

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL  
Y AMBIENTAL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**DETERMINACIÓN DE HIERRO MEDIANTE  
ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA  
EN AGUAS DEL RÍO AMOJÚ, 2023**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
FORESTAL Y AMBIENTAL**

**Autor:** Bach. Rojas Delgado Marco Antony.  
Bach. Torres Chilcon Jose Eison.

**Asesor:** Dr. Juan Manuel Garay Román

**Línea de investigación:** Innovación tecnológica para el desempeño y competitividad para  
la calidad ambiental

**JAÉN - PERÚ, OCTUBRE, 2024**

NOMBRE DEL TRABAJO

**DETERMINACIÓN DE HIERRO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS DEL RÍO AMOJÚ, 202**

AUTOR

**Marco Antony Rojas Delgado & Jose Eison Torres Chilcon**

RECuento DE PALABRAS

**6488 Words**

RECuento DE CARACTERES

**34968 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**39 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.6MB**

FECHA DE ENTREGA

**Aug 8, 2024 12:12 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Aug 8, 2024 12:14 PM GMT-5**

● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
  
**Dr. Alexander Huamán Mera**  
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**Ley de Creación N° 29304**  
**Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-**  
**SUNEDU/CD**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN**

En la ciudad de Jaén, el día 26 de agosto del año 2024, siendo las 11:00 horas, se reunieron en la biblioteca de la escuela de ingeniería forestal y Ambiental, los integrantes del jurado:

Presidente : Dr. Lupo Leónidas Varas Ponce

Secretario : Dr. Segundo Edilberto Vergara Medrano

Vocal : Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo, para evaluar la sustentación de informe final:

- ( ) Trabajo de Investigación  
(  ) Tesis  
( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

**Titulado: “DETERMINACIÓN DE HIERRO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EN AGUAS DEL RÍO AMOJÚ, 2023”** presentado por los bachilleres **Marco Antony Rojas Delgado** y **Jose Eison Torres Chilcon** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental

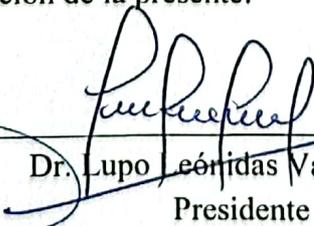
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (  ) Aprobar      ( ) Desaprobar      (  ) Unanimidad      ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |   |
|----------------|------------|---|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( )                                     |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( <input checked="" type="checkbox"/> ) |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( )                                     |
| d) Regular     | 13         | ( )                                     |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )                                     |

Siendo las 11.30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Lupo Leónidas Varas Ponce  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Segundo Edilberto Vergara Medrano  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo  
Vocal

## ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN .....	07
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	10
2.1 Población, muestra y muestreo .....	10
2.1.1 Población .....	10
2.1.2 Muestra .....	10
2.1.3 Muestreo .....	12
2.1.4 Materiales .....	13
2.2 Metodología .....	13
2.2.1 Método .....	14
III. RESULTADOS .....	18
IV. DISCUSIÓN .....	27
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	29
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31
AGRADECIMIENTO .....	32
DEDICATORIA .....	33
ANEXOS .....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

	<i><b>Pág.</b></i>
<b>Tabla 1</b> <i>Estaciones de muestreo</i> .....	10
<b>Tabla 2</b> <i>Estandarización del hierro</i> .....	16
<b>Tabla 3</b> <i>Resultado del pH de las muestras</i> .....	18
<b>Tabla 4</b> <i>Resultado de la conductividad eléctrica de las muestras</i> .....	19
<b>Tabla 5</b> <i>Resumen de datos para la significancia</i> .....	21
<b>Tabla 6</b> <i>Análisis de varianza</i> .....	22
<b>Tabla 7</b> <i>Resultado de la concentración de hierro</i> .....	23
<b>Tabla 8</b> <i>Resumen estadístico</i> .....	24
<b>Tabla 9</b> <i>Análisis de varianza</i> .....	24
<b>Tabla 10</b> <i>Categorización de las aguas del río Amojú</i> .....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> <i>Ubicación de los puntos de muestreo del río Amojú</i> .....	11
<b>Figura 2</b> <i>Muestras de agua recolectadas para los análisis químicos</i> .....	12
<b>Figura 3</b> <i>Muestreo en el puente de La Corona</i> .....	12
<b>Figura 4</b> <i>Muestreo en el puente Comisaría Jaén (a) y sector La Granja (b)</i> .....	13
<b>Figura 5</b> <i>Forma de medir el pH del agua</i> .....	14
<b>Figura 6</b> <i>Forma de medir la conductividad eléctrica del agua</i> .....	15
<b>Figura 7</b> <i>Soluciones de las muestras de agua realizadas en el laboratorio</i> .....	16
<b>Figura 8</b> <i>Recambio de la lámpara de hierro</i> .....	17
<b>Figura 9</b> <i>Funcionamiento del espectrofotómetro de absorción atómica</i> .....	17
<b>Figura 10</b> <i>Tendencia del pH de aguas del río Amojú</i> .....	19
<b>Figura 11</b> <i>Tendencia de la conductividad eléctrica de aguas del río Amojú</i> .....	20
<b>Figura 12</b> <i>Curva de calibración de hierro</i> .....	21
<b>Figura 13</b> <i>Evaluación del hierro en aguas río Amojú</i> .....	23
<b>Figura 14</b> <i>Normativa DS N° 004-2017-MINAM</i> .....	34
<b>Figura 15</b> <i>Solicitud presentada a VPI – UNJ, servicio CEASA-UNJ</i> .....	35
<b>Figura 16</b> <i>Resultados del análisis de aguas por CEASA / UNJ</i> .....	36

## RESUMEN

Los compuestos férricos disueltos en las aguas son un problema de contaminación ambiental. El objetivo fue medir la presencia de hierro en el río Amojú-Jaén. Se tomaron muestras en tres lugares: El puente La Corona, el puente Comisaría y el sector La Granja. También se analizó la acidez y conductividad eléctrica del agua. En la metodología se utilizó un multi-parámetro para medir pH y conductividad y concentración de hierro un espectrofotómetro de absorción atómica calibrado a 248.3 nm. Los resultados arrojaron, en el Puente La Corona, el pH fue de 7.225 a 7.463 y la conductividad de 380 a 265  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; en La Comisaría, el pH varió entre 7.695 y 7.716, y la conductividad de 172 a 173.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; en La Granja, el pH fue 7.848 y la conductividad de 169.2 a 264  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los promedios para el río Amojú fue pH: 7.63 y conductividad: 237.21  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La concentración de hierro varió entre 0.3282 y 0.3340 ppm. El coeficiente de correlación fue 83.8584 % con un valor-P de 0.0184, indicando significancia. La concentración promedio de hierro fue 0.39 ppm. Las aguas del río Amojú se clasifican como Categoría 1: Poblacional y Recreacional, y Subcategoría A1. Pueden desinfectarse para consumo humano.

*Palabras claves: Hierro, espectrofotometría, pH, conductividad eléctrica.*

## ABSTRACT

Dissolved iron compounds in water are an environmental pollution problem. The objective was to measure the presence of iron in the Amojú-Jaén river. Samples were taken in three places: La Corona bridge, Comisaría bridge and La Granja sector. The acidity and electrical conductivity of the water were also analyzed. The methodology used a multi-parameter to measure pH and conductivity and iron concentration, an atomic absorption spectrophotometer calibrated at 248.3 nm. The results showed, at Puente La Corona, pH ranged from 7.225 to 7.463 and conductivity from 380 to 265  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; at La Comisaría, pH ranged from 7.695 to 7.716, and conductivity from 172 to 173.1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; at La Granja, pH was 7.848 and conductivity from 169.2 to 264  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . The averages for the Amojú River were pH: 7.63 and conductivity: 237.21  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Iron concentration ranged from 0.3282 to 0.3340 ppm. The correlation coefficient was 83.8584 % with a P-value of 0.0184, indicating significance. The average iron concentration was 0.39 ppm. The waters of the Amojú River are classified as Category 1: Population and Recreational, and Subcategory A1. They can be disinfected for human consumption.

*Key words: Iron, spectrophotometry, pH, electrical conductivity.*

## I. INTRODUCCIÓN

Las aguas independientemente de su procedencia se encuentran en riesgo permanente de contaminación sea esta de causa antropogénica o natural como la causa geoquímica (por ejemplo, erosión de rocas, actividad volcánica, incendios forestales) que de alguna forma pone en riesgo el ecosistema hídrico (Vega, 2012). La vida y supervivencia de la población exige que el agua consumida sea potable, esto es libre de materia orgánica y de minerales metálicos como el hierro y el manganeso entre otros; así su presencia excesiva por más que se trate de cantidades pequeñas con el tiempo debido a la bioacumulación pueden conducir a una destrucción importante de los recursos acuáticos (flora acuática y peces) y ecosistemas (Tomsič *et al.*, 2019). Por otra parte, fue conveniente y necesario conocer si la concentración de hierro (Fe) superó los Valores Máximos Permisibles (LMP) según la OMS (1970). Los compuestos férricos disueltos en las aguas se han vuelto un problema de contaminación ambiental, por la acumulación inorgánica de estas sustancias no degradables restándole de esta forma la calidad de consumo y usos al agua, por lo que fue necesario aplicar un tratamiento previo para la absorción atómica como el tratamiento oxidación-reducción (Dima *et al.*, 2006). Esta problemática ambiental sobre los recursos hídricos ha sido evaluada y normada por el Ministerio del Ambiente a través del Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, la cual regula categorías (Categoría A1: Utilizada para las personas y recreación, Categoría 2: Dedicada a actividades industriales, Categoría 3: Para la agricultura y Categoría 4: Recursos hídricos). A pesar de regularse pequeñísimas concentraciones de minerales, el hierro tiene un rol importante en el metabolismo y la fermentación biológica en muchos procesos como activador enzimático, estabilizador y componente funcional de proteínas (Kumar, 2019). Sin embargo, por encima de los niveles de trazas, el hierro desempeña otras funciones, que lo convierte en moderadamente tóxico, según Polo *et al.* (2014) una ingestión de > 60 mg/kg pueden causar síntomas graves y morbilidad. Se sabe por Sreenivasareddy (2017) que consumir dosis tóxica de hierro y sus compuestos pueden provocar problemas graves, entre ellos depresión, respiración rápida y superficial, coma, convulsiones y problemas cardíacos.

El río en evaluación recorre los distritos de Huabal, Bellavista y Las Pirias, se caracterizó porque en la parte alta se observó la presencia de un bosque abordado por neblina denominado Bosque de Huamantanga. Esta cuenca se formó inicialmente en convergencia de quebradas conformando la quebrada Miraflores; y esta al unirse con otras quebradas formó el Amojú. Este río en evaluación tuvo vital importancia por su consumo, es decir es un recurso hídrico muy importante para esta región por las poblaciones que acceden a ella para cubrir sus básicas necesidades, sobre todo en la parte alta (1236 msnm) el agua de esta cuenca normalmente no recibe ningún tratamiento más que el encausamiento mediante tuberías de Poli-cloruro de Vinilo (PVC) para su distribución en los caseríos altos. Además, el agua de esta cuenca es utilizada para regar todos los cultivos que tienen los distritos descritos anteriormente que pueden acceder a ella. De forma que conocer sus características de minerales disueltos se tornó importante por la problemática tratada. Así conocer la concentración de Hierro disuelto (ppm Fe) en el agua tomó importancia para conocer la cantidad del metal férrico presente. Y sobre todo que la UNJ cuenta con equipos de alta complejidad para analizar pequeñas cantidades de minerales disueltos en agua y suelos. Al concluir la investigación, se conocerá, no solamente la concentración cuantitativa del hierro sino también la categoría del agua superficial y qué tipo de tratamiento sería el adecuado para su potabilización.

Tomsič *et al.* (2019) determinaron que bajas concentraciones de hierro en aguas naturales resultó difícil debido a la complejidad del agua natural, principalmente porque requiere una pre-concentración de la muestra con extracción con solvente. La concentración de especies redox de hierro se determinó utilizando 1,10-fenantrolina (PHN), que forma complejos estables con iones Fe (II) y que se caracterizaron por una capacidad máxima de absorción a 508 nm. La concentración del agente complejante afectó la calidad de la señal TLS, y la concentración óptima se encontró en PHN 1 mM (mili molar) Los límites de detección (LOD) alcanzados para el hierro (II) y el hierro total fueron 33 mM para el Fe (II) y 21 mM para la concentración de hierro total. Por otra parte, Vega (2012) evaluó aguas del río el Toro en la Libertad, de esta área extrajo minerales de oro de forma artesanal, lo cual disuelve de metales sobre el río Toro. Analizaron las aguas mediante espectrofotometría. Los resultados fueron 1122; 1153 y 1172 ppm de hierro. En otro muestreo obtuvieron: 1 171, 187 y 1252 ppm, en ambos casos estos valores sobrepasan los LMP para clase de agua III, según la Ley General de Aguas D.L. 17752, así mismo, Guerra

(2018) determinó las concentraciones de Cr, Al y Fe en arroz, Marona; para ello, utilizaron la espectrofotometría para su análisis. Y como resultado, obtuvieron Cr 0,35 ppm, Al 4,66 ppm y Fe 6,26 ppm. Concluyó que el Al no supera los LMP. El Cr y Fe superan los valores máximos según la OMS. Pues debió ser 0.1 ppm para Cr y 5 ppm para el Fe. Otra investigación relacionada fue la formulada por Pérez y Alvarado, (2018) cuando evaluaron trazas de metales como el Cu, Fe y Zn, los mismos que fueron analizados por absorción atómica. Para la digestión metálica utilizaron ácidos minerales para reducir interferencias de materia orgánica en las muestras de alcohol; en el caso de las muestras de agua no fue necesaria la digestión. Pusieron en práctica una metodología apropiada para detectar metales. Estos fueron cuantificados en vino obteniendo resultados: Coeficiente de correlación = 1,000 > 0,995 y contenido de hierro: 0.92-0.96 ppm Fe. El objetivo general de la investigación fue evaluar el nivel de Fe disuelto en aguas del río Amojú el cual es concordante a la normatividad > 0.3 ppm Fe y < 5 ppm Fe; y, los objetivos específicos fueron ejecutar el método standard 3111B, EPA SW-486 para determinar hierro por espectroscopia de absorción atómica; categorizar al río Amojú respecto al ECA-2017, desde la concentración de hierro y finalmente, caracterizar el pH, conductividad eléctrica.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Población, muestra y muestreo

#### 2.1.1 Población:

Aguas del Amojú, la cual riegan fácilmente cerca de las 40 000 hectáreas de tierras de cultivo; esto debido a que diariamente recorre varios distritos, es decir, desde sectores como Pirias en la parte alta hasta Bellavista en la parte baja. Son miles de pobladores los beneficiados que diariamente se proveen de agua para completar sus trabajos productivos agropecuarios y para la atención de sus necesidades personales.

#### 2.1.2 Muestra

Cada muestra tuvo un volumen de 500 ml. y fue recolectada bajo cinco centímetros de la superficie del río, para evitar que la muestra fuera perturbada por la presencia de hojas u objetos extraños.

Cada muestra fue obtenida en tres lugares denominadas estaciones de muestreo:

**Tabla 1**

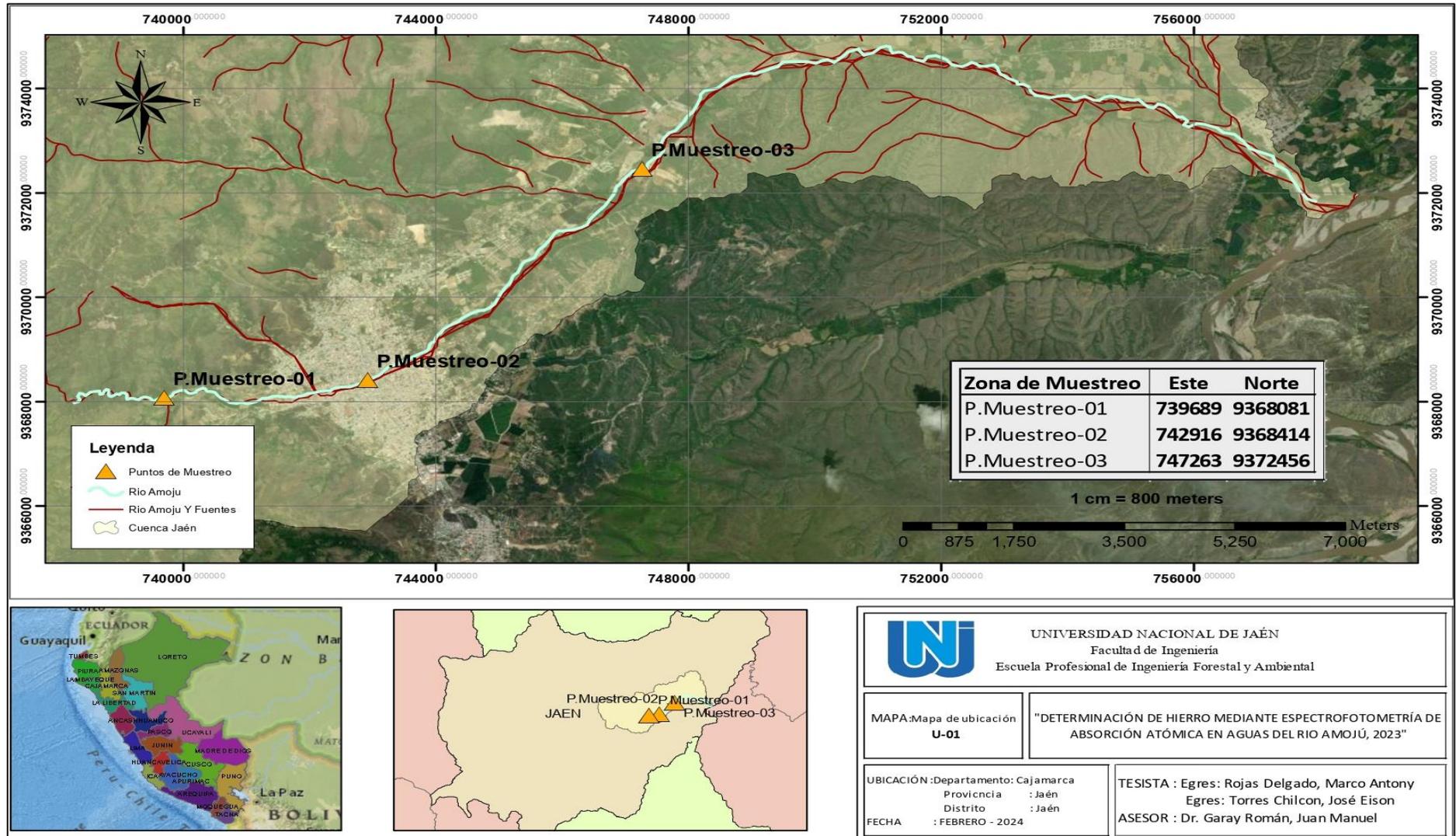
*Estaciones de muestreo*

Punto muestreo	Descripción del sector de muestreo	UTM		Altitud msnm
		Latitud	Longitud	
E1	Alrededor del puente de La Corona.	17 M 739689	9368081	888.0
E2	Puente de la comisaría Jaén.	17 M 742916	9368414	751.0
E3	Sector La Granja.	17 M 747263	9372456	615.0

Fuente: Puntos tomados por los tesisistas.

La figura adjunta muestra la ubicación de cada uno de los puntos de muestreo para el agua de procedencia del río Amojú.

**Figura 1**  
Ubicación de los puntos de muestreo del río Amojú



### 2.1.3 Muestreo

Cada muestra de agua recolectada fue refrigerada con bloques de hielo para la conservación de sus características físicas y químicas. En estas condiciones fueron trasladadas al Laboratorio CEASA, UNJ.

#### Figura 2

*Muestras de agua recolectadas para los análisis químicos.*



El agua muestreada fue recolectada en tres puntos diferentes el mismo día. La finalidad fue corroborar si las descargas de aguas residuales durante el trayecto de las aguas fueron contaminadas con metales pesados.

De cada punto se recolectaron dos muestras de 500 mL. es decir, la final del muestreo se trasladó seis recipientes llenos de agua (figura 2).

#### Figura 3

*Muestreo puente La Corona*



## Figura 4

*Muestreo en el puente Comisaría Jaén (a) y sector La Granja (b)*



### 2.1.4 Materiales

#### *Materiales de laboratorio:*

Una cubeta de plástico, un matraz de 500 mL., doce matraces aforados de 50 mL., una pipeta automática de 500  $\mu$ L., una pipeta de 1 mL., dos pipetas de 5 mL., una pipeta de 25 mL.

#### *Instrumento de análisis:*

Unidad de absorción atómica por espectrometría.

#### *Reactivos químicos:*

Clorhidrato de hidroxilamina 0,29 M ( $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ ), 1,10-fenantrolina  $5,0 \times 10^{-3}$  M. acetato de sodio 1,2 M., agua destilada., solución estándar de hierro 10000  $\mu\text{g/mL}$ .

### 2.2 Metodología

La metodología empleada fue experimental. Se determinó la acidez (pH), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ ) y concentración mineral de hierro (partes por millón, ppm) del agua del río Amojú, en las instalaciones del Centro – CEASA, de la UNJ.

### 2.2.1 Método

#### **Procedimiento:**

**Primer objetivo: Caracterizar el pH, conductividad eléctrica del agua de la cuenca Amojú, Jaén.**

Todos los análisis fueron realizados en el centro CEASA-UNJ, bajo la guía del asesor y personal técnico del referido laboratorio.

#### ***Técnica para medir el pH:***

Se aplicó el mismo protocolo utilizado por Guerra (2018), quien recomendó el siguiente procedimiento:

- Se procedió a lavar con trazas de detergente suavemente el bulbo del electrodo
- Se enjuagó con agua destilada.
- Se procedió a la calibración del pHmetro digital, para ello se utilizó dos soluciones buffer de 4.0 y 10.00 existentes en el laboratorio.
- Se tomó 80 mL de la muestra de agua por cada frasco M1R1, M1R2, M2R1, M2R2, M3R1 y M3R2 sobre un beaker de 100 ml.
- Se sumergió el electrodo del equipo dentro del agua a evaluar.
- Se dejó en reposo durante cinco minutos y se tomó la lectura de la acidez con el pHmetro.
- Al final se obtuvo seis lecturas y una acidez promedio respecto al pH del agua.

#### **Figura 5**

*Forma de medir el pH del agua*



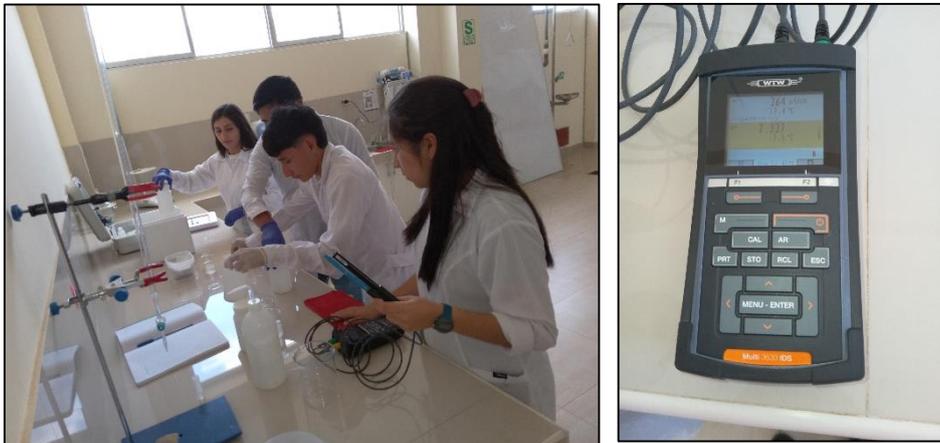
### ***Técnica para medir la conductividad eléctrica***

Se trabajó bajo la misma referencia utilizada por Sreenivasareddy (2017), quien utilizó el siguiente procedimiento:

- Se procedió a lavar con trazas de detergente suavemente el bulbo del electrodo
- Se enjuagó con agua destilada.
- Se verificó el estado de calibración del conductímetro digital, para ello se utilizó agua destilada, y se comprobó la lectura de 0.0 uS/cm.
- Se tomó 80 ml de la muestra de agua por M1R1, M1R2, M2R1, M2R2, M3R1 y M3R2 sobre un beaker de 100 mL.
- Se sumergió el electrodo del equipo dentro del agua a evaluar.
- Se dejó en reposo durante cinco minutos y se tomó la lectura de la conductividad eléctrica de cada muestra de agua.
- Al final se obtuvo seis lecturas y una medida promedio.

### **Figura 6**

*Medición de parámetros del agua*



**Segundo objetivo: Ejecutar el método standard 3111B, EPA SW-486 para determinar hierro por espectroscopia de absorción atómica.**

### ***Técnica para medir la concentración de hierro***

Se utilizó el método 3111 B/ Espectrofotometría de absorción atómica por llama.

- Se preparó la solución estándar de 50 ppm.
- Se prepararon tres soluciones de 50 ml de 1, 2,5 y 5,0 ppm.
- Se aplicó la ley de diluciones:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

C<sub>1</sub>: Concentración conocida ppm.

V<sub>1</sub>: Volumen desconocido mL.

C<sub>2</sub>: Concentración conocida ppm.

V<sub>2</sub>: Volumen conocido mL.

**Tabla 2**

*Estandarización del hierro*

N° Fiola	ppm Fe
1	1
2	2.5
3	5.0

- Se tomaron las muestras de 50 mL., de cada recipiente etiquetado de la muestra uno repetición uno (M1R1), muestra uno repetición dos (M1R2), muestra dos repetición uno (M2R1), muestra dos repetición dos (M2R2), muestra tres repetición uno (M3R1) y muestra tres repetición dos (M3R2), para determinar la presencia de Hierro.
- A continuación, se procedió a realizar la calibración de espectrofotómetro de absorción atómica.
- Seguidamente, se calibró el espectrofotómetro a 248.3 nm.
- Las muestras se colocaron en orden para la toma de su lectura.

**Figura 7**

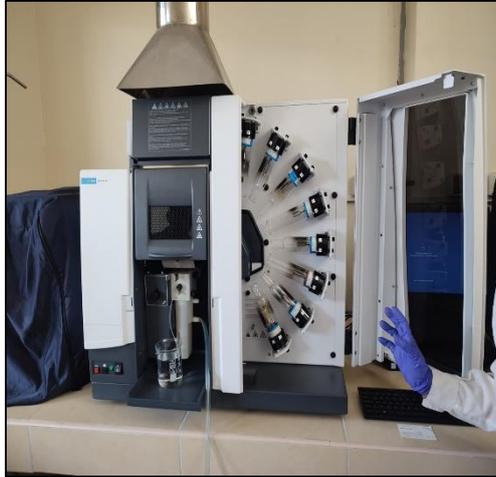
*Soluciones de las muestras*



- Se adaptó la lámpara para la detección de hierro.

### **Figura 8**

*Recambio de la lámpara de hierro*



- Y se procedió a tomar lecturas de la absorbancia de cada una de las muestras etiquetadas.

### **Figura 9**

*Funcionamiento del espectrofotómetro de absorción atómica*



### **Tercer objetivo: Categorizar las aguas del río Amojú respecto al ECA-2017, desde la concentración de hierro**

Para la categorización de las aguas del río Amojú se tendrá en cuenta los parámetros como acidez, conductividad y concentración Fe del río Amojú. La escala valorativa se encuentra en la (figura 14).

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Primer objetivo: Caracterizar el pH, conductividad eléctrica del agua de la cuenca Amojú, Jaén.

**Tabla 3**

*Resultado del pH de las muestras*

Método aplicado: 44500-H+; APHA AWWA, WEF

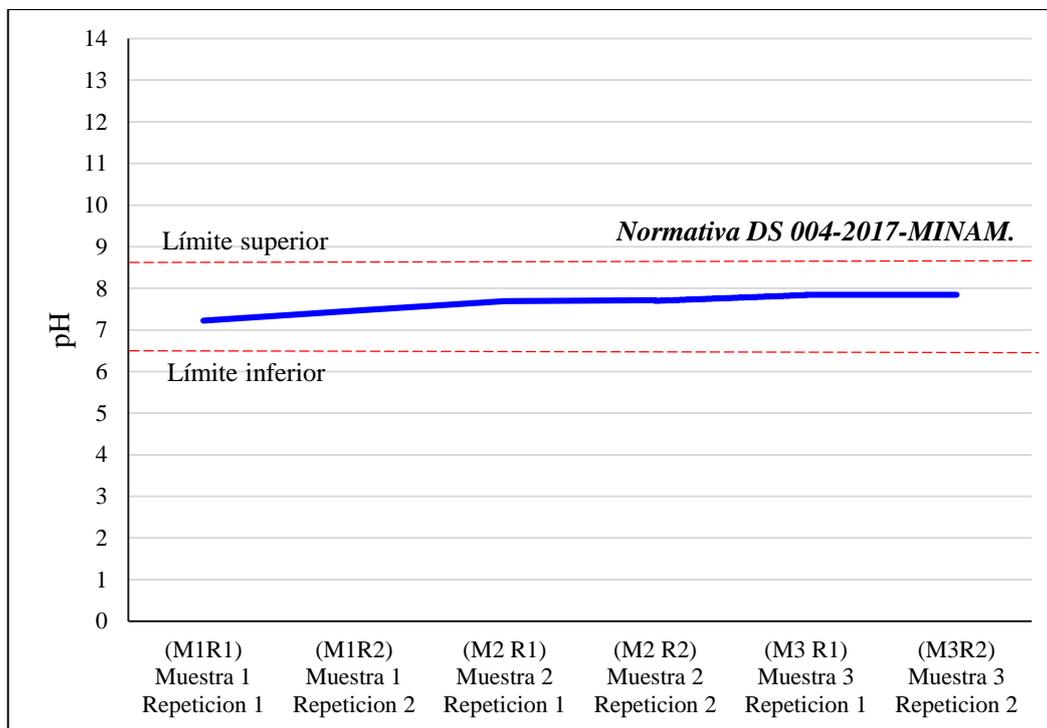
N° de muestra	Lugar de muestreo	Volumen de muestra (ml)	Temperatura ambiental (°C)	pH
M1R1	La Corona	80	16.0	7.225
M1R2	La Corona	80	17.7	7.463
M2R1	P. Comisaria	80	16.6	7.695
M2R2	P. Comisaria	80	18.4	7.716
M3R1	La Granja	80	18.5	7.848
M3R2	La Granja	80	18.9	7.848
<b>pH promedio agua río Amojú</b>				<b>7.63</b>

***Interpretación:***

El agua en estudio recorrió por el puente La Corona a una altitud de 888.0 msnm presentó un agua no impactada respecto a su acidez, es decir tuvo una acidez promedio cercana a la neutralidad (pH=7.344). Todo lo contrario, ocurrió en el sector denominado La Granja cuya altitud 615.0. msnm arrojó un agua con un pH más elevado pH=7.848, es decir ligeramente alcalina. Posiblemente, por los distintos drenajes que arrojan desde la parte alta a la parte baja. Entre la parte alta y altura media, muchas personas tienen la costumbre de lavar en el río, ello explicaría el incremento de alcalinidad del agua en sectores bajos. En puente de Comisaría el pH promedio del agua fue 7.705 en todos los casos el agua tiene una acidez tratable para su potabilización.

**Figura 10**

*Tendencia del pH de aguas del río Amojú*



**Aclaración:**

Las líneas rojas son los límites máximos permitidos, de acuerdo a la normatividad DS 004-2017-MINAM.

**Tabla 4**

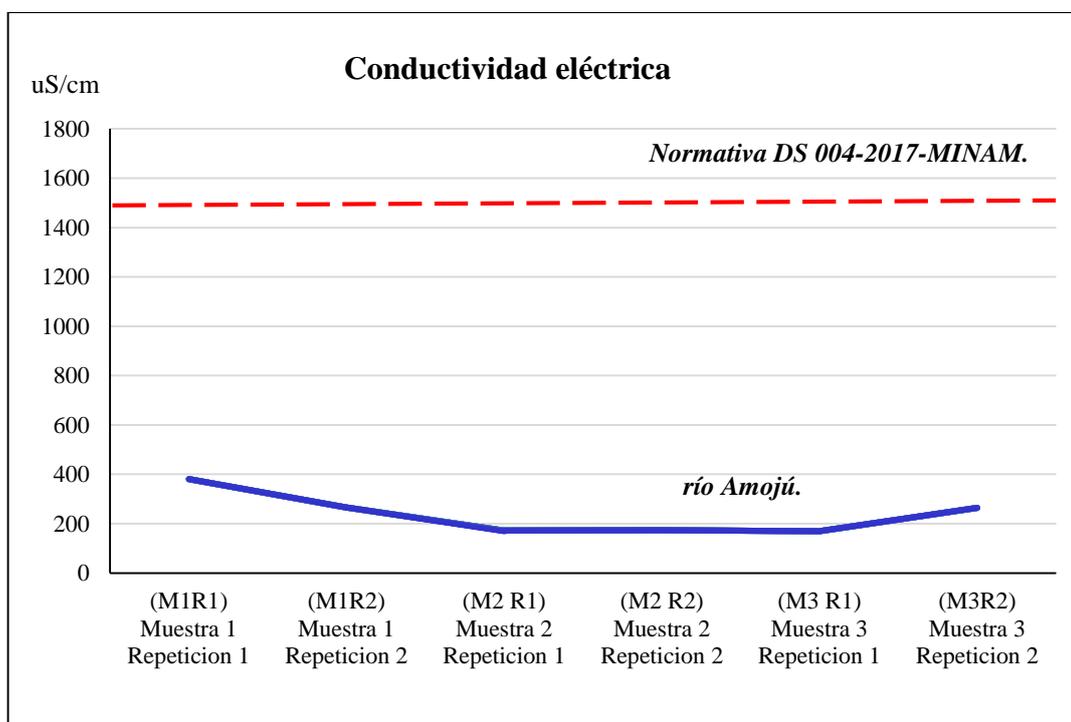
*Resultado de la conductividad eléctrica de las muestras*

Método aplicado: 44500-H+; APHA AWWA, WEF

N° de muestra	Lugar de muestreo	Temperatura ambiental (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)
M1R1	La Corona	16.0	380.0
M1R2	La Corona	17.7	265.0
M2R1	P. Comisaria	16.6	172.0
M2R2	P. Comisaria	18.4	173.1
M3R1	La Granja	18.5	169.2
M3R2	La Granja	18.9	264.0
<b>Conductividad eléctrica promedio</b>			<b>237.21</b>

**Figura 11**

*Tendencia de la conductividad eléctrica de aguas del río Amojú*



**Aclaración:**

La línea roja representa el límite máximo permitido, de acuerdo a la normatividad DS 004-2017-MINAM.

**Interpretación:**

Toda el agua del río Amojú independiente del punto de muestreo tuvo valores por debajo del límite máximo permitido, de acuerdo a la normatividad DS 004-2017-MINAM, respecto al parámetro de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

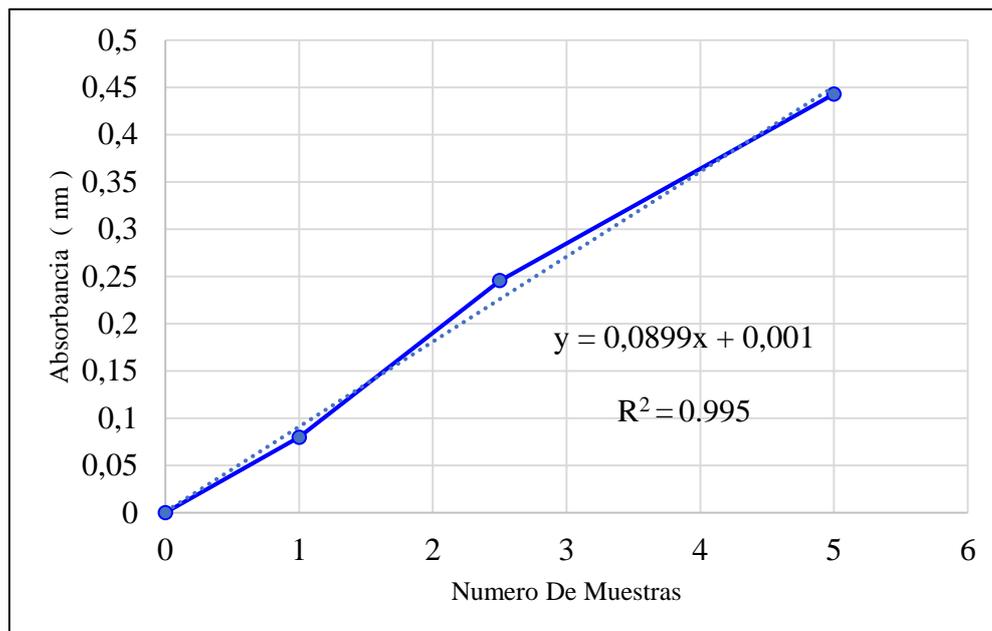
También se pudo observar que el agua muestreada en la parte alta como el puente La Corona (promedio: 322  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) presentó una conductividad eléctrica ligeramente superior al agua de muestreo en el sector La Granja (promedio: 215,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). una posible causa podría ser que en la parte agua el agua carece de contaminación orgánica, a diferencia de las partes bajas que son aguas que reciben consistentemente descargas de aguas con contaminación orgánica, lo cual facilita el metabolismo de microorganismos al interior del agua, ocasionando indirectamente el consumo de sales al interior hídrico.

### 3.2 Segundo objetivo: Ejecutar el método standard 3111B, EPA SW-486 para determinar hierro por espectroscopia de absorción atómica.

Con los datos se procedió a determinar la absorbancia y por ende la curva de calibración.

**Figura 12**

*Curva de calibración de hierro*



#### **Interpretación:**

Se observó que la curva de calibración es una línea con altísimo factor de correlación de metal y absorbancia (A).

#### **Análisis estadístico:**

#### **Regresión Simple: Absorbancia vs. ppm Fe**

Variable dependiente: Absorbancia.

Variable independiente: ppm (solución estándar).

Lineal:  $Y = a + b \cdot X$

**Tabla 5**

*Resumen de datos para la significancia*

<i>Parámetro</i>	<i>Estimado mínimos cuadrados</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>T estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	0.000969163	0.012732	0.0761204	0.9463
Pendiente	0.0899322	0.00448395	20.0565	0.0025

Fuente: Software estadístico.

**Tabla 6***Análisis de varianza*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor - P</i>
Modelo	0.114746	1	0.114746	402.26	<b>0.0025</b>
Residuo	0.000570502	2	0.000285251		
Total (Corr.)	0.115316	3			

Fuente: Software estadístico.

Coeficiente de Correlación = **99.7523 %**

R-cuadrada = 99.5053 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99.2579 %

Error estándar del est. = 1.68894 %

Error absoluto medio = 0.985022 %

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre absorbancia y ppm. La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Absorbancia} = 0.000969163 + 0.0899322 * \text{ppm Fe}$$

Puesto que el **Valor-P** en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa (coeficiente de correlación: **99.7523 %** entre absorbancia y solución estándar ppm con un nivel de confianza del 95.0%).

**Absorbancia (A)**

Se evaluaron las muestras del río Amojú debidamente etiquetadas con los rótulos: M1R1, M1R2, M2R1, M2R2, M3R1 y M3R2 las que fueron depositadas en fiolas de 50 mL debidamente enjuagadas con agua desionizada o destilada. Con tinta indeleble se etiquetó cada fiola. Luego, estas fueron sometidas al análisis de espectrofotometría de absorción atómica. En estricto orden se empezó con dos muestras del puente La Corona (M1R1, M1R2), luego dos muestras del puente de la Comisaría (M2R1, M2R2) y finalmente, dos muestras de la Granja (M3R1 y M3R2). El medio energético para la absorción atómica se consiguió con la ayuda de un balón de acetileno. Seguidamente se procedió a tomar nota de cada valor de absorbancia para cada una de las muestras.

**Tabla 7**

*Resultado de la concentración de hierro*

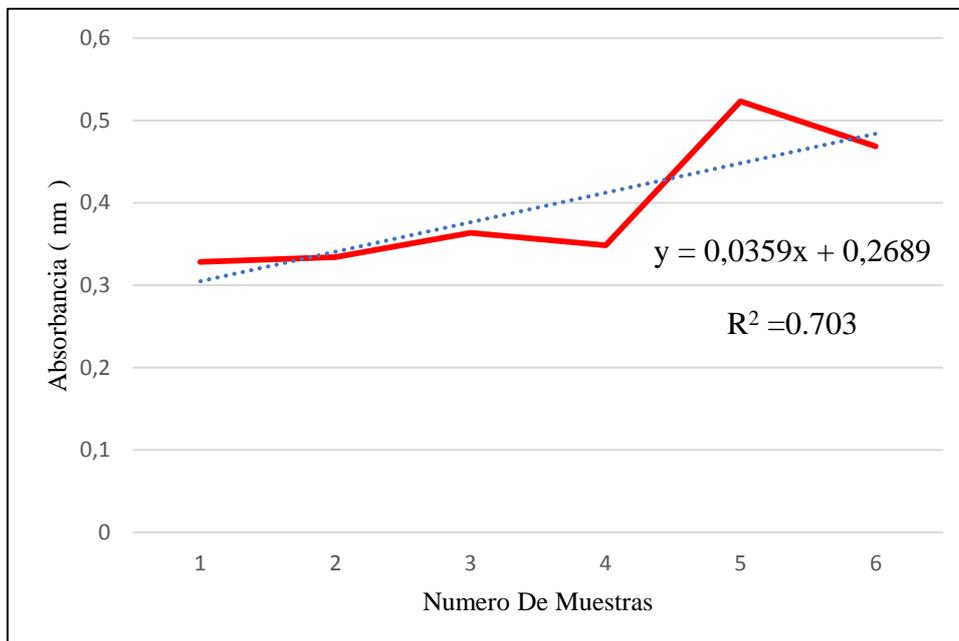
Método aplicado: 44500-H+; APHA AWWA, WEF

N° Fiola	ppm Fe
M1R1	0.3282
M1R2	0.3340
M2R1	0.3637
M2R2	0.3486
M3R1	0.5232
M3R2	0.4687
<b>Promedio Fe</b>	<b>0.39 ppm</b>

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos de UNJ.

**Figura 13**

*Evaluación del hierro en aguas río Amojú*



**Interpretación:**

Se observó que la curva de absorbancia tiene una tendencia lineal, lo implica correlación entre la presencia de hierro y la absorbancia (A).

### Análisis estadístico:

#### Regresión Simple: Absorbancia vs. ppm Fe

Variable dependiente: ppm Fe.

Variable independiente: A

Lineal:  $Y = a + b \cdot X$

**Tabla 8**

*Resumen*

<i>Parámetro</i>	<i>Est. Mínimos Cuadrados</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>T Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Intercepto	0.144054	0.0677396	2.12658	0.0868
Pendiente	0.0646679	0.0187876	3.44205	0.0184

Fuente: Software estadístico.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor - P</i>
Modelo	0.117094	1	0.117094	11.85	<b>0.0184</b>
Residuo	0.0494163	5	0.00988326		
Total (Corr.)	0.16651	6			

Fuente: Software estadístico.

Coefficiente de Correlación = **83.8584 %**

R-cuadrada = 70.3224 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 64.3869 %

Error estándar del est. = 9.94146 %

Error absoluto medio = 7.47255 %

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre ppm y A. La ecuación del modelo ajustado es

**Absorbancia = 0.144054 + 0.0646679\*ppm Fe**

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre ppm Fe y Absorbancia (A) con un nivel de confianza del 95.0%.

### 3.3 Categorizar las aguas del río Amojú respecto al ECA-2017, desde la concentración de hierro.

Para realizar la categorización se resumió los parámetros medidos:

**Tabla 10**

*Categorización de las aguas del río Amojú*

<b>Parámetro</b>	<b>Valores del río Amojú</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
pH	7.63	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0
Conductividad eléctrica	237.21 uS/cm	1500	1600	no aplica
Concentración de Fe	0.39 ppm	0.3	1	5

#### **Categoría del agua del río Amojú:**

Los valores de los parámetros analizados en CEASA, de la UNJ y comparados con la normatividad DS 004-2017-MINAM. Se estableció que las aguas del río Amojú correspondieron a la siguiente categoría:

#### **Agua superficial:**

**Categoría 1:** Poblacional y Recreacional

**Sub categoría:** A1

**Destino:** Esta agua por sus características puede ser destinada sin ningún problema a la producción de agua potable, es decir, para consumo humano por simple desinfección.

#### IV. DISCUSIÓN

La investigación permitió categorizar la calidad de las aguas del río Amojú, respecto a la acidez, conductividad eléctrica y concentración de hierro, que por su procedencia desde las Huabal y hasta Bellavista recorre varios kilómetros regando miles de hectáreas, y que se encuentran en riesgo constante de contaminación, por causa antropogénica o natural - geoquímica (erosión de rocas, incendios forestales) y que, para Vega (2012) se pone en riesgo el ecosistema hídrico. Los análisis químicos de seis muestras arrojaron un pH promedio de 7.63 y de conductividad eléctrica arrojó 237.21 uS/cm. Desde el marco referencia para categorizar el agua superficial la normatividad DS 004-2017-MINAM se concluye que las aguas del río Amojú son neutras desde la acidez y de baja conductividad eléctrica 237.21 uS/cm. ambos parámetros son positivos para la potabilización del agua del río. Para la presencia de hierro se determinó por espectrofotometría de absorción atómica y arrojó un Coeficiente de Correlación = 83.8584 % y un valor-P (0.0184) en la tabla ANOVA menor que 0.05, lo cual implica una relación estadísticamente significativa entre ppm Fe y Absorbancia (A) con un nivel de confianza del 95.0% para una concentración promedio de hierro: 0.39 ppm Fe. En tanto, que Adebayo (2011) obtuvo un coeficiente de correlación igual a 99.1 % y una ecuación de la tendencia recta igual a  $y = 36164x - 20420$ , a diferencia de la presente investigación que se obtuvo un coeficiente de correlación 83.8584 % y una ecuación de la tendencia lineal igual a  $y = 0.0646679x + 144054$ .

Por otra parte. Pérez y Alvarado, (2018) evaluó trazas de metales como el Cu, Fe y Zn con la misma metodología determinó resultados con bebidas alcohólicas fermentadas (vino) caracterizadas por alta presencia de hierro, obtuvo un Coeficiente de correlación = 99.5 % y contenido de hierro: 0.92-0.96 ppm Fe. Lo que significó que la presencia de vino acarrea presencia de hierro. Aplicando similar metodología (espectrofotometría) Vega (2012) evaluó aguas del río el Toro en La Libertad, caracterizadas por recibir afluentes por extracción de oro en sectores del río. Encontró una muestra con 1122; 1153 y 1172 ppm de Fe. Segundo muestreo arrojó: 1 171, 1 187 y 1 252 ppm de Fe, en ambos casos sobrepasaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) para clase de agua III, según la Ley General de Aguas D.L. 17752. Por otra parte, Guerra (2018) determinó las concentraciones de algunos metales en aguas en sus cultivos, Marona-San Martín; para ello, utilizaron la espectrofotometría para su análisis. Obtuvieron Cr 0,35 ppm, Al 4,66 ppm y Fe 6,26 ppm. Concluyó que el Al no supera

los LMP. El Cr y Fe superan los valores máximos según OMS. Pues debió ser 0.1 ppm para Cr y 5 ppm para el Fe. En otro contexto, Tomsič *et al.* (2019) expresó complejidad para medir la concentración de hierro por la baja concentración que existe en las aguas naturales. Inclusive, intentó la pre-concentración del hierro, recomendando la espectrofotometría como técnica apropiada para medir bajas concentraciones una capacidad máxima de 508 nm. Finalmente, encontró hierro total fueron 33 mili moles para el Fe (II) y 21 mili moles para la concentración de hierro total. Expresó que la espectrofotometría al medir espectros del complejo fenantrolina-Fe mostró absorbancia a una longitud de onda de 510 nm con iones de hierro sin interferencias de otros iones metálicos. Mientras que Kumar (2019) sustentó la presencia de hierro, a pesar de manifestarse en pequeñísimas concentraciones de minerales, expresó que el Fe tiene un rol importante en el metabolismo y fermentación biológica. Sin embargo, Polo *et al.* (2014) señaló que valores de hierro por encima de los niveles de trazas, el hierro desempeña otras funciones, que lo convierte en moderadamente tóxico, inclusive afirmó que una ingestión de > 60 mg/kg puede causar síntomas graves y morbilidad. En el mismo sentido, Sreenivasareddy (2017) afirmó que consumir dosis tóxica de hierro y sus compuestos puede provocar problemas graves, entre ellos depresión, respiración rápida y superficial, coma, convulsiones y problemas cardíacos. Esta posibilidad encaminó la investigación de evaluar este mineral de Fe en las aguas de esta cuenca que resulta de la convergencia de quebradas; como lo expresó Tomsič *et al.*, (2019) la supervivencia de la población exige que el agua a consumir por la población sea potable, esto es libre de materia orgánica y de minerales metálicos como el hierro y el manganeso entre otros; debido a que es evidente el problema del hierro con la bioacumulación por imposibilidad de degradación. Por ello la Organización Mundial de Salud (OMS, 1970), recomendó no exceder la concentración de hierro en el consumo humano. Mandato que fue incorporado por el Ministerio de Salud a través de la normatividad del DS N° 004-2017-MINAM que estableció para la categoría A1 (población y para recreación): 0.3 ppm Fe; A2 (Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales): 1 ppm Fe y para A3 (Riego de vegetales y bebida de animales): 5 ppm Fe.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- Las aguas del río Amojú fueron caracterizadas a través del análisis de pH y conductividad eléctrica de seis muestras tomadas en tres puntos: puente La Corona (pH: 7.225 y 7.463;  $\mu$ : 380 y 265 uS/cm), puente de la Comisaría de Jaén (7.695 y 7.716;  $\mu$ : 172 y 173.1 uS/cm) y el sector la Granja (7.848 y 7.848;  $\mu$ : 169.2 y 264 uS/cm). Los resultados indicaron un pH promedio: 7.63 y conductividad eléctrica: 237.21 uS/cm.
- Las aguas del río Amojú fueron analizadas mediante espectrofotometría de absorción atómica, y las seis muestras arrojaron los siguientes valores: La Corona (0.3282 y 70.3340 ppm Fe), puente de la Comisaría de Jaén (0.3637 y 0.3486 ppm Fe) y el sector la Granja (0.5232 y 0.4687 ppm Fe). Los resultados indicaron un Coeficiente de Correlación = 83.8584 % y un valor-P (0.0184) en la tabla ANOVA < 0.05, lo cual implica una relación estadísticamente significativa entre ppm Fe y Absorbancia (A) con un nivel de confianza del 95.0%. para una concentración promedio de hierro: 0.39 ppm Fe.
- Determinado los parámetros físico químico, se llegó a la conclusión que el río Amojú, que de acuerdo a la normatividad D.S. 004-2017-MINAM, son aguas superficiales, pertenecientes a la Categoría 1: Poblacional y Recreacional y a la Sub categoría: A1. Lo cual la califica como agua con posibilidades de ser desinfectada para el consumo humano.

### **Recomendaciones:**

- A los futuros investigadores, hacer investigaciones relacionados a metales pesados considerando más parámetros físicos-químicos y microbiológicos dentro del área de estudio.
- A la facultad de ING. Forestal y ambiental realizar cursos de los manejos de equipos de laboratorio para que tengan conocimiento en el momento de sus estudios para los futuros investigadores, incentivando a la investigación dentro de la universidad.
- A la facultad de ING. Forestal y ambiental incentivar a ampliar con las investigaciones desde el punto de vista de las contaminaciones de agua, para prevenir con los problemas al ambiente y a los aspectos de salud pública y nunca ignorarlos para un buen desarrollo y equilibrio ecológico.
- A la Universidad Nacional de Jaén, compartir y socializar la información de este trabajo con los organismos reguladores ambientales de la ciudad de Jaén.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebayo, B. K., Ayejuyo, S., Okoro, H. K. & Ximba, B. J. (2011). Spectrophotometric determination of iron (III) in tap water using 8-hydroxyquinoline as a chromogenic reagent. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(71), pp. 16051-16057  
DOI: 10.5897/AJB10.1840
- Dima, G., Popescu, I. V., Stih, C., Oros, C., Dinu, S., Manea, L. and Vlaicu, G. (2006). Fe, Mn and Zn concentrations determination from Ialomița river by atomic absorption spectroscopy. *Rom. Journ. Phys., Vol. 51, Nos. 5–6, P. 667–674, Bucharest.*
- Guerra, K. (2018). *Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas y su impacto en cultivos de arroz - Marona 2017*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto.  
<https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3291/1/AMBIENTAL%20-%20Karen%20Patricia%20Guerra%20Alva.pdf>
- Kumar, R., Kachwaha, M., Verma, S., Patidar, D. (2019). Quick detection of iron in contaminated water before feeding to RO membranes. *SN Applied Sciences* 1:427. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0379-6>.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2017.
- Pérez, E. y Alvarado, D. C. (2018). Cuantificación por absorción atómica de Cu, Fe y Zn en alcohol destilado y agua. *Cuadernos de Investigación UNED (ISSN digital: 1659-441X) Vol. 10(2): 387-396, diciembre.*  
[https://www.researchgate.net/publication/327902689\\_Cuantificacion\\_por\\_absorcion\\_atomica\\_de\\_Cu\\_Fe\\_y\\_Zn\\_en\\_alcohol\\_destilado\\_y\\_agua/link/5bac4b8b299bf13e604fa804/download](https://www.researchgate.net/publication/327902689_Cuantificacion_por_absorcion_atomica_de_Cu_Fe_y_Zn_en_alcohol_destilado_y_agua/link/5bac4b8b299bf13e604fa804/download).

Polo, J. L., Castillo, H. F. y Hora, M. E. (2014). Calidad biológica del agua del río Amojú. Jaén, Cajamarca. 2013. *Rev. Investig. Univ. Le Cordon Bleu 1(2)*, 2014; ISSN: 2409-1537; 43-55.

DOI: <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2014v1n2.005>

Organización Mundial de Salud (OMS). 1970).

Sreenivasareddy, A. (2017). Determination of Iron Content in Water, *All Capstone Projects*. 348.

<https://opus.govst.edu/capstones/348>.

Tomsič, G., Goljat, L., Budasheva, H., Korte, D., Bratkič, A. and Franko, M. (2019). Determination of Iron in Environmental Water Samples by FIA-TLS. *Acta Chim. Slov.* 2019, 66

DOI: 10.17344/acsi.2018.4825.

Vega, J. (2012). *Nivel de contaminación por metales pesados (Pb, Cu, Hg, As y Fe) en el río El Toro, distrito de Huamachuco de la provincia de Sánchez Carrión durante año 2009 – 2010*. [Tesis para optar el grado académico de Maestro en gestión de riesgos ambientales]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Trujillo.

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5812/Tesis%20Maestr%C3%ADa%20-%20Juan%20Vega%20Gonz%C3%A1les.pdf?sequence=1>

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis a mis padres Wilder Rojas Gonzales y Rosalina Delgado Villegas quienes siempre creyeron en mí, me inspiraron con su ejemplo de esfuerzo y sacrificio y me brindaron amor incondicional a lo largo de mi vida.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por la vida, quien me ha brindado fuerzas, sabiduría y resiliencia en cada paso.

Con profunda gratitud y amor, agradezco este logro a mis padres por su inquebrantable apoyo, sacrificio y amor incondicional, han sido luz que me ha guiado a lo largo de este camino académico. Cada éxito que alcanzo es también suyo, ya que su constante aliento y ejemplo han sido mi mayor inspiración.

También deseo agradecer a mi asesor Dr. Juan Manuel Garay Román por sus útiles comentarios, sugerencias, por su orientación, paciencia y apoyo constante a lo largo de todo proceso de investigación ya que ha sido fundamental para lograr mis objetivos propuestos.

*Marco Antony Rojas Delgado*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, a mis padres Isabel Chilcon Pérez y Alejandro Torres Coronel y a todos lo que estuvieron a mi lado brindándome apoyo incondicional*

## **AGRADECIMIENTO**

*Durante todo el proceso de investigación, agradecer a mis docentes por la paciencia y apoyo incondicional, así ayudándome a formarme como un buen profesional en la base de mi carrera. Muchas gracias infinitas a todos.*

*José Eison Torres Chilcon*

## ANEXOS

**Figura 14**

*Normativa DS N° 004-2017-MINAM.*

Parámetros	Unidad de medida	A1 Aguas a ser potabilizadas con desinfección	A2 Aguas a ser potabilizadas con tratamiento convencional	A3 Aguas a ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1 , 7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0 , 2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color	Esc. Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10
DQO	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0 , 15
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	3	3	**
O <sub>2</sub> Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5 , 5 - 9 , 0
STD	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Bario	mg/L	0,7	1	**
Boro	mg/L	2,4	2,4	2 , 4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0 , 01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0 , 05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0 , 5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

*Δ 3: Es variación de 3 °C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.*

**Figura 15**

*Solicitud presentada a VPI – UNJ, servicio CEASA-UNJ.*

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD  
**VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA**  
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

 **UN**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN

Jaén, 29 de enero de 2024

Señor: Dr. Ludeña Gutiérrez Alfredo Lázaro  
Vicepresidente de Investigación  
Universidad Nacional de Jaén

Nota: Atención Dirección de Centro de Producción de Bienes y Servicios

Asunto: Solicito el uso del centro de análisis (CEASA) y el centro de análisis de (CAE)

Yo, Marco Antony Rojas Delgado, estudiante de la escuela profesional de ingeniería forestal con código de matrícula 2018210029, me presento ante usted y expongo:

Que teniendo la resolución de aprobación del proyecto de tesis dada mediante resolución académica N° 053-2024-UNJ/FI denominada: "DETERMINACION DE HIERRO MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA EN AGUAS DEL RIO AMOJU, 2023", y encontrándome en ejecución de la misma solicito a su despacho se me otorgue el permiso para el uso del laboratorio de la escuela de ingeniería forestal y ambiental, así como de sus equipos para el desarrollo de la tesis en mención, con la finalidad de realizar las mediciones de los parámetros, que se estime conveniente y en el tiempo que demore la ejecución de las actividades según cronograma establecido.

Por lo expuesto:

Ruego ante Usted, tenga a bien acceder mi solicitud.

Atentamente,

  
.....  
MARCO ANTONY ROJAS DELGADO  
Est. De IFA

Adj.: Resolución de aprobación de proyecto de tesis

*José Torres 2*  
*marcoantonio.rojas@est.unj.edu.pe*  
*963115972*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN COMISION ORGANIZADORA VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN	
29 ENE. 2024	
Exp. N°.....	Folios: -02-
Hora: 10:00	Firma: 

CS Escaneado con CamScanner

**Figura 16**

*Resultados del análisis de aguas por CEASA / UNJ*



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**INFORME DE ENSAYO CEASA N°000240206-EL-002**

---

**Emitido en Jaén, el 06 de febrero del 2024**

**Nombre del Solicitante** : Est. Marco Antony Rojas Delgado  
Asesor: Juan Manuel Garay Román

**Servicio solicitado** : Análisis de pH y conductividad eléctrica en agua

**Características** : Muestras proporcionadas por el solicitante

**Condiciones de recepción** : En aparente buen estado

**Fecha de inicio de Ensayo** : 06 de febrero del 2024

**Fecha de término de Ensayo** : 06 de febrero del 2024

**Fines** : Ejecución de proyecto de tesis titulado: "Determinación de Hierro mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica en aguas del Río Amojú, 2023 "

**Tipo de muestra** : Agua superficial

**Cantidad de muestra** : 6 muestras x 500 ml

---

**Resultados**

NÚMERO DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
01	M1R1	pH	Método 44500-H+; APHA AWWA, WEF	-	7.225 16.0 °C
		Conductividad Eléctrica	Método 2510 B; APHA, AWWA, WEF	µS/cm	380
	M1R2	pH	Método 44500-H+; APHA AWWA, WEF	-	7.463 17.7 °C
		Conductividad Eléctrica	Método 2510 B; APHA, AWWA, WEF	µS/cm	265
02	M2R1	pH	Método 44500-H+; APHA AWWA, WEF	-	7.695 16.6 °C
		Conductividad Eléctrica	Método 2510 B; APHA, AWWA, WEF	µS/cm	172
	M2R2	pH	Método 44500-H+; APHA AWWA, WEF	-	7.716 18.4 °C
		Conductividad Eléctrica	Método 2510 B; APHA, AWWA, WEF	µS/cm	173.1
03	M3R1	pH	Método 44500-H+; APHA AWWA, WEF	-	7.848 18.5 °C
		Conductividad Eléctrica	Método 2510 B; APHA, AWWA, WEF	µS/cm	169.2

---



**CONTACTO**  
957108553 / 946848879



**EMAIL**  
ceasa@unj.edu.pe



**DIRECCION**  
Carretera Jaén – San Ignacio Km 24 Sector Yanuvaru



**REDES SOCIALES**

Resultados

NÚMERO DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
03	M3R2	pH	Método 44500-H+; APHA AWWA, WEF	-	7.848 18.9 °C
		Conductividad Eléctrica	Método 2510 B; APHA, AWWA, WEF	µS/cm	264

Acotaciones:

- Los resultados son válidos para las muestras referidas por cada fecha en el presente informe
- El informe de ensayo tiene una validez de 365 días.



Ing. Danicza Violeja Sánchez Córdova  
Especialista del Centro de Análisis en Suelos y Aguas

INFORME DE ENSAYO CAE N°00060224-AA-003

Emitido en Jaén, el 06 de febrero del 2024

**Nombre del Solicitante** : Est. Marco Antony Rojas Delgado  
Asesor: Juan Manuel Garay Román

**Servicio solicitado** : Análisis de pH y conductividad eléctrica en agua

**Características** : Muestras proporcionadas por el solicitante

**Condiciones de recepción** : En aparente buen estado

**Fecha de inicio de Ensayo** : 06 de febrero del 2024

**Fecha de término de Ensayo** : 06 de febrero del 2024

**Fines** : Ejecución de proyecto de tesis titulado: "Determinación de Hierro mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica en aguas del Río Amojú, 2023"

**Tipo de muestra** : Agua superficial

**Cantidad de muestra** : 6 muestras x 500 ml

Resultados

NÚMERO DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	DETERMINACIONES	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADOS
01	M1R1	Hierro	Método 3111 B / Espectrofotometría de Absorción Atómica por llama	mg/L	0.3282
	M1R2	Hierro		mg/L	0.3340
02	M2R1	Hierro		mg/L	0.3637
	M2R2	Hierro		mg/L	0.3486
03	M3R1	Hierro		mg/L	0.5232
	M3R2	Hierro		mg/L	0.4687

Acotaciones:

- Los resultados son válidos para la muestra referida en el presente informe
- El informe de ensayo tiene una validez de 365 días.



Ing. Danicza Violeta Sánchez Córdova  
Especialista del Centro de Análisis Espectrofotométrico



CONTACTO

957108553 / 946848879



EMAIL

ceasa@unj.edu.pe



DIRECCIÓN

Carretera Jaén – San Ignacio Km 24 Sector  
Yanuvacu



REDES SOCIALES

  
www.unj.edu.pe

**Figura 17**

*Fotos de las actividades de la investigación*

