

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



## TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL  
AGUA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CHIJSIA, DURANTE LOS  
AÑOS 2016-2021 DEL DISTRITO DE SANDIA 2023.**

**PRESENTADA POR:**

**DEIVID JOE QUISPE CRUZ**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



6.03%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 31 MAY 2024, 2:15 PM

### Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
1.27%

● CHANGED TEXT  
4.76%

## Report #21518767

DEIVID JOE QUISPE CRUZ ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CHIJSIA, DURANTE LOS AÑOS 2016-2021 DEL DISTRITO DE SANDIA 2023. RESUMEN El objetivo de la presente investigación es Analizar la tendencia significativa de los parámetros físicos y químicos de la central hidroeléctrica de Chijisia periodo 2016 - 2021. A partir de los datos generados en el monitoreo de la calidad de agua que realiza la Electro Puno en Sandía.

12 Para ello, se aplicó la prueba estadística de Mann - Kendall a la serie de datos para ocho variables fisicoquímicas. Los resultados para cinco variables físicas la tendencia fue: Caudal TSD significativa decreciente en tres estaciones, TNSD no significativa decreciente en tres estaciones y TNSC no significativa creciente en una estación; Temperatura TSC significativa creciente en tres estaciones y TNSC no significativa creciente en cuatro estaciones; Sólidos Suspendidos Totales TNSC no significativa en todas las estaciones; Conductividad Eléctrica TSD significativa decreciente en tres estaciones, TNSD no significativa decreciente en dos estaciones y TNSC no significativa creciente en dos estaciones; y Turbidez TSD significativa decreciente en tres estaciones y TNSD en cuatro estaciones. De igual forma para tres variables químicas la tendencia fue: pH TSC significativa creciente en dos estaciones y TNSC no significativa creciente en cinco estaciones; Oxígeno Disuelto TSD

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL  
AGUA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CHIJSIA, DURANTE LOS  
AÑOS 2016-2021 DEL DISTRITO DE SANDIA 2023.**

**PRESENTADA POR:**

**DEIVID JOE QUISPE CRUZ**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESINA

:   
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Línea de investigación: Ingeniería Ambiental y Geología

Puno, 04 de Junio del 2024.

## DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesina a mis padres

Elard Quispe y Elva Cruz,

sin ellos no lo habría logrado, su bendición a

diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva

por el camino del bien, por eso les doy mi trabajo

en ofrenda por su paciencia y amor.

## AGRADECIMIENTO

“Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi asesor de tesina, quien con su experiencia y sabiduría guió este trabajo de investigación de manera excepcional.”

“A mi familia, quienes me brindaron su amor incondicional y apoyo emocional durante este largo proceso, GRACIAS por creer en mí siempre.”

“A la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad de Puno S.A.A. por brindarme los datos históricos de calidad de agua, de la central hidroeléctrica Chijisia - Sandía”.

**Deivid Joe QUISPE CRUZ**

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>17</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	19
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	19
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>19</b>
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES	21
1.2.3. ANTECEDENTES REGIONALES	22
<b>1.3. OBJETIVO DE ESTUDIO</b>	<b>23</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	23

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>24</b>
2.1.1. TEMPERATURA	24

2.1.2. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	25
2.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	26
2.1.4. TURBIDEZ	26
2.1.5. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	27
2.1.6. OXÍGENO DISUELTO (OD)	27
2.1.8. ACEITES Y GRASAS	28
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>29</b>
2.2.1. MARCO NORMATIVO	31
<b>2.3. HIPÓTESIS</b>	<b>31</b>
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	31
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	31
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>33</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>34</b>
3.2.1. POBLACIÓN	34
3.2.2. MUESTRA	35
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>35</b>
3.3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	35
3.3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	35
3.3.3. METODOLOGÍA	37
3.3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
<b>3.4. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>44</b>
<b>4.2. CON RESPECTO AL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.</b>	<b>45</b>
<b>4.3. CON RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.</b>	<b>65</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>85</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01:</b> Descripción de la significancia del test Mann - Kendall.	41
<b>Tabla 02:</b> Identificación de variables	43
<b>Tabla 03:</b> Ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad de agua de la Central Hidroeléctrica Chijisia - Sandía.	45
<b>Tabla 04:</b> Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Caudal durante 2016 - 2021.	46
<b>Tabla 05:</b> Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Temperatura durante 2016 - 2021.	50
<b>Tabla 06:</b> Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Sólidos Suspendidos Totales durante 2016 - 2021.	54
<b>Tabla 07:</b> Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Conductividad Eléctrica durante 2016 - 2021.	57
<b>Tabla 08:</b> Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Turbidez durante 2016 - 2021.	61
<b>Tabla 09:</b> Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en pH (Potencial de hidrógeno) durante 2016 - 2021.	65
<b>Tabla 10:</b> Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en OD (Oxígeno Disuelto) durante 2016 - 2021.	69
<b>Tabla 11:</b> Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Aceites y Grasas durante 2016 - 2021.	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01:</b> Ubicación del Distrito de Sandia.	33
<b>Figura 02:</b> Central Hidroeléctrica de Chijisia - Sandía.	34
<b>Figura 03:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.	48
<b>Figura 04:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.	48
<b>Figura 05:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021	48
<b>Figura 06:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.	49
<b>Figura 07:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, C.R. de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.	49
<b>Figura 08:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.	49
<b>Figura 09:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.	49
<b>Figura 10:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Efluente industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.	52
<b>Figura 11:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Efluente industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.	52
<b>Figura 12:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Efluente industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.	52
<b>Figura 13:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.	53
<b>Figura 14:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.	53

<b>Figura 15:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.	53
<b>Figura 16:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.	53
<b>Figura 17:</b> Resultado índice Mann - Kendall para STS, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.	55
<b>Figura 18:</b> Resultado índice Mann - Kendall para STS, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.	55
<b>Figura 19:</b> Resultado índice Mann - Kendall para STS, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.	55
<b>Figura 20:</b> Resultado índice Mann - Kendall para STS, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.	56
<b>Figura 21:</b> Resultado índice Mann - Kendall para STS, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.	56
<b>Figura 22:</b> Resultado índice Mann - Kendall para STS, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.	56
<b>Figura 23:</b> Resultado índice Mann - Kendall para STS, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.	56
<b>Figura 24:</b> Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Efluente Líquido de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.	59
<b>Figura 25:</b> Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Efluente Líquido de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.	59
<b>Figura 26:</b> Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Efluente Líquido de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.	59
<b>Figura 27:</b> Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.	60
<b>Figura 28:</b> Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.	60

<b>Figura 29:</b> Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.	60
<b>Figura 30:</b> Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.	60
<b>Figura 31:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Efluente Líquido de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.	63
<b>Figura 32:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Efluente Líquido de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.	63
<b>Figura 33:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Efluente Líquido de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.	63
<b>Figura 34:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.	64
<b>Figura 35:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.	64
<b>Figura 36:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.	64
<b>Figura 37:</b> Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.	64
<b>Figura 38:</b> Resultado índice Mann - Kendall para pH, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.	67
<b>Figura 39:</b> Resultado índice Mann - Kendall para pH, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.	67
<b>Figura 40:</b> Resultado índice Mann - Kendall para pH, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.	67
<b>Figura 41:</b> Resultado índice Mann - Kendall para pH, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.	68
<b>Figura 42:</b> Resultado índice Mann - Kendall para pH, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.	68

- Figura 43:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021. 68
- Figura 44:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021. 68
- Figura 45:** Resultado índice Mann - Kendall para Oxígeno Disuelto, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021. 71
- Figura 46:** Resultado índice Mann - Kendall para Oxígeno Disuelto, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021. 71
- Figura 47:** Resultado índice Mann - Kendall para Oxígeno Disuelto, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021. 71
- Figura 48:** Resultado índice Mann - Kendall para OD, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021. 72
- Figura 49:** Resultado índice Mann - Kendall para OD, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021. 72
- Figura 50:** Resultado índice Mann - Kendall para OD, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021. 72
- Figura 51:** Resultado índice Mann - Kendall para OD, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021. 72
- Figura 52:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021. 75
- Figura 53:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021. 75
- Figura 54:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021. 75
- Figura 55:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021. 76
- Figura 56:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021. 76

**Figura 57:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Cuerpo Receptor de la estación

W-CHI-06, serie 2016 - 2021. 76

**Figura 58:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Cuerpo Receptor de la estación

W-CHI-07, serie 2016 - 2021. 76

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de Consistencia	86
<b>Anexo 02:</b> Procesamiento de datos faltantes mediante imputación Múltiple de datos, usando Software SPSS.	88
<b>Anexo 03:</b> Procesamiento de datos usando el Software TREND, para el cálculo “Z” estadístico de 7 estaciones de monitoreo de la Central Hidroeléctrica Chijisia.	89
<b>Anexo 04:</b> Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Caudal, durante el período 2016 - 2021.	90
<b>Anexo 05:</b> Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Temperatura, durante el período 2016 - 2021.	91
<b>Anexo 06:</b> Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Conductividad Eléctrica, durante el período 2016 - 2021.	92
<b>Anexo 07:</b> Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Sólidos Suspendidos Totales, durante el período 2016 - 2021.	93
<b>Anexo 08:</b> Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Turbidez, durante el período 2016 - 2021.	94
<b>Anexo 09:</b> Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para pH, durante el período 2016 - 2021.	95
<b>Anexo 10:</b> Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Oxígeno Disuelto, durante el período 2016 - 2021.	96
<b>Anexo 11:</b> Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Aceites y Grasas, durante el período 2016 - 2021.	97



## RESUMEN

Las investigaciones sobre tendencias en la calidad fisicoquímica del agua son fundamentales para evaluar efectos que a mediano o largo plazo tienen los programas de manejo del agua de superficie. Esta investigación se realizó con datos mensuales de ocho parámetros medidos en siete estaciones de monitoreo de la Central Hidroeléctrica - Chijisia periodo 2016 - 2021, a partir de los datos generados en el monitoreo de la calidad de agua que realiza Electro Puno en Sandía. Para ello, se empleó la prueba no paramétrica de Mann - Kendall. Se analizó las tendencias por parámetros fisicoquímicos. Los resultados de las tendencias fueron creciente para Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales y pH en todas sus estaciones. En tanto, presentaron tendencia decreciente: Caudal en seis estaciones excepto en W-CHI-03; Turbidez en todas las estaciones; Aceites y Grasas en cinco estaciones excepto en W-CHI-02 y W-CHI-07; Conductividad Eléctrica en cinco estaciones excepto en W-CHI-01 y W-CHI-02; y Oxígeno Disuelto en seis estaciones excepto en W-CHI-01. Se concluye que los parámetros que presentaron tendencia a incrementar son Temperatura, STS y pH. Además se aprecia que no hay una distribución homogénea en las tendencias, a través de la aplicación del test de Mann - Kendall fue posible evidenciar que las estaciones de monitoreo de la Central Hidroeléctrica presentaron variaciones significativas en la tendencia.

**Palabras clave:** Cuerpo receptor, Efluente industrial, Significativa, Tendencia, Test de Mann - Kendall.



## ABSTRACT

Research on trends in the physicochemical quality of water is essential to evaluate the medium or long-term effects of surface water management programs. This research was carried out with monthly data of eight parameters measured at seven monitoring stations of the Hydroelectric Power Plant - Chijisia period 2016 - 2021, from the data generated in the water quality monitoring carried out by Electro Puno in Sandía. For this, the non-parametric Mann-Kendall test was used. Trends were analyzed by physicochemical parameters. The results of the trends were increasing for Temperature, Total Suspended Solids and pH in all its stations. Meanwhile, they presented a decreasing trend: Flow in six stations except in W-CHI-03; Turbidity in all seasons; Oils and Fats in five stations except W-CHI-02 and W-CHI-07; Electrical Conductivity in five stations except in W-CHI-01 and W-CHI-02; and Dissolved Oxygen at six stations except W-CHI-01. It is concluded that the parameters that showed a tendency to increase are Temperature, STS and pH. Furthermore, it can be seen that there is no homogeneous distribution in the trends; through the application of the Mann - Kendall test it was possible to show that the monitoring stations of the Hydroelectric Power Plant presented significant variations in the trend.

**Keywords:** Receiving body, industrial effluent, significant, trend, Mann - Kendall test.

## INTRODUCCIÓN

La aplicación del monitoreo ambiental, es una de las actividades más importantes para la gestión del recurso hídrico es el monitoreo periódico de los cuerpos de agua, dicha actividad permite la detección temprana de cambios en la calidad del recurso y, además, permite que la información recopilada sea utilizada en las decisiones de gestión. además permite la evaluación periódica, integrada y permanente de la dinámica de las variables ambientales y el cumplimiento de las medidas, preventivas, correctivas y/o mitigación, con información precisa y actualizada para la toma de decisiones orientadas a la conservación o uso sostenible de los recursos naturales y el ambiente.

Con la aplicación de la estadística se puede tener conocimiento de los diferentes factores que afectan directamente al medio ambiente, los cuales forman parte de los principales problemas ambientales en nuestro planeta, como lo son el excesivo crecimiento de la población, la contaminación del suelo, agua y aire, la deforestación de los bosques, el consumo de los suministros de agua, el nivel de nitrógeno, la pérdida de biodiversidad, el nivel de acidificación del océano, el cambio climático, la demanda de pesca, así como el desgaste de la capa de ozono.

Entre los métodos para evaluar la calidad del agua, se ha considerado oportuno recurrir al análisis estadístico de tendencias presentadas en registros históricos de los parámetros fisicoquímicos, como un medio para identificar posibles cambios. Hoy en día la estadística tiene un lugar muy significativo en la sociedad. Algunos hechos que hacen evidente la veracidad de tal juicio se mencionan a continuación: Las ciencias biológicas y las disciplinas emergentes, como el desarrollo sustentable, o agroecosistemas, medio ambiente, cambio global y ecología, consideran a la metodología estadística como fundamental para la generación del conocimiento y para el diseño e implantación de estrategias de intervención. Hay una gran cantidad de estudios e investigaciones en estas disciplinas que sin la metodología estadística serían impensables. (Ojeda, 2002).

El río Inambari tiene una longitud aproximada de 437 km, sus fuentes están en el Nevado Ananea (5,829 m) de la cordillera de Apolobamba, (ANA-Madre De Dios, 2010) es la única cuenca que tiene parte de los tres gobiernos regionales, Madre de Dios, Puno y Cuzco, las cuales equivalen a 9%, 67% y 24% respectivamente, en Puno es parte de la provincia de Carabaya y Sandía en donde se encuentra la Central Hidroeléctrica - Chijisia. El recurso hídrico es tomado del río Sandía que da origen al río Inambari, luego de operar en la central hidroeléctrica, esta es retornada al río, de manera mensual se realiza el monitoreo de la calidad de agua en siete puntos, de los cuales 3 puntos son considerados como efluentes líquidos producto de las actividades de generación eléctrica, comparados con los Límites Máximos Permisibles de la (MINEM, 1997) la R.D. N° 008-97-EM/DGAA, 1997 y los 4 restantes como cuerpo receptor comparados con los Estándares de Calidad Ambiental.

El monitoreo de la calidad de agua que realiza la empresa Electro Puno S.A.A., en su central hidroeléctrica cuenta con datos históricos desde el año 2016 de manera mensual, razón por la cual se hace la recopilación de datos históricos durante el periodo 2016-2021 de siete estaciones de monitoreo establecidas por la empresa, para evaluar la tendencia de los parámetros físicos y químicos de la central hidroeléctrica.

El presente trabajo de investigación consta de 4 capítulos, el primero capítulo trata sobre el planteamiento del problema, un breve resumen de los antecedentes y los objetivos planteados, el segundo capítulo detalla el marco teórico, conceptual, hipótesis de la investigación y justificación el tercer capítulo detalla la metodología y técnica utilizada en la tesis, y finalmente el cuarto capítulo donde se detalla la exposición y análisis de los resultados obtenidos sobre la tendencia de los parámetros fisicoquímicos de la central hidroeléctrica Chijisia - Sandía.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las primeras generadoras de hidroeléctricas a finales de siglo XIX, dio la necesidad de construir embalses de esa forma almacenar el agua y disponer de ella como materia prima. Actualmente, sabemos que los ecosistemas fluviales se ven afectados en su dinámica natural, desde el inicio de los ríos hasta su desembocadura, esta es interrumpida con la construcción de represas. por ende la flora y la fauna endémica se someten a diferentes presiones las cuales llegan a favorecer a especies oportunistas o la adaptación de especies introducidas alterando su hábitat original por la disminución de niveles de oxígeno disuelto, caudal, procesos de erosión, transporte de sedimentos y alterando la calidad del agua (Andrade & Olaya, 2021).

Durante la última década, la construcción y operación de las represas y embalses de centrales hidroeléctricas generan importantes impactos, los críticos más severos sostienen que los costos (sociales, ambientales y económicos) de las represas pesan más que los beneficios. Otros afirman que los costos ambientales y sociales pueden ser evitados y reducidos a un nivel aceptable, al evaluarse cuidadosamente los problemas potenciales al implementar medidas correctivas .

Actualmente los estudios sobre calidad de agua en diferentes cuerpo de aguas son innumerables (Márquez-Pacheco et al., 2023); (Moncada & Willems, 2020) el monitoreo en las estaciones es continuo de diferentes cuerpos de agua asociado a variaciones

espaciales y temporales, ello va generando gran cantidad de datos que presentan complicaciones para la interpretación (Dorador et al., 2003); (Aucahuasi, 2019), encontrando que la prueba Mann - Kendall, es una herramienta útil para detectar tendencias monótonas. Estos análisis de tendencias nos ayudan a entender los cambios que experimentan los datos periódicos.

Los análisis de tendencias se han utilizado ampliamente para determinar posibles impactos ayudándonos a entender los cambios que experimenta una variable, espacial y/o temporalmente en diferentes partes del mundo. Por ejemplo, (Casares & De Cabo, 2018) estudió las tendencias en OD, DBO y DQO en el riachuelo (Cuenca Matanza-Riachuelo, Argentina). (Ramos-Herrera et al., 2012) estudió las tendencias de los parámetros (SST, OD, pH, GyA y T.agua) en ríos de Tabasco, México. (Moncada & Willems, 2020) en su investigación de tendencias de caudal microcuenca Apacheta, Ayacucho durante el periodo 2000-2018 y (González et al., 2018) en su estudio de análisis de tendencia de Conductividad Eléctrica en agua subterránea Fuente de Piedra (provincia de Málaga) son algunos ejemplos de trabajos anteriores, gran cantidad de investigación también han compilado y probado datos mundiales para determinar las tendencias.

Este estudio de investigación ha sido elegido como zona de estudio el distrito de Sandía, departamento de Puno. donde se pretende conocer la tendencia de los parámetros físico químicos, mediante el análisis del registro histórico durante el periodo 2016 - 2021. Para tal efecto se determinó la tendencia creciente o decreciente, aplicando la prueba de Mann - Kendall, de la base de datos analizados en siete estaciones monitoreadas de la calidad de agua, de la Central Hidroeléctrica de Chijisia propiedad de la Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad Puno (Electro Puno), este análisis de tendencias permitirá la identificación de patrones, evaluación de impactos, validación de datos, predicción, prevención, planificación y toma de decisiones.

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo es el comportamiento de la tendencia de los parámetros físicos y químicos analizados del agua de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016-2021 del distrito de Sandía 2023?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cuál será la tendencia de los parámetros físicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas del agua en la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía, periodo 2016-2021?

¿Cuál será la tendencia de los parámetros químicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas del agua en la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía, periodo 2016-2021?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Márquez-Pacheco et al. (2023) en su artículo de investigación: “Análisis de tendencia de parámetros indicadores de la calidad del agua en un embalse tropical”. Con el objetivo de analizar las tendencias de parámetros de calidad de agua en un embalse tropical de la región Centro - Sur del estado de Sinaloa, México. empleó la prueba Mann - Kendall, para el análisis de tendencia de datos obtenidos de cuatro puntos de muestreo en la presa El Salto, durante la serie 2012 - 2020. obteniendo los siguientes resultados, los parámetros: temperatura del agua y SST presentó TNSD (Tendencia no significativa decreciente) caso contrario sucede con pH y Turbiedad presentó TNSC (Tendencia no significativa creciente), solo la Conductividad eléctrica presentó tendencia significativa decreciente, por lo tanto, el autor indica que la calidad de agua del embalse presenta tendencia significativa a mejorar durante el periodo en mención.

Benjumea et al. (2018) en su artículo científico titulado: “Variación espacial y temporal de nutrientes y total de sólidos en suspensión en la cuenca de un río de alta montaña tropical”, teniendo como fin detectar cambios en el tiempo y espacio de las



concentraciones de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y el total de sólidos en suspensión (SST) en el río Negro, lograron recolectar información de tramos alto, medio y bajo en las épocas de sequía, durante la transición de la época de lluvias a la sequía y en la época de lluvias en los años 2010 - 2014, donde las quebradas La Pereira, La Cimarrona y La Marinilla afluyen al río Negro y son focos de interés ambiental. Empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Obteniendo resultados de tendencia hacia la neutralidad en pH, en tanto oxígeno disuelto presentan niveles críticos ubicado en los tramos RN5 y RN6, además, las concentraciones del total de sólidos suspendidos presentaron diferencias significativas entre los años, específicamente el 2011 que se diferencian por presentar valor máximo en su mediana.

Valencia (2007) en su tesis doctoral denominado: "Estudio Estadístico de la Calidad de las Aguas en la Cuenca Hidrográfica del Río Ebro", utilizado diversas técnicas estadísticas test de Wilcoxon, Kruskal - Wallis y Savage. Llegando a la conclusión, durante el periodo 1983-2002 se ha producido un incremento generalizado en toda la cuenca del pH y del O<sub>2</sub>. al igual que la conductividad eléctrica siendo los sulfatos los causantes de ese incremento. Además, los microelementos presentan un incremento de nitritos y alcalinidad. Oxígeno y pH experimentan incremento en invierno. Así también, el incremento generalizado del pH se relaciona con el aumento de superficie de terreno destinada a regadío y mejora en la depuración de las aguas. No se ha producido una variación significativa en el régimen de lluvias, por lo que el incremento de la conductividad se achaca en mayor medida al uso consuntivo del agua.

Peláez Baldovino & Barros Núñez (2020) en su proyecto de investigación denominado "Análisis de variabilidad espacial y temporal de los caudales del río Cauca - Colombia", periodo 1970 - 2018. teniendo como objetivo identificar tendencias en los caudales máximos y mínimos del río Cauca registrados por las estaciones hidrológicas del IDEAM, aplicando la técnica de Mann - Kendall para 16 series de datos y 8 estaciones de monitoreo, como resultado establece que la cuenca alta del río Cauca, los caudales

máximos anuales tienden a decrecer en 3 estaciones y no presenta tendencia los caudales mínimos anuales, por su parte en la cuenca baja del río Cauca los caudales máximos y mínimos anuales presentan tendencia creciente.

### **1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Coronado (2018) realizó en su tesis: “Análisis temporal de Parámetros Físico Químicos de Calidad de Efluentes en Establecimientos Industriales Pesqueros - Bahía Del Callao (Periodo 2012-2016)”, utilizado la prueba estadística de Andresom-Darling, para evaluar la normalidad de cada parámetro de las cuatro estaciones mediante el programa MINITAB 16. y como resultado indica que la mediana para los datos de pH tiene una tendencia a disminuir en dos estaciones y las demás se mantiene constante, para datos de SST tiene tendencia a disminuir en todas las estaciones, respecto a Aceites y Grasas en todas las estaciones tiene tendencia a disminuir.

De igual forma Oñate-Valdivieso & Sendra (2011) en su estudio que tiene por título: “Estudio de tendencias climáticas y generación de escenarios regionales de cambio climático en una cuenca hidrográfica binacional en América del Sur” desarrollado en la zona sur del ecuador y norte de Perú, con el objetivo de identificar posibles evidencias de un cambio climático en una región montañosa andina mediante la aplicación de metodologías estadísticas. realizó un análisis de 40 estaciones meteorológicas de esta zona fronteriza y homogeneizar una serie de datos del periodo 1970 - 2000, mediante análisis de correlación ortogonal, donde se observa una tendencia de crecimiento significativo de temperatura decrecientes en las partes altas y tendencias creciente en las partes bajas de la zona de estudio.

La prueba estadística comúnmente utilizada para detección de tendencias es la prueba no paramétrica de Mann - Kendall, esta prueba es útil para detectar tendencias significativas, es en ese sentido que (Ramos-Herrera et al., 2012) en su investigación titulada “Tendencia de la calidad del agua en ríos de Tabasco, México” donde obtiene los siguientes resultados de TSC (Tendencias significativas creciente) en los siguientes



parámetros SST en dos estaciones de las 5 evaluadas, OD en una estación (centro), por otro lado, en aceites y grasas detectó TSD (Tendencia significativa decreciente) en cuatro estaciones de monitoreo y finalmente en pH obtuvo tendencias no significativas en las cinco estaciones evaluadas.

### **1.2.3. ANTECEDENTES REGIONALES**

Bello Chirinos (2019) en su investigación titulada: “Cuantificación de la Alteración Hidrológica en la cuenca del Río Vilcanota para el periodo 1965 - 2016” en Cusco, con el objetivo de Evaluar el comportamiento temporal de la precipitación y el caudal, encontró tendencia positiva (creciente) en los caudales máximos y mínimos de manera significativa al 90 y 95 por ciento, donde evaluó el comportamiento temporal de caudal y precipitación, aplicando diversos test estadísticos entre ellas la prueba de Mann - Kendall. concluye que los resultados están asociados al incrementó del caudal descargado de la represa sbinacocha de rio vilcanota.

De igual forma Casares & De Cabo (2018) en su artículo de investigación denominado: “Análisis de tendencia de variables indicadores de calidad de agua para el Riachuelo (cuenca Matanza-Riachuelo, Argentina)” como objetivo tuvo evaluar la evolución a través de un análisis estadístico de tendencias de la calidad de agua periodo 2008 - 2016 para la cuenca Matanza - Riachuelo Argentina, para ello, aplicó la prueba no paramétrica de Mann - Kendall, sus resultados indican que el oxígeno Disuelto presentó tendencias significativas crecientes en dos estaciones (Puente la Noria y Puente Uriburu).

Arias et al. (2001) realizaron un artículo científico denominado “Caracterización de los parametros Fisicos, Quimicos, y Biologicos en la Bahía de Bajo Molle, Iquique” en Chile, los muestreos fueron analizadas mensualmente entre enero y diciembre de 1997, en tres estaciones y a tres niveles de profundidad en la bahía de bajo Molle, Iquique estos mostraron los siguientes valores normales, presentaron las mayores diferencias nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables y aceites y grasas, nitrógeno total, fósforo total y coliformes fecales, mientras la temperatura, coeficiente de extinción

de la luz fluctuaron en respuesta a la típica señal anual de variación. el pH, fósforo total, sólidos totales y detergentes mostraron una suave fluctuación.

IMARPE (2015) desarrollo evaluaciones de biomasa íctica en el Lago Titicaca; se tiene registro desde 2008 cuando se inició con estudios limnológicos; obteniendo como resultado respecto a temperatura superficial esta fluctuó entre 10,9 °C (julio 2007) y 17,3 °C (diciembre 2012), además, el Oxígeno Disuelto 4,21 mg/L en abril 2010 y 8,85 mg/L (diciembre 2007), la Conductividad Eléctrica entre 1200 uS/cm (abril 2007) y 1994 uS/cm (diciembre 2012), el pH con tendencia alcalina (7,86-8,99).

### **1.3. OBJETIVO DE ESTUDIO**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la tendencia de los parámetros físicos y químicos analizados del agua de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016 - 2021 distrito de Sandía 2023.

#### **1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

Evaluar la tendencia de los parámetros físicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía, periodo 2016 - 2021.

Determinar la tendencia de los parámetros químicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía, periodo 2016 - 2021.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### PARAMETROS FISICOS

##### 2.1.1. TEMPERATURA

La temperatura es considerada el parámetro físico con la mayor importancia del agua. además, de afectar a los procesos físicos, químicos y biológicos Sierra (2011), y se demuestra de la siguiente manera.

La tendencia creciente de la temperatura del agua en ríos, puede presentar los siguientes efectos negativos según indica (Díaz & González, 2022)

- La temperatura influye en la solubilidad del oxígeno en el agua, a medida que aumenta la temperatura, la capacidad del agua para retener oxígeno disminuye.
- así también la degradación de contaminantes o la formación de productos químicos pueden acelerar o desacelerar según la temperatura.

Algunos sólidos disueltos, como los minerales, pueden tener una mayor solubilidad a temperaturas más altas afectando la concentración de iones en el agua. (Benjumea et al., 2018) La temperatura influye en la actividad metabólica de los organismos acuáticos, por ejemplo, ciertos peces prefieren aguas más frías, mientras que otros se adaptan a temperaturas más cálidas. a temperaturas más altas, la evaporación del agua aumenta, esto puede concentrar los solutos disueltos y afectar la salinidad del agua. El pH también puede verse afectado negativamente porque el aumento de la temperatura tiende a

disminuir el pH e influir en la disponibilidad de nutrientes y en la toxicidad de ciertos compuestos.

En el Perú, mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM., (2017) indica que el parámetro de temperatura el símbolo  $\Delta$  significa variación y se determina considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y 01 año como mínimo, considerado la estacionalidad

### **2.1.2. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)**

Los sólidos suspendidos totales (SST) hacen referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual, la (CIDI/OEA, 2008) también considera como la cantidad de residuos retenidos en un filtro de fibra de vidrio con tamaño de poro nominal de 0.45m micras.

Un aumento significativo de sólidos suspendidos totales (SST) en ríos afecta varios parámetros físico químicos como por ejemplo: Turbidez las partículas suspendidas reducen la claridad del agua lo cual dificulta la penetración de luz afectando vida acuática (Fernández, 2021). Las altas concentración SST pueden afectar el oxígeno disuelto, estos limitan la transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua, poniendo en riesgo la respiración de la vida acuática (Sánchez, 2011).

Valencia (2007) indica que la Conductividad Eléctrica también se ve afectada ya que las concentraciones elevadas de partículas sólidas y materia orgánica influye a una adecuada concentración de CE en el agua. se ven afectadas también la alcalinidad y dureza los SST pueden contener carbonatos y otros minerales si aumentan en el agua, inclusive puede influir en la capacidad Buffer del agua y su resistencia a cambios de pH; por otro lado, (Benjumea et al., 2018) un aumento de SST pueden transportar contaminantes químicos y biológicos, esto al ser arrastrados por las corrientes. siendo estas la complicaciones al aumento de SST es necesario monitorear de manera constante.

### **2.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

La conductividad eléctrica es un parámetro físico químico importante que indica la capacidad del agua para conducir electricidad, su disminución puede tener diversas implicaciones en la calidad del agua y el ecosistema acuático. Según (Sierra, 2011) la CE está relacionada con la cantidad de sales disueltas en el agua, una disminución en la conductividad podría indicar una menor mineralización o salinidad y podría afectar la disponibilidad de nutrientes para los organismos acuáticos y la calidad del agua, además también indica la CE está influenciada por la presencia de iones en el agua,

Algunos organismos acuáticos, como ciertas especies de peces y macroinvertebrados, están adaptados a ciertos niveles de conductividad eléctrica, una disminución abrupta podría afectar su fisiología y comportamiento. En el caso del agua potable, una disminución en la CE podría indicar una menor concentración de sales y minerales (Valencia, 2007). En caso contrario un aumento podría estar relacionado con la presencia de contaminantes o exceso de sales.

### **2.1.4. TURBIDEZ**

La turbidez del agua es un parámetro que mide la cantidad de partículas en suspensión o materia en suspensión en el agua (Sánchez, 2011). Estas partículas pueden afectar varios aspectos de la calidad del agua y su ecosistema. según (Amado et al., 2019) la turbidez reduce la penetración de la luz solar en el agua, esto afecta la fotosíntesis de las plantas acuáticas y, por lo tanto, la producción de oxígeno. Además, puede dificultar la visión y la búsqueda de alimentos para organismo acuáticos.

las aguas turbias, con alta turbidez, absorben más calor de la luz solar, por lo tanto, la temperatura del agua aumenta, afectando la vida acuática y la solubilidad de gases como el oxígeno (Friedl & Wüest, 2002) así también, afecta la cantidad de oxígeno disuelto, las partículas suspendidas limitan la transferencia de oxígeno desde la atmósfera al agua, peor aún sucede con la vida acuática

## PARÁMETROS QUÍMICOS

### 2.1.5. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El pH es un parámetro fisicoquímico fundamental que indica la acidez o alcalinidad del agua (Sánchez, 2011) por lo tanto. su aumento o disminución puede tener diversas implicaciones en la calidad del agua .

Cuando el pH se vuelve alcalino la solubilidad de ciertas sustancias cambia. por ejemplo el plomo y aluminio se vuelven más solubles en agua alcalinas, inclusive los nutrientes como el fósforo y el nitrógeno pueden cambiar, afectando su asimilación por parte de plantas y organismos acuáticos (Benjumea et al., 2018). El OD también es influenciado por el pH alto, la capacidad para retener oxígeno disminuye. Por otro lado, las concentraciones bajas de pH durante periodos de tiempo, pueden tener efectos adversos, la solubilidad de metales pesados como plomo y aluminio son más solubles en aguas ácidas.

Mantener un pH equilibrado en el agua es esencial para nuestra salud, ello garantiza que no haya contaminantes o compuestos dañinos, además se sabe que un pH neutro o ligeramente alcalino mejora el sabor y la digestibilidad promoviendo una hidratación adecuada (OMS, 2018).

### 2.1.6. OXÍGENO DISUELTO (OD)

Es la medida de oxígeno gaseoso disuelto en el agua, expresado normalmente en ppm (partes por millón) o en miligramos de oxígeno por litro (mg/L). La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura, a mayor temperatura se disuelve menos oxígeno. Las concentraciones bajas de oxígeno disuelto se deben a la descarga de sólidos orgánicos en exceso. Por otra parte, si el agua está contaminada tiene muchos microorganismos y materia orgánica y la gran actividad respiratoria disminuye el oxígeno disuelto; un nivel alto de OD indica que el agua es de buena calidad, Sánchez, (2011).

La tendencia a registrar bajas concentraciones de oxígeno disuelto indica un gran consumo de este gas, posiblemente por microorganismos, ya que la oxidación de la materia orgánica es el principal factor de consumo Roldán & Ramírez, (2008), según lo reportado por Benjumea & Alvarez, (2017), las bajas concentraciones de oxígeno se asocian principalmente con los vertimientos de origen doméstico e industrial con un escaso tratamiento y, en menor medida, con la demanda bental por los sedimentos.

El oxígeno disuelto es condición fundamental para el desarrollo de vida acuática y la descomposición aeróbica de materia orgánica. Se pueden considerar valores aceptables a partir de 8 mgL<sup>-1</sup>. Los análisis que determinan la concentración de este gas en el agua se realizan mediante electrometría. Valencia, (2007).

#### **2.1.8. ACEITES Y GRASAS**

Las grasas y aceites están constituidas casi totalmente por triacilglicéridos (comúnmente llamados triglicéridos), que son ésteres de una molécula de glicerina con tres ácidos grasos Primo (1993).

En la determinación de grasas y aceites no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica; se determina grupos de sustancias con características físicas similares con base en su solubilidad en el solvente. Así, el término “aceites y grasas” comprende cualquier material recuperado como una sustancia soluble en el solvente (n-hexano). Esto incluye otros materiales extraídos por el solvente de la muestra acidificada. La unidad de medida es mg/l. Primo, (1993).

altas concentraciones de aceites y grasas en el agua de ríos puede tener varios efectos perjudiciales para el medioambiente, los AyG liberados pueden contaminar ríos, lagos y lagunas, estos contaminantes pueden afectar la calidad de agua formando una capa en la superficie del agua, impidiendo el intercambio de oxígeno (IACYS, 2024). Además de generar malos olores, focos de infección al proporcionar un ambiente propicio para el crecimiento de bacterias y microorganismos patógenos, también afecta diferentes



parámetros fisicoquímicos y en el ecosistema fluvial, ejemplo. El pH afecta la solubilidad de los contaminantes y la disponibilidad de nutrientes para organismos acuáticos.

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Temperatura.-** La temperatura media anual de los ríos varía entre 11,4°C y 15,6°C. La amplitud térmica media de verano e invierno oscila entre 13°C y 16,3°C. (DCI-WEB, 2016)
- **Sólidos Suspendidos Totales (SST).-** Son partículas que se mantienen en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual. la presencia de SST en las corrientes naturales depende del tipo de material del cauce y del clima de la región, en particular de las precipitaciones (DANE, 2013)
- **Conductividad Eléctrica.-** La conductividad aumenta cuando la temperatura aumenta. El agua dulce que se pierde por evaporación aumenta la conductividad y la salinidad de la masa de agua. El calor también puede aumentar la salinidad del mar. (WATER BOARDS, s. f.)
- **Turbidez.-** Es un indicador importante de la calidad del recurso hídrico y puede afectar tanto al medio ambiente y la salud pública, según (Amado et al., 2019) indica que el aumento de valores altos en turbidez son debido a la suspensión de sedimentos aportados por cauces en todo el embalse.
- **Caudal.-** La tendencia anual de caudal es un aspecto importante para comprender los cambios en los recursos hídricos y su impacto en el medio ambiente y la sociedad, (Moncada & Willems, 2020).

Se usan diversas metodologías para analizar tendencias de caudales como la regresión lineal a partir de los gráficos de caudal medio anual en el tiempo. La tendencia se clasifica según la pendiente normalizada por el caudal medio anual.

- **Potencial de hidrógeno.-** El ph es fundamental para evaluar la calidad del agua y comprender cómo interactúan las sustancias con el ecosistema. (Sedeño Diaz et al., 2013). Se hizo un análisis del embalse tropical de México, donde se evaluaron



parámetros de calidad de agua durante el periodo 2012 - 2020, se aplicó en análisis estadístico no paramétrico de Mann - Kendall para analizar las tendencias

- **Oxígeno Disuelto.**- la tendencia de OD es un indicador clave para evaluar la salud de lo ecosistemas acuáticos y tomar decisiones de conservación. (Márquez-Pacheco et al., 2023). El oxígeno disuelto es esencial para la vida acuática y una mayor concentración de OD está relacionada con buenas condiciones de calidad de agua.
- **Aceites y grasas.**- El monitoreo continuo y sistemático de los niveles de aceites y grasas en el agua permite detectar tendencias a lo largo de diferentes periodos. (IACYS, 2024)
- **Test de Mann - Kendall.**- Es una prueba no paramétrica, útil para detectar tendencias crecientes y decrecientes en datos a lo largo del tiempo, sin requerir supuestos específicos sobre la distribución o linealidad de los datos (Mann, 1945).
- **Imputación de datos faltantes.**- la imputación de valores faltantes es un método estadístico utilizado para estimar valores perdidos o incompletos en un conjunto de datos. Este método asigna valores a los datos faltantes en base a la información disponible de los datos existentes (IBM, 2023).
- **Efluente industrial.**- Se refiere a las aguas residuales generadas durante los procesos de operación y mantenimiento estas pueden generar efluentes líquidos, como: aceites y grasas, residuos de limpieza, sedimentos y contaminantes biológicos (SEA, 2021).
- **Cuerpo receptor.**- se refiere en términos generales, a un curso de agua, río, arroyo, lago o ambiente marino al cual se descarga un efluente de aguas servidas (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM., 2017).
- **Prueba no paramétrica.**- Son técnicas estadísticas que se utilizan cuando no pueden hacer suposiciones específicas sobre la distribución de la población de la cual se ha extraído la muestra.

- **Distribución normal.-** También conocida como distribución de Gauss, su función de densidad tiene una forma acampanada y es simétrica respecto a un parámetro estadístico.

### **2.2.1. MARCO NORMATIVO**

- ❖ Ley General del Ambiente Ley N° 28611, publicada con fecha 15 de octubre de 2005.
- ❖ Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, publicada con fecha 07 junio de 2017, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Disposiciones Complementarias.
- ❖ Resolución Directoral N° 008-97-EM/DGAA, publicada 13 de marzo de 1997, Niveles Máximos Permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de Generación, Transmisión, y Distribución de energía eléctrica.
- ❖ Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas D.S. N° 014-2019-EM.
- ❖ Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos, su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG.

### **2.3. HIPÓTESIS**

#### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El comportamiento de la tendencia de los parámetros físicos y químicos del agua de la central hidroeléctrica de Chijisia, durante los años 2016-2021 Tenderán a incrementar, distrito de Sandía 2023.

#### **2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

Existe tendencia creciente en los parámetros físicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016-2021 distrito de Sandía 2023.

Existe tendencia decreciente en parámetros químicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016-2021 distrito de Sandía 2023.

## JUSTIFICACIÓN

El análisis de la calidad del agua en el mundo y los estudios sobre la tendencia de variables como parámetros fisicoquímicos del agua en los últimos años viene siendo de prioridad y de mucho interés en la comunidad científica. Los estudios de tendencias de los parámetros físico químicos son muy importantes ya que estas permiten conocer los posibles cambios en el tiempo y esto proporciona una base sólida para implementar políticas y estrategias efectivas de gestión del agua.

Con el presente estudio se pretende conocer las posibles señales de cambios en la calidad de agua en la Provincia de Sandía, así mismo es muy importante organizar y generar información sobre las tendencias de los parámetros físico químicos. Por lo tanto, el generar conocimientos sobre el comportamiento de las tendencias es importante para el avance del conocimiento de la calidad del agua a nivel local.

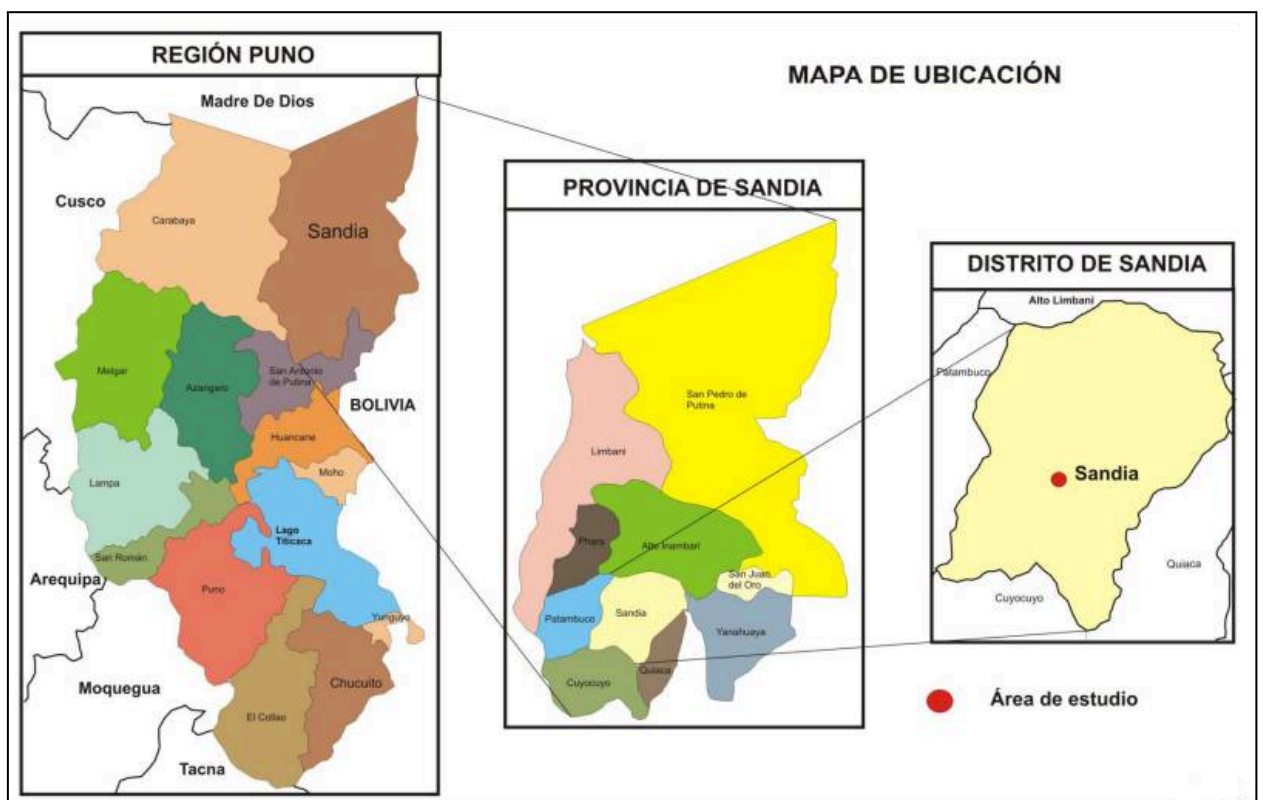
Los resultados obtenidos en el estudio servirán como base para otros estudios que guarden relación en los diferentes lugares principalmente en la región de Puno y de esta forma poder plantear estrategias y medidas contra posibles efectos de cambios en la calidad del agua.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

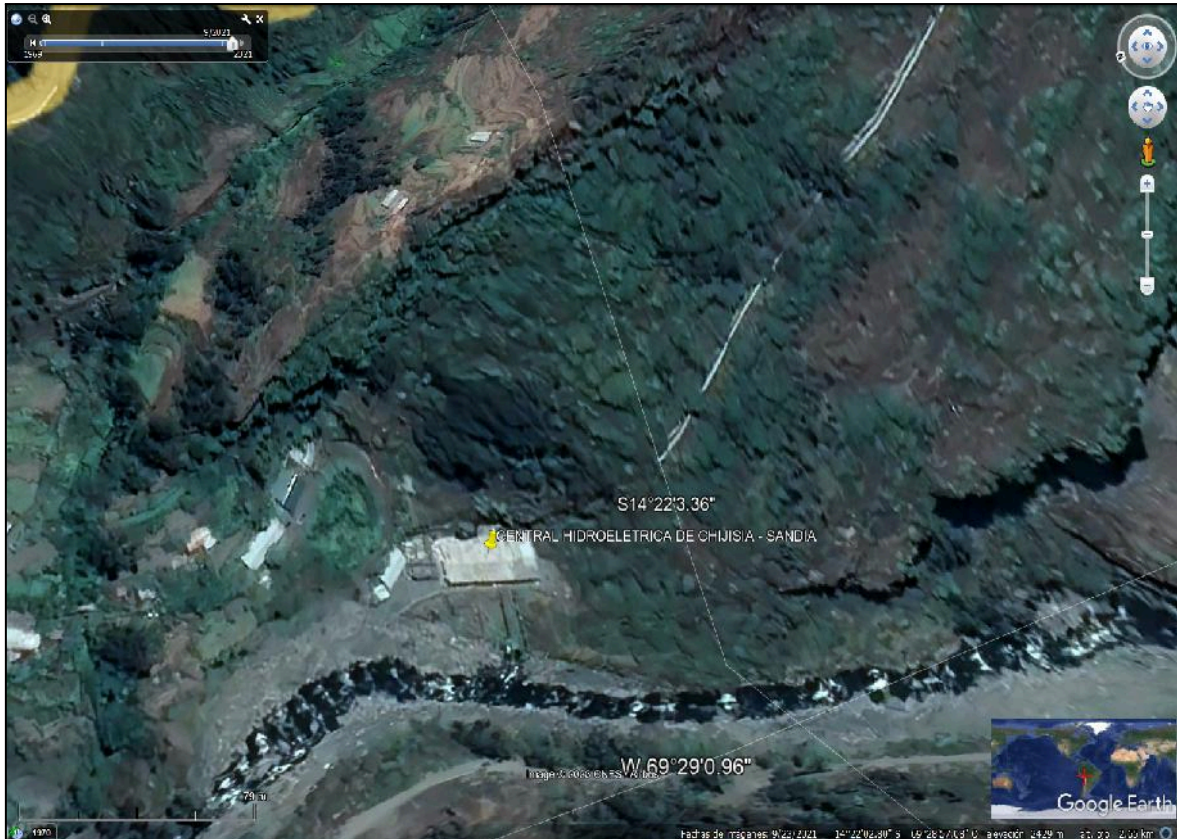
El ámbito de estudio es el distrito de Sandia, provincia de Puno, donde está ubicada la central hidroeléctrica de Chijisia, al costado del río Sandia.



**Figura 01:** Ubicación del Distrito de Sandia.

**Fuente:** INGEMMET, (2007).





**Figura 02:** Central Hidroeléctrica de Chijisia - Sandía.

**Fuente:** Google Earth Pro 2023.

Las coordenadas geográficas (datos basados en el posicionamiento del mapa cartográfico del Perú) y la altitud aproximada son:

Latitud : 14°22'1.29"S

Longitud : 69°28'57.78"O

Elevación : 2400 m.s.n.m.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN

La población en estudio está definida por los datos históricos de los parámetros físico químicos obtenidos, del monitoreo de la calidad de agua en la central hidroeléctrica de Chijisia, Sandía. durante el periodo 2016 - 2021, estos fueron obtenidos de la empresa regional servicio público de electricidad Puno.

### **3.2.2. MUESTRA**

La muestra es cuantitativa (no probabilística) es decir la elección de los datos no depende de la probabilidad, el procedimiento de la presente investigación ha dependido de la toma de decisiones y la muestra seleccionada obedeció del planteamiento del presente estudio. Para los criterios se considerará los mismos datos de la población como son los parámetros físico-químicos, monitoreados durante el periodo 2016-2021 en la central hidroeléctrica de Chijisia, Sandía.

### **3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS**

#### **3.3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El presente estudio es una investigación de tipo básica, de nivel descriptivo, el diseño de investigación es no experimental ya que se basa en datos históricos y no implica manipulación de variables, con un diseño longitudinal de tendencia, es longitudinal de tendencia porque analiza patrones o cambios significativos en las variables a través del tiempo.

#### **3.3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

##### **A. TÉCNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION**

Se recopiló información histórica de parámetros físicoquímicos monitoreados de la calidad de agua de la Central Hidroeléctrica Chijisia, Sandía. propiedad de la empresa regional de servicio público de electricidad de Puno S.A.A., durante el periodo 2016 - 2021.

##### **Información observada de parámetros físicos de la estación de monitoreo de la central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía**

Para el análisis del comportamiento y tendencias de los parámetros físicos (Caudal, Temperatura, Turbidez, Sólidos Suspendidos Totales y Conductividad Eléctrica), se ha utilizado un registro histórico de los parámetros en mención de forma mensual de la estación de monitoreo de la central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía. El periodo de registro utilizado fue 2016 - 2021.

## **Información observada de parámetros químicos de la estación de monitoreo de la central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía**

Para el análisis del comportamiento y tendencias de los parámetros químicos (pH, Oxígeno Disuelto y Aceites y Grasas), se ha utilizado un registro histórico de los parámetros en mención de forma mensual de la estación de monitoreo de la central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía. el periodo de registro utilizado fue 2016 - 2021

### **B. TECNICAS DE ANALISIS DE INFORMACION**

#### **DATOS**

Se utilizarán registros históricos de parámetros fisicoquímicos monitoreados de la calidad de agua que corresponden a las estaciones de monitoreo de la central hidroeléctrica de Chijisia, de ELP. Los datos son de escala mensual durante 6 (seis) años.

- Base de datos de parámetros físicos monitoreados de la central hidroeléctrica de Chijisia de 6 años.
- Base de datos de parámetros químicos monitoreados de la central hidroeléctrica de Chijisia de 6 años.

### **PROGRAMAS Y HERRAMIENTAS**

Para la presente investigación se utilizara el siguiente programa:

- Microsoft office Excel.
- E-WATER software TREND
- Software SPSS.

### **C. EQUIPOS**

- Laptop Personal
- Software Microsoft Office Excel
- Internet
- Libros de Estadística
- Materiales de Escritorio

### **3.3.3. METODOLOGÍA**

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se siguió los siguientes pasos metodológicos:

#### **A. TRATAMIENTO DE DATOS**

El presente trabajo de investigación se realizó a partir de la base de datos de los registros históricos y datos de parámetros fisicoquímicos obtenidos de la central hidroeléctrica de Chijisia, durante el periodo 2016 - 2021.

Se hizo el tratamiento de datos y consistió en ordenar la base de datos observada en la serie mensual, para lo cual se utilizó la herramienta de Microsoft Excel, lo que permitió tener una base de datos ordenada y clasificada, según los periodos requeridos, con la finalidad de identificar el comportamiento y las tendencias de los parámetros físico químicos.

#### **B. DETERMINACIÓN DE VALORES DE DATOS FALTANTES MEDIANTE IMPUTACIÓN MÚLTIPLE**

La determinación de datos de imputación múltiple es una técnica utilizada para tratar con valores faltantes en conjuntos de datos. Cuando se tienen datos incompletos, la imputación múltiple permite estimar los valores faltantes mediante simulaciones y generar múltiples conjuntos de datos completos (IBM, 2023).

La imputación permite incluir todos los casos disponibles en el análisis, lo que mejora la robustez de los resultados. Si se eliminan los casos con datos faltantes (método conocido como eliminación completa de casos), puede introducir sesgos en los resultados, además La imputación ayuda a conservar la información contenida en las variables con datos faltantes (Urrutia-Mosquera, 2010).

#### **C. ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD**

Es una herramienta estadística que se utiliza para comprobar si los datos de una muestra siguen una distribución normal. esta prueba es fundamental para el análisis estadístico



como pruebas de t o ANOVA es fundamental verificar si los datos o las variables se distribuyen normalmente, en caso no se cumpla se debe recurrir a la prueba no paramétrica (Campos, 2023).

Existen dos enfoques para comprobar la distribución normal:

- **prueba de kolmogorov-smirnov:** compara la distribución empírica con la distribución teórica esperada.
- **prueba de shapiro-wilk:** evalúa la normalidad calculando la correlación entre los datos y las puntuaciones normales.

En todas las pruebas comprobamos la hipótesis nula, si el valor P obtenido es menor que 0.05, se interpreta como desviación significativa de la distribución normal. si el valor P superior se considera como una distribución normal

#### **D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS TENDENCIAS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS**

En la presente investigación se utilizó como método para el análisis de la tendencia de los parámetros fisicoquímicos el test de Mann - Kendall, el test fue aplicado en la base de datos mensuales de los ocho parámetros fisicoquímicos del periodo de 2016 - 2021, fueron evaluados en siete estaciones (ver Tabla 2) de monitoreo de la Central Hidroeléctrica de Chijisia - Sandía.

González Moldes (2022), El test de Mann-Kendall es un test no paramétrico que se utiliza para evaluar la tendencia en series de datos ambientales. El test consiste en comparar los valores de una misma serie temporal en orden secuencial.

Mann (1945), propone que para que la Hipótesis nula ( $H_0$ ): No existe una tendencia monótona en la serie temporal. Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): Existe una tendencia (puede ser positiva, negativa o no nula).

La siguiente ecuación 1 representa la estadística del test Mann - Kendall:

$$S = \sum_{k=1}^{n_1-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Donde:

$$\text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$

$X_j$  representa los datos estimados de la secuencia de valores,  $n$  representa el tamaño de la serie temporal. Reciben valor cero (0) si  $(X_j - X_k) = 0$ ; y [-1] si  $(X_j - X_k) > 0$ , por fin, [1] si  $(X_j - X_k) < 0$ . Supone que  $H_0$  sea verdadera,  $S$  debe presentar una distribución aproximadamente normal con media cero y varianza  $\text{Var}(S) = [(n*(n-1)*(2*n+5))/18]$ .

El resultado de  $S$  indica la posible existencia de tendencias, desde que el valor de  $S$  sea significativamente diferente de cero. Siendo  $S$  diferente de cero, la hipótesis nula  $H_0$  puede ser rechazada, y la hipótesis alternativa  $H_1$  sería aceptada (Mann, 1945).

El valor estadístico del test es representado por  $Z$ , se expresa en la ecuación (2) a seguir:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(\text{Var}(S))^{1/2}} & \text{Se } S > 0 \\ 0 & \text{Se } S = 0 \\ \frac{S+1}{(\text{Var}(S))^{1/2}} & \text{Se } S < 0 \end{cases} \quad (2)$$

La existencia de una tendencia estadísticamente significativa se evalúa mediante el valor de  $Z$ . Un valor positivo de  $Z$  indica un aumento en la tendencia, mientras que un valor negativo indica

una disminución en la tendencia. El valor  $Z$  es el parámetro de salida del test de Mann-Kendall. Para probar cualquier tendencia (creciente o decreciente) a un nivel de significancia  $\alpha$ , se rechaza la hipótesis nula cuando el valor absoluto de  $Z$  es mayor que  $Z_{1 - \alpha/2}$ .

En este estudio, se aplicó un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  para evaluar las tendencias en los datos. A continuación, se describen las interpretaciones asociadas al valor del estadístico  $Z$ :

- **Valor de  $Z$  igual a 0:** En este caso, la hipótesis nula al nivel del 5% se acepta, lo que significa que no hay evidencia de tendencia (TS).
- **Valor de  $Z$  mayor o igual a 1,96:** Indica una tendencia significativa creciente (TSC). Es decir, hay una evidencia sólida de que los datos están aumentando con el tiempo.
- **Valor de  $Z$  menor que 1,96:** Muestra una tendencia no significativa creciente (TNSC). Aunque hay una tendencia, no es lo suficientemente fuerte como para ser estadísticamente significativa.
- **Valor de  $Z$  igual o menor que -1,96:** Representa una tendencia significativa decreciente (TSD). Los datos están disminuyendo con el tiempo.
- **Valor de  $Z$  mayor que -1,96:** Indica una tendencia no significativa decreciente (TNSD). Hay una tendencia a la baja, pero no es estadísticamente significativa. (tabla 1) (Alves et al., 2015).

**Tabla 01:** Descripción de la significancia del test Mann - Kendall.

SIGNIFICANCIA	SIMBOLOGÍA	Z
Sin tendencia	ST	0
Tendencia significativa creciente	TSC	> + 1.96
Tendencia significativa decreciente	TSD	< - 1.96
Tendencia no significativa creciente	TNSC	< + 1.96
Tendencia no significativa decreciente	TNSD	> - 1.96

**Fuente:** (Alves et al., 2015)

### 3.3.4. METODOLOGÍA POR OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### **A. Objetivos Específicos 1: Evaluar la tendencia significativa de los parámetros físicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas en la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía periodo 2016-2021.**

- Para cumplimiento de este objetivo es necesario contar con una base de datos mensual consistente lo más extenso posible en el tiempo. el uso del programa estadístico Microsoft Office Excel, las cuales permitirán la aplicación de técnicas de estadística descriptiva para el análisis de la tendencia de parámetros físicos, datos obtenidos de la central hidroeléctrica Chijisia Sandía.
- Posteriormente completamos los datos perdidos, mediante la imputación de valores faltantes usando el programa software SPSS mediante la opción imputación múltiple automática, para completar los datos faltantes esto permitirá obtener estimaciones más precisas.
- Luego realizamos la prueba de normalidad, esta es una herramienta estadística que se utiliza para verificar si los datos de una muestra siguen una distribución normal. Esta prueba es importante porque se verifica si los datos se asemejan a una campana de Gauss o curva normal.

- Finalmente, ordenamos los datos y seguimos la secuencia de la metodología para obtener el valor Z estadístico y comparar con la Tabla 1, donde dará como resultado la tendencia significativa o no significativa de crecimiento o decrecimiento de las siete estaciones de monitoreo en los parámetros fisicoquímicos evaluados.

**B. Objetivos Específicos 2: Analizar la tendencia significativa de los parámetros químicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas en la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía periodo 2016-2021.**

- De igual forma, para cumplimiento de este objetivo se realizó tomando en cuenta los mismos procedimientos mencionados anteriormente.

### 3.4. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 02:** Identificación de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR O DEFINICIÓN OPERATIVA	ESCALA DE MEDICIÓN
	Calidad del Agua	-	
<b>Variable Independiente</b>		(H <sub>0</sub> ): No existe una tendencia monótona en la serie temporal.	Nominal
Agua de la Central Hidroeléctrica	Test de Mann - Kendall	(H <sub>1</sub> ): Existe una tendencia (puede ser positiva, negativa o no nula).	
<b>Variable Dependiente</b>		- Oxígeno Disuelto	Nominal
Tendencia de los parámetros físicos y químicos de los años 2016 - 2021.	Parámetros físicos y químicos de la serie 2016 - 2021	- Aceites y Grasas	
		- Temperatura	
		- Sólidos Suspendidos Totales	
		- Conductividad Eléctrica	
		- Turbidez	
		- pH	
		- Caudal	

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación tiene como objetivo general “Analizar la tendencia significativa de los parámetros físicos y químicos analizados del agua de la Central Hidroeléctrica de Chijisia, durante los años 2016-2021 distrito de Sandia 2023.” Para lograr este propósito se tomó los datos históricos para el análisis de la tendencia significativa creciente o decreciente de los parámetros físico químicos utilizando la prueba no paramétrica de Mann - Kendall.

Las siete estaciones de monitoreo fueron divididas en dos grupos de acuerdo al tipo de uso, la primera de tres estaciones consideradas como Efluente Industrial porque son aguas turbinadas que se liberan al curso del río original, los cuatro puntos restantes como Cuerpo Receptor. puntos de control establecidos por Electro Puno S.A.A. quienes son propietarios de la central hidroeléctrica Chijisia - Sandía.

En la siguiente Tabla 03, se presenta la ubicación y descripción de las siete estaciones de monitoreo de la calidad agua en la central hidroeléctrica de Chijisia durante el período 2016 - 2021.

**Tabla 03:** Ubicación de los puntos de monitoreo de la calidad de agua de la Central Hidroeléctrica Chijisia - Sandía.

N°	PUNTOS DE CONTROL	COORDENADAS UTM (WGS 84)		DESCRIPCIÓN
		E (m)	N (m)	
1	W-CHI-01	448 139	8 411 996	Efluente líquido de la C.H. Chijisía, descarga del agua turbinada del Grupo N° 01.
2	W-CHI-02	448 139	8 411 995	Efluente líquido de la C.H. Chijisía, descarga del agua turbinada del Grupo N° 02.
3	W-CHI-03	448 138	8 411 994	Efluente líquido de la C.H. Chijisía, descarga del agua turbinada del Grupo N° 03.
4	W-CHI-04	448 111	8 411 992	100 m aguas arriba de la Central Hidroeléctrica.
5	W-CHI-05	448 130	8 409 762	100 m aguas abajo de la Central Hidroeléctrica.
6	W-CHI-06	448 435	8 409 762	Bocatoma.
7	W-CHI-07	448 417	8 410 010	Remanente en el cuerpo de agua.

**Fuente:** Electro Puno S.A.A.

#### 4.2. CON RESPECTO AL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.

Para el alcance del primer objetivo específico “Evaluar la tendencia de los parámetros físicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas en la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía, periodo 2016 - 2021.” Se empleó la prueba de Mann - Kendall, para evaluar la tendencia, obteniendo los siguientes resultados.

##### A. CAUDAL

Según los resultados del test Mann - Kendall el caudal en la central hidroeléctrica de chijisia - sandía, presentó tendencias significativas decreciente TSD en tres estaciones



(W-CHI-02, W-CHI-05 y W-CHI-06). La estación (W-CHI-03) presentó tendencia no significativa decreciente TNSC, y las estaciones (W-CHI-01, W-CHI-04 y W-CHI-07) presentaron tendencias no significativas decrecientes. Los resultados pueden ser observados en la Tabla 4 y en las figuras (03, 04, 05, 06, 07, 08 y 09) que se presentan a continuación.

**Tabla 04:** Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Caudal durante 2016 - 2021.

<b>ANÁLISIS DE TENDENCIA DE CAUDAL</b>				
<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>CALCULO Z</b>	<b>TIPO DE TENDENCIA</b>	<b>TENDENCIA <math>\alpha = 0.05</math></b>
<b>EFLUENTE INDUSTRIAL CUERPO RECEPTOR</b>	<b>W-CHI-01</b>	- 0.365	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-02</b>	- 2.484	NEGATIVO	TSD
	<b>W-CHI-03</b>	0.044	POSITIVO	TNSC
	<b>W-CHI-04</b>	- 1.633	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-05</b>	- 2.377	NEGATIVO	TSD
	<b>W-CHI-06</b>	- 2.047	NEGATIVO	TSD
	<b>W-CHI-07</b>	- 0.015	NEGATIVO	TNSD

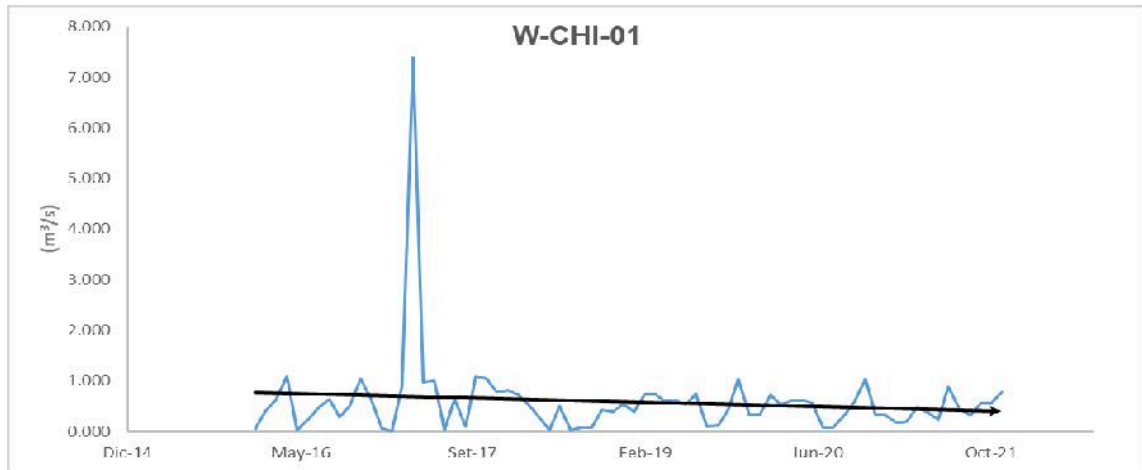
**Fuente:** Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en la Tabla 04, guardan relación con los obtenidos por Peláez Baldovino & Barros Núñez (2020), en su análisis realizado durante el periodo 1970 - 2018, teniendo como objetivo identificar tendencias en los caudales máximos y mínimos del río cauca registrados por las estaciones hidrológicas del IDEAM, aplicando la técnica de Mann - Kendall para 16 series de datos y 8 estaciones de monitoreo, como resultado

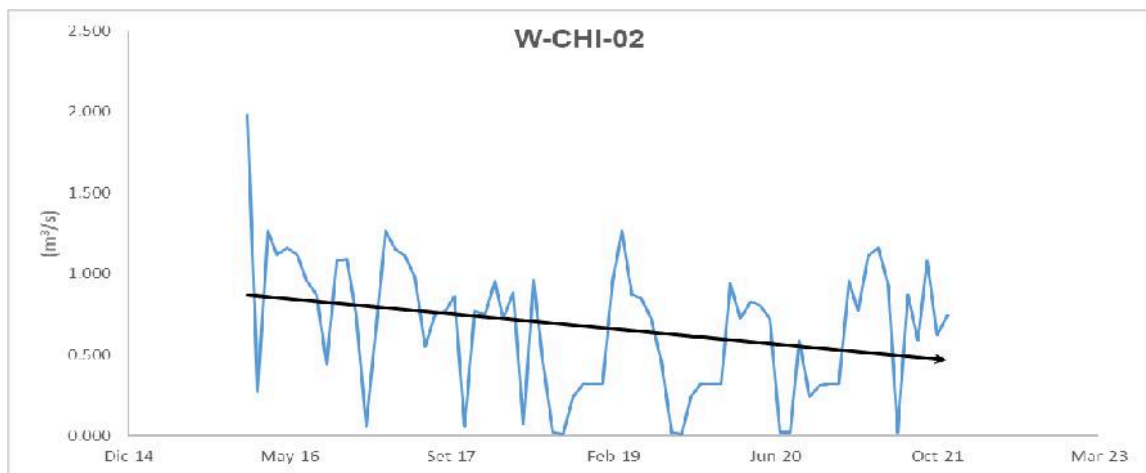
establece que la cuenca alta del río Cauca, los caudales máximos anuales tienden a decrecer en 3 estaciones y no presenta tendencia los caudales mínimos anuales, por su parte en la cuenca baja del río Cauca los caudales máximos y mínimos anuales presentan tendencia creciente.

Por su parte Bello Chirinos (2019) encontró tendencia positiva (creciente) en los caudales máximos y mínimos de manera significativa al 90 y 95 por ciento, análisis realizado durante el periodo 1965 - 2016 en Cusco, donde evaluó el comportamiento temporal de caudal y precipitación, en su estudio titulado “Cuantificación de la alteración hidrológica en la cuenca del río vilcanota para el periodo 1965 - 2016”, aplicando diversos test estadísticos entre ellas la prueba de Mann - Kendall. concluye que los resultados están asociados incrementó del caudal descargado de la represa sbinacocha de rio vilcanota.

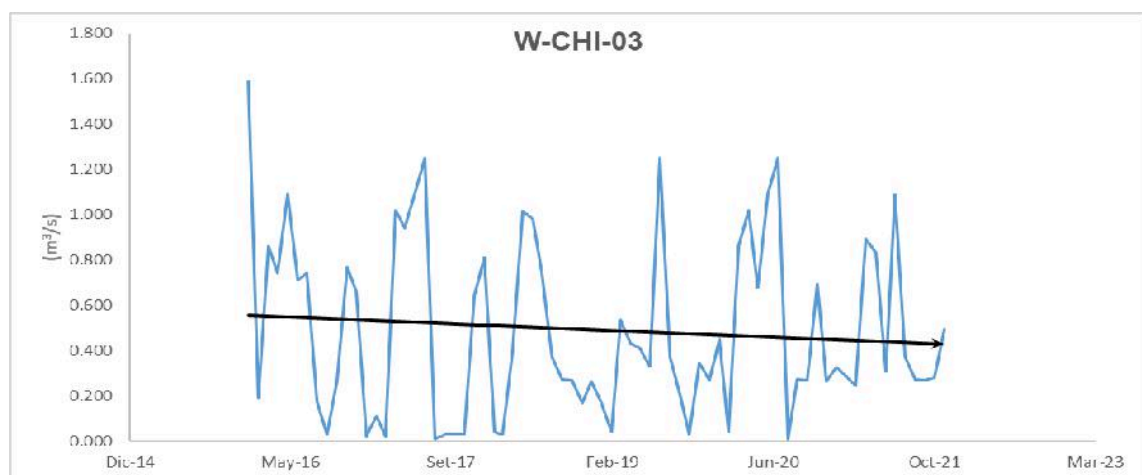
Tomando en cuenta las tres estaciones (W-CHI-02, W-CHI-05 y W-CHI-06) y gráficos (4, 7 y 8) que presentaron tendencias significativa decreciente TSD, es importante destacar que éstas pueden deberse a varios factores como el cambio climático, las precipitaciones que tienden a reducir, la deforestación, la gestión del agua o la alteración de los ecosistemas ribereños (BBC, 2009). La disminución estadísticamente significativa de caudal en ríos puede afectar de manera significativa la calidad de los ríos, con menos agua fluyendo, la concentración de contaminantes aumenta. Esto es debido a que hay menos agua para diluir los productos químicos y desechos. así mismo, la temperatura del agua puede verse afectada al aumentar también sus valores.



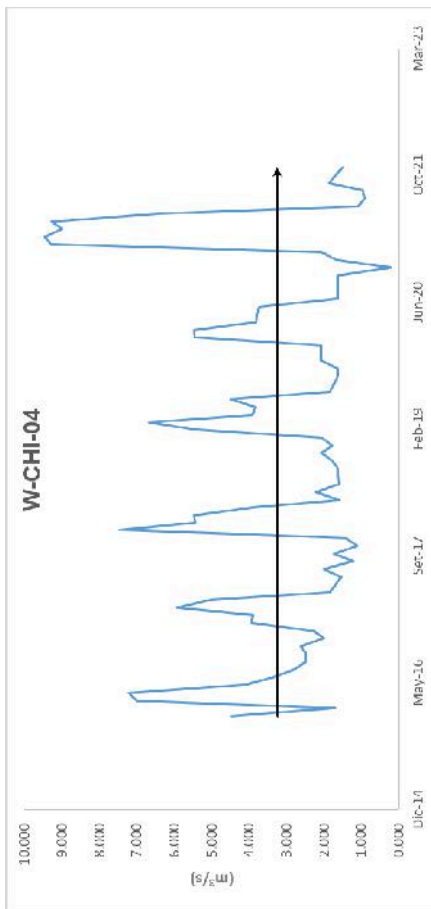
**Figura 03:** Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.



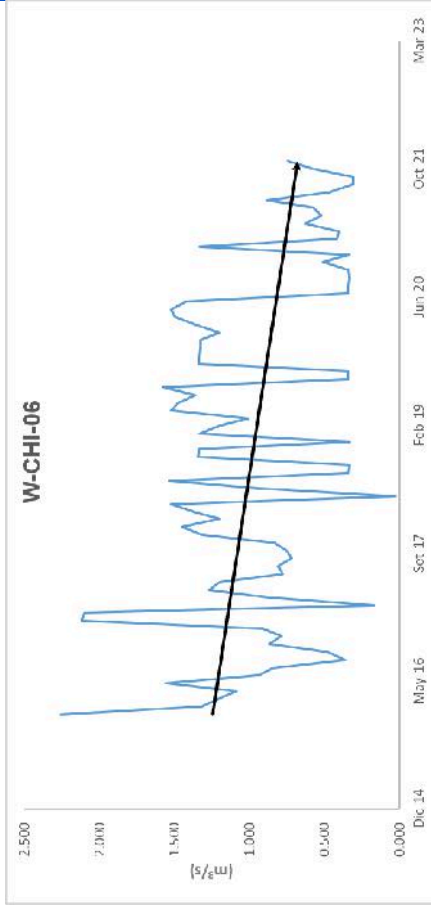
**Figura 04:** Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.



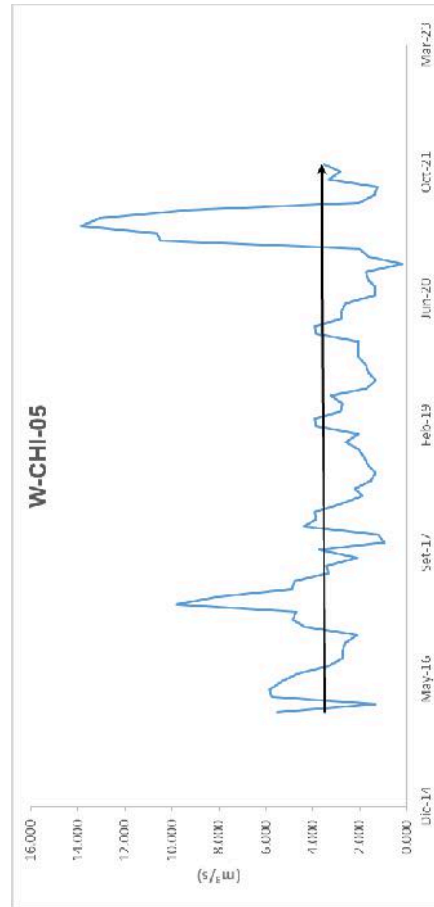
**Figura 05:** Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021



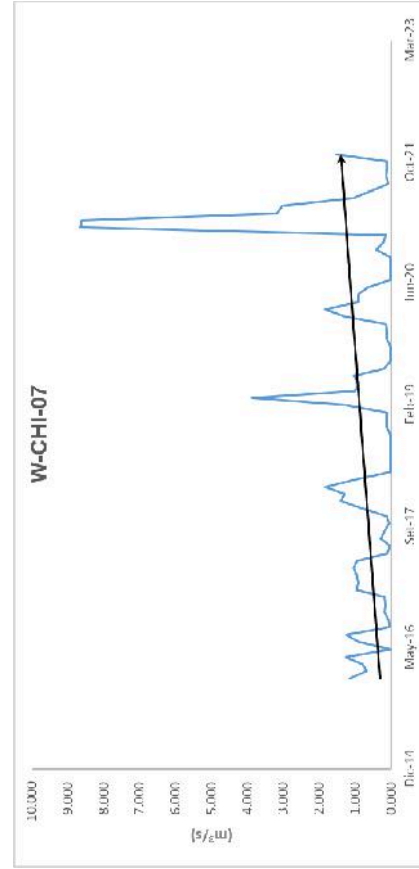
**Figura 06:** Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.



**Figura 08:** Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.



**Figura 07:** Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, C.R. de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.



**Figura 09:** Resultado índice Mann - Kendall para Caudal, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.

## B. TEMPERATURA

De los resultados de la prueba de Mann - Kendall la temperatura del agua en la central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía, presentó tendencias significativas creciente TSC en tres estaciones (W-CHI-04, W-CHI-05 y W-CHI-06), y las estaciones (W-CHI-01, W-CHI-02, W-CHI-03 y W-CHI-07) presentaron tendencias no significativas creciente los resultados pueden ser observados en la Tabla 05 y los gráficos (10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16).

**Tabla 05:** Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Temperatura durante 2016 - 2021.

<b>ANÁLISIS DE TENDENCIA EN TEMPERATURA</b>				
<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>CALCULO Z</b>	<b>TIPO DE TENDENCIA</b>	<b>TENDENCIA</b> $\alpha = 0.05$
<b>EFLUENTE INDUSTRIAL</b>	<b>W-CHI-01</b>	0.112	POSITIVO	TNSC
	<b>W-CHI-02</b>	0.024	POSITIVO	TNSC
	<b>W-CHI-03</b>	0.462	POSITIVO	TNSC
<b>CUERPO RECEPTOR</b>	<b>W-CHI-04</b>	3.242	POSITIVO	TSC
	<b>W-CHI-05</b>	2.834	POSITIVO	TSC
	<b>W-CHI-06</b>	2.484	POSITIVO	TSC
	<b>W-CHI-07</b>	0.146	POSITIVO	TNSC

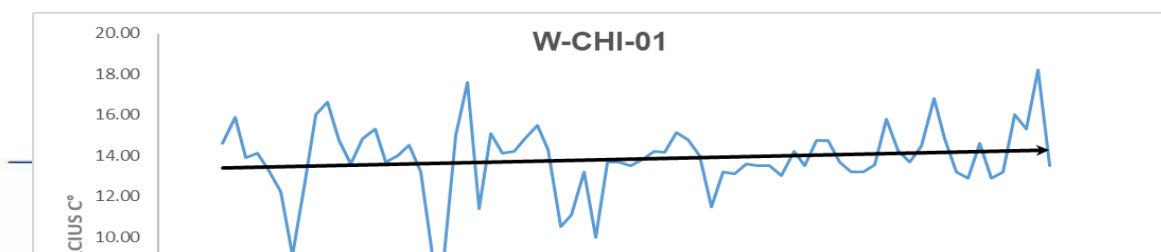
**Fuente:** Elaboración propia

Según los resultados de la Tabla 05 coinciden con lo obtenido por Ramos-Herrera et al. (2012) donde determinó tendencia espacial y temporal de siete parámetros fisicoquímicos medidos en 21 sitios de monitoreo del río de Tabasco - México, de la serie 1978 al 2011,

mediante la prueba estacional de Mann - Kendall, obteniendo similares resultados de tendencia no significativa creciente TNSC en la temperatura de agua en 3 estaciones: sierra, ríos y pantanos.

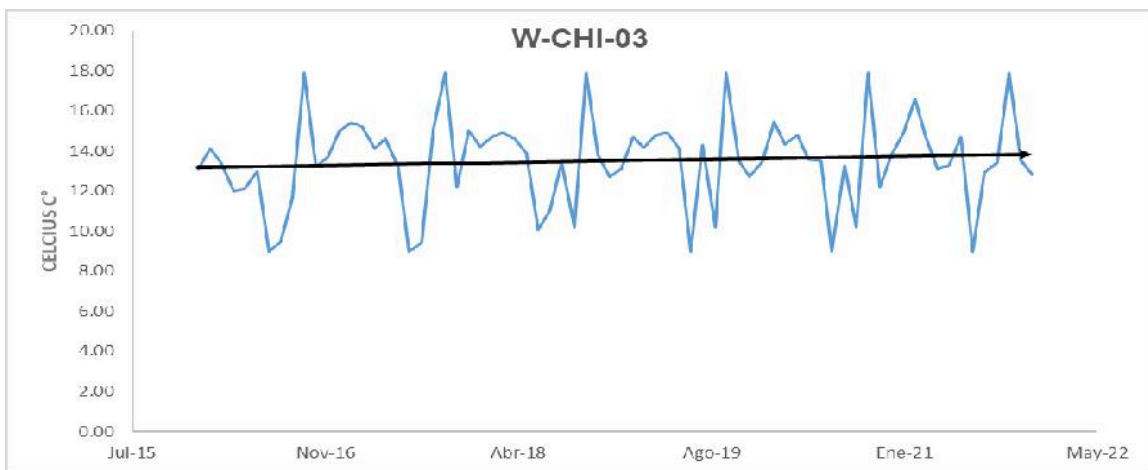
De igual forma Oñate-Valdivieso & Sendra (2011) en su estudio desarrollado en la zona sur del ecuador y norte de Perú respectivamente, realizó un análisis de 40 estaciones meteorológicas de esta zona fronteriza y homogeneizar una serie de datos del periodo 1970 - 2000, mediante análisis de correlación ortogonal, donde se observa una tendencia de crecimiento significativo de temperatura decrecientes en las partes altas y tendencias creciente en las partes bajas de la zona de estudio.

Puesto que, las estaciones (W-CHI-04, W-CHI-05 y W-CHI-06) y figuras (13, 14 y 15) presentaron tendencia significativa creciente, es importante destacar que el aumento de la temperatura del agua puede afectar a varios parámetros físico y químicos que son cruciales para la calidad del agua y la vida acuática, según (Díaz & González, 2022) indica a medida que la temperatura aumenta la solubilidad de oxígeno disminuye, afectando la vida de organismos acuáticos, inclusive, puede generar reacciones químicas afectando la degradación de contaminantes y la formación de subproductos químicos. así también (Benjumea et al., 2018) las reacciones químicas en el agua afectan el pH, lo que a su vez afecta la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de ciertos elementos, también la Turbidez (NTU) puede variar con la temperatura, partículas en suspensión pueden aumentar o disminuir con cambios térmicos, afectando la visibilidad y la calidad de agua.

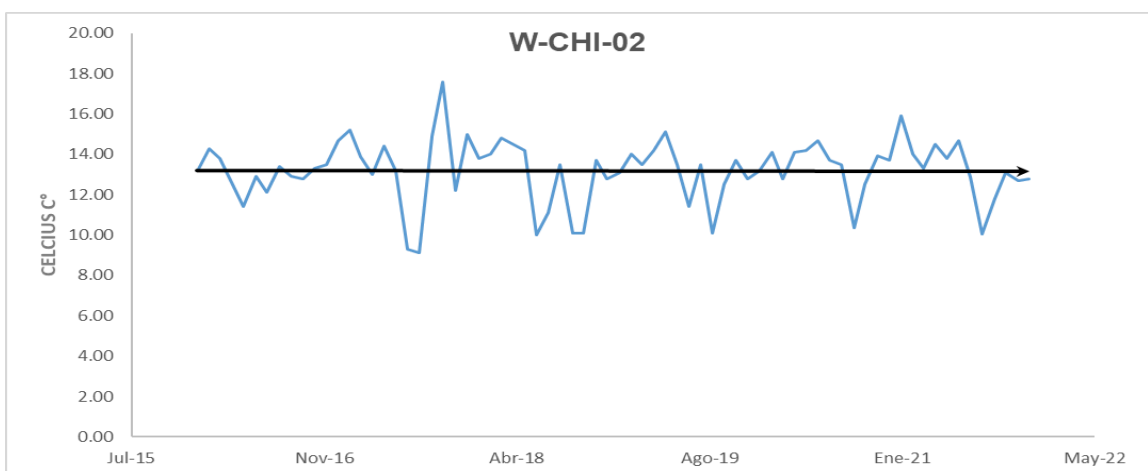




**Figura 10:** Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Efluente industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.

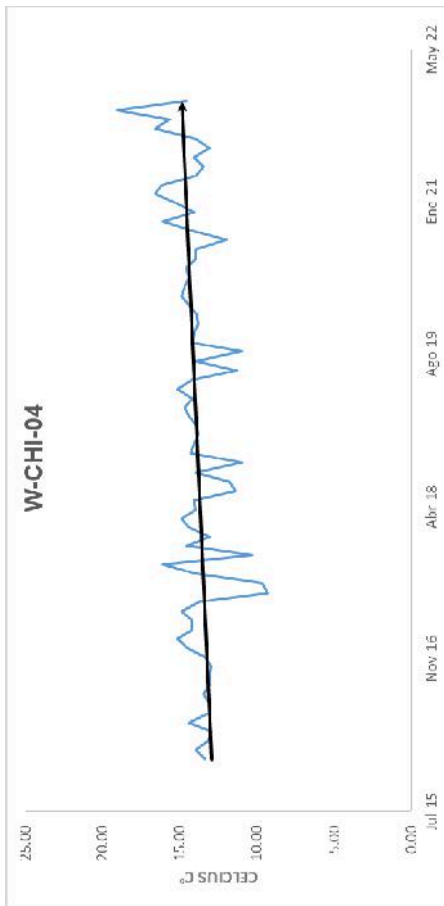


**Figura 11:** Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Efluente industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.

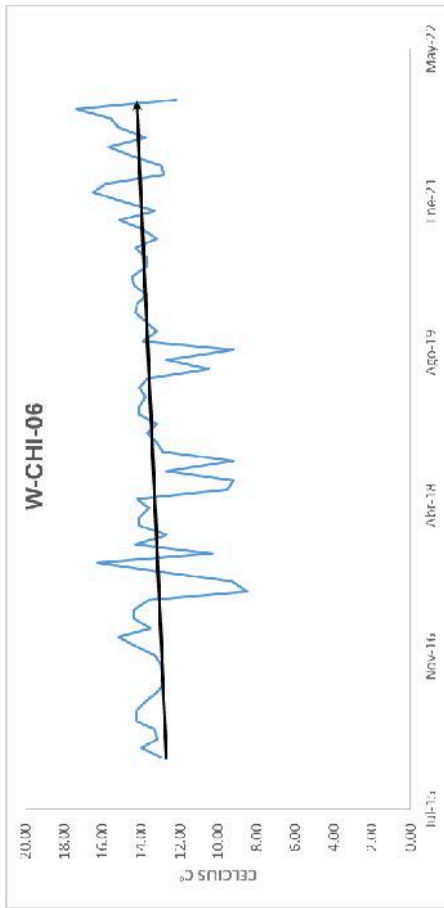


**Figura 12:** Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Efluente industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.

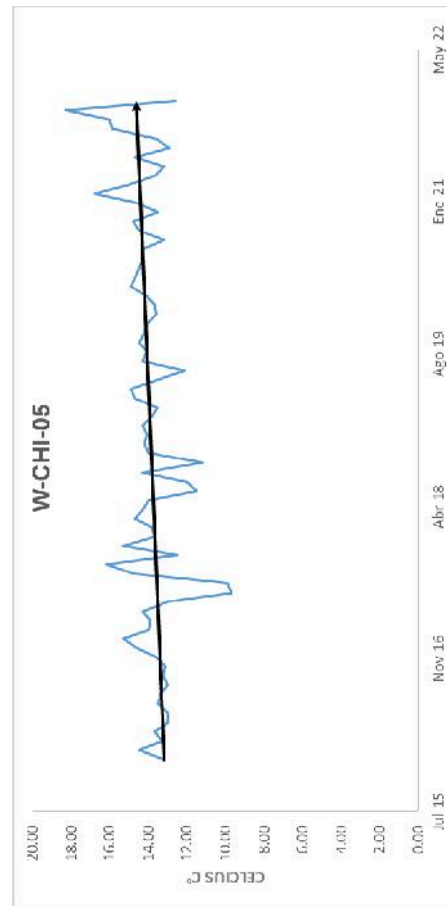




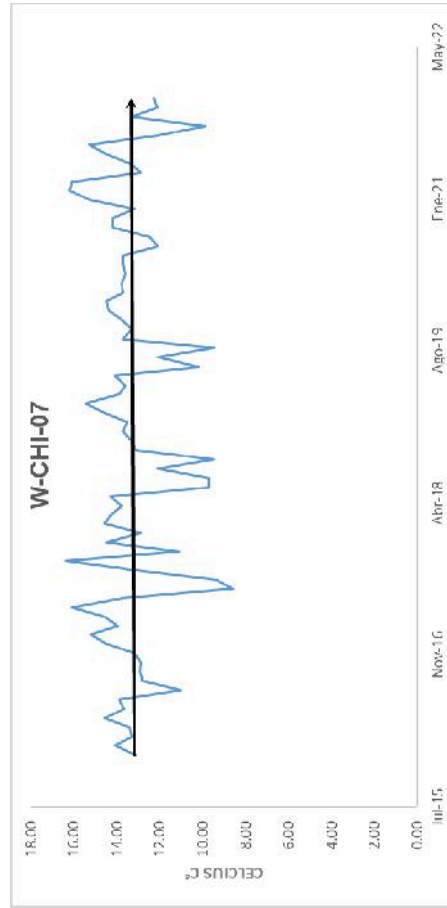
**Figura 13:** Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.



**Figura 15:** Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.



**Figura 14:** Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.



**Figura 16:** Resultado índice Mann - Kendall para Temperatura, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.

### C. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Según los resultados índice Mann - Kendall los Sólidos Suspendidos Totales en la central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía, presentaron tendencias no significativas creciente TNSC en las siete estaciones, ver Tabla 06 y gráficos (17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23).

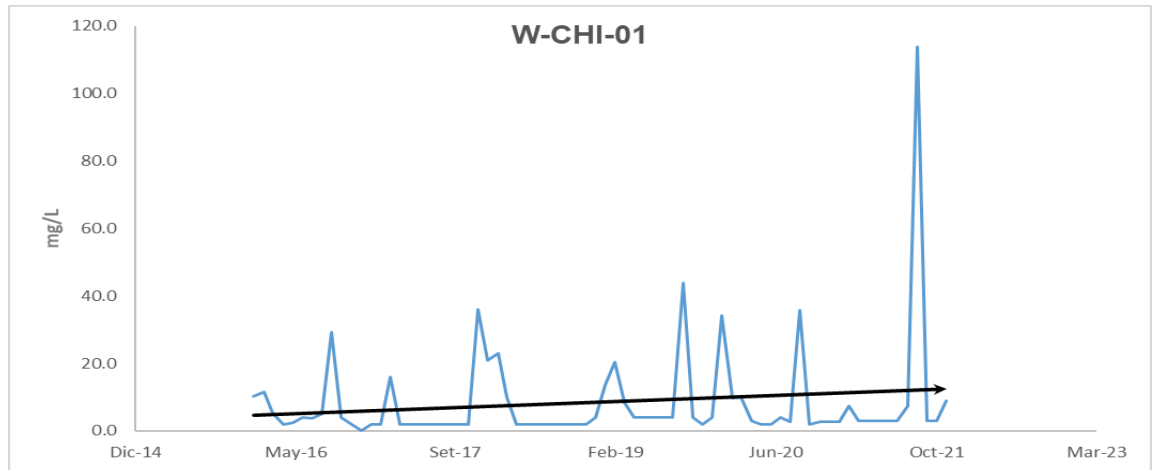
**Tabla 06:** Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Sólidos Suspendidos Totales durante 2016 - 2021.

#### ANÁLISIS DE TENDENCIA EN SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

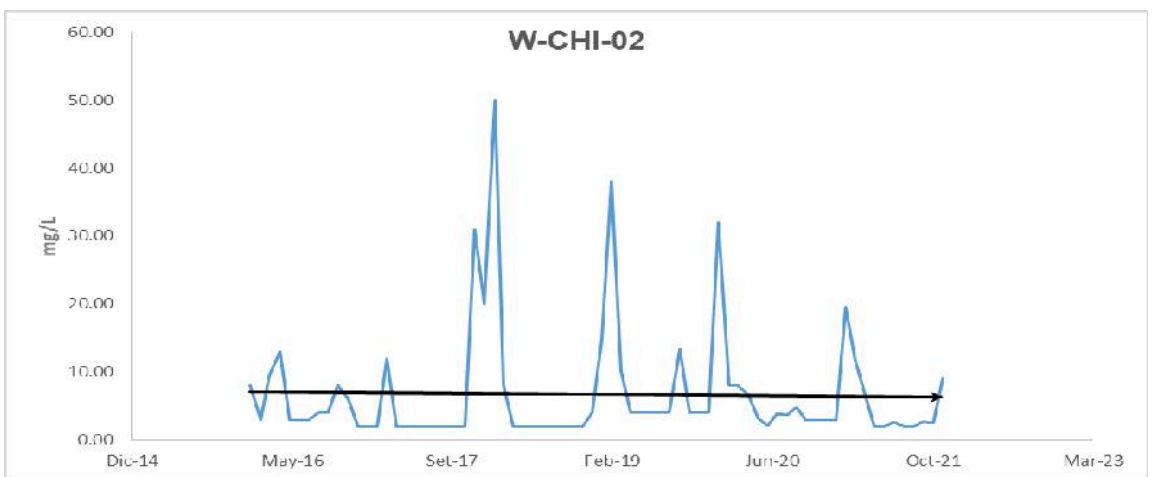
CALIDAD DE AGUA	ESTACIÓN	CALCULO Z	TIPO DE TENDENCIA	TENDENCIA $\alpha = 0.05$
EFLUENTE INDUSTRIAL CUERPO RECEPTOR	W-CHI-01	1.22	POSITIVO	TNSC
	W-CHI-02	0.034	POSITIVO	TNSC
	W-CHI-03	0.802	POSITIVO	TNSC
	W-CHI-04	0.943	POSITIVO	TNSC
	W-CHI-05	0.919	POSITIVO	TNSC
	W-CHI-06	0.943	POSITIVO	TNSC
	W-CHI-07	1.551	POSITIVO	TNSC

**Fuente:** Elaboración propia.

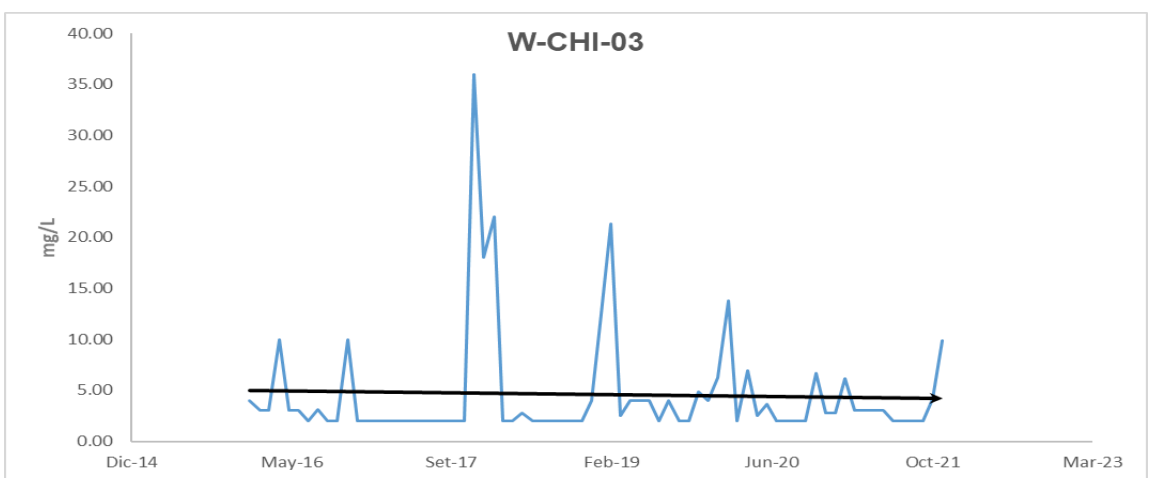
El resultado mostrado en la Tabla 06 no concuerda con lo obtenido por Ramos-Herrera et al. (2012) donde determinó tendencia espacial y temporal de siete parámetros fisicoquímicos medidos en 21 sitios de monitoreo del río de tabasco - México, de la serie 1978 al 2011, mediante la prueba estacional de Mann - Kendall, obteniendo resultados de tendencia significativa decreciente TSD en dos estaciones: Sierra y Centro; TNSD en dos estaciones; Chontalpa y Ríos y TNSC en la estación Pantanos.



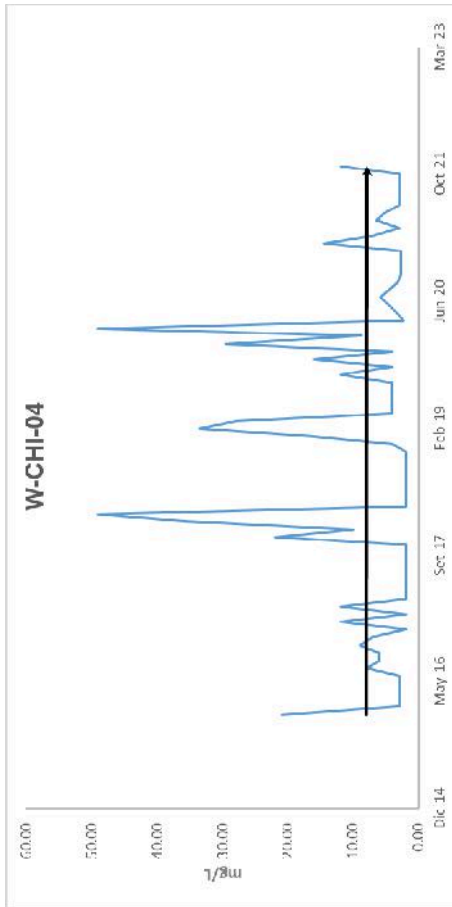
**Figura 17:** Resultado índice Mann - Kendall para STS, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.



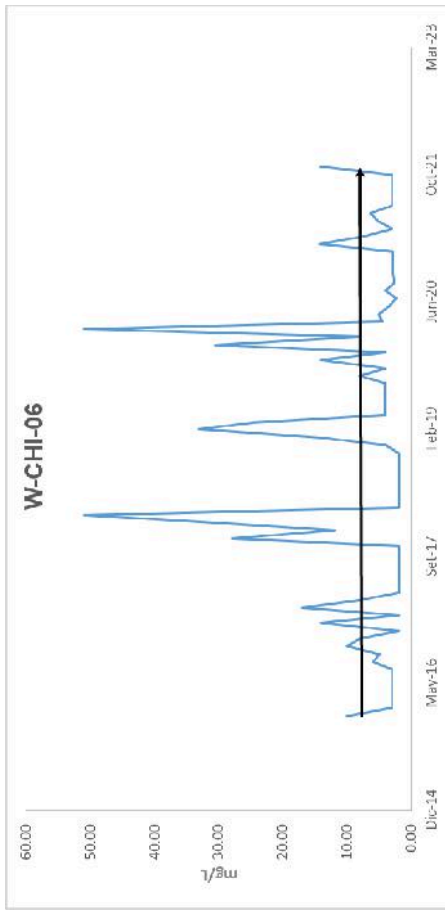
**Figura 18:** Resultado índice Mann - Kendall para STS, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.



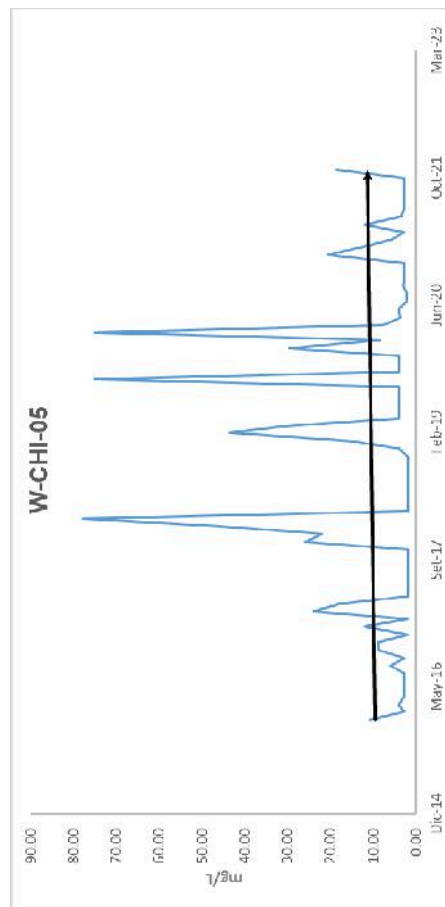
**Figura 19:** Resultado índice Mann - Kendall para STS, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.



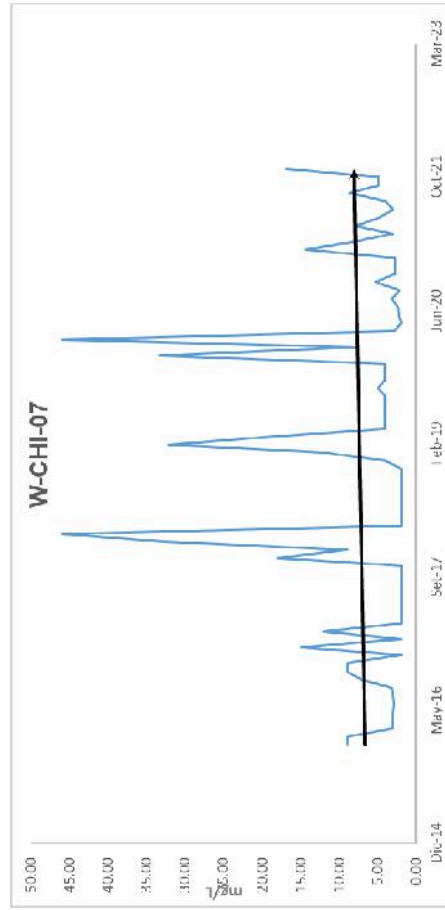
**Figura 20:** Resultado índice Mann - Kendall para STS, Cuero Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.



**Figura 22:** Resultado índice Mann - Kendall para STS, Cuero Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.



**Figura 21:** Resultado índice Mann - Kendall para STS, Cuero Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.



**Figura 23:** Resultado índice Mann - Kendall para STS, Cuero Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.

#### D. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Según los resultados del test de Mann - Kendall la Conductividad Eléctrica en la central hidroeléctrica de Chijisía - Sandía, presentaron tendencia significativa decreciente TSD las estaciones (W-CHI-01, W-CHI-02 y W-CHI-03). Las estaciones (W-CHI-01 y W-CHI-02) presentaron tendencia no significativa creciente TNSC, y las estaciones (W-CHI-03 y W-CHI-07) presentaron tendencia no significativa decreciente. Los resultados pueden ser observados en la Tabla 07 y en las figuras (24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30) que se presentan a continuación.

**Tabla 07:** Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Conductividad Eléctrica durante 2016 - 2021.

#### ANÁLISIS DE TENDENCIA PARA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

CALIDAD DE AGUA	ESTACIÓN	CALCULO Z	TIPO DE TENDENCIA	TENDENCIA $\alpha = 0.05$
EFLUENTE INDUSTRIAL CUERPO RECEPTOR	W-CHI-01	1.838	POSITIVO	TNSC
	W-CHI-02	0.18	POSITIVO	TNSC
	W-CHI-03	- 1.483	NEGATIVO	TNSD
	W-CHI-04	- 2.805	NEGATIVO	TSD
	W-CHI-05	- 3.043	NEGATIVO	TSD
	W-CHI-06	- 3.578	NEGATIVO	TSD
	W-CHI-07	- 1.677	NEGATIVO	TNSD

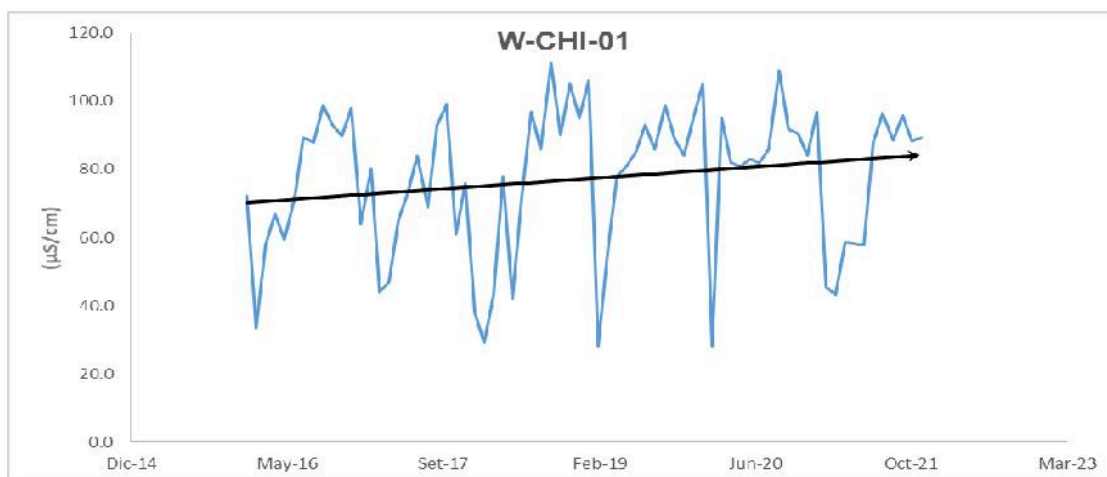
**Fuente:** Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados de la Tabla 7 estos guardan relación con los resultados de (Márquez-Pacheco et al., 2023) en su análisis de la serie 2012 al 2020, que tuvo como

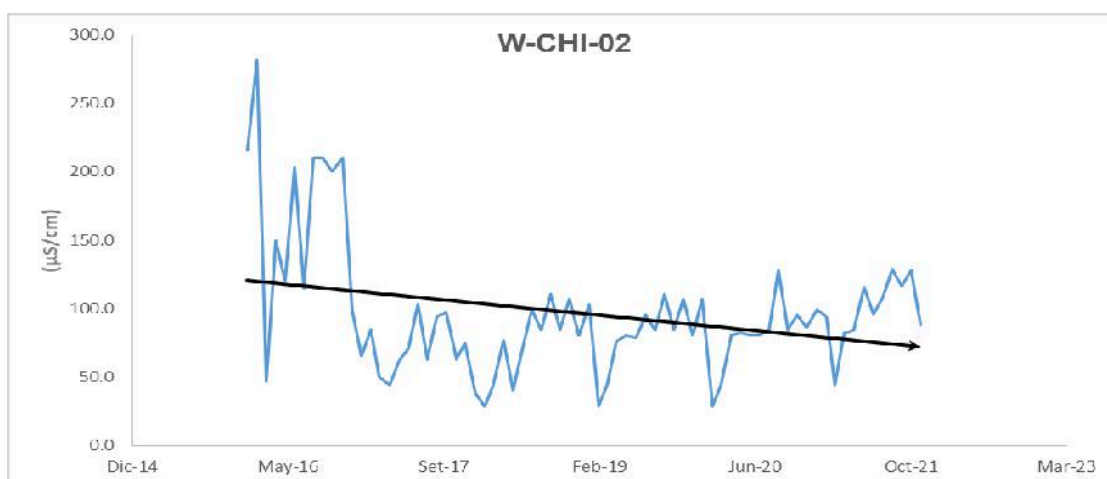
objetivo analizar las tendencias de parámetros de calidad del agua en un embalse tropical de la región Centro-Sur del Estado de Sinaloa - México, aplicando análisis estadístico no-paramétrico de Mann-Kendall, identificó tendencia significativa decreciente TSD para el parámetro Conductividad Eléctrica. Resultados similares obtuvo (González et al., 2018), en su estudio el periodo 1991-2013 para la estación C1; periodo 1985-2013 para la estación (C2); y periodo 2002-2013 para la estación P1, que tiene como objetivo analizar las tendencias observadas en las redes de control oficiales de la masa de agua subterránea Fuente de Piedra (provincia de Málaga), detecta tendencia decreciente en dos estaciones (P1 y C2) a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$  y  $\alpha=0,001$  respectivamente. La estación (C1) presentó tendencia creciente a un nivel de significancia de  $\alpha=0,001$ .

Tomando en cuenta las estaciones (W-CHI-04, W-CHI-05 y W-CHI-06) y gráficos (27, 28 y 29) que presentaron tendencia significativa decreciente TSD. es importante resaltar que al disminuir la conductividad eléctrica tiene relación con la presencia de iones disueltos en el agua, por tanto, cuando se presenta una tendencia significativa de disminución indica una reducción en la concentración de iones en el agua, afectando la salinidad y la contaminación, esto puede ser beneficioso para la calidad de agua (Valencia, 2007). además, la CE influye en la vida acuática, al disminuir, puede afectar la respiración de los organismos y su capacidad para regular los iones en sus células puede ser perjudicial, ejemplo los peces dependen de ciertos iones disueltos para su funcionamiento fisiológico, una disminución extrema podría afectar su salud y supervivencia. Una conductividad eléctrica muy baja también puede indicar una desmineralización excesiva del agua, afectando la disponibilidad de nutrientes esenciales para la vida acuática.

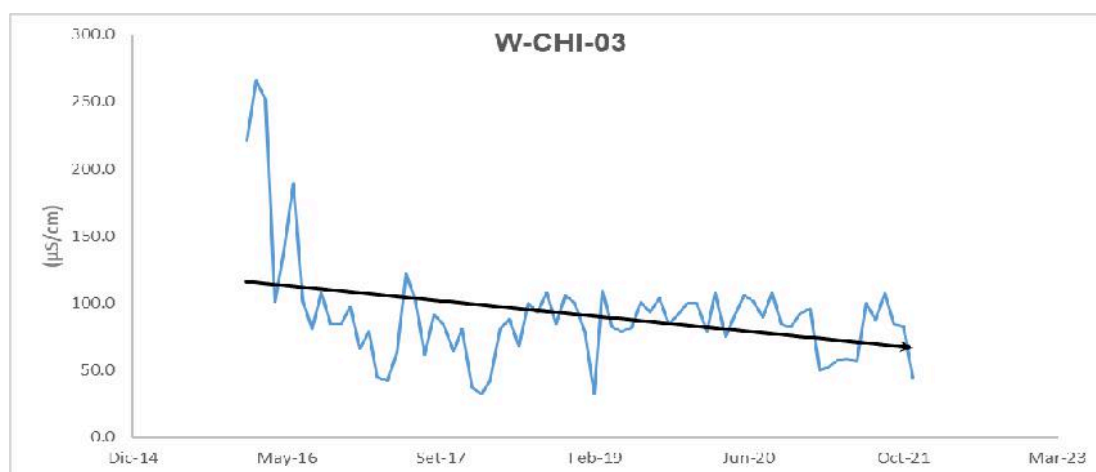




**Figura 24:** Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Efluente Líquido de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.

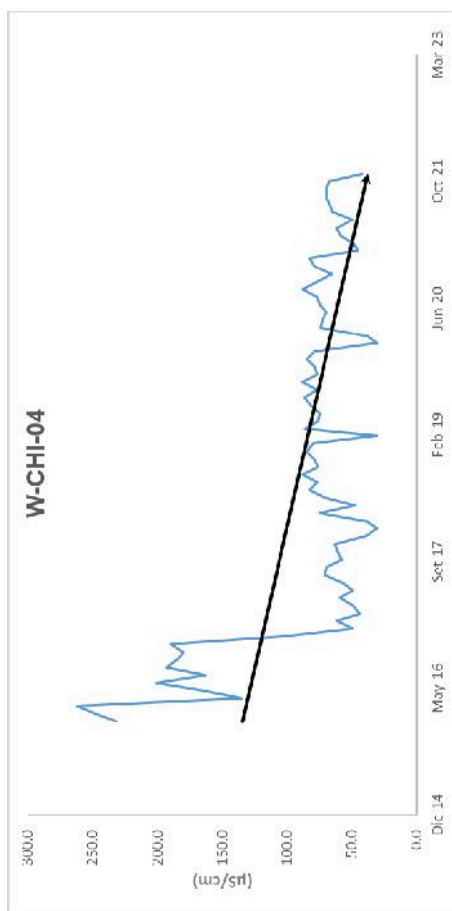


**Figura 25:** Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Efluente Líquido de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.

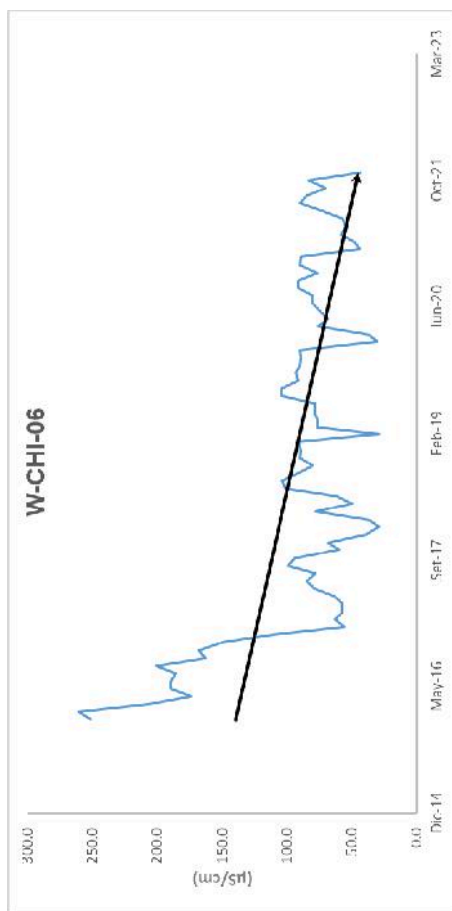


**Figura 26:** Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Efluente Líquido de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.

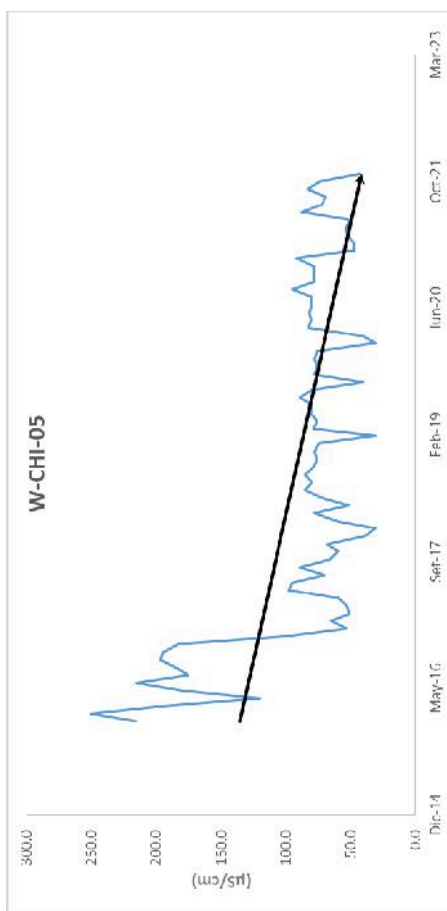




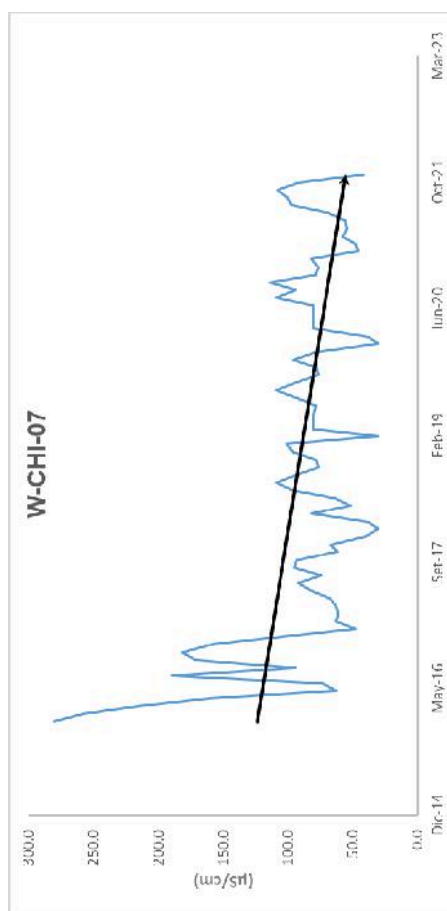
**Figura 27:** Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.



**Figura 29:** Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.



**Figura 28:** Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.



**Figura 30:** Resultado índice Mann - Kendall para C.E., Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.

## E. TURBIDEZ

De los resultados del test de Mann - Kendall la turbidez en la calidad de agua de la central hidroeléctrica de Chijisia- sandía, presentaron tendencia significativa decreciente las estaciones (W-CHI-04, W-CHI-05 y W-CHI-06). Las estaciones (W-CHI-01, W-CHI-02, W-CHI-03 y W-CHI-07) presentaron tendencia no significativa decreciente TNSD. los resultados pueden ser observados en la Tabla 08 y en los gráficos (31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37) que se presentan a continuación

**Tabla 08:** Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Turbidez durante 2016 - 2021.

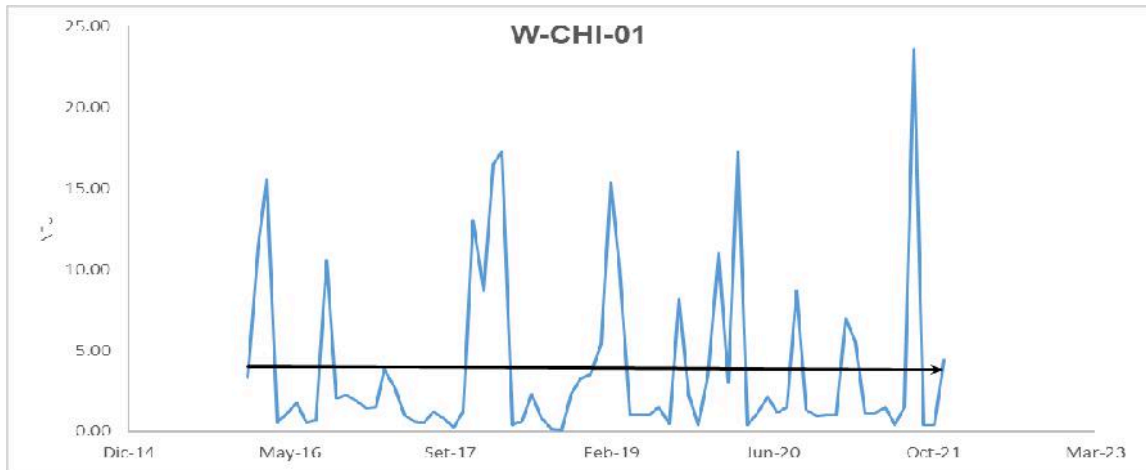
<b>ANÁLISIS DE TENDENCIA PARA TURBIDEZ</b>				
<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>CALCULO Z</b>	<b>TIPO DE TENDENCIA</b>	<b>TENDENCIA</b> $\alpha = 0.05$
<b>EFLUENTE INDUSTRIAL</b>	<b>W-CHI-01</b>	-0.394	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-02</b>	-0.885	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-03</b>	-1.551	NEGATIVO	TNSD
<b>CUERPO RECEPTOR</b>	<b>W-CHI-04</b>	-2.333	NEGATIVO	TSD
	<b>W-CHI-05</b>	-2.032	NEGATIVO	TSD
	<b>W-CHI-06</b>	-2.392	NEGATIVO	TSD
	<b>W-CHI-07</b>	-0.982	NEGATIVO	TNSD

**Fuente:** Elaboración propia.

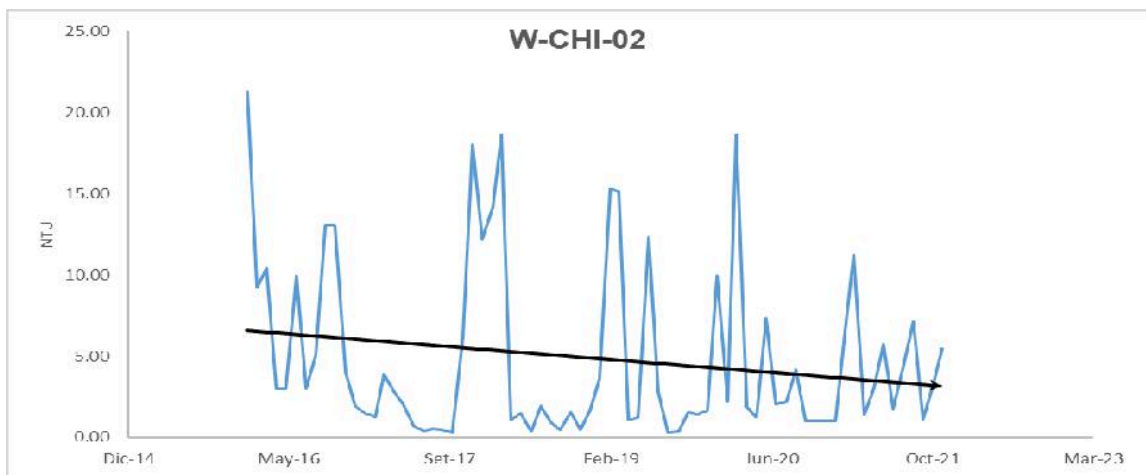
Los resultados de la Tabla 08 no guardan relación con lo obtenido por Márquez-Pacheco et al. (2023) en su análisis de la serie 2012 al 2020, que tuvo como objetivo analizar las

tendencias de parámetros de calidad del agua en un embalse tropical de la región Centro-Sur del Estado de Sinaloa - México, aplicando análisis estadístico no-paramétrico de Mann-Kendall, identificó tendencia no significativa creciente TNSC para el parámetro turbidez.

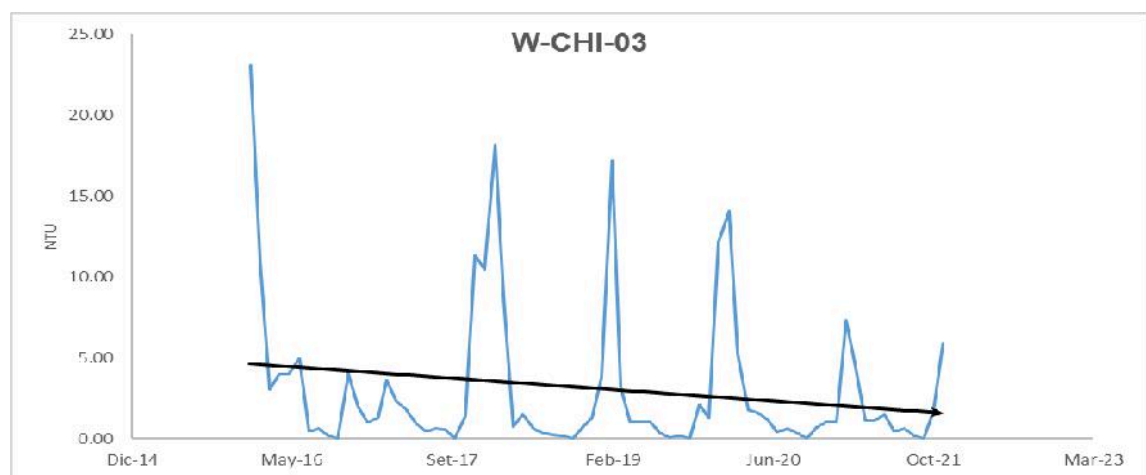
Puesto que las estaciones (W-CHI-04, W-CHI-05 y W-CHI-06) y su gráficos (34, 35 y 36) presentaron tendencias significativas decreciente TSD. Cuando la turbidez disminuye, la concentración de sedimentos también puede reducirse, esto afecta la carga de partículas en el agua. además puede aumentar la penetración de luz en el agua, beneficiando la fotosíntesis de las plantas y la vida en el ecosistema acuático, donde la concentración de oxígeno disuelto también se verá en aumento, teniendo en cuenta la que indica (Friedl & Wüest, 2002) la temperatura no aumenta con la disminución de la concentración de turbidez. por otro lado, se puede apreciar un impacto en la vida acuática, poniendo en riesgo la vida de algunos peces, ellos muchas veces dependen de partículas en suspensión para su alimentación y refugio, una disminución extrema en la turbidez podría afectar su hábitat y comportamiento.



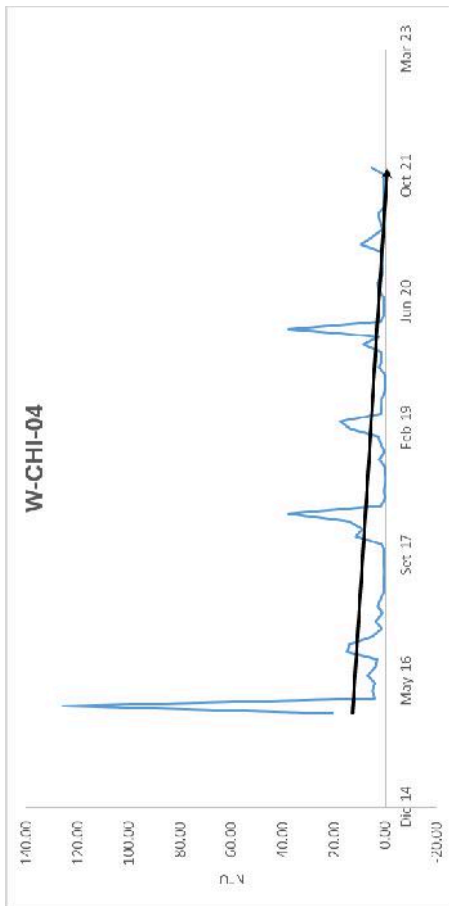
**Figura 31:** Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Efluente Líquido de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.



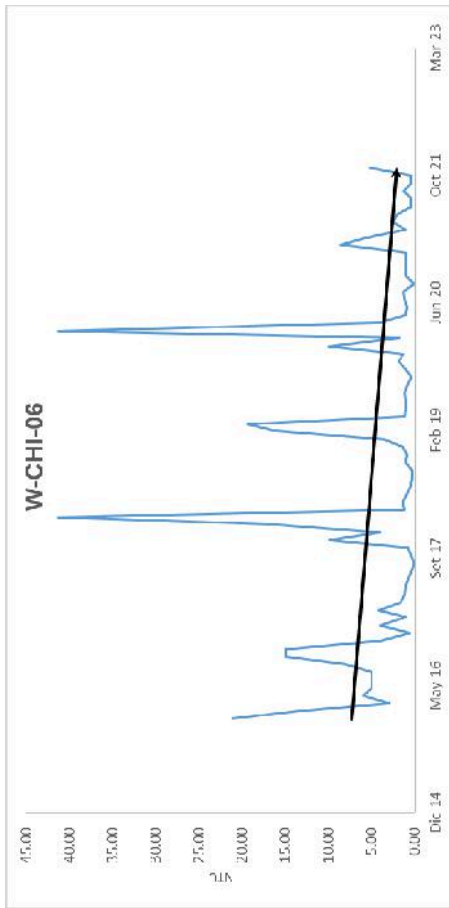
**Figura 32:** Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Efluente Líquido de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.



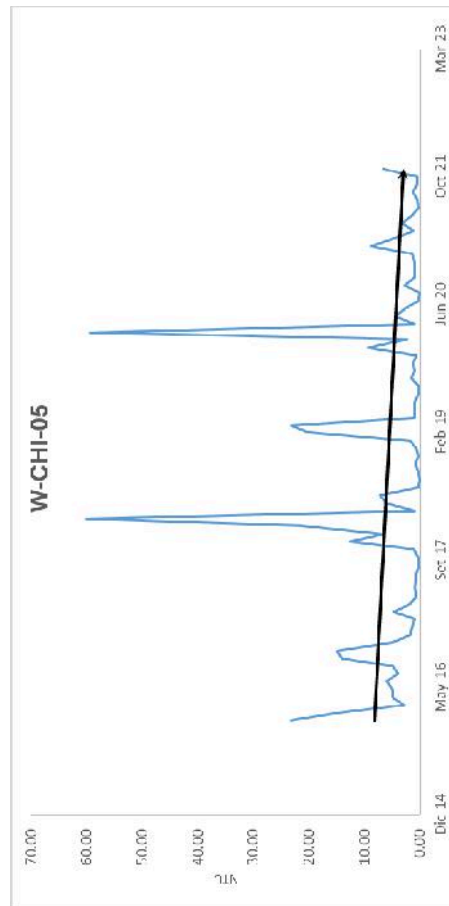
**Figura 33:** Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Efluente Líquido de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.



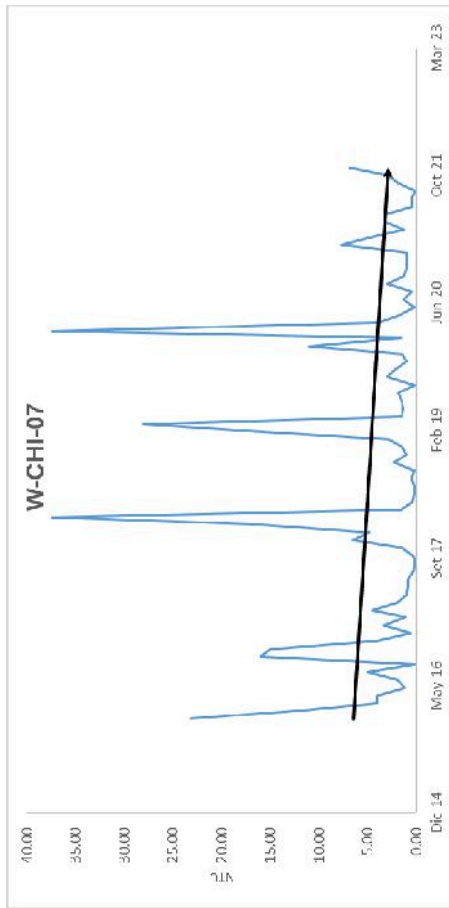
**Figura 34:** Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.



**Figura 36:** Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.



**Figura 35:** Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.



**Figura 37:** Resultado índice Mann - Kendall para Turbidez, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.

### 4.3. CON RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.

Para el alcance del segundo objetivo específico “Determinar la tendencia significativa de los parámetros químicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas en la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía periodo 2016 - 2021.” Se utilizó la prueba no paramétrica de de Mann - Kendall, obteniendo los siguientes resultados.

#### A. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

**Tabla 09:** Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en pH (Potencial de hidrógeno) durante 2016 - 2021.

<b>ANÁLISIS DE TENDENCIA PARA POTENCIAL DE HIDRÓGENO</b>				
<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>CALCULO Z</b>	<b>TIPO DE TENDENCIA</b>	<b>TENDENCIA</b>
				<b><math>\alpha = 0.05</math></b>
<b>EFLUENTE INDUSTRIAL</b>	<b>W-CHI-01</b>	1.128	POSITIVO	TNSC
	<b>W-CHI-02</b>	1.099	POSITIVO	TNSC
	<b>W-CHI-03</b>	1.167	POSITIVO	TNSC
	<b>W-CHI-04</b>	2.061	POSITIVO	TSC
<b>CUERPO RECEPTOR</b>	<b>W-CHI-05</b>	2.47	POSITIVO	TSC
	<b>W-CHI-06</b>	1.745	POSITIVO	TNSC
	<b>W-CHI-07</b>	0.447	POSITIVO	TNSC

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de la prueba no paramétrica de Mann - Kendall el pH (potencial de hidrógeno) de la calidad de agua de la central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía, presentaron tendencia significativa creciente las estaciones (W-CHI-04 y W-CHI-05). Las

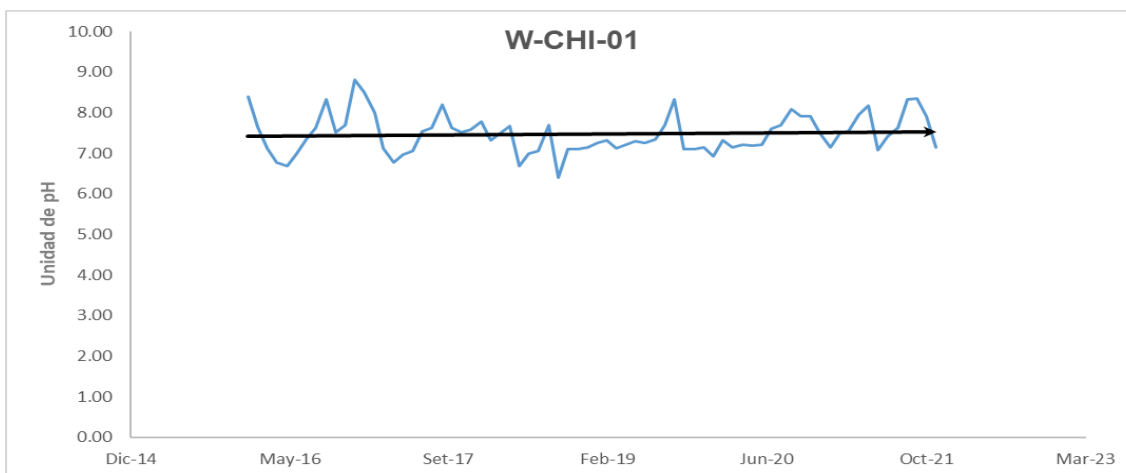


estaciones (W-CHI-01, W-CHI-02, W-CHI-03, W-CHI-06 y W-CHI-07) presentaron tendencias no significativa creciente TNSC para pH. Los resultados pueden ser observados en la Tabla 09 y en los gráficos (38, 39, 40, 41, 42, 43 y 44).

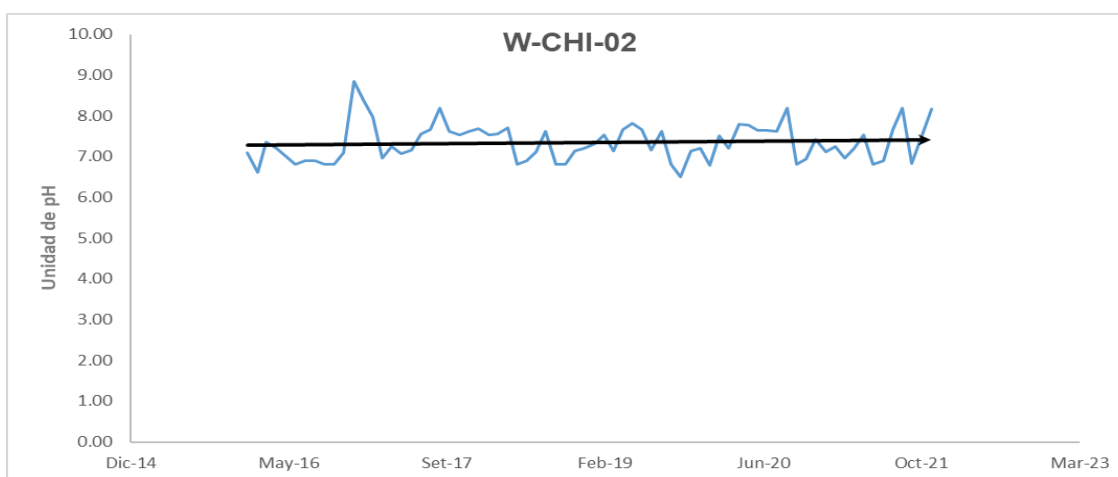
Los resultados de la Tabla 09 guardan relación con lo obtenido por Ramos-Herrera et al. (2012) donde determinó tendencia espacial y temporal de siete parámetros fisicoquímicos dentro de ellos pH medidos en 21 sitios de monitoreo del río de tabasco - México, de la serie 1978 al 2011, mediante la prueba estacional de Mann - Kendall, obteniendo resultados de tendencia no significativa creciente TNSC en tres estaciones: Sierra, Pantanos y Centro y tendencia no significativa decreciente TNSD en dos estaciones; Chontalpa y Ríos. resultados similares obtuvo (Márquez-Pacheco et al., 2023) en su análisis de la serie 2012 al 2020, que tuvo como objetivo analizar las tendencias de parámetros de calidad del agua en un embalse tropical de la región Centro-Sur del Estado de Sinaloa - México, aplicando análisis estadístico no-paramétrico de Mann-Kendall, identificó tendencia no significativa creciente TNSC para el parámetro pH.

Tomando en cuenta las estaciones (W-CHI-04 y W-CHI-05) y gráficos (41 y 42) que presentaron tendencia significativa creciente, es necesario indicar que esto indica que los valores durante el periodo evaluado tienden a aumentar. Cuando la concentración de pH aumenta y se mantiene durante el tiempo puede afectar la solubilidad de metales, en aguas alcalinas los metales pesados como plomo y aluminio tienden a precipitar y volverse menos solubles, afectando la disponibilidad de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno estas puede volverse menos accesibles para las plantas (Benjumea et al., 2018).

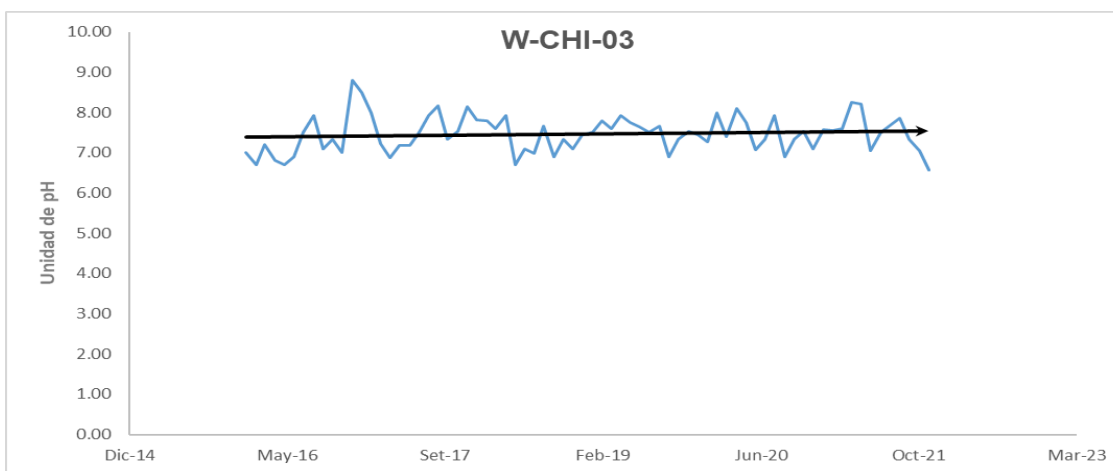




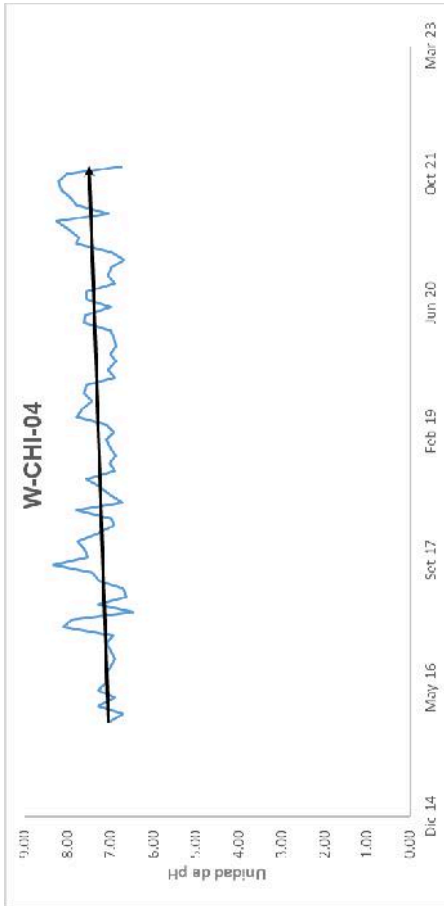
**Figura 38:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.



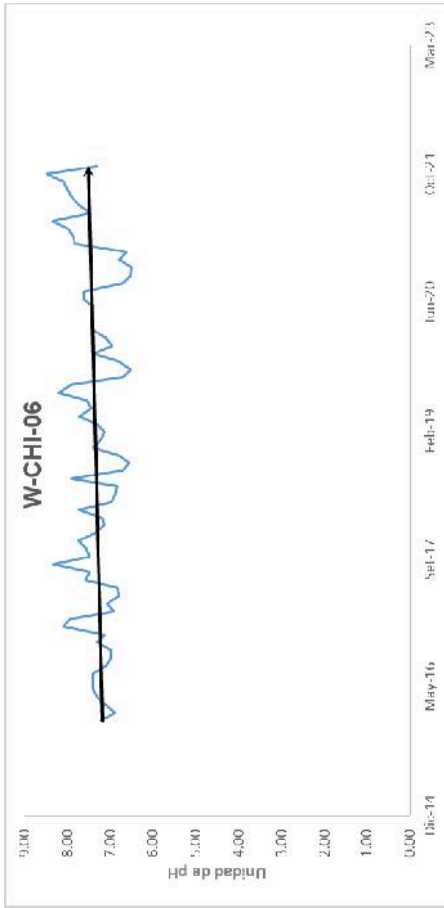
**Figura 39:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.



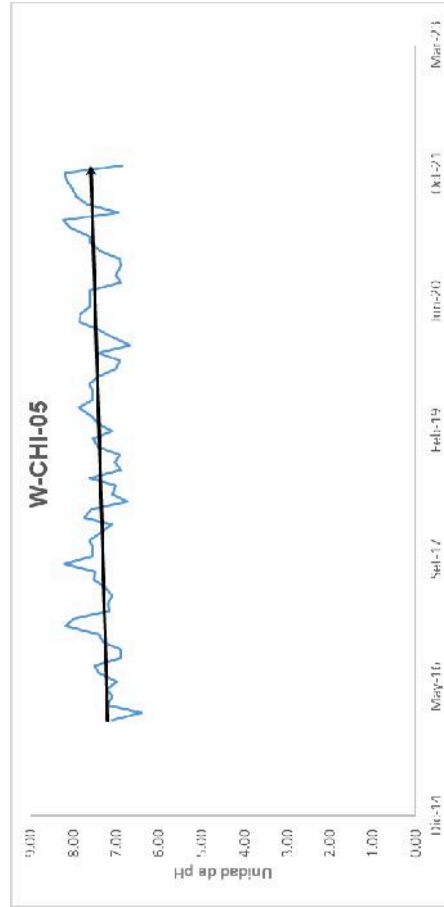
**Figura 40:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.



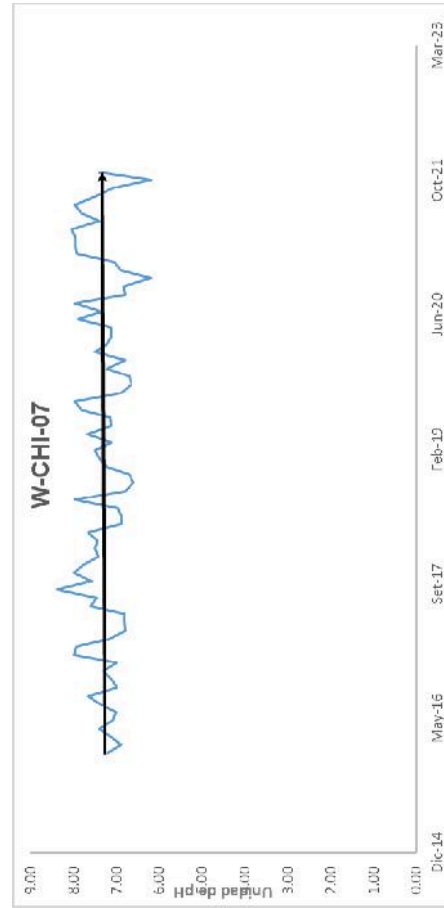
**Figura 41:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.



**Figura 43:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.



**Figura 42:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.



**Figura 44:** Resultado índice Mann - Kendall para pH, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.

## B. OXÍGENO DISUELTO

Según los resultados del test de Mann - Kendall el Oxígeno Disuelto en la calidad de agua de la central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía, presentaron tendencia no significativa decreciente TNSD las estaciones (W-CHI-03, W-CHI-04, W-CHI-05, W-CHI-06 y W-CHI-07). La estación W-CHI-01 presentó tendencia significativa creciente TSC, y la estación W-CHI-02 presentó tendencia significativa decreciente TSD. Los resultados pueden ser observados en la Tabla 10 y en los gráficos (45, 46, 47, 48, 49, 50 y 51) que se presentan a continuación

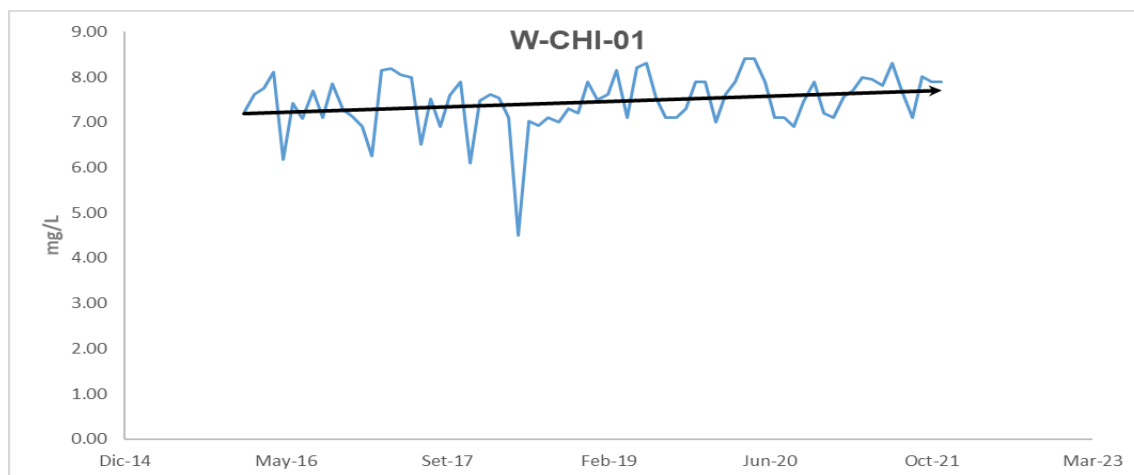
**Tabla 10:** Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en OD (Oxígeno Disuelto) durante 2016 - 2021.

<b>ANÁLISIS DE TENDENCIA PARA OXÍGENO DISUELTO</b>				
<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>CALCULO Z</b>	<b>TIPO DE REFERENCIA</b>	<b>TENDENCIA</b> $\alpha = 0.05$
<b>EFLUENTE INDUSTRIAL</b>	<b>W-CHI-01</b>	2.015	POSITIVO	TSC
	<b>W-CHI-02</b>	- 3.213	NEGATIVO	TSD
<b>CUERPO RECEPTOR</b>	<b>W-CHI-03</b>	- 1.157	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-04</b>	- 1.274	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-05</b>	- 0.783	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-06</b>	- 0.18	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-07</b>	- 0.928	NEGATIVO	TNSD

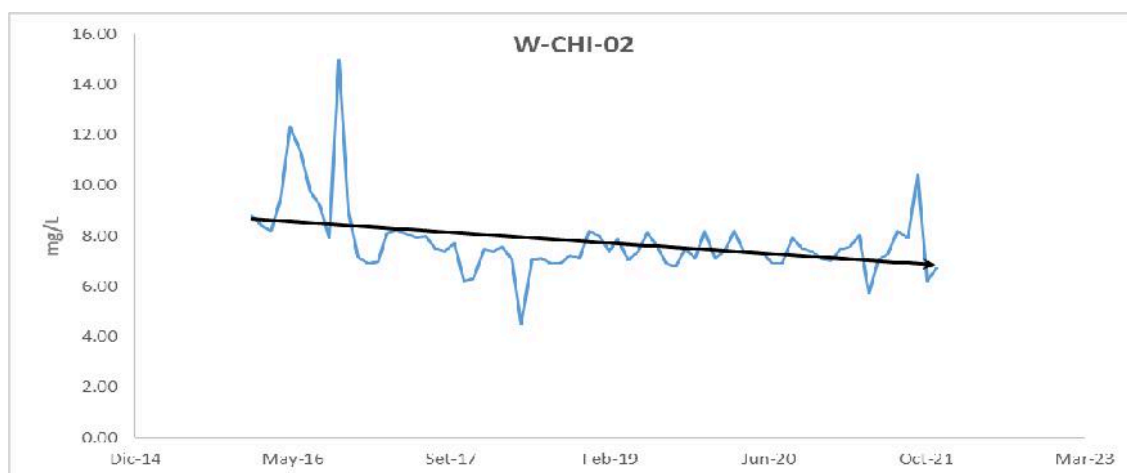
**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla 10 muestra resultados que guardan relación con lo obtenido por Ramos-Herrera et al. (2012) donde determinó tendencia espacial y temporal de siete parámetros fisicoquímicos medidos en 21 sitios de monitoreo del río de Tabasco - México, de la serie 1978 al 2011, mediante la prueba estacional de Mann - Kendall, obteniendo resultados de tendencia significativa creciente TSC para oxígeno disuelto en una estación (Centro), tendencia no significativa decreciente TNSD en una estación Chontalpa y TNSC en las estaciones (Pantanos, Ríos y Sierra). El resultado obtenido por (Márquez-Pacheco et al., 2023) no guarda relación, en su análisis de la serie 2012 al 2020, que tuvo como objetivo analizar las tendencias de parámetros de calidad del agua en un embalse tropical de la región Centro-Sur del Estado de Sinaloa - México, aplicando análisis estadístico no-paramétrico de Mann-Kendall, identificó tendencia no significativa creciente TNSC para Oxígeno Disuelto, resultado que no guarda relación con lo obtenido en la Tabla 10. Resultados similares obtuvo Casares & De Cabo (2018) donde evaluó la evolución de la calidad de agua periodo 2008 - 2016 para la cuenca Matanza - Riachuelo Argentina, para ello, aplicó la prueba no paramétrica de Mann - Kendall, el oxígeno Disuelto presentó tendencias significativas crecientes de Oxígeno Disuelto en dos estaciones (Puente la Noria y Puente Uriburu).

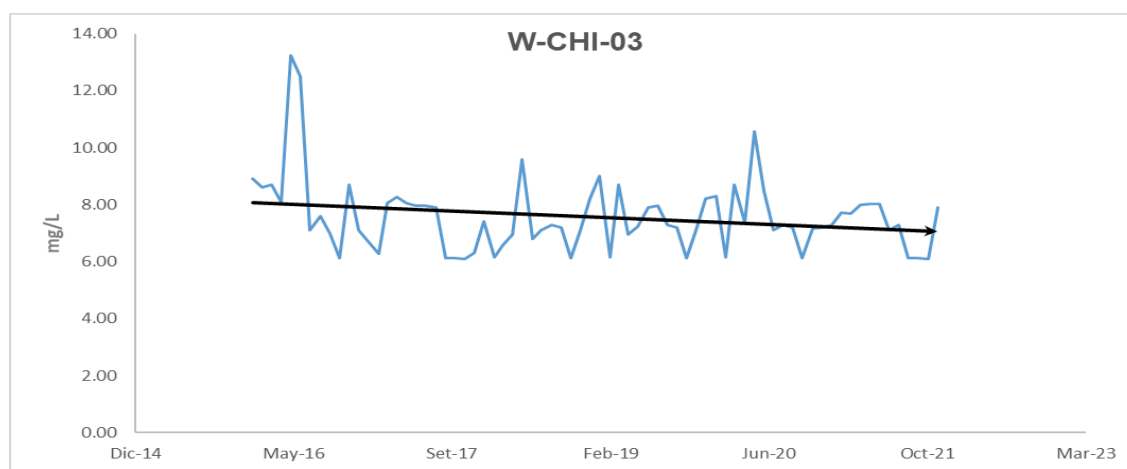
Respecto a la estación W-CHI-02 que presentó tendencia significativa decreciente TSD, es importante afirmar que a medida que aumenta la temperatura en el agua, su capacidad para retener oxígeno disuelto disminuye, por otro lado, la salinidad también influye en el OD, a medida que aumenta la salinidad, la cantidad de OD disminuye, el contenido mineral también juega un papel muy importante cuando este aumenta el OD disminuye, Los minerales pueden afectar la solubilidad del oxígeno y su disponibilidad para los organismos acuáticos (Díaz & González, 2022).



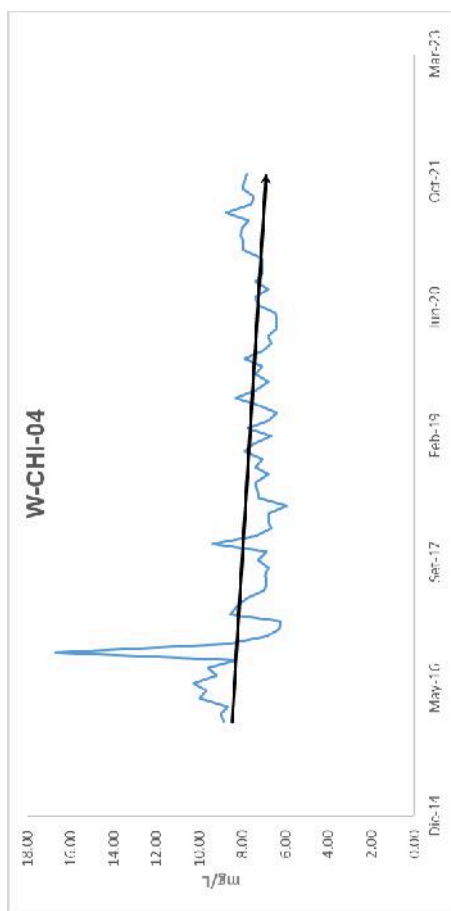
**Figura 45:** Resultado índice Mann - Kendall para Oxígeno Disuelto, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.



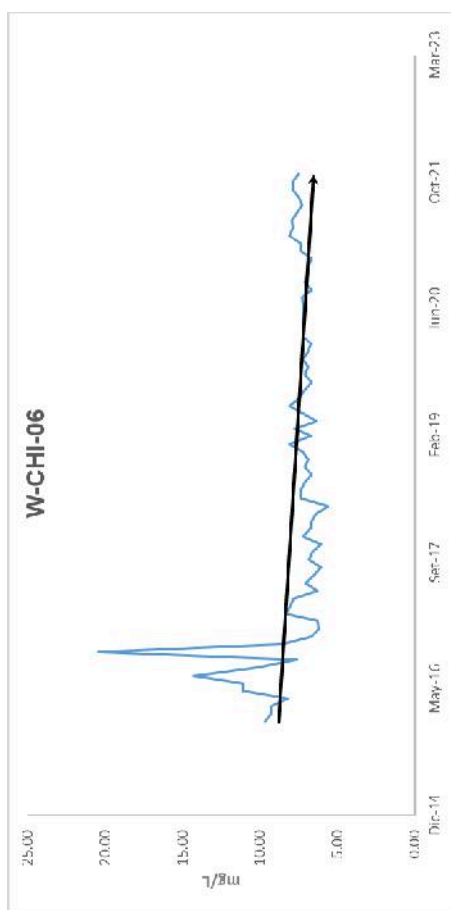
**Figura 46:** Resultado índice Mann - Kendall para Oxígeno Disuelto, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.



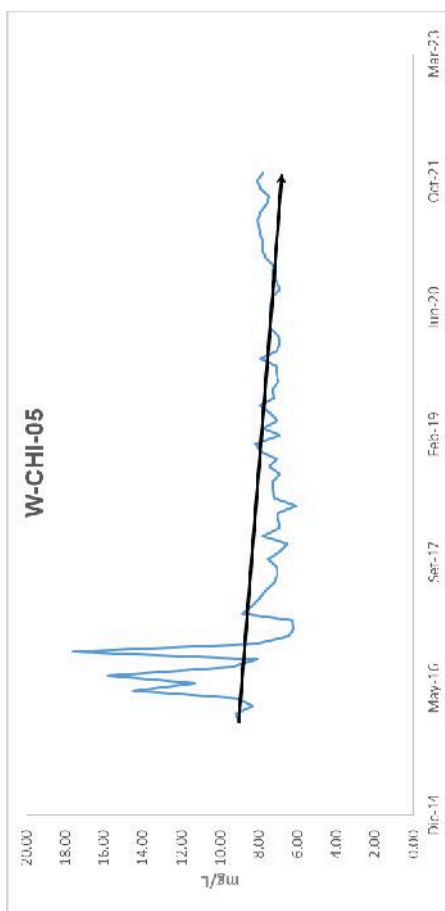
**Figura 47:** Resultado índice Mann - Kendall para Oxígeno Disuelto, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.



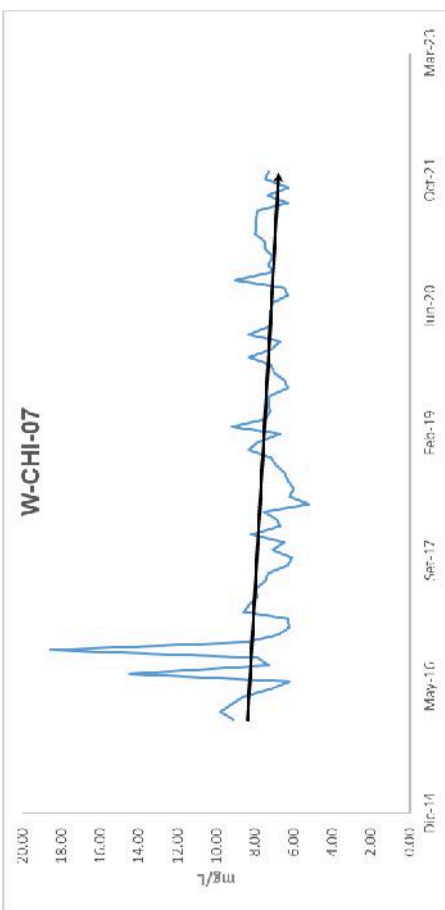
**Figura 48:** Resultado índice Mann - Kendall para OD, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.



**Figura 50:** Resultado índice Mann - Kendall para OD, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.



**Figura 49:** Resultado índice Mann - Kendall para OD, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.



**Figura 51:** Resultado índice Mann - Kendall para OD, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.

### C. ACEITES Y GRASAS

Los resultados de la prueba estadística de Mann - Kendall de aceites y grasas en la calidad de agua de la Central hidroeléctrica de Chijisia - Sandía, presentaron tendencia no significativa creciente TNSC en las estaciones (W-CHI-02 y W-CHI-07), las estaciones (W-CHI-03, W-CHI-04, W-CHI-05 y W-CHI-06) presentaron tendencia no significativa decreciente, y la estación W-CHI-01 presentó tendencia significativa decreciente. los resultados pueden ser observados en la Tabla 11 y en los gráficos (52, 53, 54, 55, 56, 57 y 58) que se presentan a continuación

**Tabla 11:** Resultados del Test Mann - Kendall aplicado para detección de tendencia por estación de medición en Aceites y Grasas durante 2016 - 2021.

<b>ANÁLISIS DE TENDENCIA PARA ACEITES Y GRASAS</b>				
<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>ESTACIÓN</b>	<b>CALCULO Z</b>	<b>TIPO DE TENDENCIA</b>	<b>TENDENCIA</b>
				<b><math>\alpha = 0.05</math></b>
<b>EFLUENTE INDUSTRIAL</b>	<b>W-CHI-01</b>	-3.665	NEGATIVO	TSD
	<b>W-CHI-02</b>	1.133	POSITIVO	TNSC
	<b>W-CHI-03</b>	-1.813	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-04</b>	-1.765	NEGATIVO	TNSD
<b>CUERPO RECEPTOR</b>	<b>W-CHI-05</b>	-1.288	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-06</b>	-1.347	NEGATIVO	TNSD
	<b>W-CHI-07</b>	0.005	POSITIVO	TNSC

**Fuente:** Elaboración Propia

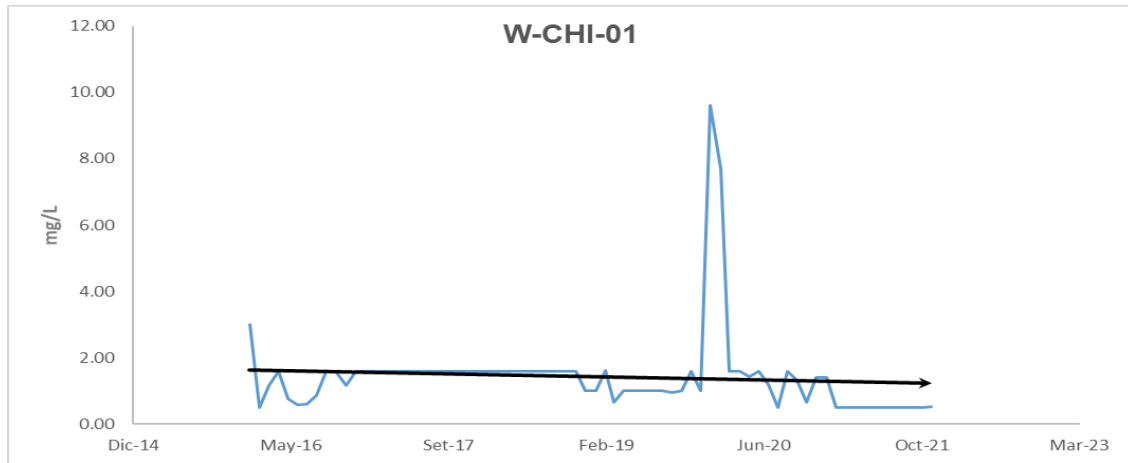
Según los resultados obtenidos en la Tabla 11 guardan relación con lo obtenido por (Ramos-Herrera et al., 2012) donde determinó tendencia espacial y temporal de siete



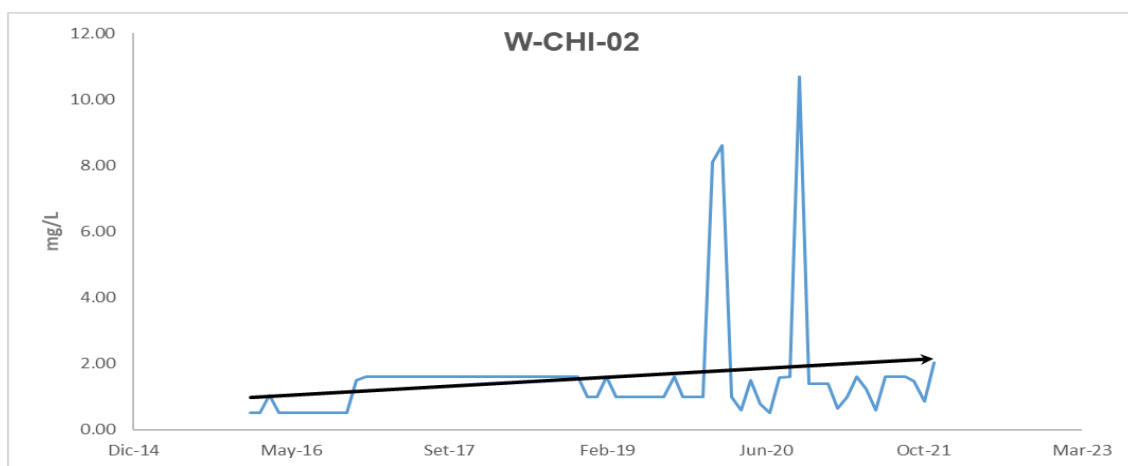
parámetros fisicoquímicos medidos en 21 sitios de monitoreo del río de tabasco - México, de la serie 1978 al 2011, mediante la prueba estacional de Mann - Kendall, obteniendo resultados de Aceites y Grasas donde presentaron tendencia significativa decreciente TSD en cuatro estaciones: Sierra, Centro, Ríos y Pantanos, en la estación Chontalpa presentó tendencia no significativa decreciente TNSD.

Resultados similares obtuvo Coronado Cuadros (2018) donde la tendencia de aceites y grasas presentó tendencia a disminuir en su estudio “análisis temporal de parámetros físico químicos de calidad de efluentes en establecimientos industriales pesqueros en la bahía del callao durante el período 2012-2016, mediante MINITAB 16.

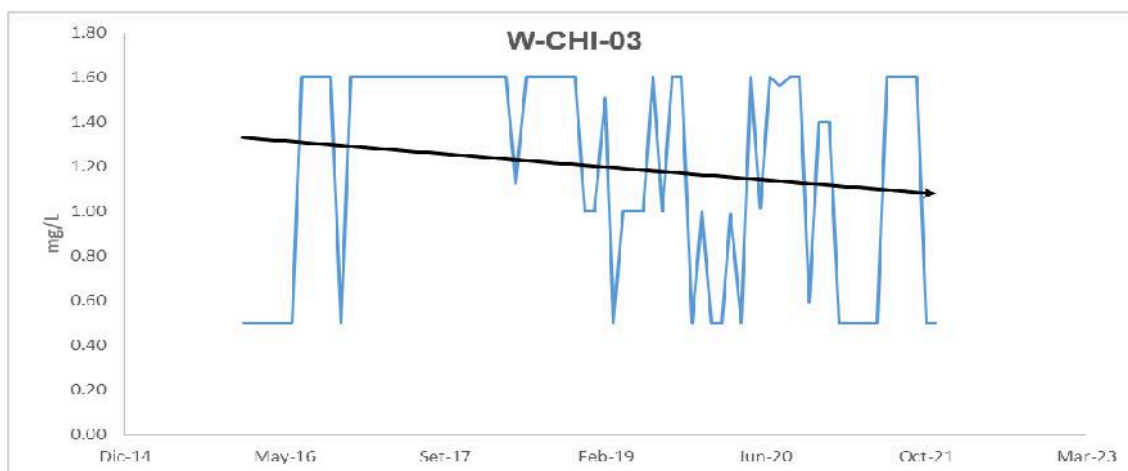
Tomando en cuenta la estación W-CHI-01 donde presentó tendencia significativa decreciente es importante afirmar que reducir la presencia de aceites y grasas en los ríos ayuda a mantener la calidad del agua y protege los ecosistemas acuáticos, estas sustancias pueden formar una capa superficial en el agua que impide el paso de la luz y oxígeno, afectando a la flora y fauna acuáticas.



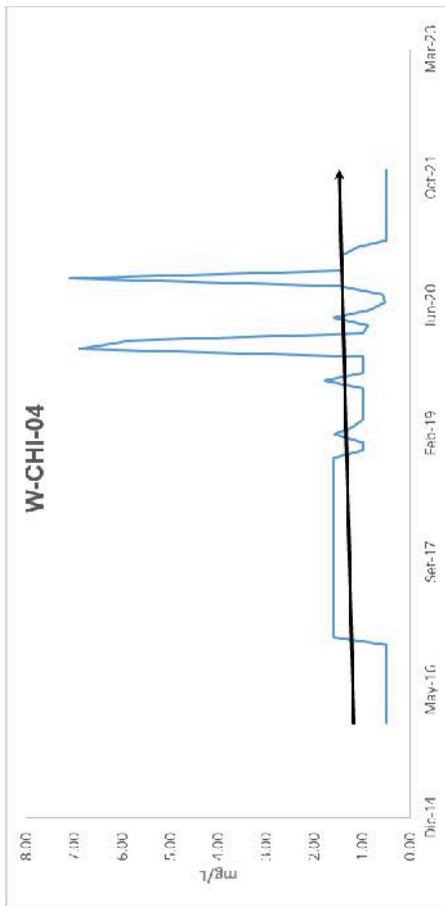
**Figura 52:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Efluente Industrial de la estación W-CHI-01, serie 2016 - 2021.



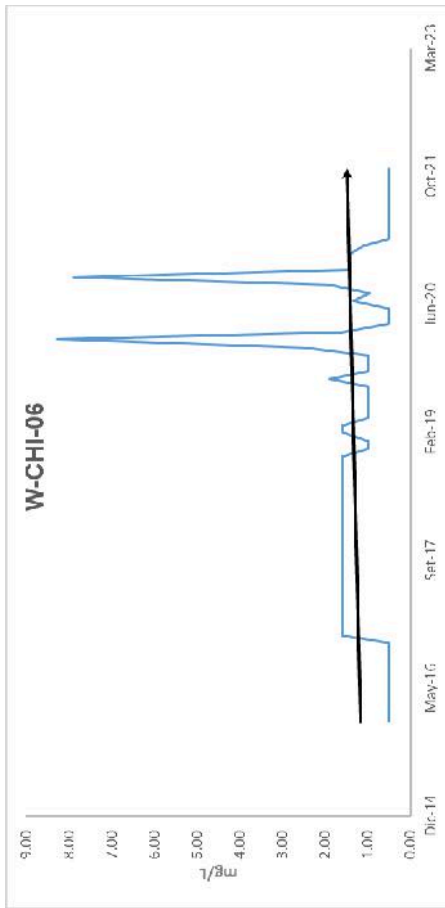
**Figura 53:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Efluente Industrial de la estación W-CHI-02, serie 2016 - 2021.



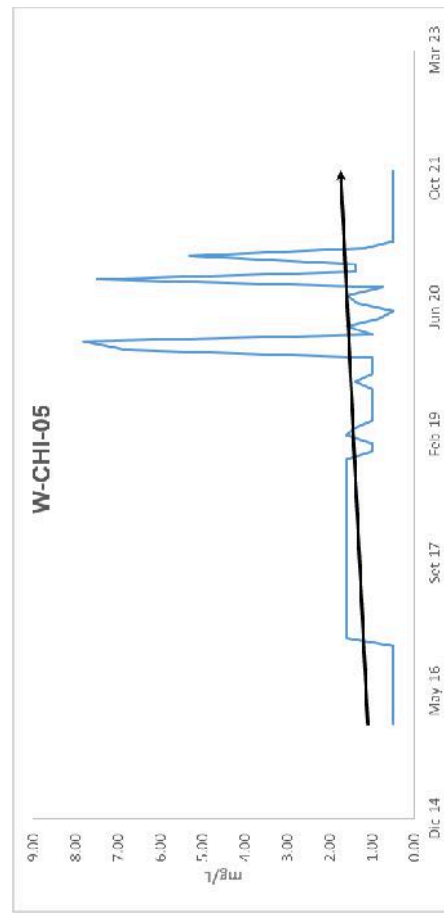
**Figura 54:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Efluente Industrial de la estación W-CHI-03, serie 2016 - 2021.



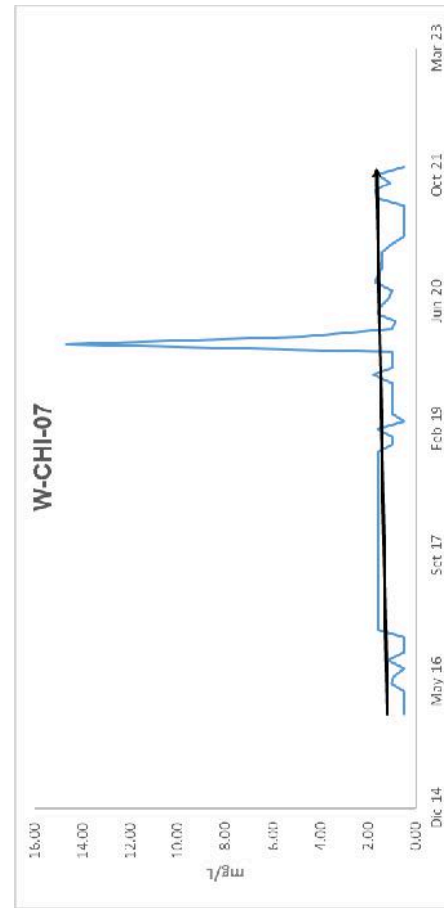
**Figura 55:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-04, serie 2016 - 2021.



**Figura 57:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-06, serie 2016 - 2021.



**Figura 56:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-05, serie 2016 - 2021.



**Figura 58:** Resultado índice Mann - Kendall para AyC, Cuerpo Receptor de la estación W-CHI-07, serie 2016 - 2021.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Al analizar el comportamiento de la tendencia de los parámetros fisicoquímicos del periodo 2016-2021, y de acuerdo con la metodología planteada en la presente investigación, los respectivos resultados y análisis, se concluye que los parámetros que presentaron tendencia a incrementar son Temperatura, STS y pH. Además se aprecia que no hay una distribución homogénea en las tendencias, a través de la aplicación de la prueba no paramétrica de Mann - Kendall fue posible evidenciar que las estaciones de monitoreo de la Central Hidroeléctrica presentaron variaciones significativas en la tendencia.

**SEGUNDA:** Al evaluar la tendencia de las cinco variables físicas, se concluye que la Temperatura y Sólidos Suspendidos Totales presentaron Tendencia Creciente (significativa y no significativa) este resultado se confirma con la hipótesis planteada, y se rechaza la hipótesis para: Caudal, Conductividad Eléctrica y Turbidez donde presentaron Tendencia Decreciente (Significativa y no Significativa).

**TERCERO:** Al determinar la tendencia de las tres variables químicas, se concluye que Oxígeno Disuelto y Aceites y Grasas presentaron Tendencia Decreciente (Significativa y no Significativa) este resultado se confirma con la hipótesis planteada, y se rechaza la hipótesis para pH (Potencial de Hidrógeno) el cual presentó tendencia creciente.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** A la Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, dar orientación y seguimiento de datos históricos para realizar pronósticos y así realizar diversos planes, Ministerio de Ambiente MINAM poner dentro de la normativa ambiental de monitoreo de agua tener en cuenta evaluación estadísticas, Ministerio de Energía y Minas MINEM a las empresas del sub sector electricidad tener en cuenta que los datos históricos son muy importantes para prevenir y advertir problemas a suscitarse en las centrales hidroeléctricas.

**SEGUNDA:** Se recomienda realizar el análisis de variabilidad a las estaciones (W-CHI-04 y W-CHI-05) las cuales son 100 m aguas arriba de la central hidroeléctrica y 100 m aguas abajo de la central hidroeléctrica respectivamente, donde la Temperatura y pH presentaron TSC, en ambas estaciones la Turbidez, Conductividad Eléctrica presentaron TSD. Al igual que la estación (W-CHI-06) representa a la bocatoma, la Temperatura presentó TSC, además en la misma estación la Turbidez, Conductividad Eléctrica y Caudal presentaron TSD. Se requieren de más estudios relacionados a la presente investigación para tener claro los conocimientos sobre la tendencia estadísticamente significativa y los efectos que esta conlleva.

**TERCERO:** Electro Puno S.A.A. Tener en cuenta este análisis estadístico histórico para así pronosticar y evitar futuras observaciones de las entidades de fiscalización, además de generar diversos planes para evitar poner en riesgo a la población, vegetación animal, que consume el recurso hídrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alves, T. L. B., Azevedo, P. V., & Farias, A. A. de. (2015). Comportamento da Precipitação Pluvial e sua Relação com o Relevo nas Microrregiões do Cariri Oriental e Ocidental do Estado da Paraíba (Rainfall Behavior Rain and Its Relationship with Relief in the Regions Cariri of Eastern and Western State of Paraíba). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(6), Article 6. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150090>[https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf).
- Amado, J., Pérez, P., Alatorre, L. C., Ramírez, O., Ortega, E. F. S., & Alarcón, J. J. (2019). Análisis multiespectral para la estimación de la turbidez como indicador de la calidad del agua en embalses del estado de Chihuahua, México. *Revista Geográfica de América Central*, 1(62), 49-77.
- ANA-Madre De Dios. (2010). Estudio: Diagnóstico hidrológico de la cuenca Madre de Dios. *Autoridad Nacional del Agua*, 203.
- Andrade, J. M., & Olaya, A. (2021). IMPACTOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES GENERADOS POR LAS GRANDES HIDROELÉCTRICAS. UNA REVISIÓN. *Interciencia*, 46(1), 19-25.
- Arias, T., Herrera, L., & Santander, E. (2001). Caracterización de los parámetros físicos, químicos y biológicos en la bahía de Bajo Molle, Iquique. *Investigaciones marinas*, 29(2), 51-60. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782001000200006>
- Aucahuasi, A. S. (2019). Análisis de tendencias de precipitación y temperatura (1970–2017) en la ciudad de Puerto Maldonado, Perú. *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4769>
- BBC. (2009, abril 21). *Los ríos del mundo pierden su caudal*. BBC News Mundo. [https://www.bbc.com/mundo/ciencia\\_tecnologia/2009/04/090421\\_1900\\_rios\\_niveles\\_wbm](https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2009/04/090421_1900_rios_niveles_wbm)
- Bello Chirinos, C. E. (2019). Cuantificación de la alteración hidrológica en la Cuenca del

- Río Vilcanota para el periodo 1965-2016. *Universidad Nacional Agraria La Molina*.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3217389>
- Benjumea, C. A., & Alvarez, G. (2017). Demanda de oxígeno por sedimentos en diferentes tramos del río Negro Rionegro, Antioquia, Colombia. *Producción + Limpia*, 12(2), 131-146. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a11>
- Benjumea, C. A., Suárez, M. A., & Villabona, S. L. (2018). Variación espacial y temporal de nutrientes y total de sólidos en suspensión en la cuenca de un río de alta montaña tropical. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 42(165), 353-363. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.777>
- Campos, D. F. (2023, agosto). *Temas recientes del análisis de frecuencias hidrológico*.  
gob.mx.  
<https://www.gob.mx/imta/documentos/temas-recientes-del-analisis-de-frecuencias-hidrologico-349054>
- Casares, M. V., & De Cabo, L. I. (2018). ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE VARIABLES INDICADORAS DE CALIDAD DE AGUA PARA EL RIACHUELO (CUENCA MATANZA-RIACHUELO, ARGENTINA). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(4), 651-665. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.04.08>
- CIDI/OEA. (2008). *Manual de Estadísticas Ambientales Andinas* [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental.  
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-estadisticas-ambientales-andinas>
- Coronado Cuadros, N. (2018). *Análisis temporal de parámetros físico-químicos de calidad de efluentes en establecimientos industriales pesqueros—Bahía del Callao (Período 2012-2016)*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3115>
- Coronado, N. (2018). *Análisis temporal de parámetros físico-químicos de calidad de efluentes en establecimientos industriales pesqueros—Bahía del Callao (Período 2012-2016)*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3115>
- DANE. (2013). *Total de sólidos en suspensión (Sólidos Suspendidos Totales)*. 3.
- DCI-WEB. (2016). *Monitoreos de agua superficial | Observatorio del Agua*.



<http://irrigacion.gov.ar/observatorio/es/articulos/control-de-calidad-del-agua/monitoreos-de-agua-superficial>

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. (2017, junio 7). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.*

<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

Díaz, S., & González, J. (2022). La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento. *Ingeniería del agua*, 26(2), 107-123.

Dorador, C., Pardo, R., & Vila, I. (2003). Variaciones temporales de parámetros físicos, químicos y biológicos de un lago de altura: El caso del lago Chungará. *Revista chilena de historia natural*, 76(1), 15-22.

<https://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000100002>

Fernández, M. L. (2021). Optimización de los procesos de coagulación y floculación en los sistemas de las plantas de tratamiento de agua potable, 2010-2020. Una revisión sistemática. *Universidad Privada del Norte*.  
<http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4728727>

Friedl, G., & Wüest, A. (2002). Disrupting biogeochemical cycles—Consequences of damming. *Aquatic Sciences*, 64(1), 55-65.  
<https://doi.org/10.1007/s00027-002-8054-0>

González, B. R., Vadillo, I., & Jiménez. (2018). *Análisis de tendencia de contaminantes en la masa de agua subterránea Fuente de Piedra (provincia de Málaga).*

González Moldes, R. (2022). *Evaluación de las tendencias de las precipitaciones y temperaturas en la Península Ibérica.*  
<https://buleria.unileon.es/handle/10612/15614>

IACYS. (2024, enero 19). Análisis de Aceites y Grasas en Aguas Residuales: Una Guía Detallada para la Gestión Sostenible de Aguas. *Instituto del Agua*.  
<https://institutodelagua.es/aguas-residuales/analisis-de-aceites-y-grasas-en-aguas-residuales-aguas-residuales/>

IBM, S. (2023, agosto 4). *Imputar valores perdidos (Imputación múltiple).*

- <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/saas?topic=values-missing-value-analysis>
- IMARPE. (2015). *Informe Final, Crucero de Estimación de la Biomasa Íctica en el Lago Titicaca*.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13(3), 245-259. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- Márquez-Pacheco, H., Leyva-Morales, J. B., Davizón-Castillo, Y. A., Ontiveros-García, L. A., Amillano-Cisneros, J. M., Márquez-Pacheco, H., Leyva-Morales, J. B., Davizón-Castillo, Y. A., Ontiveros-García, L. A., & Amillano-Cisneros, J. M. (2023). Análisis de tendencia de parámetros indicadores de la calidad del agua en un embalse tropical. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10(2). <https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3562>
- MINEM. (1997). *Resolución Directoral N.º 008-97-EM/DGAA*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/4773302-008-97-em-dgaa>
- Moncada, W., & Willems, B. (2020). TENDENCIA ANUAL DEL CAUDAL DE SALIDA, EN REFERENCIA AL CAUDAL ECOLÓGICO EN LA MICROCUENCA APACHETA / AYACUCHO / PERÚ, DEL 2000 AL 2018. *Ecología Aplicada*, 19(2), 93. <https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1560>
- OMS. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda (4a ed + 1a adenda)*. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>
- Oñate-Valdivieso, F., & Sendra, J. B. (2011). Estudio de tendencias climáticas y generación de escenarios regionales de cambio climático en una cuenca hidrográfica binacional en América del Sur. *Estudios Geográficos*, 72(270), Article 270. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201107>
- Peláez Baldovino, A. A., & Barros Núñez, S. del M. (2020). *Análisis de variabilidad espacial y temporal de los caudales del río Cauca—Colombia*. <https://hdl.handle.net/11323/6375>

- Primo, E. (1993, enero 1). *Química orgánica básica y aplicada: De la molécula a la industria. vol 1 - Editorial Reverté S.A.*  
[https://www.reverte.com/libro/quimica-organica-basica-y-aplicada-de-la-molecula-a-la-industria-vol-1\\_91596/](https://www.reverte.com/libro/quimica-organica-basica-y-aplicada-de-la-molecula-a-la-industria-vol-1_91596/)
- Ramos-Herrera, S., Broca-Martínez, L. F., F, L., Laines-Canepa, J. R., & Carrera-Velueta, J. M. (2012). Tendencia de la calidad del agua en ríos de Tabasco, México. *Ingeniería, 16(3)*, 207-217.
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical (2°)*. Universidad de Antioquia.
- Sánchez, A. (2011). *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable: Vol. Primer* (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)). S y G editores.  
<https://agua.org.mx/biblioteca/conceptos-basicos-de-gestion-ambiental-y-desarrollo-sustentable/>
- SEA. (2021). *GUÍA PARA LA DESCRIPCIÓN DE CENTRALES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA HIDROELÉCTRICA DE POTENCIA MENOR A 20 MW EN EL SEIA*. Servicio de Evaluación Ambiental.
- Sedeño Diaz, J., Carreon, T., & López-López, E. (2013). Evaluación de la calidad del agua en la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: Un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, 29*, 147-163.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. Sello Editorial de la Universidad de Medellín. <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>
- Urrutia-Mosquera, J. (2010). Metodología para la imputación de datos faltantes en Meteorología. *Lex et scientia, Vol. 3, Nº. 46, 2010*, 44-49.
- Valencia, J. L. (2007). *Estudio estadístico de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del río Ebro* (east=-4.134592999999995; north=43.000802; name=Rio Ebro, Reinosa, Cantabria, España) [Phd, E.T.S.I. Agrónomos (UPM)].

<https://oa.upm.es/454/>

WATER      BOARDS.      (s. f.).      *Conductividad*      *Eléctrica/Salinidad.*

[https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf)

## ANEXOS

**Anexo 01:** Matriz de Consistencia

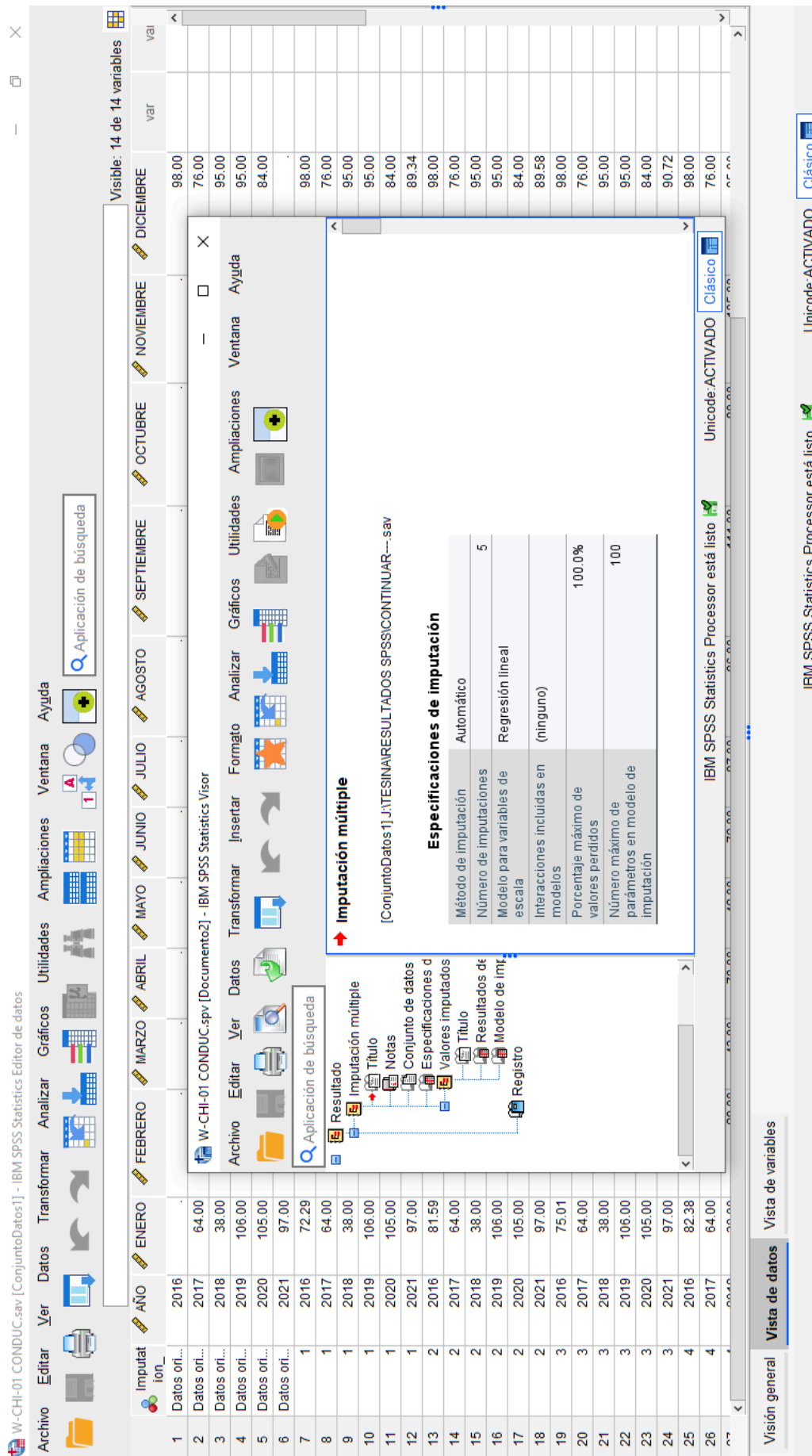
**TÍTULO:** TENDENCIA DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CHIJIJSIA, DURANTE LOS AÑOS 2016-2021 DEL DISTRITO DE SANDIA 2023

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<b>GENERAL</b> ¿Cómo será el comportamiento de la tendencia de los parámetros físicos y químicos del agua de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016-2021 del distrito de Sandia 2023?	<b>GENERAL</b> Analizar la tendencia de los parámetros físicos y químicos analizados del agua de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016-2021 distrito de Sandia 2023.	<b>GENERAL</b> El comportamiento de la tendencia de los parámetros físicos y químicos del agua de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016-2021 Tenderá a incrementar, distrito de Sandia 2023.	<b>INDEPENDIENTE</b> Agua de la Central Hidroeléctrica	<b>pH</b>  <b>Oxígeno Disuelto (OD)</b>  <b>Aceites y Grasas</b>  <b>Temperatura</b>	Uso de software Microsoft Office Excel  Software IBM SPSS.  Software TREND	<b>Diseño de investigación</b>  No experimental de tipo descriptivo analítico.  <b>Metodología</b>  Análisis de tendencia de los parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua de la central hidroeléctrica de Chijisia, Sandía durante el Periodo
<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>	<b>ESPECÍFICOS</b>				

<p>¿Cuál será la tendencia de los parámetros físicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía periodo 2016-2021?</p>	<p>Evaluar la tendencia de los parámetros físicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas en la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía periodo 2016-2021.</p>	<p>Existe tendencia creciente en los parámetros físicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016-2021 distrito de Sandía 2023.</p>	<p><b>DEPENDIEN TE</b> Tendencia de los parámetros físicos y químicos de los años 2016 - 2021.</p>	<p><b>Sólidos Suspendidos Totales</b> <b>Conductividad Eléctrica (C.E.)</b> <b>Turbidez</b></p>	<p>2016-2021. A través del test de Mann - Kendall.</p>
<p>¿Cuál será la tendencia de los parámetros químicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía periodo 2016-2021?</p>	<p>Determinar la tendencia de los parámetros químicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia – Sandía periodo 2016-2021.</p>	<p>Existe tendencia decreciente en los parámetros químicos analizados en las diferentes estaciones monitoreadas de la central hidroeléctrica de Chijisia, periodo 2016-2021 distrito de Sandía 2023.</p>			



## Anexo 02: Procesamiento de datos faltantes mediante imputación Múltiple de datos, usando Software SPSS.



Visible: 14 de 14 variables

W-CHI-01 CONDUC.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Aplicación de búsqueda

Imputación múltiple

[ConjuntoDatos1] JATESINA RESULTADOS SPSSCONTINUAR---.sav

### Especificaciones de imputación

Método de imputación	Automático
Número de imputaciones	5
Modelo para variables de escala	Regresión lineal
Interacciones incluidas en modelos	(ninguno)
Porcentaje máximo de valores perdidos	100.0%
Número máximo de parámetros en modelo de imputación	100

IBM SPSS Statistics Processor está listo

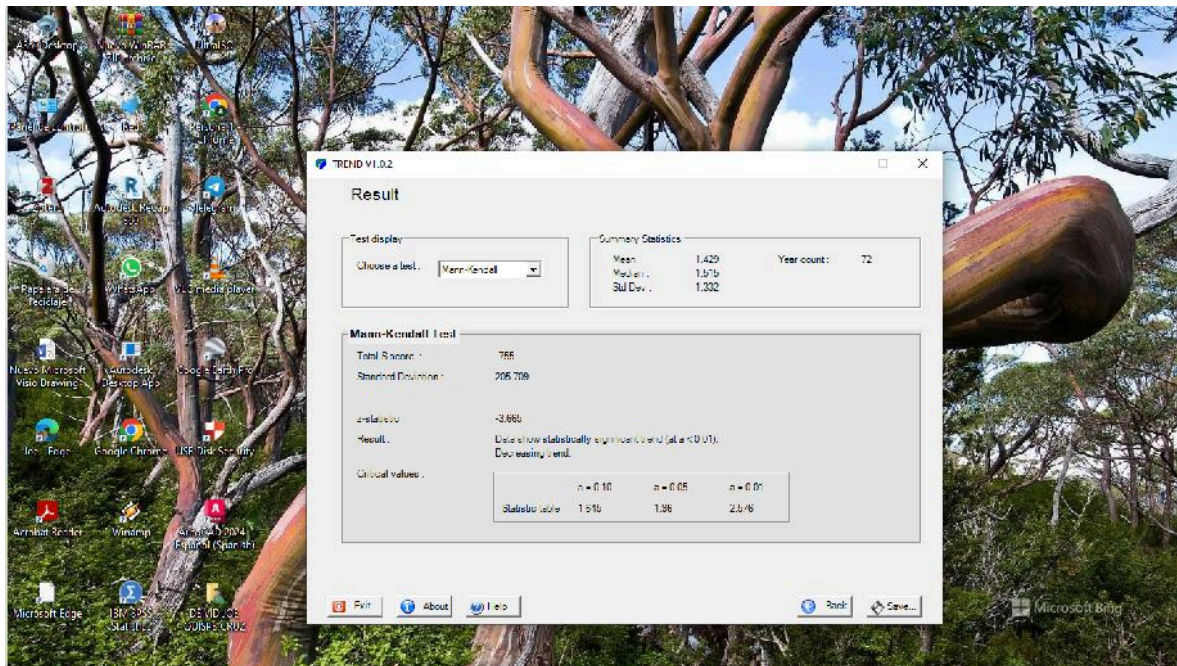
Unicode:ACTIVADO

IBM SPSS Statistics Processor está listo

Unicode:ACTIVADO

Vista de datos Vista de variables

**Anexo 03:** Procesamiento de datos usando el Software TREND, para el cálculo “Z” estadístico de 7 estaciones de monitoreo de la Central Hidroeléctrica Chijjsia.



**Anexo 04:** Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Caudal, durante el período 2016 - 2021.

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
WCHI01	.264	72	<.001	.381	72	<.001
WCHI02	.122	72	.010	.948	72	.005
WCHI03	.162	72	<.001	.914	72	<.001
WCHI04	.227	72	<.001	.833	72	<.001
WCHI05	.195	72	<.001	.768	72	<.001
WCHI06	.126	72	.007	.944	72	.003
WCHI07	.290	72	<.001	.527	72	<.001


a. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas no parametricas

[ConjuntoDatos1] F:\TESINA\prueba\CAUDAL.sav

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La distribución de AÑO es normal con la media Dec 2018 y la desviación estándar 636 23:49: 51.970.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de WCHI01 es normal con la media .58 y la desviación estándar .87016.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de WCHI02 es normal con la media .67 y la desviación estándar .40830.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.010	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de WCHI03 es normal con la media .49 y la desviación estándar .39319.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de WCHI04 es normal con la media 3.25 y la desviación estándar 2.26533.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de WCHI05 es normal con la media 3.56 y la desviación estándar 2.74357.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de WCHI06 es normal con la media .96 y la desviación estándar .50897.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.007	Rechace la hipótesis nula.
8	La distribución de WCHI07 es normal con la media .85 y la desviación estándar 1.53324.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.  
b. Lilliefors corregido. Se muestra la significancia asintótica.  
c. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

IBM SPSS Statistics Processor está listo 



**Anexo 05: Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Temperatura, durante el período 2016 - 2021.**

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
WCHI01	.163	72	<.001	.933	72	<.001
WCHI03	.126	72	.006	.936	72	.001
WCHI02	.154	72	<.001	.933	72	<.001
WCHI05	.119	72	.013	.932	72	<.001
WCHI04	.155	72	<.001	.913	72	<.001
WCHI07	.162	72	<.001	.918	72	<.001
WCHI06	.204	72	<.001	.875	72	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

[ConjuntoDatos2] F:\TESINA\prueba\TEMPERATURA.sav


**Resumen de contrastes de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La distribución de AÑO es normal con la media Dec 2018 y la desviación estándar 636 23:49: 51.970.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de WCHI01 es normal con la media 13.83 y la desviación estándar 1.72602.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de WCHI02 es normal con la media 13.18 y la desviación estándar 1.56066.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de WCHI03 es normal con la media 13.50 y la desviación estándar 2.26104.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.006	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de WCHI04 es normal con la media 13.90 y la desviación estándar 1.54658.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de WCHI05 es normal con la media 13.91 y la desviación estándar 1.31300.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.013	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de WCHI06 es normal con la media 13.46 y la desviación estándar 1.71967.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
8	La distribución de WCHI07 es normal con la media 13.28 y la desviación estándar 1.69878.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.

b. Lilliefors corregido. Se muestra la significancia asintótica.

c. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

IBM SPSS Statistics Processor está listo 

**Anexo 06: Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Conductividad Eléctrica, durante el período 2016 - 2021.**

**Pruebas de normalidad**


	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
WCHI01	.153	72	<.001	.924	72	<.001
WCHI02	.181	72	<.001	.843	72	<.001
WCHI03	.250	72	<.001	.756	72	<.001
WCHI04	.320	72	<.001	.744	72	<.001
WCHI05	.274	72	<.001	.764	72	<.001
WCHI06	.250	72	<.001	.816	72	<.001
WCHI07	.218	72	<.001	.790	72	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

[ConjuntoDatos3] F:\TESINA\prueba\CONDUCTIVIDAD ELECTRICASav.sav

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La distribución de AÑO es normal con la media Dec 2018 y la desviación estándar 636 23:49: 51.970.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de WCHI01 es normal con la media 77.26 y la desviación estándar 21.24271.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de WCHI02 es normal con la media 96.32 y la desviación estándar 48.55945.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de WCHI03 es normal con la media 91.53 y la desviación estándar 41.25182.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de WCHI04 es normal con la media 86.27 y la desviación estándar 51.37915.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de WCHI05 es normal con la media 88.55 y la desviación estándar 48.56996.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de WCHI06 es normal con la media 92.24 y la desviación estándar 49.40378.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
8	La distribución de WCHI07 es normal con la media 89.88 y la desviación estándar 47.04718.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.  
b. Lilliefors corregido. Se muestra la significancia asintótica.  
c. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

IBM SPSS Statistics Processor está listo 

**Anexo 07: Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Sólidos Suspendidos Totales, durante el período 2016 - 2021.**

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
WCHI01	.324	72	<.001	.452	72	<.001
WCHI02	.301	72	<.001	.574	72	<.001
WCHI03	.335	72	<.001	.512	72	<.001
WCHI04	.282	72	<.001	.613	72	<.001
WCHI05	.318	72	<.001	.550	72	<.001
WCHI06	.289	72	<.001	.599	72	<.001
WCHI07	.286	72	<.001	.595	72	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

[ConjuntoDatos4] F:\TESINA\prueba\SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES.sav


**Resumen de contrastes de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La distribución de AÑO es normal con la media Dec 2018 y la desviación estándar 636 23:49: 51.970.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de WCHI01 es normal con la media 8.53 y la desviación estándar 15.62415.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de WCHI02 es normal con la media 6.70 y la desviación estándar 8.78379.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de WCHI03 es normal con la media 4.59 y la desviación estándar 5.66238.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de WCHI04 es normal con la media 7.95 y la desviación estándar 10.30790.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de WCHI05 es normal con la media 10.47 y la desviación estándar 16.67218.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de WCHI06 es normal con la media 7.86 y la desviación estándar 10.36960.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
8	La distribución de WCHI07 es normal con la media 7.40 y la desviación estándar 9.54869.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.

b. Lilliefors corregido. Se muestra la significancia asintótica.

c. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

IBM SPSS Statistics Processor está listo 

**Anexo 08: Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Turbidez, durante el período 2016 - 2021.**

**Pruebas de normalidad**


	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
WCHI01	.275	72	<.001	.700	72	<.001
WCHI02	.240	72	<.001	.780	72	<.001
WCHI03	.276	72	<.001	.649	72	<.001
WCHI04	.355	72	<.001	.351	72	<.001
WCHI05	.305	72	<.001	.506	72	<.001
WCHI06	.282	72	<.001	.572	72	<.001
WCHI07	.303	72	<.001	.581	72	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

[ConjuntoDatos5] F:\TESINA\prueba\TURBIDEZ.sav

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La distribución de AÑO es normal con la media Dec 2018 y la desviación estándar 636 23:49: 51.970.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de WCHI01 es normal con la media 3.94 y la desviación estándar 5.19944.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de WCHI02 es normal con la media 4.88 y la desviación estándar 5.39105.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de WCHI03 es normal con la media 3.08 y la desviación estándar 4.70040.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de WCHI04 es normal con la media 6.08 y la desviación estándar 16.00353.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de WCHI05 es normal con la media 5.60 y la desviación estándar 10.79429.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de WCHI06 es normal con la media 4.77 y la desviación estándar 7.95119.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
8	La distribución de WCHI07 es normal con la media 4.69 y la desviación estándar 7.82347.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.  
b. Lilliefors corregido. Se muestra la significancia asintótica.  
c. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

IBM SPSS Statistics Processor está listo 



**Anexo 09: Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para pH, durante el período 2016 - 2021.**

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
WCHI01	.103	72	.055	.965	72	.042
WCHI02	.115	72	.020	.949	72	.005
WCHI03	.066	72	.200 <sup>*</sup>	.985	72	.570
WCHI04	.194	72	<.001	.933	72	<.001
WCHI05	.106	72	.043	.971	72	.097
WCHI06	.061	72	.200 <sup>*</sup>	.979	72	.261
WCHI07	.083	72	.200 <sup>*</sup>	.973	72	.120

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

[ConjuntoDatos6] F:\TESINA\prueba\pH.sav


**Resumen de contrastes de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La distribución de AÑO es normal con la media Dec 2018 y la desviación estándar 636 23:49: 51.970.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de WCHI01 es normal con la media 7.47 y la desviación estándar .48261.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.055	Conserve la hipótesis nula.
3	La distribución de WCHI02 es normal con la media 7.33 y la desviación estándar .46061.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.020	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de WCHI03 es normal con la media 7.47 y la desviación estándar .45514.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
5	La distribución de WCHI04 es normal con la media 7.28 y la desviación estándar .45068.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de WCHI05 es normal con la media 7.39 y la desviación estándar .41178.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.043	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de WCHI06 es normal con la media 7.34 y la desviación estándar .48284.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
8	La distribución de WCHI07 es normal con la media 7.30 y la desviación estándar .46910.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.

b. Lilliefors corregido. Se muestra la significancia asintótica.

c. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

IBM SPSS Statistics Processor está listo 

**Anexo 10: Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Oxígeno Disuelto, durante el período 2016 - 2021.**

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
WCHI01	.118	72	.015	.882	72	<.001
WCHI02	.231	72	<.001	.762	72	<.001
WCHI03	.130	72	.004	.823	72	<.001
WCHI04	.174	72	<.001	.689	72	<.001
WCHI05	.288	72	<.001	.565	72	<.001
WCHI06	.262	72	<.001	.566	72	<.001
WCHI07	.206	72	<.001	.614	72	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

[ConjuntoDatos7] F:\TESINA\prueba\OXIGENO DISUELTO.sav


**Resumen de contrastes de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La distribución de AÑO es normal con la media Dec 2018 y la desviación estándar 636 23:49: 51.970.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de WCHI01 es normal con la media 7.46 y la desviación estándar .62484.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.015	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de WCHI02 es normal con la media 7.75 y la desviación estándar 1.41538.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de WCHI03 es normal con la media 7.57 y la desviación estándar 1.30391.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.004	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de WCHI04 es normal con la media 7.70 y la desviación estándar 1.42529.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de WCHI05 es normal con la media 7.92 y la desviación estándar 1.88571.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de WCHI06 es normal con la media 7.69 y la desviación estándar 2.01120.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
8	La distribución de WCHI07 es normal con la media 7.58 y la desviación estándar 1.79416.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.

b. Lilliefors corregido. Se muestra la significancia asintótica.

c. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

IBM SPSS Statistics Processor está listo 

**Anexo 11: Resultados del Análisis de la Prueba de Normalidad utilizando Software estadístico SPSS para Aceites y Grasas, durante el período 2016 - 2021.**

**Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
WCHI01	.401	72	<.001	.449	72	<.001
WCHI02	.431	72	<.001	.423	72	<.001
WCHI03	.321	72	<.001	.707	72	<.001
WCHI04	.355	72	<.001	.533	72	<.001
WCHI05	.389	72	<.001	.524	72	<.001
WCHI06	.344	72	<.001	.489	72	<.001
WCHI07	.392	72	<.001	.323	72	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

[ConjuntoDatos8] F:\TESINA\pruebaACEITES Y GRASAS.sav

**Resumen de contrastes de hipótesis**

	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La distribución de AÑO es normal con la media Dec 2018 y la desviación estándar 636 23:49: 51.970.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	.200 <sup>c</sup>	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de WCHI01 es normal con la media 1.43 y la desviación estándar 1.33223.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de WCHI02 es normal con la media 1.55 y la desviación estándar 1.66543.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
4	La distribución de WCHI03 es normal con la media 1.21 y la desviación estándar .48104.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
5	La distribución de WCHI04 es normal con la media 1.33 y la desviación estándar 1.20898.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
6	La distribución de WCHI05 es normal con la media 1.42 y la desviación estándar 1.42453.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
7	La distribución de WCHI06 es normal con la media 1.32 y la desviación estándar 1.26463.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.
8	La distribución de WCHI07 es normal con la media 1.44 y la desviación estándar 1.69611.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	<.001	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.

b. Lilliefors corregido. Se muestra la significancia asintótica.

c. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.