li> <li>• pH del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándares ECA de Mn.</li> <li>• Turbidez</li> <li>• Color marrón</li> <li>• pH del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espectrometría de masa</li> <li>• Espectrofotómetro de absorción atómica</li> <li>• pH metro digital</li> </ul>

Es la manera como se observa y se mide las características del estudio.

De acuerdo al planteamiento de la tesis definiremos las variables:

- Variable **independiente** (x) **que es tratamiento con la zeolita tipo clinoptilolita.**
  - Conceptualmente: Es utilizar las zeolitas de tipo clinoptilolita para mitigar el Mn en aguas de río.
  - Operacionalmente: El tratamiento de zeolitas de tipo clinoptilolita está definido por la cantidad de gramos utilizados (m), el tamaño de grano utilizado (#9 y el tiempo de contacto de la zeolita con el agua de río.
  - Dimensiones, es la masa de zeolita usada, el tiempo de contacto con el agua de río y tamaño de grano de las zeolitas
  - Indicadores, cantidad de zeolita utilizada en el tratamiento del agua entre 5-10 g tiempo de contacto de la zeolita con el agua entre 60-360 min y número de malla entre 20-40 #
  - Instrumentos, se refiere a la medición de los indicadores, que serían balanzas micrométricas, relojes, cronómetros molino de discos, mallas Tyller, rotap
- Variable **dependiente** (y) **que es el contenido de Mn en las aguas naturales del río Mantaro en el punto RMBT.**
  - Conceptualmente: es la concentración del contenido de Mn en las aguas de río Mantaro en el punto RMBT
  - Operacionalmente: Es la cantidad de Mn en las aguas de río Mantaro en el punto RMBT que son comparadas con los estándares ECA y analizados en sus aspectos físico generales como la turbidez, color y pH del agua.
  - Dimensiones, cantidad de Mn en agua (mg/L), turbidez, color y pH del agua de río.
  - Indicadores, estándares ECA del manganeso, turbidez, color y pH del agua
  - Instrumentos, equipos de laboratorio para medir concentraciones de Mn, Espectrometría de masa, espectrofotómetro de adsorción atómica, pH digital

### **3.4 Instrumentos**

#### **Instrumentos Utilizados en la Operación de Laboratorio**

Vaso de 1000 ml

Vaso de 500 ml

Vaso de 100 ml

Bureta 500 ml

Probeta 100 ml

Matraz erlemeyer 500ml

Matraz erlemeyer 250 ml

Embudo de 90 mm

Bagueta

Todo el material es de vidrio borosilicado

Caja tecnopor de 30x30x30 cm

Frascos de 120 ml modelo alcoholero con tapa y tapón (muestras a lab.)

Envases de plástico, limpio y esterilizado.

pH, Universal Test Paper

Gel pack tippic de 500gr



**Figura 9:**

*Material de vidrio utilizado en el laboratorio*

**Reactivos Utilizados en el Laboratorio**

Todos los reactivos utilizados en las distintas experiencias son de grado analítico y fueron suministrados por proveedores nacionales garantizados en el mercado.

Sulfato Manganeso monohidratado extra puro ( $\text{MnSO}_4\text{H}_2\text{O}$ ) 500 gr.

Ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 1:1 (preparado en un laboratorio)+

Ácido Clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) 0.1 M (preparado en un laboratorio)

Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ) 0.1 M (preparado en un laboratorio)

Agua destilada

**Figura 10:**

*Reactivos utilizados para ajustar el pH de la solución y conservador de muestras*

**Figura 11:**

*pH utilizados en el laboratorio.*



**Figura 12:**

*Gel conservador de temperatura*

**Figura 13:**

*Balanza utilizada para pesar las zeolitas en el laboratorio*



**Figura 14:**

*Contenido de las tres diferentes aguas utilizados en el laboratorio*

Agua destilada



Agua Sintética



Agua de Rio Mantaro



## Técnicas analíticas y equipos

**Tabla 12:**

*Técnicas analíticas y equipo de laboratorio*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Equipo</b>	<b>Método</b>
Metales totales (SGS)	mg/L	Espectrometría de masa	EPA 2008, Rev. 5.4: 1994 Determinación de oligoelementos en aguas y desechos por plasma acoplado inductivamente
Manganeso (UNI)	mg/L	Espectrofotómetro de Absorción Atómica Shimadzu AA 700	APHA 3111B
Peso	mg/L	Balanza analítica	Capacidad 100 gr/0.000 gr Electrodo de inmersión, contacto directo
pH	0-14	PH-911	
Zeolitas Naturales	Preparación de muestras	Preparación Mecánica: Molino de discos, Juego de Mallas, Rotap y balanza	Componentes del laboratorio Metalúrgico UNI.
Test de Jarras	Preparación de muestras	Modelo Básico	Velocidad, 200 rpm, Tiempo de tratamiento 0 – 360 min

**Nota.** Fuente: Propia

### 3.5 Procedimientos

#### Trabajos en Laboratorios

Se utilizaron los siguientes laboratorios

– **Laboratorio SGS.**

La totalidad del análisis de muestras de laboratorio fue desarrollada por LABORATORIO SGS DEL PERU SAC, Acreditado por INACAL, (Instituto Nacional de Calidad) El laboratorio analizó el agua Natural, Superficial, ECA 3, Parámetro Metales Totales, utilizando la metodología de EPA 200.8 Rev 5.4, (Espectrometría inductiva de plasma).

- **Laboratorio Químico LABICER** Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

El procesamiento, del agua de río Mantaro inicialmente se realizó utilizando el laboratorio de la UNI, Especialidad de Ciencias, (Laboratorio N° 12) LABICER, ANALISIS QUIMICO, CONSULTORIA E INVESTIGACION. Sus informes técnicos emitidos, son utilizados como referencia para hacer el historial de muestreo de la cantidad de Mn en las aguas del río Mantaro, tomando como referencia para iniciar los trabajos de laboratorio, utilizo para el análisis de las muestras el ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA SHIMADZU, AA 7000 y el METODO DE REFERENCIA APHA 3111B, Este sistema es solo para la determinación del Mn; Al ocurrir el problema de la pandemia (marzo 2020) el laboratorio cerro los servicios, y tuve que cambiar a laboratorio SGS.

- **Laboratorio INTERLABS.**

Para la elaboración química de concentraciones y análisis se utilizó el laboratorio INTERLABS (International Laboratorio SAC), en este laboratorio se hizo análisis de muestra de agua utilizando la norma referenciada como EPA Method 200.7 Rev 4.4. 1994, tipo de ensayo Metales Totales (título de ensayo Inductively Coupled Plasma-Atomic) Acreditado por el IAS (International Accreditation Service).

- **Laboratorio Metalúrgico Universidad Nacional de Ingeniería.**

Para la preparación de las zeolitas se realizó en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, FACULTAD INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALURGIA. Obteniendo zeolita de grano malla 20# y malla 40#, utilizándose molino de disco, juego de zarandas y rotap respectivo

- **Laboratorio H&F.**

Para la preparación de las diferentes muestras, se utilizó en el laboratorio H&F LABORATORIOS S.A.C (Av. Colonial N° 1583-Lima,).

– **Procedimiento de extracción del manganeso en aguas del río en el punto RMBT**

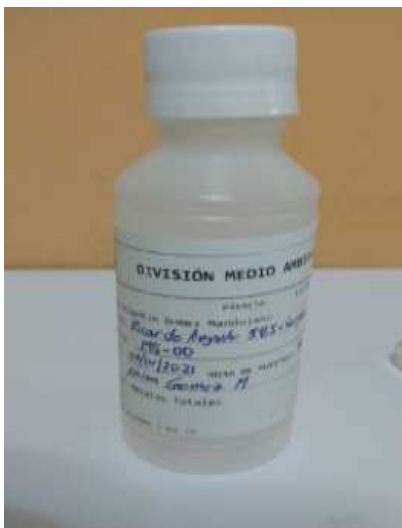
La toma de muestras de aguas de río Mantaro fueron ejecutados, cumpliendo el protocolo nacional de monitoreo para la calidad de recursos hídricos (Autoridad Nacional del agua 2016) en el punto determinado con código RMBT. Ubicado a 200 m aguas arriba del punto de monitoreo del ANA RMant12.

– **Toma de muestras para parámetros físicos químicos.**

Para el caso de metales pesados utilizamos 3 tomas en recipiente de plástico de 3 litros de capacidad, limpio y esterilizado, el envase se sumergió a unos 20 cm por debajo de la superficie, se acondicionó en un cooler e inmediatamente se trasladó a Lima 8 horas y de noche. Al llegar al laboratorio se puso el envase a la refrigeradora, realizándose las pruebas respectivas, el contenido resultante se filtró y se adiciona un preservante ácido nítrico HNO<sub>3</sub> 1:1. Se etiquetó el envase y se llevó al laboratorio SGS para realizar el análisis respectivo.

**Figura 15:**

*Envase etiquetado con la muestra para el laboratorio*



– **Trabajos en el Laboratorio Metalúrgico**

**Preparación de las zeolitas tipo Clinoptilolita.**

De acuerdo a las características exigidas fue obtenida y procesada adecuadamente en el laboratorio Metalúrgico de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Preparación Mecánica (Molienda)

Reducción de tamaño de grano utilizando molino de disco.

Selección de grano (Tamizado)

Mediante mallas y rotap obteniendo grano malla 20# y 40#.

**Trabajos en el laboratorio químico**

– **Acondicionamiento de la Zeolita y Determinación de Grano Ideal.**

Se toma una cantidad de zeolita, grano 40#, depositado en un vaso, se le adiciona agua destilada lo suficiente, se somete al proceso de jarras por un tiempo corto, retirándose del sistema el vaso para separar el sobrenadante (sucio), este proceso se repite hasta obtener agua limpia, incrementándose el tiempo de tratamiento, después de cada proceso indicado,

Luego toda la zeolita se lleva a la mufla para secar lo suficiente. La zeolita esta lista para utilizarlo pesando para los análisis programado

• **Determinación de valores ideales de zeolita con agua sintética**

La evaluación preliminar para la remoción del Mn en las aguas de rio Mantaro está sujeta a un diseño factorial de dos niveles (2) de esta manera tendremos la cantidad experimental a realizar (8) utilizando el agua sintética como patrón

Parámetros:

- Tamaño de grano (#) entre 20 – 40
- Masa (m) entre 10 – 5 g
- pH 7.2 (ligeramente alcalino)
- Tiempo de contacto (tc) entre 360 – 60



- Patrón agua sintética con 0.27092 mg/L de Mn.

**Tabla 13:**

*Matriz para hallar los valores ideales de la zeolita*

tc (min)	m (g)	#	Análisis (mg/L)	%R
60	5	20	0.26589	1.9
		40	0.17819	34.2
	10	20	--	--
		40	0.248338	8.03
360	5	20	0.21638	20.1
		40	0.22163	18.2
		20	0.25589	7.4
	10	40	0.12228	54.9

El porcentaje mayor de remoción (%R) es 54.9 % correspondiendo a: m= 10g, # 40, pH=7.2., tc=360 min, VALOR IDEAL para la zeolita en la investigación

### **Preparación y Ejecución de la Prueba de Jarras.**

La prueba de jarras nos sirve como un simulador para determinar en laboratorio las dosis de insumos químicos que deben aplicarse en una Planta a fin de lograr cambios favorables del agua, respecto a su calidad, de la siguiente manera:

- Se preparan las soluciones en matraces para cada una, con 250 ml de agua sintética más zeolita en diversas condiciones (variación de tamaño grano, peso, tiempo, pH).
- Procedimiento, de jarras: Cada matraz se coloca en el agitador orbital, durante 6 horas a 200 rpm, luego se filtra, se adiciona HNO<sub>3</sub>, 0.1 N, como preservante
- Se toma la cantidad apropiada (120 ml) para enviar al análisis de laboratorio.

Se etiqueta, se acondiciona la muestra en un contenedor especial para conservar temperatura, luminosidad y otros factores que puedan alterar el resultado, además se incluye un blanco viajero (proporcionado por el laboratorio)

**Figura 16:**

*Agitador de paletas utilizado en la prueba de jarras*

**Preparación del Agua Sintética.**

Con valores encontrados del contenido de Manganeseo en las aguas del rio Mantaro se preparara, utilizando agua destilada, a una concentración de 0.27092 mg/L de Mn

**Agua destilada.**

El agua destilada se compró en INDUSTRIAL INSUMOS QUIMICOS S.A, como agua destilada para trabajos en laboratorios químicos.

**Cálculo del Contenido de Manganeseo.**

El cálculo se realizó tomando como referencia la cantidad evaluado atreves de tiempo y analizada en laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, cuyo promedio es de 0.268 mg/L de manganeseo en las aguas del rio Mantaro en el punto RMBT., con este valor se calculó la concentración a partir del Sulfato manganoso mono hidratado ( $MnSO_4 \cdot H_2O$ ), marca Oxford b Fine Chem LLP, lote 5590 (comprado en Industrial Insumos Químicos S.A), se pesó 82.452 mg de  $MnSO_4 \cdot H_2O$ , y se aforo en 1.L de agua destilada, Preparado en Laboratorio InterLabs, Esta solución se mandó análisis en Laboratorio SGS, Perú

**Figura 17:**

*Presentación muestras de trabajo*



pH utilizado en las pruebas



Zeolita acondicionada

**Obtención de valores ideales de las variables para el desarrollo de la experiencia**

Con las combinaciones encontradas en la matriz procedemos a preparar c/u de las muestras con las cantidades señaladas:

**Composición de muestra:**

- Tamaño de grano (#) = 40

- Masa (g) = 10
- Tiempo contacto (min) = 360 y 200rpm
- pH de la solución = 7.2.

**Preparación de la muestra:** Se hará una solución en un matraz de 250 ml de agua sintética de pH 7.2 (alcalino) más zeolita malla 40# con 10g de peso.

**Procedimiento, de jarras:** El matraz con el contenido se coloca en el agitador orbital, agitándolo durante 6 horas a 200 rpm, controlar pH cada cierto tiempo. Al terminar el proceso se separa la solución de la parte sólida, filtrando, se vierte la solución (120 ml) al envase agregándole gotas de ácido nítrico a una concentración de 0.1 N, como preservante, etiquetar el envase y enviar al laboratorio para su análisis de manganeso en mg/L, de la solución tratada.

Con los datos obtenidos de las concentraciones de manganeso se calcula el porcentaje de remoción del Mn (%R).

$$\text{- } \% \text{ de R} = \frac{(C_o - C_e) * 100}{C_o} \dots\dots\dots (1)$$

- Dónde: Co = concentración inicial del Mn (mg/L).
- Ce = concentración en el equilibrio Mn (mg/L)

Este proceso se repite con todos la combinaciones de matriz (8)

Con los resultados obtenidos se toma como valor ideal aquel compuesto que tenga el mayor %R del Mn

- Graficar la curva de %R versus Mn (mg/L).
- Generalmente el proceso de jarras se hace utilizando un juego de 4 matraces por vez

### **Análisis de Laboratorio.**

Las muestras en el laboratorio SGS, se someten al proceso de análisis de metales totales, ECA 3, (contenido de manganeso en el agua sintética en mg/L). Este laboratorio utiliza la espectrometría de masa para sus análisis (método plasma acoplado inductivo)

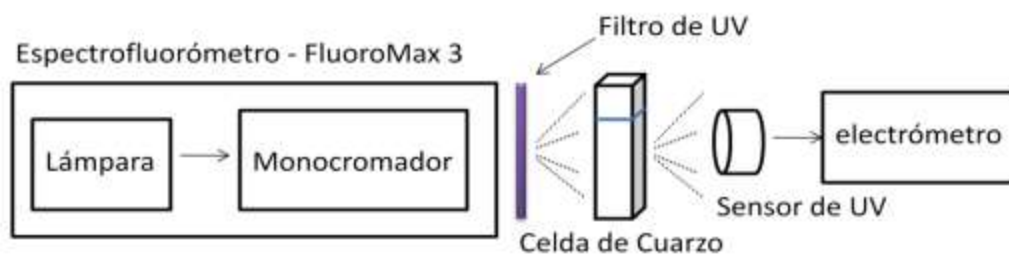
### Método de Plasma.

La detección de los metales pesados se da usando la transmitancia, que es la diferencia entre el agua pura y el agua con metales pesados, de acuerdo a Chávez (2011) "En el rango de 200 a 400 nm la transmitancia se efectúa perfectamente discernible y esto permite la determinar cualitativa y cuantitativamente la presencia de los metales pesados.

Los resultados obtenidos para Cd, Pb, Zn Cu y Mn muestran una muy buena clasificación de estos metales y una buena respuesta en el rango de 100 ppm a 10,000 ppm."

### Figura 18:

*Representación gráfica del Espectrofluorómetro tipo plasma con filtro*



*Nota:* Espectrofluorómetro tipo plasma con filtro uv, (Chávez 2011.)

### Evaluación de las Aguas del río Mantaro con las Variables Ideales Encontradas.

En el laboratorio se preparan 3 muestras para el proceso de jarras el cual consiste cada uno, en un vaso de 500 ml se adiciona 250 ml de agua de río más 10 gr de zeolita, grano 40# y pH alcalino 7.2, tiempo de contacto 360 min a 200 rpm (condiciones ideales encontradas) Al finalizar el proceso se filtra en contenido del vaso, se toma un volumen de 120 ml se adiciona gotas de HNO<sub>3</sub>, Q.P, como preservante.

Se acondiciona en un cooler con una muestra testigo y un protector de temperatura, enviarlo al laboratorio de SGS para su análisis respectivo el análisis realizado en el laboratorio es mediante un espectrógrafo de plasma, para metales totales de agua superficial de río ECA 3.

### 3.6 Análisis de Datos

#### – Valoración de las Aguas de Rio

Se ha realizado la valoración de la primera y segunda hipótesis. Se inicia comparando las aguas de concentración iniciales de manganeso con los ECA. En la segunda hipótesis se comparan los datos de las concentraciones de Mn en las aguas del rio Mantaro ANTES y DESPUES del tratamiento con zeolitas (ideales).

#### – Trabajo Estadísticos

Se refiere a la comparación de medias muestrales del contenido de manganeso antes y después del tratamiento con zeolitas. Para esto se utilizó el programa SPSS, ejecutándose el estadístico T Student.

#### – Estrategia de la Prueba de Hipótesis.

Para la hipótesis se compara los datos pretest con postest.

Calcular la media del contenido del contaminante manganeso, de las muestras recolectadas de las aguas del rio Mantaro.

#### – Hallar la Normalidad.

Para corroborar si los datos obtenidos en el laboratorio tienen una distribución normal, se realiza de la siguiente manera.

Planteamiento de la hipótesis

Nula (H0) y Alterna (H1)

Fijar el nivel de significancia ( $\alpha$ )

Generalmente es 0.05.

Realizar la prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Decidir comparando el nivel de significancia de la prueba con el  $\alpha$  (alfa), para ver, si tiene una distribución normal.

– **Realizar la Prueba T - Student.**

Decidir comparando lo planteado en hipótesis, el proceso es:

- Calculo de medias poblacionales
- Calculo del desvió estándar
- Calculo del T Student calculado (tc)
- Hallar el T Student teórico (tt) de acuerdo a tablas
- Graficar los resultados
- Tomar la decisión de aceptar o rechazar  $H_0$ .

– **Evaluación de las Isotermas de Adsorción.**

Mediante los métodos de Langmuir y Freundlich, de acuerdo a Bosch (2014), para determinar el tipo de adsorción (quimiodsorcion o fisisorción) y la forma como lo efectúa (mono capa o multicapa), cálculos realizado con valores del agua sintética y zeolitas, a diferentes concentraciones de manganeso (0.1, 0.2, 0.26, mg/L), el procedimiento químico es igual al proceso realizado para el agua de rio (proceso de jarras)

## IV. Resultados

Estos resultados como lo indican los objetivos específicos, constan de los siguientes puntos:

### 4.1 Contrastación de Hipótesis

Se realiza una comparación de medias del contenido de manganeso antes y después del tratamiento con zeolitas. Para esto se utilizara el estadístico T Student a los datos de las muestras tanto pretest como postest obtenidos en el laboratorio químico, (se utilizó el programa SPSS 21, para certificar los resultados) en concordancia con lo especificado en procesamiento de datos.

### Determinación Estadística de la Contrastación de Hipótesis

**Tabla 14:**

*Concentración de Mn antes y después del tratamiento con zeolitas, en aguas del rio Mantaro punto RMBT*

N°	Concentración antes de tratamiento			Concentración después de tratamiento		
	Componente	Código	Ci. Inicial Mn mg/L	Componente	Código	Ce. Final Mn mg/L
1	Agua rio	RM-00	0.08679	Agua rio + zeolita 40#, 10gr, 360 min	RM-05	0.04531
2	Agua rio	RM-03	0.36615	Agua rio + zeolita 40#, 10gr, 360 min	RM-04	0.26524
3	Agua rio	RM-01	0.13228	Agua rio + zeolita 40#, 10gr, 360 min	RM-02	0.08643

**Nota. Fuente: Laboratorio SGS MA2108186**



## Demostrar la normalidad de los datos

### 1. Determinar los parámetros que debemos tomar;

Es un procedimiento paramétrico, con variable aleatoria escalar y de estudio longitudinal, con muestras relacionadas, utilizando la prueba de Shapiro Wilk para determinar la normalidad y el T Student para muestras relacionadas, de menos de 30 datos, (según trabajo estadísticos)

### 2. Datos.

**Tabla 15:**

*Valores para Normalidad.*

n	Inicial (Ci)	Final (Ce)
1	0.08679	0.04531
2	0.36615	0.26524
3	0.13228	0.08643

### 3. Criterio para determinar la normalidad de los datos: $\alpha = 0.05$

**P-valor  $\geq \alpha$**  Los datos provienen de una distribución Normal

**P-valor  $< \alpha$**  Los datos No provienen de una distribución Normal

### 4. Utilizando el software SPSS se obtiene los siguientes resultados

**Tabla 16:***Resultados estadísticos para normalidad.*

Descriptivos		Estadístico	Error típ.	
Inicial	Media	.19507333	.08654046	
	Intervalo confianza para media al 95%	Límite inferior	-.17728022	
		Límite superior	.56742689	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	.13228000		
	Varianza	,022		
	Desv. típ.	.149892476		
	Mínimo	.086790		
	Máximo	.366150		
	Rango	.279360		
Asimetría	1,554	1,225		
Final	Media	.13232667	.06750846	
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	-.15813882	
		Límite superior	.42279216	
	Media recortada al 5%	.		
	Mediana	.08643000		
	Varianza	,014		
	Desv. típ.	.116928094		
	Mínimo	.045310		
	Máximo	.265240		
	Rango	.219930		
Asimetría	1,494	1,225		

**Nota:** Ref. Resultados de SPSS

## Prueba de Normalidad

**Tabla 17:**

*Resultados de normalidad*

	Shapiro-Wilk		
	Estadístic	gl	Sig.
Inici	,868	3	,291
Final	,884	3	,338

**Nota:** Ref. Resultados de SPSS

### 5.- Conclusión:

De acuerdo a resultado de Shapiro Wilk se demuestra que la hipótesis planteada para valores de p-valor es mayor que  $\alpha$  (0.05)

$$Ci: 0.291 > 0.05$$

$$Ce: 0.338 > 0.05$$

Luego la posibilidad de Aceptar que es correcta y afirmar que los valores cumple con una curva de distribución normal

### Primera hipótesis

Los valores de manganeso en las aguas del rio en el punto RMBT son mayores o iguales al estándar ECA.

**Tabla 18:**

*Valores de laboratorio agua de rio, antes de tratamiento con zeolitas*

n	Inicial (Ci) mg/L	ECA mg/L de Mn
1	0.08679	
2	0.36615	0.20
3	0.13228	
$\Sigma$		0.58522
Media x		0.195073
Sd		0.149892

### 1. Planteamiento de hipótesis:

$$H_0: \mu \geq 0.20$$

$$H_1: \mu < 0.20 \quad (\text{Cola a la izquierda})$$

### 2. $\alpha = 0.05$

### 3. Cálculo de T Student:

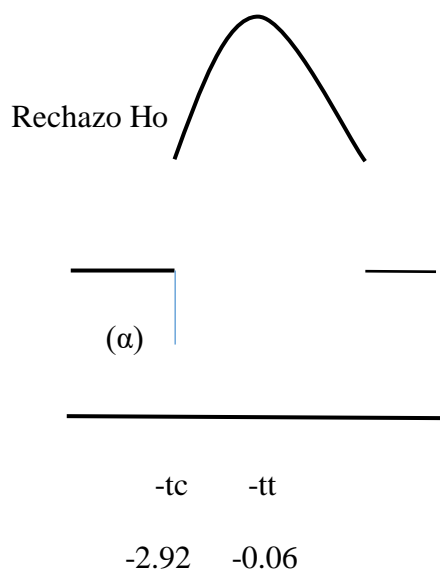
$$t_c = \frac{X - \mu_0}{\frac{Sd}{\sqrt{n}}} = \frac{0.195073 - 0.2}{\frac{0.149892}{\sqrt{3}}} = -0.05692$$

### 4. Formulación de T de Student teórico (tt) con $gl=2$ y $\alpha=0.05 \Rightarrow tt = -2.92$ (tablas)

**5. Decisión:** Como valor  $t_c$  es mayor que  $t_t$  se acepta  $H_0$ . Esto determina que las aguas del río Mantaro tomado en el punto RMRT, en el momento del muestreo los valores del contenido de manganeso estaban iguales o por debajo de los valores ECA. (Cometemos el error tipo II, Anderson p.343)

### Figura 19:

Gráfico en zona de rechazo para  $H_0$



### Segunda Hipótesis

El tratamiento con zeolitas mitigará el contenido de manganeso de las aguas del río en punto RMBT

**Proceso**

1. Planteamiento de la Hipótesis: de acuerdo (Anderson, Sweeney, Williams, 2,008)

$$H_0 = \mu_1 - \mu_2 \leq 0$$

$$H_1 = \mu_1 - \mu_2 > 0 \quad \text{Cola a la derecha.}$$

2. Elaborar el cuadro con medias (promedios)

**Tabla 19:**

Valores para hallar el desvió estándar y t Student

n	Inicial (Ci)	Final (Ce)	Ci-Ce (d)	$(d-\bar{d})^2$
1	0.08679	0.04531	0.04148	0.0004522
2	0.36615	0.26524	0.10091	0.0014564
3	0.13228	0.08643	0.04585	0.0002854
Suma ( $\Sigma$ )	0.58522	0.39698	0.18824	0.0021942
<hr/>				
n = 3				
<hr/>				
Medias	0.195073	0.13236	0.06274667	0.0021942
	$\mu_1$	$\mu_2$	$\bar{d}$	$\Sigma(d-\bar{d})^2$

**Nota:** Ref. Calculo de los valores.

3. Hallando el desvió estándar ( $S_d$ ):

$$S_d = \sqrt{\frac{\Sigma(d - \bar{d})^2}{(n - 1)}} = \sqrt{\frac{0.0021942}{(3 - 1)}} = 0.03312256$$

4. Hallando t Student (t)

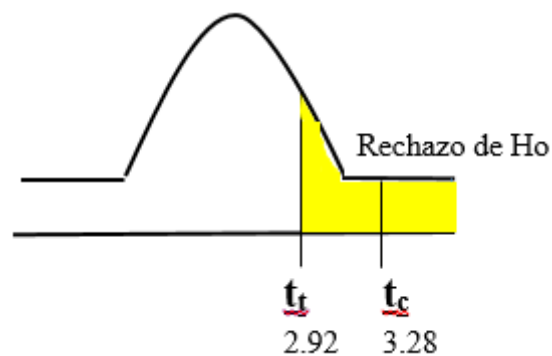
$$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}} = \frac{(0.19507 - 0.132326)}{\frac{0.033123}{\sqrt{3}}} = 3.281154493$$

- Valor calculado ( $t_c$ ) = **3.281159** gl =grados de libertad. z= Nivel de confianza
- Valor teórico ( $t_t$ ) (en tabla:  $gl=(3-1)=2$ ),  $z= 0.95 = 2.92$  (UPT, 2019)
- Se rechaza  $H_0$  si:  $t_c \geq t_t$

## 5. Conclusión:

### Figura 20:

*Grafica de aceptación o rechazo de hipótesis nula  $H_0$*



- $t_s > t_t$  Se rechaza  $H_0$ , Acepta  $H_1$  (Anderson et al (2008)p. 354)

## 6. Decisión:

La media de la concentración de manganeso en las aguas del río Mantaro a la altura del punto RMBT en menor ( $\mu_2$ ), después del tratamiento con zeolitas tipo clinoptilolita, Se cumple lo planteado en hipótesis alterna ( $H_1 = \mu_1 - \mu_2 > 0$ )

Utilizando el software SPSS con los mismos datos y el mismo planteamiento de la Hipótesis, se halla el p – valor para obtener el mismo resultado.

**Tabla 20:**

*Resultado de Prueba de muestras relacionadas hallando el p-valor*

	Diferencias relacionadas						t	g l	Sig. (bilateral )
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Inic									
-	.062746667	.033122564	.019123321	-	.145027677	3,281	2	.082	
Fin				.019534343					

**Nota:** Ref. Cálculos SPSS

Conclusión:

Sig bilateral = 0.082

Sig Lateral cola a la derecha =  $0.082 / 2 = 0.041$ .

Luego, p-valor cola a la derecha = 0.041.

Decisión:

.p-valor < 0.05, Se rechaza Ho. Acepto H1,

.p-valor 0.042 < 0.05

Los valores de manganeso en las aguas del río Mantaro son menores después del tratamiento con zeolitas, la probabilidad es aceptar hipótesis alterna ( $H1 = \mu_1 - \mu_2 > 0$ )

De acuerdo a lo propuesto en la tesis, señalado en el objetivo específico, se ha mitigado los valores de manganeso en las aguas del río Mantaro, con el tratamiento de las zeolitas tipo clinoptilolita

## 4.2 Determinación de la Adsorción

El mecanismo que mitiga el manganeso de las aguas del río, es la adsorción, desarrollaremos los siguientes procesos:

Para evaluar las características del equilibrio de adsorción, se utilizan los modelos de Langmuir y Freundlich., estas permiten interpretar los mecanismos de adsorción de acuerdo a las propiedades de la superficie y afinidad entre adsorbato y adsorbente.” Penedo (2015)

La técnica se realiza por comparación de datos bibliográficos Bosch (2014) a modelos empíricos de las isothermas de adsorción. Determinándose los siguientes parámetros, para

Langmuir ( $Q_{max} - R^2 - b - RL$ ) para Freundlich ( $k_f - R^2 - n$ ), estas relacionadas a determinadas cantidades obtenidas teóricamente.

### Isothermas de Adsorción

La isoterma de adsorción de Langmuir y de Freundlich, evalúan los mecanismos de adsorción de acuerdo a las propiedades de la superficie y afinidad entre adsorbato y adsorbente, tal como lo definen. Lazo (2008) “La isoterma de Freundlich: en la que se asume que la superficie del adsorbente es energicamente heterogénea conformada por grupos de sitios de adsorción de energías características. También en esta isoterma se considera que no existen interacciones laterales entre las moléculas adsorbidas (multicapas). Y la isoterma de Langmuir se basa en la hipótesis que todos los centros activos de adsorción son equivalentes y que la capacidad de una molécula para unirse a la superficie es independiente de si hay o no posiciones próximas ocupadas. Además la adsorción se restringe a una mono capa y no existen interacciones laterales entre las moléculas del adsorbato.”

También señalaremos que los procesos de adsorción pueden ser, de quimisorción que es un proceso irreversible y esto amerita que en el caso de la zeolita tipo clinoptilolita la adsorción de átomos o moléculas en las interfaces de alta energía pueden modificarse para disminuir la energía total del sistema. En la fisisorción intervienen las fuerzas van der Waals



siendo el proceso reversible

**Tabla 21:**

*Valores de Langmuir y Freundlich a diferentes concentraciones.*

CONC. LAB. Mn (mg/L)	TIPO AGUA	CODIGO	CONC. Ci .Mn (mg/L)	TIPO AGUA	CODIGO	CONC. Ce Mn (mg/L)
0.10		MA-01	0.09460		MC-01	0.07775
0.20	Agua Sintética	MA-02	0.09262	Agua Sintética + Zeolita	MC-02	0.07022
0.26		MS-00	0.27092		MS-01	0.12223

**Nota,** Laboratorio SGS MA2114957

## Proceso de Langmuir

### Datos

Solución de 0.25 L

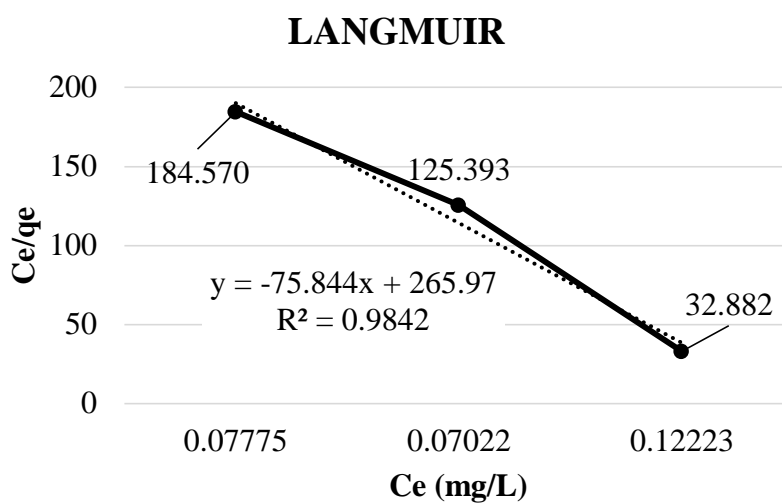
Masa de zeolitas 10 g.

**Tabla 22:**

*Proceso de Langmuir.*

Conc. Lab Mn (mg/L)	Agua Sint. Ci (mg/L)	Agua Sint +Ze Ce (mg/L)	x= Ci-Ce	x/m	Cant adsor eq. $q_e = v \cdot (c_i - c_e) / m$	Ce/qe
0.10	0.09460	0.07775	0.0169	0.00169	0.00042	184.5697
0.20	0.09262	0.07022	0.0224	0.00224	0.00056	125.3929
0.26	0.27092	0.12223	0.1487	0.01487	0.00372	32.8818

**Nota:** Ze = zeolita, eq = cantidad de adsorción, m = masa

**Figura 21:***Grafica de Langmuir*

Ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = -75.844x + 265.97$$

Coefficiente de correlación ( $R^2$ ) = 0.9842 ----- (1)

De la ecuación de la recta sacamos los parámetros:

1.- Capacidad de adsorción, máxima, mg de soluto/ g. de adsorbente. mg/g (q max.)

$$1/q \text{ max} = -75.844$$

$$q \text{ max} = -0.01318496 \text{ ----- (2)}$$

2.- Constante de afinidad, L/mg

$$1/(b \cdot q \text{ max}) = 265.97$$

$$b = -0.28515998 \text{ ----- (3)}$$

3.- Hallando la Regresión Lineal (RL), es un parámetro adimensional

$$RL = 1/(1 + (b \cdot C_i))$$

$$RL = 1.08372363 \text{ ----- (4)}$$

Relacionando con los valores a la eficiencia de la adsorción (factor de heterogeneidad)

$$RL (1.08372366) > 1, \text{ La isoterma no es favorable ----- (5)}$$

Graficando los valores de RL

**Tabla 23:**

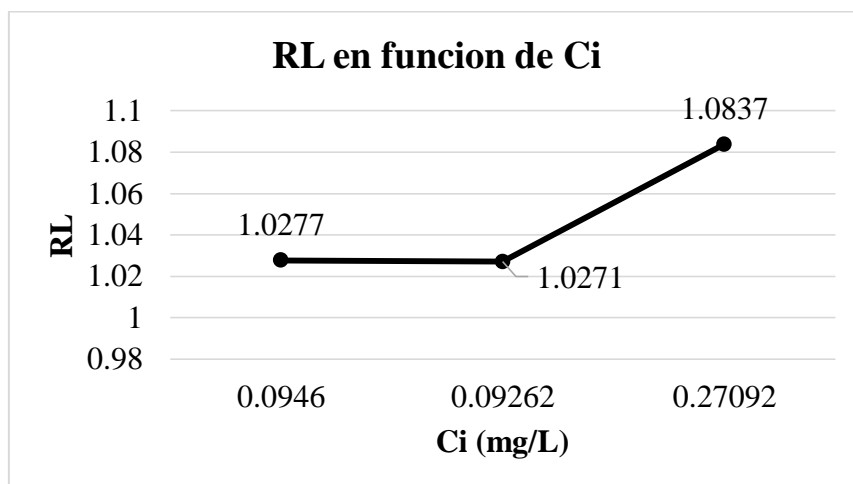
*Regresión Lineal Langmuir*

Ci (mg/L)	RL
0.09460	1.0277
0.09262	1.0271
0.27092	1.0837

**Nota:** Ref. Propia

**Figura 22:**

*Grafica de Regresión lineal Langmuir*



Se observa que los valores de RL están entre 1.0271 a 1.0837, son mayores que 1.

4.-Obteniendo los datos teóricos y experimentales.

Ecuación de capacidad de adsorción teórica ( $q_{et}$ ) =  $q_{max} * ((C_e * b) / (1 + (b * C_e)))$ . ---- (6)

Valores para las gráficas, teorías y experimentales

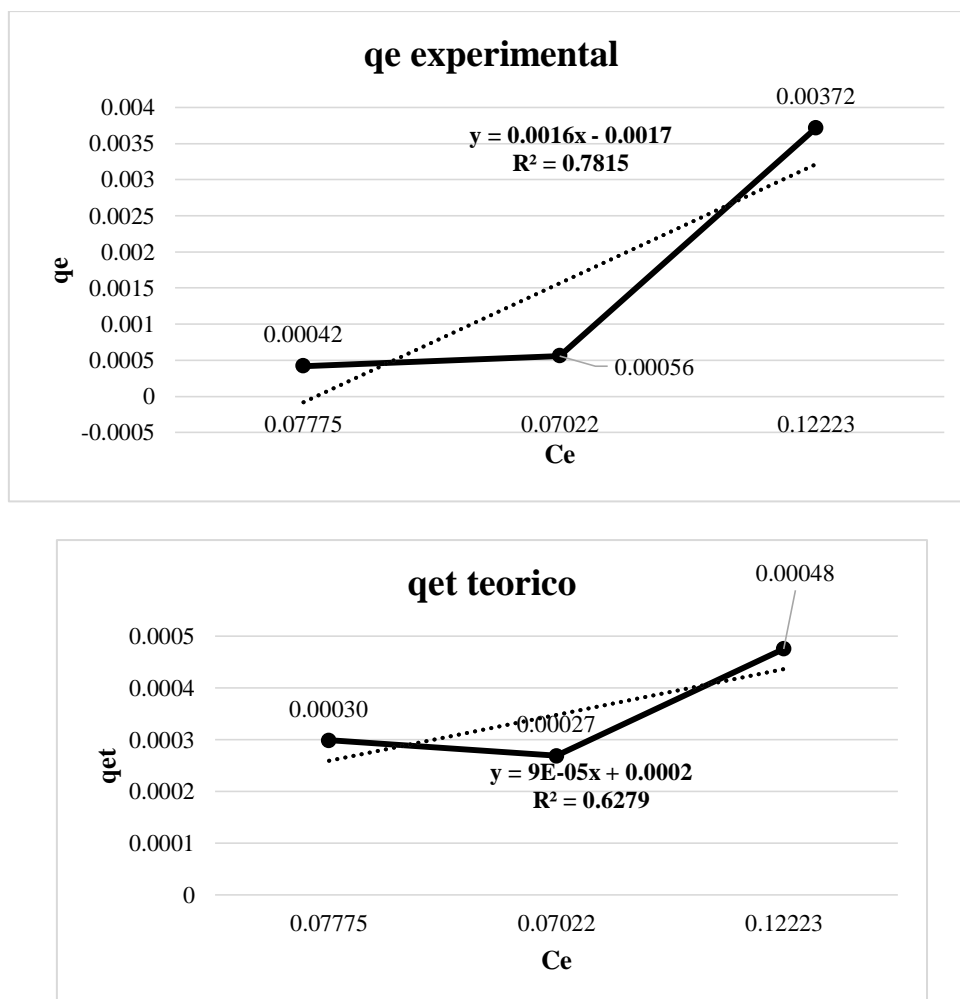
**Tabla 24:**

*Cantidad adsorción experimental ( $q_e$ ) y cantidad de adsorción teórica ( $q_{et}$ )*

$q_e = v * (c_i - c_e) / m$	$C_e$ (mg/L)	$q_{et}$
0.00042	0.07775	0.00030
0.00056	0.07022	0.00027
0.00372	0.12223	0.00048

**Figura 23:**

*Gráfica de la representación  $q_e$ . Experimental y teórica*



De acuerdo al coeficiente de correlación ( $R^2$ ) la variación es aproximada, demostrándonos que los valores hallados son confiables.

### Proceso de Freundelich.

#### Datos

Solución de 0.25 L

Masa de zeolitas 10 gr.

**Tabla 25:**

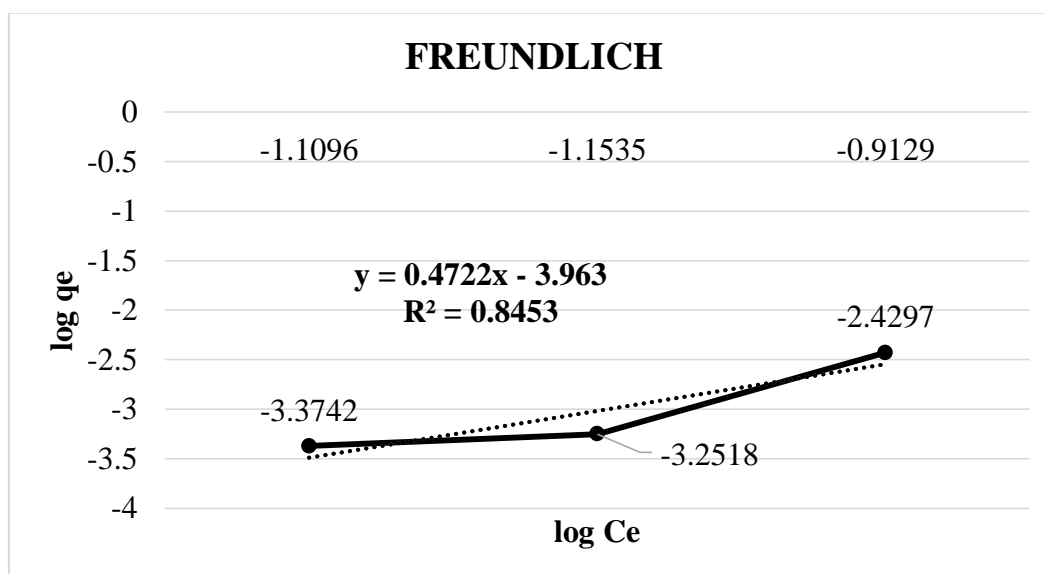
*Proceso de Freundelich.*

Conc. Lab Mn (mg/L)	Agua Sint. Ci (mg/L)	Agua Sint+Ze Ce (mg/L)	$x = Ci - Ce$	Cant adsor eq. $q_e = v * (ci - ce) / m$	log $q_e$	log Ce
0.10	0.09460	0.07775	0.0169	0.00042	-3.3742	-1.1096
0.20	0.09262	0.07022	0.0224	0.00056	-3.2518	-1.1535
0.26	0.27092	0.12223	0.1487	0.00372	-2.4297	-0.9129

Nota: cálculos

**Figura 24:**

Grafica de ecuación lineal de Freundlich.



Ecuación de la línea de tendencia:

$$Y = 0.4722x - 3.963$$

Coefficiente de correlación ( $R^2$ ) = 0.8453 ----- (1)

De la ecuación de la recta sacamos los parámetros:

1.- Indicador aproximado de la capacidad de adsorción, mg/g, o constante de equilibrio (kf)

$$\text{Log kf} = -3.963$$

$$\text{kf} = 0.000108893 \text{ ----- (2)}$$

2.- Factor de heterogeneidad o constante de afinidad (n)

$$1/n = 0.4722$$

$$n = 2.117746717 \text{ ----- (3)}$$

3.- Relacionando con los valores de heterogeneidad

$$0 < 1/n < 1$$

$$0 < 0.4722 < 1, \text{ La adsorción es favorable y por multicapas ----- (4)}$$

4.- Obteniendo los datos teóricos y experimentales.

Ecuación de capacidad de adsorción teórica ( $q_{et}$ ) C ----- (5)

Valores para las gráficas, teorías y experimentales

### Tabla 26:

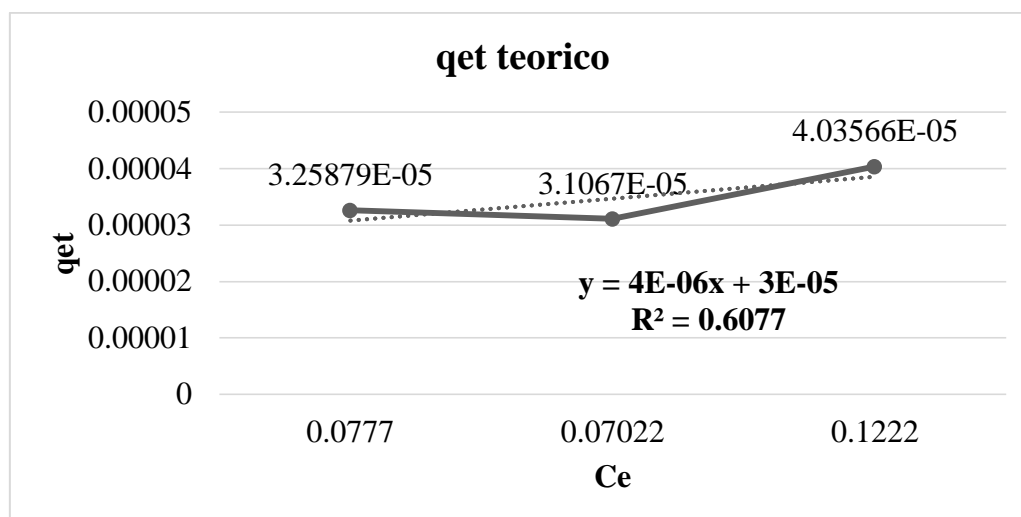
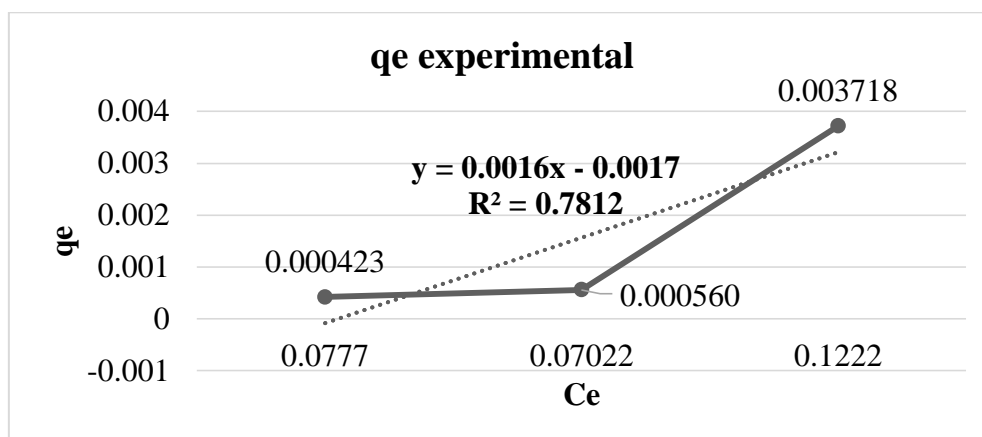
*Cantidades a graficar  $q_e$  y  $q_{et}$ , Freundelich*

$q_e = v \cdot (c_i - c_e) / m$	Ce (mg/L)	$q_{et} = \text{kf} \cdot C_e^{(1/n)}$
0.00042	0.07775	0.000033
0.00056	0.07022	0.000031
0.00372	0.12223	0.000040

**Nota:** Ref. Cálculos

**Figura 25:**

*Grafica de  $q_e$ . Experimental y Teórica de Freundelich*



De acuerdo al coeficiente de correlación ( $R^2$ ) la variación es aproximada, demostrándonos que los valores hallados son confiables.

### **Análisis e Interpretación**

Para hallar los resultados utilizamos los siguientes valores:

**Muestreo de Niveles Mn en aguas rio Mantaro Punto RMBT**

**Tabla 27:***Análisis de metales en las aguas superficiales del río Mantaro*

Ensayos	Limite detección, LD, mg/L	Resultados (mg/L)
Cadmio	0.00001	0.00057
Hierro	0.00040	0.46740
Litio	0.00010	0.06880
<b>Manganeso</b>	<b>0.00003</b>	<b>0.36615</b>
Mercurio	0.00003	<0.00009
Plomo	0.00020	<0.00060
Zinc	0.00080	0.08140

**Nota.** Laboratorio SGS, MA2108186

Los resultados indican el valor de concentración para el Mn es de 0.36615 mg/L, para el agua de río natural.

**Análisis Preliminares****Tabla 28:***Análisis preliminares.*

N°	Tipo de muestra	Compuestos	Cantidad muestra	Resultados mg/L
1	Agua río Mantaro	Agua natural	250 ml	0.36615
2	Agua Sintética	Agua destilada + 0.82452 mg/L MnSO <sub>4</sub> , equivale a 0.268 mg/L Mn	250 ml	0.27092

**Nota.** Fuente: Laboratorio SGS, MA210221



## Los Resultados de los Valores Ideales para la Zeolita

**Tabla 29:**

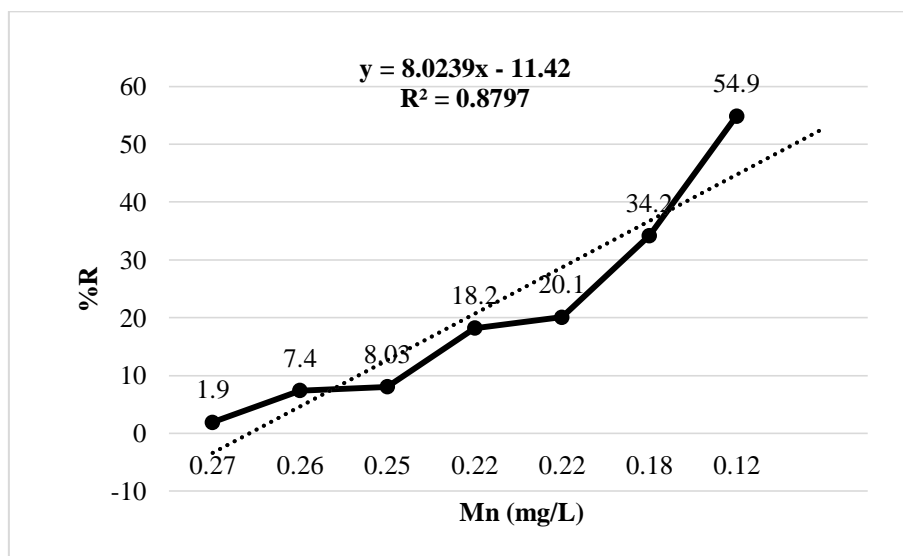
*Porcentaje de remoción.*

Análisis (mg/L)	%R
0.26589	1.9
0.25589	7.4
0.248338	8.03
0.22163	18.2
0.21638	20.1
0.17819	34.2
0.12228	54.9

**Nota:** valores de gráfica

**Figura 26:**

*Grafica de porcentaje de remoción del manganeso en agua de río.*



**Tabla 30:**

*Valores ideales.*

Variable	Composición
Grano	40 #
Masa y tiempo tratamiento	10 gr, 360 min
pH	7.2 (alcalino)

*Nota:* Ref. Valore ideales calculados

## Resultados de la Contrastación de la Hipótesis

**Proceso 1:** Valor inicial de las aguas del río Mantaro comparado con valores ECA)

- Media inicial ( $\mu_1$ ) = 0.195073
- Media final ( $\mu_2$ ) = 0.20
- Desvió estándar (Sd) = 0.14989248
- Valor de t calculado ( $t_c$ ) = -0.05692
- Grados de libertad (gl) = 2
- Valor de t teórico ( $t_t$ ) = -2.92

Decisión se acepta  $H_0$  en contradicción de la hipótesis planteada esto se explica si  $H_1$  es menor que ECA (0.20), esto indica que el promedio del valor inicial ( $C_i = 0.195073$ ) es menor a ECA no se puede poner el valor contrario porque no es la verdad aquí estamos cometiendo un error del tipo II tal como lo dice Anderson et al (2008) (p. 362)

**Proceso 2:** Valor de Mitigación del manganeso con el tratamiento de zeolitas tipo clinoptilolita en las aguas del río Mantaro en el punto RMBT

- Media inicial ( $\mu_1$ ) = 0.195073
- Media final ( $\mu_2$ ) = 0.13236
- Desvió estándar (Sd) = 0.03312250
- T Student. = 3.281154493 (t calculado), ( $t_c$ )
- Grados de libertad (gl) = 2
- Valor teórico ( $t_t$ ) = 2.92

Decisión se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ )

## Isotermas de Adsorción

**Tabla 31:**

*Parámetros determinados*

	Langmuir		Freundlich	
Ec. Lineal de tendencia	<b><math>Y = -75.84x + 265.95</math></b>		Ec. Lineal de tendencia <b><math>Y - 0.4722x - 3.963</math></b>	
Capacidad de adsorción max.(q max)	1/qmax = q max =	-75.844 <b>-0.0131849</b>	Indicador aproximado Capacidad adsorción	Log kf = kf =
				-3.963 <b>0.0001088</b>
Coefficiente de correlación	R <sup>2</sup> =	<b>0.9842</b>	Coefficiente de correlación	R <sup>2</sup> =
				<b>0.8453</b>
Constante de afinidad (b)	1/(b*qmax)= b =	265.97 <b>-0.2851</b>	Constante de afinidad (n)	1/n= n=
				0.4722 <b>2.1177</b>
Regresión Lineal	RL =	<b>1.08372</b>		
Relación con eficiencia de adsorción	RL > 1	Isoterma no favorable	Relación con eficiencia de adsorción	0<1/n<1 <b>0&lt;0.4722&lt;1</b> <b>Isoterma favorable</b>

Nota: Ref. Pro

## V. Discusión de resultados

**Tabla 32:**

*Comparación de remoción de Mn entre agua sintética con agua de río*

Antes de tratamiento		Después de tratamiento		% R
Componentes	Ci (mg/L)	Componentes	Ce (mg/L)	
Agua sintética	0,27092	Agua sintética + zeolita	0,12223	54,9
Agua natural río Mantaro	0,195073	Agua de río + zeolita	0,13236	32,15

- La mayor remoción del Mn (%R) es en el agua sintética en un 54 %, mientras que en las aguas de río del Mantaro es de 32.15%. Las razones serían la mayor afinidad iónica del Ca respecto al Mn y la obstrucción de los micro poros de las zeolitas. Las muestras del agua del río se tomaron en épocas de pandemia donde la actividad minera disminuyó.
- En los valores ideales del grano de la zeolita se observan que a menor malla (40#) existe una mayor superficie de adsorción del Mn, además ayuda a la formación de multicapas. De igual manera a mayor masa (10g) de zeolita existe mayor adsorción.
- En el caso de la hipótesis en donde se comparan los valores de Mn iniciales en el agua del río con los estándares ECA, están por debajo de los estándares y al tomar la decisión y aceptar la hipótesis nula se acepta de acuerdo a lo referido por Anderson (2018, p.343) es probable que se esté cometiendo un error estadístico tipo II, es decir se acepta la  $H_0$  cuando en realidad es falsa.
- En los antecedentes en el valle del Mantaro destacamos la Fito mitigación realizado por Córdova (Bioreactor), Munive (adsorción con girasol) y Figueroa (Carbón activado), pero estos métodos tienen como inconveniente, que el impacto de la

contaminación del Mn se traslada de un lugar a otro. La mitigación del Mn con zeolitas tipo clinoptilolita (adsorción) es ideal porque no presenta este problema.

## VI. Conclusiones

- a) Las fuentes de contaminación de las aguas de río son la minería, industrias y población aledaña. En el caso de la agricultura se contamina con los fertilizantes y desinfectantes que utilizan.
- b) Los antecedentes señalados son trabajos de fitorremediación, mientras que la técnica desarrollada en la tesis la remediación se hace por intercambio iónico (adsorción).
- c) Se demostró que con el uso de las zeolitas tipo clinoptilolita se mitigó el contenido de Mn en las aguas del río Mantaro con un %R de 32.15%.
- d) El pH alcalino optimiza la adsorción, de acuerdo a datos tomados en muestreo y bibliografía.
- e) Los resultados estadísticos obtenidos demuestran que el tratamiento realizado con zeolitas tipo clinoptilolita es ideal para la mitigación del Mn en agua del río.
- f) La técnica de evaluación de las isothermas de adsorción se ajustan a datos experimentales, y el modelo de Freundlich (multicapas) es favorable.
- g) Mi trabajo de mitigación del manganeso (metales pesados) para obtener valores de agua de río por debajo de los estándares ECA está enmarcado en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS, Agenda 2030) generando beneficio de los animales y plantas y a través de la cadena trófica también al humano.

## VII. Recomendaciones

- a) La extracción de los metales pesados de las aguas de río a nivel nacional es importante porque dañan a los seres vivos y su medio ambiente por lo que recomiendo la utilización de la técnica de mitigación por medio de zeolitas para el Mn.
- b) Para el caso de la adsorción del manganeso por medio de las zeolitas clinoptilolita sería recomendable acondicionar una capa de óxido de manganeso para hacer más efectiva su extracción.
- c) Referente a los laboratorios en el caso del manganeso he encontrado muchos problemas en la valoración por lo que sugiero trabajar con laboratorios certificados con INACAL.
- d) La extracción del manganeso en las aguas del río Mantaro realizadas por la zeolita clinoptilolita, es efectiva e ideal para hacer filtros de agua no solo para los óxidos de este elemento sino otros como en el caso del hierro que van juntos y estos son los que dan la coloración marrón oscura a las aguas.
- e) Promover el estudio geológico en la zona sur del país (Arequipa), como es una zona volcánica es posible encontrar los diferentes tipos de zeolitas, y entre ellas la clinoptilolita, porque a nivel nacional no hay estudio, del mismo modo en la zona central a la altura de la zona de Pachacayo, donde existe gran explotación de calizas y otros de igual manera la zona del valle de Yanamarca, también la zona de Chupaca, Huancayo.
- f) Es necesario hacer un estudio piloto con este método para luego llevarlo a nivel industrial.
- g) Incentivar a los usuarios de agua de río hacer un previo tratamiento a las aguas antes de utilizarlo en el riego de sus parcelas.
- h) La extracción de los metales pesados a nivel nacional de las aguas de río es importante por la contaminación del agua ya es el elemento primordial de la flotación de los minerales sulfurados que es la mayoría a nivel nacional, requiere de las zeolitas que son los filtros naturales, de esta manera proteger la agricultura y ganadería del país.

### VIII. Referencias

- (ANA), A. N. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hidricos superficiales*.  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_010-2016-ana\\_0.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf)
- Agenda 21. (1992). *La Cumbre de la Tierra- ECO 92*.  
[https://www.iri.edu.ar/publicaciones\\_iri/IRI%20COMPLETO%20-%20Publicaciones-V05/Publicaciones/D01/ECO9207.html](https://www.iri.edu.ar/publicaciones_iri/IRI%20COMPLETO%20-%20Publicaciones-V05/Publicaciones/D01/ECO9207.html)
- ANA, A. N. (noviembre de 2018). *Monitoreo calidad del Agua superficial cuenca del rio Mantaro. 10-11-21-25*. Lima.  
[http://siar.regionhuancavelica.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/5\\_informe\\_tecnico\\_resultados\\_mon.cuenca\\_del\\_mantaro\\_mayo\\_2018.pdf](http://siar.regionhuancavelica.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/5_informe_tecnico_resultados_mon.cuenca_del_mantaro_mayo_2018.pdf)
- Anderson, Sweeney, Williams. (2008). *Estadística para Administración y Economía*. (1. edición, Ed.) Meico DF, Mexico: Cengage. <https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-13-Estadística-para-administración-y-economía.pdf>
- Arauzo, G. (2010). El río Mantaro agoniza. *Alerta Plomo*.
- ATSDR, A. p. (2016). *Resumen de Salud Pública - Manganeso*. HHS Gov - Departamento de salud y Servicios Humanos, GobiernoUSAgov., Atlanta.  
[https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs151.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs151.html)
- Bosch, L. (2014). *Reutilización del raspo de uva para la eliminación de aguas que contienen cobre Isoterma de adsorción. Proyecto II- Grupo 3*.  
<https://grupo3p2.wixsite.com/proyecto2/condiciones-experimentales>
- Chavez. (2011). *Detección de metales pesados en agua*. Puebla, Mexico.  
<https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf>
- Claudia. (s.f.). *Diseños factoriales* (Vol. capítulo 5).  
[https://issuu.com/claodiasantiesteban12/docs/capitulo\\_5\\_diseños\\_factoriales\\_2](https://issuu.com/claodiasantiesteban12/docs/capitulo_5_diseños_factoriales_2)



- Cordova, R., & Rojas, J. (2015). *Alcalinizacion con travertinos y desmineralizacion de aguas acidas de mina en simulador de humedal a nivel de laboratorio*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP\\_96044151fa1fd2c06100b03d2fe70055/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_96044151fa1fd2c06100b03d2fe70055/Details)
- Cortes, R. (2007). *Efecto de la modificacion de unqa zeolita natural mexicana en la sorcion de cadmio y 4-clorofenol*. Toluca, Mexico: Centro interamericano de recursos del agua CIRA.
- Cuchimaque, V. (2013). Remocion de Fe y Mn en aguas naturales por adsorcion-oxidacion sobre clinoptilolita. *Rev.Fac.ing.Antioquia*(66), Resultados y discusion. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-62302013000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302013000100003)
- Figuroa, H., & Florez, S. (2010). *Aplicacion de Carbon Activado a la recuperacion de oro en la mina la Providencia (veta Santander)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Fac. Ing Fisicoquimica, Escuela de Metalurgia y ciencia de los materiales. [https://www.academia.edu/15593435/Fuente\\_Los\\_Autores](https://www.academia.edu/15593435/Fuente_Los_Autores)
- Galicia , G. (2011). *Remocion de un colorante de los efluentes de la industria textil mediante adsorcion en una zeolotia natural*. 13. Mexico. <file:///C:/Users/PC/Downloads/UAMI14885.pdf>
- Garces, D. (2013). *Caracterizacion mineralogica del deposito de zeolitas naturales en el fio Guaranguau (isidro Ayora, Prov Guayas) y su aplicacion en la remocion del amonio en aguas residuales*. Guayaquil: Escuela superior plitecnica del litoral facultad de ingenieria en ciencias de la tierra.
- JUNIN, U. D.-D. (2010). *Unidad de recursos hidricos*. ANA - DIRESA JUNIN.
- Kabata-Pendias. (febrero de 2006). *Metales pesados y biodisponibilidad*. 4.

[https://www.researchgate.net/publication/44129713\\_METALES\\_PESADOS\\_Y\\_BIO\\_DISPONIBILIDAD](https://www.researchgate.net/publication/44129713_METALES_PESADOS_Y_BIO_DISPONIBILIDAD)

Kirby, C., & Cravotta, C. (2015). *Net alkalinity and net acidity 1: Theoretical considerations*. (B. U. Department of Geology, Ed.) Pennsylvania: handling by W.B Lyons. Pennsylvania.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S088329270500137X>

Larrea, C. (2015). *Aplicacion de un filtro de zeolita para potabilizacion del agua nivel domiciliario sito Palestina canton el Guabo provncia el Oro*. Universidad tecnica de Machala, Ingenieria civil.

Lazo, N. (2008). *sisntesis y caracterizacion de arcillas organofilicas y su aplicacion como adsorbentes del fenol*. peru. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v74n4/a02v74n1.pdf>

Lenntech. (s.f.). *Extraccion del anganeso por via fisico-quimica*. <https://www.lenntech.com/processes/iron-manganese/manganese/manganese-removal-physical-chemical-way.htm>

Lopez, C., Garcia, A., Rios, M., Rondon, N., Garcia, L., Casanova, J., & Contreras, K. (julio-diciembre de 2016). Determination of physical parameters applicable for scale-up of NaA zeolite synthesis from aluminosilicate gels. *Ingeniería y Desarrollo. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 34(2). pp.420-440. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/3880>.

Medina, G. (2015). *Contenidos y linea base referencial de Al,Ba,Co,Mn y V en suelos urbanos de la ciudad de Talcahuano, Chile*. Concepcion: Universidad Catolica de la Santisima Concepcion, Facultad de Ciencias. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/512/Guillermo%20H.%20Medina%20Gonz%C3%A1lez.pdf?sequence=1>

MINAM, D. S.-2. (2017). Estandar de Calidad Ambiental (ECA). 17.

<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Ministerio de Salud "DIGESA". (11 de setiembre de 2007). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hidricos Superficiales*. Lima.

[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)

Morante, Carballo, F. (2004). *Las zeolitas de la costa de Ecuador (Guayaquil): Geología, Caracterización y aplicaciones*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.

Munive, G. P. (2020). Absorción del Plomo y Cadmio por girasol de un suelo contaminado y remediado con enmiendas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria*. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n2/2077-9917-agro-11-02-177.pdf>

Penedo, M. (2015). *Adsorción Ni y Co sobre carbono activado de cascara de coco*. (U. d. Oriente, Ed.) Santiago de Cuba: Scielo. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852015000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Perry's, J. (1999). *Chemical Engineer's Handbook*. McGraw-Hill Companies. Inc.

Petkova, V. (1997). *Uso de zeolitas naturales en la remoción de Manganeso*. Mexico. [http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1273/RIH\\_078.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1273/RIH_078.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Prieto, J., Gonzales, C., Roman, A., & Prieto Garcia, F. (2009). *Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua*. Mexico, Hidalgo, Mexico: Centro de investigaciones Químicas Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.

- Ribera, S. (2021). *Estudio de las Propiedades Físicas de Zeolita Natural (Aluminosilicato) de Tipo Clinoptilolita para Reemplazo Parcial del Cemento Portland*. Ambato Ecuador. (Obtencion de Titulo) Universidad Técnica de Ambato <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32000/1/Tesis%20I.%20C.%2014%20-%20Salcedo%20Rivera%20Ver%C3%B3nica%20Elizabeth.pdf>
- Sanchez; Reyes, Mejia. (junio de 2018). *Manual de terminos en investigacion cientific, tecnologica y humanistica*. 53, 81. Universidad Ricardo Palma. <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>
- Shevtsova, G. (1991). Zeolitas en Catalisis. *Revista quimica Vol. V N° 2*, 1(149). <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4634/4635>
- Tyller, G. (1994). *Ecologia y Medio Ambiente*. (1° Ed.) Mexico DF, Mexico: Grupo Editorial Iberoamericano.
- Universidad San Ignacio de Loyola, & CPCEL. (2,018). *Estadistica Aplicada, Pruebas de Hipotesis*. Lima,, Lima, Peru.
- UPT. (2019). *Tablas estadisticas Blog. UTP*. <https://elblogutp.blogspot.com/2018/08/4-tablas-estadisticas-distribucion.html>
- Vizcaino Ramon, B. (1998). *Identificacion y caracterizacion de la zeolita tipo Clinoptilolita*. Nueva Leon, Mexico. <https://core.ac.uk/download/pdf/76582657.pdf>

## IX. Anexos

### Anexo A: Glosario de Términos

#### Acido:

Es una sustancia que, en disolución, incrementa la concentración de iones hidrogeno y en combinación con las bases forman sales, su pH está por debajo de 7.

#### Adsorción:

Es el proceso por el cual átomos o moléculas de una sustancia que se encuentra en determinada fase, son retenidas en la superficie de otra sustancia, que se encuentra en otra fase, como resultado de este proceso, se forma una capa de líquido o gas en la superficie de una sustancia solida o liquida.

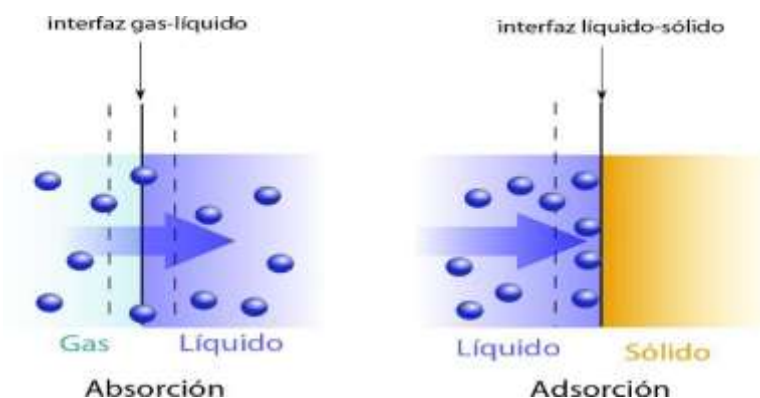
Es un proceso físico o químico por el cual átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material. Ej. Los catalizadores de los autos, los gases de escape se adsorben sobre la superficie del catalizador y allí se descomponen químicamente y luego salir. (Es una cuestión de superficie)

#### Absorción:

Es una operación unitaria que trata la separación de los componentes que conforman una mezcla gaseosa ayudándose de un solvente en estado líquido con el que conseguirá formar una solución.

El proceso incluye una difusión molecular o un paso de masa del soluto a través del gas

Es un proceso físico o químico en el cual átomos, moléculas o iones pasan de una primera fase a otra incorporándose al volumen de la segunda fase. Ej. Una esponja absorbe el agua. (Es una cuestión de volumen)



**Agua contaminada:**

Presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable para causar un daño en la calidad del agua.

**Alcalinidad:**

Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas., sustancias por encima de pH 7.

**Anión:**

Es un ion cargado negativamente que resulta de la disociación de sales de ácidos o de álcalis en la solución.

**Biodegradable:**

Que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, agua, las bacterias, las plantas o los animales.

**Cadena trófica:**

Conjunto de relaciones alimentarias de los seres que conforman un ecosistema determinado, es el proceso de transferencia de energía alimenticia a través de una serie de organismos, en el que cada uno se alimenta del precedente y es alimento del siguiente.

**Carbón activado:**

Es carbón generalmente de coco de partícula fina que presenta un área superficial excepcionalmente alta y se caracteriza por que contiene una gran cantidad de micro poros (poros inferiores a 2 nm de diámetro).

**Catión:**

Es un ion con carga positiva, es decir, que ha perdido electrones, los cationes se describen como un estado de oxidación positivo.

**Combustible fósil:**

Producto de la descomposición, parcial o completa, de plantas y animales prehistóricos y que

se encuentran como petróleo, crudo, carbón, gas natural o aceites pesados.

**Contaminante: (agua)**

Cualquier cambio físico o químico en las aguas superficiales o en las subterráneas, capaz de causar daño a los organismos o volver al agua inapropiada para determinados usos.

**Efecto acumulativo:**

Es un aumento de la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, de forma que llega a ser superior a la del producto químico en el ambiente.

**Efecto magnificante:**

Muchas toxinas que están diluidas en un medio, pueden alcanzar concentraciones dañinas dentro de las células, especialmente a través de la cadena trófica.

**Estándar:**

En química es una disolución que contiene una concentración conocida de un elemento o sustancia específica llamado patrón primario, que por su especial estabilidad se emplea para valorar la concentración de otras soluciones valorantes.

**Hidrofílico:**

Aquella que puede enlazarse temporalmente con el agua a través de un enlace hidrogeno, las moléculas son solubles en el agua y en otros disolvente polares.

**Hidrofóbico:**

Aquella que no es miscible con el agua, las moléculas no pueden interaccionar con las moléculas del agua, ni por interacción del ion-dipolo ni puentes de hidrogeno.

**Ion:**

Es un átomo o un grupo de átomos que tiene una carga neta positiva o negativa.

**Lixiviación:**

La Lixiviación es la operación unitaria fundamental de la hidrometalurgia y su objetivo es disolver en forma parcial o total un sólido con el fin de recuperar algunas especies metálicas

contenidas en él.

**Medio ambiente:**

Conjunto de factores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en su vida y afectaran a las generaciones futuras.

**Parámetro:**

Un parámetro es una constante o una variable que aparece en una expresión matemática y cuyos distintos valores dan lugar a distintos casos en un problema.

**Permeable:**

Que puede ser atravesado por el agua o líquidos semejantes.

**pH:**

Es una variable utilizada para indicar el grado de acidez o basicidad de una disolución. Es el logaritmo decimal cambiado de signo de la concentración de iones hidrogeno.

**Porosidad:**

Propiedad por el cual todos los cuerpos poseen en el interior de su masa espacios que se llaman poros o espacios intermoleculares.

**UTM:**

(En inglés, Universal Transverse Mercator), Sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator.



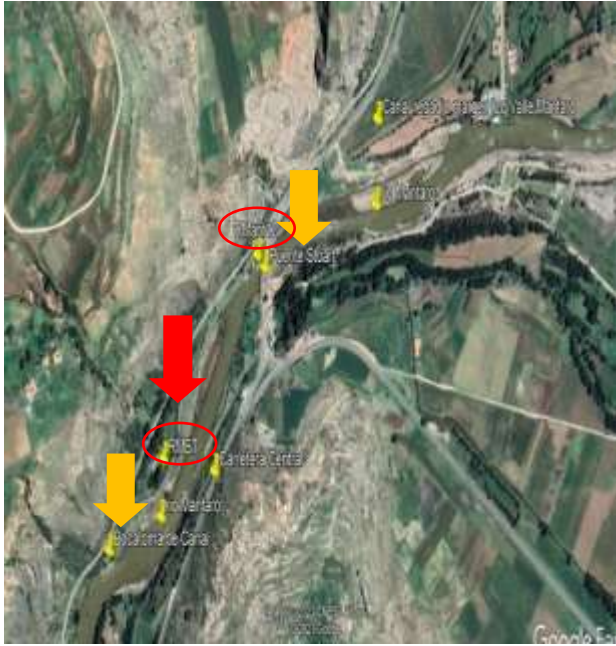

## Anexo B: Matriz de consistencia

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>V. Independiente (X)</b>
¿De qué manera es posible mitigar el nivel de manganeso en las aguas del canal de regadío en el punto RMBT (bocatoma canal de regadío para la margen izquierda del valle del Mantaro)?	Mitigar el nivel de contaminación de manganeso en las aguas del canal de regadío para la Margen Izquierda del valle del Mantaro a la altura del punto RMBT	Existe una diferencia significativa en el nivel de contaminación de manganeso del río Mantaro antes y después del tratamiento con zeolita tipo clinoptilolita a la altura del punto RMBT	Tratamiento con zeolitas tipo clinoptilolita
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>V. Dependientes (Y)</b>
¿La cantidad de Mn que hay en las aguas del canal de regadío a la altura del punto RMBT, (bocatoma del canal de regadío para la Margen Izquierda del valle del Mantaro), difiere significativamente de los estándares ECA 3?	Comparar los valores de Manganeso en las aguas del canal de regadío para la Margen Izquierda del valle del Mantaro a la altura del punto RMBT con los estándares ECA.	Los valores de Manganeso encontrados en las aguas del canal de regadío de la Margen Izquierda del valle del Mantaro, a la altura del punto RMBT son mayores o iguales comparado con los Estándares de Contaminación Ambiental (ECA)	Nivel de contaminación del manganeso en las aguas de río
¿Cuál es el grado de variabilidad de los valores de Manganeso en las aguas del canal del regadío en el punto RMant12, tomadas del río Mantaro luego de la aplicación de las zeolitas tipo clinoptilolita?	Comparar los valores de Manganeso encontrados en el canal de regadío para la Margen Izquierda del valle del Mantaro, antes y después del tratamiento con zeolitas. tipo clinoptilolita	El tratamiento con zeolitas naturales tipo clinoptilolita, mitigará el contenido de manganeso de las aguas contaminadas del canal de regadío de la Margen Izquierda del valle del Mantaro a la altura del punto RMBT	

Nota. Fuente: Propia

## Anexo C: Ficha de Identificación del Punto de Monitoreo

<b>Nombre del cuerpo de agua</b>	Agua superficial del río Mantaro tomada a la altura del punto RMBT			
<b>Clasificación del cuerpo de agua</b>	Categoría 3 ECA			
<b>Código y nombre de la cuenca</b>	Código 4996 - Cuenca del río Mantaro			
<b>IDENTIFICACIÓN PUNTO</b>				
<b>Código del punto de monitoreo</b>	RMBT			
<b>Descripción</b>	Bocatoma canal de regadío Margen Izquierda del Valle del Mantaro			
<b>Accesibilidad</b>	Vía Carrozable			
<b>Representatividad</b>	Agua sale a 50 m de la bocatoma			
<b>Finalidad del monitoreo</b>	Tomar muestras de agua de río superficial para análisis de manganeso			
<b>Reconocimiento del entorno</b>	Cercanía a la Carretera Central altura del puente Stuart, Jauja, es una zona rocosa, quebrada, hay bosque de árboles de eucalipto			
<b>UBICACIÓN</b>				
<b>Distrito</b>	<b>Provincia</b>	<b>Departamento</b>		
El Tambo- Sausa	Jauja	Junín		
<b>Localidad</b>	Ciclachacla			
<b>Coordenadas (WGS84)</b>	<b>Sistema de coordenadas</b>		x	<b>UTM</b>
<b>Norte/latitud</b>	8695186		<b>Altitud</b>	3383
<b>Este/Long</b>	446438			

<b>Ubicación del punto de monitoreo</b>		<b>Fotografía</b>	
			
<b>Elaborado por.</b>	Adrián Gómez Mandujano	<b>Fecha</b>	18/03/2021

**Nota:** Fuente Propia

## Anexo E: Registros De Datos En Campo

**CUENCA:**  
**AAA/ALA**

*Cuenca rio Mantaro*  
*X Mantaro ALA Pasco-Mantaro*  
*Huancavelica-Ayacucho*

**REALIZADO POR**  
**RESPONSABLE**

*Adrián Gómez Mandujano*  
*Adrián Gómez Mandujano*

Punto de monitoreo	Descripción de origen	Localidad	Distrito	Provincia	Depart.	Coordenadas		Altura	Fecha	Hora	pH	Temp	Observaciones
						Norte	Este						
RMBT	Bocatoma canal regadío margen izquierda Valle	Ciclachacla	Tambo	Jauja	Junín	8695186	446438	3383	18/03/2021	6.am	6.7	18°C	Sin pp no hay nubes ni viento, agua color marrón, olor fierro, no algas
RMBT	Bocatoma canal regadío margen izquierda Valle	Ciclachacla	Tambo	Jauja	Junín	8695186	446438	3383	18/03/2021	12.m	7.3	21°C	Poco viento. Agua color marrón, olor fierro, no algas, ni vegetación
RMBT	Bocatoma canal regadío margen izquierda Valle	Ciclachacla	Tambo	Jauja	Junín	8695186	446438	3383	18/03/2021	6. pm	7.3	12°C	Sin pp nubes e incremento viento, agua marrón, olor fierro, no hay algas

.....  
**Firma del responsable del monitoreo**

**Nota:** Fuente Protocolo Nacional de Monitoreo ANA 2006 Anexo

**Anexo G:** Informes de análisis químico de los laboratorios SGS y la UNI (LABICER).Análisis SGSAnálisis UNI

Informe de ensayo	código	Mn (mg/L)	Informe Técnico	código	Mn (mg/L)
<b>MA2102219</b>	MS00	0.27092	0813-19	RM01	0.0680
<b>MA2104558</b>	MS01	0.12223	2164-19	M01	0.4200
<b>MA2105961</b>	MS02	0.25074	2182-19	M02	0.5221
	MT01	0.17819	0109-20	M01	0.2100
	MT02	0.22163	0309-20	M01	0.1200
	MT04	0.24038			
	MP03	0.21638			
	MA00	0.26589			
<b>MA2107528</b>	MR00	0.08679			
	MR01	0.13228			
<b>MA2108186</b>	MR02	0.08643			
----	MR03	0.36615			
	MR04	0.26524			
	MR05	0.04531			
<b>MA2114957</b>	MC01	0.07775			
	MC02	0.07022			
	MA01	0.09464			
	MA02	0.09262			