



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y**  
**ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**T E S I S**

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO**  
**MOQUEGUA POR INFLUENCIA DEL VERTIMIENTO DE LA**  
**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES –**  
**OMO, DURANTE EL PERIODO 2014 – 2015**

**PRESENTADA POR**  
**BACHILLER JULISA KATERINE PÉREZ ALVARADO**

**ASESOR**  
**MGR. LILIA MARY MIRANDA RAMOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**MOQUEGUA-PERÚ**  
**2017**

## CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	
Página de jurados.....	i
Agradecimientos.....	ii
Contenido.....	iii
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	xi
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Descripción del la realidad del problema.....	1
1.1.1.	Antecedentes del problema.....	2
1.2.	Problema general.....	3
1.3.	Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1.	Objetivo general.....	3
1.3.2.	Objetivos específicos.....	4
1.4.	Justificación.....	4
1.4.1.	Económica.....	4
1.4.2.	Social.....	4
1.4.3.	Ambiental.....	4
1.5.	Alcances.....	5
1.6.	Variables.....	5
1.6.1.	Operacionalización de variable.....	7
1.7.	Hipótesis general.....	8

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1.	Definiciones conceptuales de términos.....	9
2.2.	Definición de variables.....	17

### CAPÍTULO III

#### MÉTODO

3.1.	Tipo de la investigación.....	24
------	-------------------------------	----

3.2.	Diseño de la investigación.....	24
3.2.1.	Descripción del área de estudio.....	24
3.3.	Población y muestra .....	28
3.3.1.	Población.....	28
3.3.2.	Muestra.....	28
3.3.3.	Metodología para la recolección de muestras de agua.....	29
3.3.4.	Metodología para la determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF).....	32
3.3.5.	Metodología para la conversión de sólidos totales suspendidos a turbiedad.....	34
3.3.6.	Metodología para la conversión de conductividad a sólidos disueltos totales .....	35
3.4.	Curvas de función.....	35
3.5.	Análisis de datos.....	40

#### CAPÍTULO IV

##### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación de resultados .....	41
4.1.1.	Cálculo para determinación del ICA-NSF en el III monitoreo - 2014.....	41
4.1.2.	Cálculo para determinación del ICA-NSF en el IV monitoreo - 2014.....	46
4.1.3.	Cálculo para determinación del ICA-NSF en el I monitoreo -2015 ..	48
4.1.4.	Cálculo para determinación del ICA-NSF en el II monitoreo -2015 .	49
4.1.5.	Cálculo para determinación del ICA-NSF en el III monitoreo - 2015 .....	51
4.1.6.	Cálculo para determinación del ICA-NSF en el IV monitoreo - 2015 .....	54
4.1.7.	Resumen de la aplicación del ICA - NSF .....	57
4.1.7.1.	Análisis estadístico de los Índices de Calidad de Agua .....	59
4.1.7.2.	Análisis estadístico comparativo según la temporada de los índices de calidad de agua .....	59
4.1.8.	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	60
4.1.8.1.	Parámetros fisicoquímicos de los puntos de muestreo.....	63

4.1.8.2.	Parámetro microbiológico de los puntos de muestreo .....	71
4.1.9.	Modelos cuantitativos .....	72
4.1.9.1.	Modelos cuantitativos para el (ICA -NSF) antes del vertimiento .....	72
4.1.9.2.	Modelos cuantitativos para (ICA -NSF) después del vertimiento .....	74
4.1.10.	Análisis de varianza (ANVA) para hipótesis. ....	77
4.2.	Contrastación de hipótesis.....	78
4.3.	Discusiones.....	79

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones .....	81
5.2.	Recomendaciones.....	82
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
	APÉNDICES.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Variable dependiente e independiente .....	07
Tabla 2. Clasificación del índice de calidad de agua (ICA).....	10
Tabla 3. Ubicación política por unidades hidrográficas a nivel 04 y 05 de la cuenca Moquegua – Ilo.....	26
Tabla 4. Puntos de muestreo .....	29
Tabla 5. Equipos e insumos utilizados en el monitoreo de calidad de agua superficial de la cuenca Moquegua –Ilo .....	30
Tabla 6. Ponderación o peso relativo aplicado a cada uno de los parámetros usados en el I – NSF .....	33
Tabla 7. Rangos de clasificación del agua usados en el I –NSF .....	40
Tabla 8. Resultados del mes de abril del 2014 (M1 y M2).....	42
Tabla 9. Aplicación del ICA 50 metros aguas arriba de puente Montalvo (M1), abril 2014.....	42
Tabla 10. Aplicación del ICA en el sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua (M4), abril 2014 .....	43
Tabla 11. Resultado del III monitoreo realizado en el 2014.....	44
Tabla 12. Aplicación del ICA 50 metros aguas arriba de puente Montalvo (M1), III monitoreo 2014 .....	44
Tabla 13. Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), III monitoreo 2014 .....	45
Tabla 14. Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), III monitoreo 2014 .....	45
Tabla 15. Aplicación del ICA sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua (M4), III monitoreo 2014 .....	46
Tabla 16. Resultado del IV monitoreo realizado en el 2014.....	46
Tabla 17. Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), IV monitoreo 2014 .....	47
Tabla 18. Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), IV monitoreo 2014 .....	47
Tabla 19. Resultado del I monitoreo realizado en el 2015.....	48

Tabla 20. Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), I monitoreo 2015 .....	49
Tabla 21. Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), I monitoreo 2015 .....	49
Tabla 22. Resultado del II monitoreo realizado en el 2015 .....	50
Tabla 23. Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), II monitoreo 2015 .....	51
Tabla 24. Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), II monitoreo 2015 .....	51
Tabla 25. Resultado del III monitoreo realizado en el 2015 .....	52
Tabla 26. Aplicación del ICA 100m aguas abajo del puente Montalvo (M1), III monitoreo 2015 .....	53
Tabla 27. Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), III monitoreo 2015 .....	53
Tabla 28. Aplicación del ICA después del vertimiento de PTAR (M3), III monitoreo 2015 .....	54
Tabla 29. Aplicación del ICA sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua (M4), III monitoreo .....	54
Tabla 30. Resultado del IV monitoreo realizado en el 2015 .....	55
Tabla 31. Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), IV monitoreo 2015 .....	56
Tabla 32. Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), IV monitoreo 2015 .....	56
Tabla 33. Resumen de la aplicación del ICA, durante el 2014 y 2015 .....	57
Tabla 34. Índice promedio de calidad de agua según temporadas .....	59
Tabla 35. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad de agua comparados con los ECAS antes y después del vertimiento de la PTAR- Omo, en el año 2014 .....	61
Tabla 36. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad de agua comparados con los ECAS antes y después del vertimiento de la PTAR- Omo, en el año 2015 .....	62
Tabla 37. Determinación de coeficientes antes del vertimiento de la PTAR, Omo.....	72

Tabla 38. ANOVA, antes del vertimiento de la PTAR, Omo.....	73
Tabla 39. Resumen del modelo antes del vertimiento de la PTAR, Omo .....	73
Tabla 40. Determinación del Coeficiente después del vertimiento de la PTAR, Omo.....	75
Tabla 41. ANOVA, después del vertimiento de la PTAR, Omo .....	75
Tabla 42. Resumen del modelo después del vertimiento de la PTAR, Omo .....	75
Tabla 43. Formulas del ANVA .....	77
Tabla 44. ANOVA, ICA-NSF.....	77
Tabla 45. Matriz de consistencia.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de la Cuenca Ilo –Moquegua .....	27
Figura 2. Curva de calidad de la demanda bioquímica de oxígeno .....	35
Figura 3. Curva de calidad de potencial de hidrógeno .....	36
Figura 4. Curva de calidad de oxígeno disuelto .....	36
Figura 5. Curva de calidad de turbiedad .....	37
Figura 6. Curva de calidad de fósforo total.....	37
Figura 7. Curvas de calidad de nitratos.....	38
Figura 8. Curvas de calidad temperatura .....	38
Figura 9. Curvas de calidad coliformes fecales .....	39
Figura 10. Curvas de calidad sólidos disueltos totales.....	39
Figura 11. Variación de los valores del ICA-NSF durante los años de 2014 al 2015.....	58
Figura 12. Índice de calidad de agua durante los años de 2014 al 2015.....	59
Figura 13. Valores del ICA-NSF durante las temporadas de los años de 2014 al 2015.....	60
Figura 14. Monitores de los parámetros de temperatura .....	63
Figura 15. Monitores de los parámetros de pH .....	64
Figura 16. Monitores de los parámetros de nitratos. ....	65
Figura 17. Monitores de los parámetros de los fosfatos .....	66
Figura 18. Monitores de los parámetros de DBO <sub>5</sub> .....	67
Figura 19. Monitores de los parámetros del oxígeno disuelto .....	68
Figura 20. Monitores de los parámetros de STD .....	69
Figura 21. Monitores de los parámetros de la turbiedad .....	70
Figura 22. Monitores de los parámetros de coliformes fecales.....	71
Figura 23. Índice de la calidad del agua antes del vertimiento de la PTAR, Omo.....	74
Figura 24. Índice de la calidad del agua después del vertimiento de la PTAR, Omo.....	76
Figura 25. Análisis de varianza .....	78



## RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo principal determinar el índice de calidad de agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2014 – 2015. Dicho índice pretende clasificar en una escala de 0 a 100 la calidad representativa del agua, calificada como excelente, buena, media, mala y muy mala. Para la evaluación se utilizó el indicador ICA – NFS, el cual contempla nueve parámetros que son: temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbiedad, sólidos disueltos totales y demanda bioquímica de oxígeno.

Para conocer las variaciones espaciales y temporales de la calidad del agua se analizó la información de los años 2014 y 2015 obtenidas de la administración local del agua Moquegua , entidad prestadora de servicio, gerencia regional de salud y proyecto especial regional Pasto Grande, con dichos resultados se calculó el índice de calidad de Brown-NSF en el río Moquegua antes del vertimiento presenta un ICA-NSF de 51,44 que representa calidad media y en el tramo después del vertimiento tiene un ICA-NSF de 44,18 que representa calidad mala.

Los monitoreos realizados en los años 2014 y 2015 antes y después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, superan los estándares de calidad ambiental con la categoría 3, en los parámetros de pH, fosfatos, DBO<sub>5</sub>, OD y coliformes termotolerantes, mientras que los demás parámetros evaluados se encuentran dentro de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

**Palabra clave:** Calidad del agua, río, calidad ambiental.

## INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida. La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (Organización mundial de la salud).

El Perú cuenta con 106 cuencas hidrográficas por las que escurren 2 043 548, 26 millones de metros cúbicos (MMC) al año. Asimismo, cuenta con 12 200 lagunas en la sierra y más de 1 007 ríos, con los que se alcanza una disponibilidad media de recursos hídricos de 2 458 MMC concentrados principalmente en la vertiente amazónica. Sin embargo, su disponibilidad en el territorio nacional es irregular, puesto que casi el 70 % de todo el agua precipitada se produce entre los meses de diciembre y marzo, contrastando con épocas de extrema aridez en algunos meses. Además, muchas lagunas han sufrido el impacto de la contaminación por desechos mineros, agrícolas y urbanos, y el asentamiento de pueblos o centros recreativos en sus orillas (Minam,sf).

Maldonado (2014) indica que la cuenca del río Moquegua se forma por los aportes de tres ríos principales, el Huaracane, el Torata y el Tumulaca, que se unen a la altura de la ciudad de Moquegua. Desde su origen en la parte alta, hasta su desembocadura en el mar, el río recorre aprox. 69 km.

Así mismo indica que la cuenca del río Moquegua en años anteriores el agua fue muy escasa, e irregular por lo reducido de su cuenca húmeda, por esta razón se

construyó, en la parte alta del río Vizcachas, ubicado en la cuenca del río Tambo, el embalse Pasto Grande (200 MMC de capacidad útil). Aguas que son derivadas hacia el río Moquegua.

Su consumo está destinado para: Poblacional, agrario, minero e industrial (ALA Moquegua, 2014).

Las fuentes contaminantes identificadas en la cuenca Moquegua Ilo y Subcuenca Carumas realizada en el año 2014 por ALA-Moquegua fueron dieciocho (18), compuestas por: Un (06) vertimientos municipales, ocho (08) vertimientos domésticos, dos (02) disposición de residuos sólidos y dos (02) vertimientos industriales

El índice de calidad de agua (ICA), es un tipo de índice ambiental que puede ser usado como este marco de referencia único para comunicar información sobre la calidad del ambiente afectado y para evaluar la vulnerabilidad o la susceptibilidad del agua a la contaminación (Canter, 1996).

Esta investigación la realizaron las instituciones siguientes: administración local de agua –Moquegua (ALA), entidad prestadora de servicio- Moquegua (EPS), gerencia regional de salud (GERESA) y el proyecto especial regional Pasto Grande (PERPG), en el sector de Omo, ubicado en el distrito de Moquegua, con los resultados obtenidos de la evaluación se evaluó el ICA NSF en dos puntos del tramo del río Moquegua, una antes del vertimiento, para observar cómo está la calidad del agua que ingresa, otro después del vertimiento, para ver cómo afecta la calidad del agua.

Es importante conocer la calidad del agua en los tramos antes y después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua que son destinadas riego de cultivos de tallo alto y bajo y bebidas de animales en su recorrido.

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la realidad del problema**

En la ciudad de Moquegua, uno de los problemas principales está constituido por la generación de efluentes domésticos e industriales que, sin un tratamiento adecuado, son vertidos al cauce del río Moquegua y en algunos casos usados previamente para el riego de terrenos agrícolas.

El diario correo (2014) indica que el presidente de la Comisión de Saneamiento, Salubridad y Salud de la municipalidad provincial de Ilo, Rafael Herrera, manifestó que presentarán una denuncia formal por el vertimiento de aguas servidas al río Moquegua.

Así mismo dicho planteamiento se logró luego de que por años tanto los regantes del valle de Moquegua como de Ilo, formularan denuncias respecto a la contaminación de las aguas que utilizan para regar sus sembradíos.

La DIRESA realizó un monitoreo el 28 de abril del 2014, en las zonas de Yaracachi, Santa Rosa, Omo y los espejos del valle de Moquegua y llega a similar conclusión: presencia de parámetros de metales pesados como aluminio, manganeso, níquel y coliformes totales y termotolerantes superando los ECAS para el agua (Servicio de Comunicación Intercultural, 2014).

DIRESA (2014) indica que solo hay plantas de tratamiento de agua potable en el Distrito de Moquegua: PTAP de Chen Chen, en el Distrito de Samegua: PTAP de Samegua y de Yunguyo y en el distrito de Ilo: PTAP de Cata Cata y Pampa Inalambrica. Actualmente se está detectando metales pesados y otros contaminantes en aguas de ríos. De 20 distritos, solo 2 tienen agua potable y 18 distritos no cuentan con planta de tratamiento del agua potable para consumo humano.

### **1.1.1. Antecedentes del problema**

Marchand (2002) desarrolló una investigación de microorganismos de la calidad de agua de consumo humano en Lima Metropolitana. El objetivo aquí es proponer microorganismos indicadores complementarios para perfeccionar el estándar nacional de calidad microbiana del agua de consumo humano. El trabajo se realizó entre los meses de junio y diciembre del año 2000, se tomó en consideración el agua de consumo humano que proviene de aguas superficiales del río Rímac y es tratada mediante procesos físicos y químicos de la planta de “La Atarjea”.

Torres (2009) desarrolló una investigación de desarrollo y aplicación de un ICA para ríos en Puerto Rico, El objetivo principal de esta investigación es

desarrollar un procedimiento para calcular un ICA para los ríos en Puerto Rico, que sirva como un método uniforme para medir la calidad del agua. Este índice servirá para ayudar a aquellas personas que toman decisiones a establecer prácticas de manejo adecuadas en los ríos y a tener idea de cuáles son los parámetros críticos que hay que monitorear para mantener un control de calidad aceptable del agua que utilizamos. Una vez precisados los constituyentes para el ICA, se usará este índice para determinar la calidad del agua en varios ríos representativos de las cuencas hidrográficas más importantes en Puerto Rico. Además, se empleará un modelo de calidad de agua para especificar la variación de estos constituyentes en espacio a través de un segmento del río Grande de Añasco (RGA), la metodología usada es el proceso para la elaboración del ICA.

## **1.2. Problema general**

¿Cuál es el índice de calidad de agua, espacial y temporal del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales - OMO, durante el periodo 2014 – 2015?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar el índice de calidad de agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Evaluar los parámetros fisicoquímicos del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo.

Examinar los parámetros microbiológicos del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Económica**

El ICA al ser un indicador de la calidad del agua factible y de rápida evaluación, se podría realizar en distintas áreas para comparar su estado del recurso, lo cual sería económicamente más factible en evaluar con 9 parámetros.

#### **1.4.2. Social**

El recurso agua es cada vez más apreciado, tanto para uso doméstico, industrial o agrícola, ya que promueve el desarrollo, por lo cual su calidad influye directamente en cada una de estas actividades.

No existe información del ICA- NSF en Moquegua, siendo este, un trabajo inédito que generara una base para diferentes estudios que se pueden desarrollar en el sector.

#### **1.4.3. Ambiental**

Este proyecto tiene como finalidad, evaluar las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de



tratamiento de aguas residuales - Omo, para saber las condiciones que presenta según los ICAs.

## **1.5. Alcances**

Este proyecto sirve como línea de base, para poder realizar diferentes tipos de actividades como son la de aumentar o mejorar su sistema y difundir la información sobre la calidad del agua del río Moquegua, brindar un análisis de los índices y mostrar si la calidad ambiental está empeorando o mejorando.

En la región Moquegua se ha reportado un aumento de enfermedades diarreicas conocidas como EDA, La GERESA Moquegua recomienda a la población asumir medidas preventivas, como practicar el consumo de agua segura, la misma que es monitoreada permanentemente por la dirección de salud ambiental.

Por lo tanto, dicha investigación será de información pública pues los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variables dependientes**

a. Índice de calidad del agua.

### **1.6.2. Variable independiente:**

b. Parámetros del índice de calidad del agua:

1. Temperatura (°C).
2. Potencial de hidrogeno (pH).

3. Nitratos (mg/l).
4. Oxígeno disuelto (mg/l).
5. Fosfatos (mg/l).
6. Coliformes fecales (NMP/100ml).
7. DBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/l).
8. Sólidos totales disueltos (mg/l).
9. Turbiedad (NTU).

### 1.6.1. Operacionalización de variables

**Tabla 1**  
*Variable dependiente e independiente*

	<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Definición operacional</b>
Independiente	Parámetros del índice de la calidad del agua	Tiene como objetivo clasificar el agua en base a un valor calculado mediante parámetros más representativos.	1. Temperatura. 2. Potencial de hidrogeno. 3. Nitratos. 4. oxígeno disuelto. 5. Fosfatos. 6. Coliformes. 7. Turbiedad. 8. Sólidos disueltos totales. 9. Demanda bioquímica de oxígeno.	(°C) (pH) (mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg O <sub>2</sub> /l.) (mg/l PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) (Nº/100 ml) (NTU) (mg/l) (mg/l)	Para los parámetros, pH, temperatura, OD utilizo ALA Moquegua, el Equipo Multiparámetro ODEON PÓNSEL, Modelo OPEN X, Serie N°SN-ODEOA-1550; previamente calibrado. Los demás parámetros fueron refrigerados con ice pack para su traslado a laboratorio (Ver tabla 5).
Dependiente	Índice de calidad del agua	La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• I – NSF: Índice de calidad del agua global</li> <li>• <math>SI_i</math>: Índice de calidad para el parámetro i.</li> <li>• <math>W_i</math>: Coeficiente de ponderación del parámetro i.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente 91 a 100</li> <li>• Buena 71 a 90</li> <li>• Regular 51 a 70</li> <li>• Mala 26 a 50</li> <li>• Pésima 0 a 20</li> </ul>	Se determina con el cálculo de índice: $I - NSF = \sum_{i=1}^9 SI_i W_i$

Fuente: Elaboración propia

### **1.7. Hipótesis general**

El índice de calidad agua antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales es diferente al índice de calidad de agua después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del río de Moquegua.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Definiciones conceptuales de términos**

##### **2.1.1. Índice de calidad de agua (ICA- NSF)**

Samboni et al. (2007) indican que el Índice de calidad de agua (ICA) fue desarrollada por fundación nacional de sanidad (NSF) de Estados Unidos. El ICA es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, para su desarrollo se seleccionaron 142 expertos en el tema de calidad de agua, quienes usaron la técnica de investigación Delphi, basada esencialmente en tres pasos.

A si mismo probaron 35 variables de contaminación basados en el criterio profesional colectivo y los conocimientos del medio acuático o foco de contaminación, clasificadas en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso” o “incluido”, a los que se les asignó un valor de 1 a 5, de acuerdo con su mayor o menor importancia, siendo uno la calificación más significativa.






Evaluaron las respuestas de los expertos y se seleccionaron nueve variables de mayor importancia: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales, nitratos, fosfatos, temperatura y turbidez.

#### 2.1.1.1. Estimación del índice de calidad de agua general

Samboni et al. (2007) indican que el “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación el curso de agua en estudio. Posteriormente al cálculo el índice del ICA de tipo “general” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Clasificación del índice de calidad de agua (ICA)*

Calidad de agua	Color	Valor ICA
<b>Excelente</b>		91 a 100
<b>Buena</b>		71 a 90
<b>Regular</b>		51 a 70
<b>Mala</b>		26 a 50
<b>Pésima</b>		0 a 25

Fuente: Lobos, 2002

#### 2.1.2. Indicadores físico-químicos

Samboni et al. (2007) indican que la calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus

propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico.

Samboni et al. (2007) indican que la ventaja de los métodos físico-químicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación con los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas; además, la elección de las especies debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente solo se realiza para un uso determinado, a diferencia de las físico-químicas, que permiten una evaluación para diferentes tipos de uso.

Independiente del tipo de variables usadas en el monitoreo de una fuente, siempre se genera un gran número de datos, que requieren de un tratamiento e interpretación, tarea dispendiosa y de complejo entendimiento en el proceso de la valoración de la calidad ya que en muchas ocasiones se incurre en la pérdida de información o gastos que no justifican los resultados obtenidos.

Los resultados de un monitoreo deben permitir resolver diferentes tipos de conflictos como el uso del agua y la integridad ecológica de los sistemas acuáticos, los cuales involucran aspectos socioeconómicos, por lo que los ICA e ICO (índices de contaminación) son una herramienta importante pues su cálculo involucra más de una variable, de tal manera que el uso correcto de estos indicadores permite utilizarlos para la evaluación de los programas de gestión de recursos hídricos.

### **2.1.3. Parámetros microbiológicos**

Payeras (2011) indica que para todo el mundo es conocido que el "gran enemigo" es la bacteria *Escherichia coli* y el grupo de los coliformes en su conjunto.

Generalmente se emplea un grupo de bacterias como indicadores de contaminación, esto es una práctica generalizada en todo el mundo, se supone que la no presencia de estas bacterias hace que el agua sea potable bacteriológicamente hablando. Son:

- *Escherichia coli*.
- *Streptococos fecales*.
- Clostridios (anaerobios y formadores de esporas).

La medición se hace empleando técnicas estadísticas "número más probable" (índice NMP) en 100 mL de agua.

Las aguas con un NMP inferior a 1 son satisfactoriamente potables.

### **2.1.4. Aguas residuales**

Son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

### **2.1.5. Vertimiento de aguas residuales**

Es la descarga de aguas residuales previamente tratadas, en un cuerpo natural de agua continental o marítima. Se excluye las provenientes de naves y artefactos navales (Autoridad Nacional del Agua, 2010).



## **2.1.6. Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (PTAR)**

Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales domésticas o municipales (MINAM, 2010).

### ***2.1.6.1. Etapas de proceso PTAR***

La complejidad del sistema de tratamiento está en función de los objetivos que se establezca para el efluente resultante de dicho tratamiento. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para la depuración de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales para fines prácticos han sido clasificados como: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado. A continuación, se describe las consideraciones que caracteriza cada nivel (Ministerio del Ambiente, 2013).

#### ***a. Pre tratamiento o tratamiento preliminar***

Tiene como objetivo la retención de sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con el fin de facilitar el tratamiento posterior. Son usuales el empleo de canales con rejas gruesas y finas, desarenadores, y en casos especiales se emplean tamices. Estas unidades, en ocasiones obviadas en el diseño de plantas de tratamiento, son necesarias para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos (Ministerio del Ambiente, 2013).

**b. Tratamiento primario**

Se considera como unidad de tratamiento primario a todo sistema que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70 % de sólidos suspendidos totales y hasta un 30 % de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) orgánica sedimentable presente en el agua residual. Es común en zonas rurales el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración. El tanque Imhoff ha sido empleado en localidades de mediano tamaño como un buen sistema de tratamiento primario (Ministerio del Ambiente, 2013) .

**c. Tratamiento secundario**

Ministerio del ambiente (2013) indica que el fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50 % y el 95 % de la DBO. Los sistemas más empleados son:

- Biofiltros o filtración biológica, filtros percoladores, filtros rotatorios o biodiscos.
- Lodos activados, entre los que se encuentran los convencionales y los de aireación extendida.
- Lagunas de estabilización de los tipos facultativas y aireadas.

*d. Tratamiento terciario*

La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas.

El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo. Usualmente, la finalidad del tratamiento de nivel terciario es evitar que la descarga del agua residual, tratada previamente, ocasione la eutrofización o crecimiento generalizado de algas en lagos, lagunas o cuerpos de agua de baja circulación, ya que ello desencadena el consumo de oxígeno disuelto con los consecuentes impactos sobre la vida acuática del cuerpo de agua receptor. El uso del efluente de plantas de tratamiento de nivel terciario puede aplicarse al riego de áreas agrícolas, la crianza de peces y otras actividades productivas. El efluente del tratamiento terciario también puede tener algunos usos especiales, como la recarga de acuíferos, agua para uso industrial, etc. Los procesos más usados son la precipitación química de nutrientes, procesos de filtración, destilación, flotación, ósmosis inversa, entre otros (Ministerio del Ambiente, 2013).

**2.1.7. Las aguas residuales domésticas**

Son aquellas de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

### **2.1.8. Las aguas residuales municipales**

Son aquellas aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Autoridad Nacional del Agua, 2010).

### **2.1.9. Tiempo**

Orozco (2014) indica que el tiempo es una magnitud física fundamental, el cual puede ser medido utilizando un proceso periódico, entendiéndose como un proceso que se repite de una manera idéntica e indefinidamente. La unidad de tiempo seleccionada es el segundo, éste último se define como la 86,400 ava parte del día solar medio.

Orozco también dice que la mayoría de las actividades del ser humano están regidas por el tiempo, ya que éste nos ayuda a poner en orden nuestro día. Nos indica que deberíamos estar haciendo, o cuando algo va a suceder, es como una corriente sin fin que nos transporta, trasladándonos desde el pasado, presente, y luego al futuro.

La unidad de tiempo tiene múltiplos y sub-múltiplos, tal como un día equivale a 24 horas, la hora equivale a 60 minutos, el minuto equivale a 60 segundos, cuando queremos medir el tiempo transcurrido en un año se tiene que una semana equivale a 7 días, el mes equivale a 4 o 5 semanas y a su vez de 28, 29, 30 o 31 días, y el año equivale a 12 meses.

El tiempo expresa el momento de una acción o un estado de cosas situados con respecto al momento en que se habla (Real Academia Española, 2014).

### **2.1.10. Espacio**

Bosch (2000) indica que Aristóteles define el espacio como el lugar ocupado por alguna cosa, de manera que espacio y lugar quedan equiparados. Espacio y lugar fungen lo mismo, son sinónimos, o, dicho de otro modo, “espacio” sólo es aplicable a “lugar” cuanto “lugar” lo es a “espacio”: espacio es igual a espacio, como lugar es igual a lugar. Cayendo, así, en un círculo vicioso, puesto que lo que definimos entra, de algún modo en la definición ( $A = A$ ).

La definición aristotélica de lo que entiende por “espacio” ha tenido sus frutos, y sus contradicciones, en astronomía, astrofísica y ciencias afines, dado que, si por “espacio” entendemos por el “lugar ocupado por una cosa”, y si ampliamos tal “cosa” a lo que hay. El “espacio” debería corresponderse con “lo que hay”, o dicho de otro modo, fuera de “lo que hay o existe” no puede haber “espacio”.

## **2.2. Definición de variables**

### **2.2.1. Temperatura**

La temperatura del agua, es un factor abiótico importante, que influye directamente en la regulación de los procesos vitales de los organismos acuáticos. Afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en el ecosistema acuático como son: la solubilidad de nutrientes y gases, el estado físico de nutrientes y el grado de toxicidad de compuestos químicos sintetizados. Revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca la transferencia de calor, interviene

directamente en el metabolismo principalmente de microorganismos e invertebrados en general. Ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, crecimiento y el status fisiológico, la nutrición y la reproducción de todos los organismos acuáticos. Donde los más favorecidos son los microorganismos como grupo, particularmente las bacterias (ALA, 2012).

### **2.2.2. Potencial de hidrogeno (pH)**

El pH es un factor importante, interviene en la regulación de los procesos biológicos mediados por enzimas (fotosíntesis y respiración), en la movilidad de metales pesados; así mismo a nivel celular afecta o regula la estructura y función de macromoléculas y organelos tales como ácidos nucleicos, proteínas estructurales y sistemas de pared celular y membranas. Las marcadas variaciones de pH hacia cualquiera de los extremos de la escala, pueden tener efectos marcados sobre cada uno de los niveles de organización de la materia viva, desde el nivel celular hasta el nivel de ecosistemas (ALA, 2012).

### **2.2.3. Nitratos**

Nitrato y nitrito son compuestos solubles que contienen nitrógeno y oxígeno. En el ambiente nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) generalmente se convierte a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), lo que significa que nitrito ocurre raramente en aguas subterráneas. Nitrato es esencial en el crecimiento de las plantas y está presente en todos los vegetales y granos. Por esta razón, el uso predominante de nitrato en la industria es como fertilizante. Nitrito es usado para curar carnes, en la fabricación de explosivos, y en el mantenimiento de calderas industriales. De acuerdo a la OMS, el hombre americano promedio consume 9 mg -22 mg de nitrato-N por día principalmente en verduras de hoja verde

y vegetales de raíz como zanahorias, remolacha, y rábanos. El consumo promedio de nitrito-N es más bajo a 0,1 mg/día -0,8 mg/día, principalmente en carnes curadas. El consumo a estos niveles no es considerado un riesgo a la salud (Singler & Bauder, 2012).

#### **2.2.4. Oxígeno disuelto (OD)**

Es un parámetro importante que está relacionado con la salud ambiental del cuerpo de agua. De este depende la viabilidad ecológica de las diversas especies acuáticas como los peces y todo los macro invertebrados acuáticos que habitan en un determinado cuerpo de agua. Es un buen indicador de contaminación orgánica.

Cuando las aguas de los ríos o lagos se encuentran limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida acuática; por el contrario, si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, por ende, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida (ALA, 2012).

#### **2.2.5. Fosfatos**

Los fosfatos son esenciales de los seres vivos y además son nutrientes para las plantas. Estos presentan diferentes tipos de aplicaciones industriales en el sector agrícola con el desarrollo de fertilizantes. El uso no controlado de fertilizantes en los cultivos, son los principales generadores de contaminación por fosfatos ya que las lluvias transportan los residuos a los cuerpos de agua y pueden causar eutrofización (DIRESA, 2010).

### **2.2.6. Coliformes fecales**

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Munn, 2004). La contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Por ello, el control sanitario de riesgos microbiológicos es tan importante, y constituye una medida sanitaria básica para mantener un grado de salud adecuado en la población (Ramos et al. 2008).

### **2.2.7. Turbiedad**

La OMS (2006) indica que la turbidez en el agua de consumo está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la resuspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. El aspecto del agua con una turbidez menor que 5 NTU suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales.

Las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias. Siempre que se



someta al agua a un tratamiento de desinfección, su turbidez debe ser baja, para que el tratamiento sea eficaz.

Además, la turbidez también es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y puede indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación y sedimentación y en la filtración.

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbidez; idóneamente, sin embargo, la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 NTU para que la desinfección sea eficaz, y los cambios en la turbidez son un parámetro importante de control de los procesos.

#### **2.2.8. Sólidos disueltos totales (SDT)**

La OMS (2006) indican que los sólidos disueltos totales comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales. Las sales empleadas en algunos países para eliminar el hielo de las carreteras también contribuyen a aumentar el contenido de SDT en el agua de consumo. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras.

No se dispone de datos fiables sobre posibles efectos para la salud asociados a la ingestión de SDT presentes en el agua de consumo y no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. No obstante, la presencia de

concentraciones altas de SDT en el agua de consumo puede resultar desagradable para los consumidores.

### **2.2.9. Demanda bioquímica de oxígeno**

Andreo (s.f.), define como DBO de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg/l. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes.

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO<sub>5</sub>.

Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO. máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo.

### **2.2.10. Calidad de agua**

Water Quality (2014) indica que la calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de la investigación**

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada, porque busca dar a conocer la obtención de una información aplicable a un método (ICA).

#### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación es descriptivo, porque se describe los parámetros ambientales en un periodo y espacio, se utilizó la metodología del ICA para evaluar la información resultante del monitoreo de la calidad del agua a cargo de diferentes entidades: administración local del agua Moquegua (2014 y 2015), gerencia regional de salud (2014 y 2015), entidad prestadora de servicio Moquegua (2015) y el proyecto especial regional Pasto Grande (2014 y 2015).

##### **3.2.1. Descripción del área de estudio**

Iglesias Salas (2014) menciona que la cuenca del río Moquegua se encuentra localizada al sur del país, en el departamento de Moquegua, Provincias de Ilo y de

Mariscal Nieto, geográficamente se encuentra comprendida entre los paralelos 16° 52' y 17° 43' de latitud sur y entre los meridianos 70° 26' y 71° 20' de longitud oeste, forma parte del sistema hidrográfica de la vertiente del Pacífico; cubriendo una extensión de aproximadamente 3 431,07 km<sup>2</sup> de los cuales 680 km<sup>2</sup> corresponden a la cuenca húmeda o imbrifera, ubicada por encima de los 3 900 msnm.

La Cuenca Moquegua - Ilo cuenta con cuatro (04) unidades hidrográficas a nivel 5, estas son: Ilo – Moquegua, Licona, El Carrizal y Huacacune grande. A su vez la cuenca Moquegua – Ilo comprende doce (12) unidades hidrográficas a nivel 6 (medio bajo Ilo – Moquegua, bajo Ilo – Moquegua, Pacocha, Honda, el Algarrobal – Pacocha, medio Ilo – Moquegua, medio alto Ilo - Moquegua, Tumilaca, Guaneros, alto Ilo – Moquegua y Torata).

Asi mismo, La zona de estudio comprende de nueve (09) unidades hidrográficas a nivel 6, las cuales son: (Medio Bajo Ilo – Moquegua, Bajo Ilo – Moquegua, Honda, Medio Ilo – Moquegua, medio alto Ilo -moquegua, Tumilaca, Guaneros, Alto Ilo – Moquegua y Torata), como se muestra en la tabla N<sup>a</sup> 3.

**Tabla 3**

*Ubicación política por unidades hidrográficas a nivel 04 y 05 de la cuenca Moquegua - Ilo*

<b>Unidad Hidrográfica N° 4</b>	<b>Unidad Hidrográfica N° 5</b>	<b>Unidad Hidrográfica N° 6</b>	<b>Distrito</b>	<b>Provincia</b>	<b>Departamento</b>
<b>Unidad Hidrográfica 1317</b>	Ilo – Moquegua	Medio Bajo Ilo – Moquegua	El Algarrobal	Ilo	Moquegua
		Bajo Ilo – Moquegua	El Algarrobal	Ilo	Moquegua
		Honda	Moquegua, El Algarrobal	Ilo, Mariscal Nieto	Moquegua
		Medio Ilo – Moquegua	Moquegua	Mariscal Nieto, Ilo	Moquegua
		Medio Alto Ilo – Moquegua	Moquegua, El Algarrobal	Mariscal Nieto	Moquegua
		Tumilaca	Torata, Moquegua, Samegua	Mariscal Nieto, Ilo	Moquegua
		Guaneros	Torata, Moquegua, El Algarrobal	Mariscal Nieto	Moquegua
		Alto Ilo – Moquegua	Torata Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua
		Torata	Carumas Torata Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua
		Licona	Pacocha	Pacocha	Ilo
	El Carrizal	El Algarrobal – Pacocha	Pacocha, El Algarrobal	Ilo	Moquegua
	Huacacune grande	Moquegua	Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua

Fuente: ANA, 2009

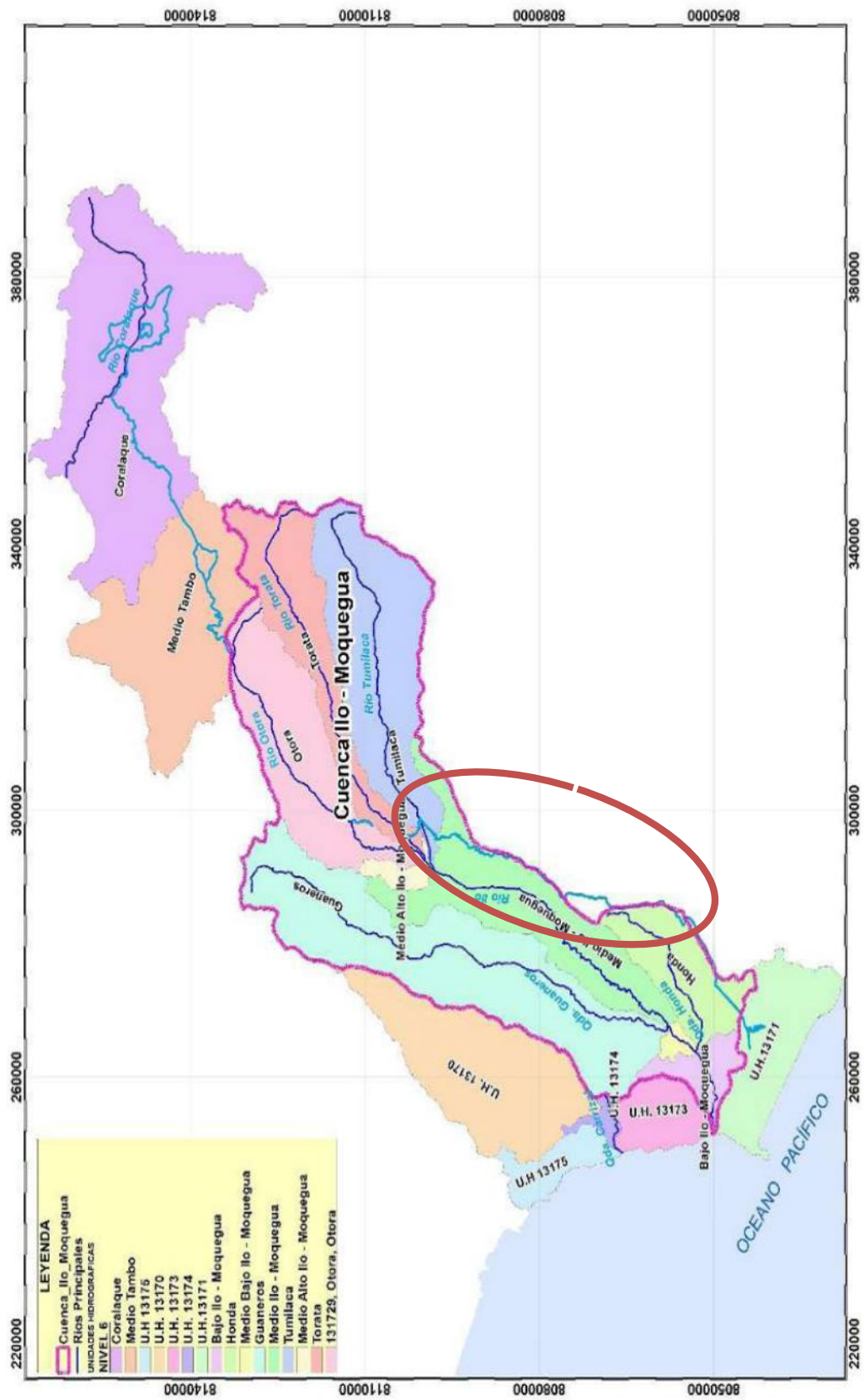


Figura 1. Mapa de la Cuenca Ilo – Moquegua.  
Fuente: ANA, 2014

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

ALA Moquegua (2014) el río Moquegua se forma por los aportes de tres ríos principales, el Huaracane, el Torata y el Tumilaca los cuales se unen en forma sucesiva a la altura de la ciudad de Moquegua, drenando una cuenca de 3 604,75 km<sup>2</sup>, la misma que cuenta con una zona imbrífera de 680 km<sup>2</sup> ubicada sobre los 3 900 msnm.

Desde su origen en la parte alta, hasta su desembocadura en el mar, el río Moquegua recorre aproximadamente 69 km. Aguas abajo del valle de Moquegua, el cauce se encañona y reconoce como río Osmore, para finalmente ser reconocido como río Ilo, hasta desembocar en el Océano Pacífico.

#### **3.3.2. Muestra**

La unidad hidrográfica Medio Ilo – Moquegua abarca un área de 517,09 km<sup>2</sup>, el río principal que cruza esta unidad hidrográfica es el río Moquegua, en el cual se ubicaron los puntos de monitoreo: 50 m antes del puente Montalvo (M1), 100 m aguas arriba del vertimiento (M2), 100 m aguas abajo del vertimiento (M3) y el sector la Rinconada – espejos fin del valle Moquegua (M4).

La zona de estudio se encuentra accediendo a la localidad de Omo. Políticamente pertenece:

- Región: Moquegua.
- Provincia: Mariscal Nieto.



- Distrito: Moquegua.
- Localidad: Omo.

**Tabla 4**

*Puntos de muestreo*

<b>Punto de control</b>		<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>
<b>Descripción del punto de control</b>		50 m antes del puente Montalvo	100 m aguas arriba del vertimiento	100 m aguas abajo del vertimiento	Sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua
<b>Coordenadas</b>	Este	29 0141	288 522	288 495	287 358
	Norte	8 095 517	8 089 253	8 089 059	8 081 124

Fuente: ALA, 2015

### **3.3.3. Descripción de instrumentos para la recolección de datos**

#### **3.3.3.1. Metodología para la recolección de muestras de agua.**

La toma de muestras del río Moquegua lo realizó la administración local del agua Moquegua (ALA), entidad prestadora de servicio (EPS- Moquegua), gerencia general de salud (GERESA) y proyecto especial regional Pasto Grande (PERPG) en 4 puntos: M1, M2, M3 y M4.

Las entidades mencionadas anteriormente utilizaron el “Protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial”, aprobado con la R.J. N°182-2011-ANA el cual les permitió el desarrollo del monitoreo de la calidad en los cuerpos naturales de agua superficial, desde la preparación de materiales y equipos, precauciones durante el monitoreo, reconocimiento del

entorno, medición de los parámetros en campo y registro de información, toma de muestras, preservación, etiquetado, rotulado, conservación y transporte y finalmente el aseguramiento y control de la calidad que es parte importante del sistema de monitoreo. Las muestras destinadas al análisis de aquellos parámetros, cuyos tiempos máximos de duración son de 24 horas, se transportaron en un tiempo inferior a este con la finalidad de evitar alteraciones de las concentraciones de estos parámetros inestables. Para medir los parámetros de campo (temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad y caudal) se utiliza el equipo multiparámetro portátiles en función a las especificaciones del manual de operaciones.

**Tabla 5**

*Equipos e insumos utilizados por ALA –Moquegua en el monitoreo de calidad de agua superficial de la cuenca Moquegua –Ilo*

N°	Parámetros Muestreados	Descripción del	
		Levantamiento de la muestra	Equipos y/o insumos
01	Caudal	La medición del caudal en los puntos de monitoreo se realizó por el método del correntómetro.	Correntómetro digital marca OTT FPro.
02	Ph	La medición del pH,	Equipo Multiparámetro:
03	Temperatura	temperatura, conductividad y oxígeno disuelto se efectuó	ODEON PÓNSEL, Modelo OPEN X, Serie
04	Oxígeno Disuelto	en una jarra plástica, disponiendo los electrodos	N°SN-ODEOA-1550; previamente calibrado.

en una cantidad de 1 000 ml de muestra.

En primer lugar se midió el oxígeno disuelto.

05	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	La muestra se recolecto en 01 frasco de plástico de 1 000 ml, con previo doble enjuague.	Se verifico la ausencia de burbujas en la muestra y se refrigero con ice pack para su traslado.
06	Fosfatos	La muestra se recolecto en 01 frasco de plástico de 1 000 ml, con previo doble enjuague.	Este parámetro no requiere de reactivos de preservación, solo se refrigero con ice pack para su traslado.
07	Nitratos	La muestra se recolecto en 01 frasco de plástico de 500 ml, con previo doble enjuague.	Se preservó con ácido sulfúrico y se refrigero con ice pack para su traslado.
08	Coliformes Termotolerantes o Fecales	La muestra se recolecto en 01 vaso de plástico estéril transparente de 100 ml, dejando una cámara de aire (1/4 del frasco), a una profundidad aproximada de 20 cm de la superficie de la	Este parámetro no requiere de reactivos de preservación, solo se refrigero con ice pack y los frascos se embalaron en bolsas de poliburbujas para su traslado.

corriente de agua, sin previo

enjuague.

09 Metales totales (\*) La muestra se recogió en 01 Se preservó con ácido nítrico y se refrigerará con hielo pack para su traslado.

(\*) Incluye: calcio, sodio, aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, litio, magnesio, manganeso, níquel, plata, plomo, selenio y zinc.

---

Fuente: ALA, 2014

### **3.3.3.2. Metodología para la determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF)**

El índice de calidad del agua -NSF fue desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (NSF) de Estados Unidos. Este índice se usa para la evaluación de la calidad del agua de los ríos. Tiene la característica de ser un índice multiparámetro y se basa en el estudio de 9 parámetros importantes:

- Temperatura (°C).
- Potencial de hidrógeno (pH).
- Nitratos (mg/l).
- Oxígeno disuelto (mg/l).
- Fosfatos (mg/l).
- Coliformes fecales (NMP/100ml).
- Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>/l).
- Sólidos totales disueltos (mg/l).

- Turbiedad (NTU).

Cada variable de estudio presenta un peso relativo ( $W_i$ ) o ponderación según la importancia de cada variable o parámetro en la calidad del agua. Estos pesos se aplican a los subíndices correspondientes a cada parámetro para generar la media ponderada que constituye el I-NSF (Ramírez et al., 2004).

Las ponderaciones aplicadas a cada uno de los parámetros se presentan en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Ponderación o peso relativo aplicado a cada uno de los parámetros usados en el I - NSF*

<b>Parámetro</b>	<b>Peso relativo ICA</b>
<b>Oxígeno disuelto</b>	0,17
<b>Coliformes fecales</b>	0,15
<b>Ph</b>	0,12
<b>DBO<sub>5</sub></b>	0,10
<b>Fósforo total</b>	0,10
<b>Nitratos</b>	0,10
<b>Temperatura</b>	0,10
<b>Sólidos totales disueltos</b>	0,08
<b>Turbiedad</b>	0,08

Fuente: Lobos, 2002

Cálculo de índice:  $I - NSF = \sum_{i=1}^9 SI_i W_i$

Dónde:

I – NSF: Índice de calidad del agua global

$SI_i$ : Índice de calidad para el parámetro i

$W_i$ : Coeficiente de ponderación del parámetro i

Los 9 parámetros a considerarse presentan sus ecuaciones respectivas, así como las curvas respectivas propuestas (para obtener  $SI_i$ ) que son el resultado de un ajuste de la curva. Todas las ecuaciones son de certera aplicabilidad pues el coeficiente de correlación es de 1 en ciertos casos y 0,99 en otros.

En cada parámetro se adoptan criterios en base al comportamiento de las curvas. Los niveles de calidad de agua tuvieron un rango de 0 a 100 que fueron localizadas en las ordenadas y en los diferentes niveles de las variables de las abscisas. Estas curvas fueron conocidas como “Relaciones Funcionales o “Curvas de Función (Brown, 1970).

### **3.3.3.3. Metodología para la conversión de sólidos totales suspendidos a turbiedad**

Melton (s.f.) la Unidad de Turbidez Nefelométrica (NTU) es el término de la medición de la turbidez en una muestra de agua. La turbidez en el agua se refiere a la claridad del agua. Cuanto mayor sea la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua, más oscura parecerá.

En general, cuanto mayor es la concentración de SST por mg / ml en una muestra dada de agua, mayor será su turbidez. Así, mg / ml se refiere a:

$$1 \text{ unidad nefelométrica de turbiedad (NTU)} = 7,5 \text{ ppm de SiO}_2$$

### 3.3.3.4. Metodología para la conversión de conductividad a sólidos disueltos totales

Artime (2013) menciona que en soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación por la siguiente igualdad:

$$1,4 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm} \text{ o } 2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm (mg/l de CaCO}_3)$$

$$+500 \text{ ppm corresponden a } 1000 \text{ mS}/\text{cm} \text{ ó } 1 \text{ EC}$$

### 3.4. Curvas de función

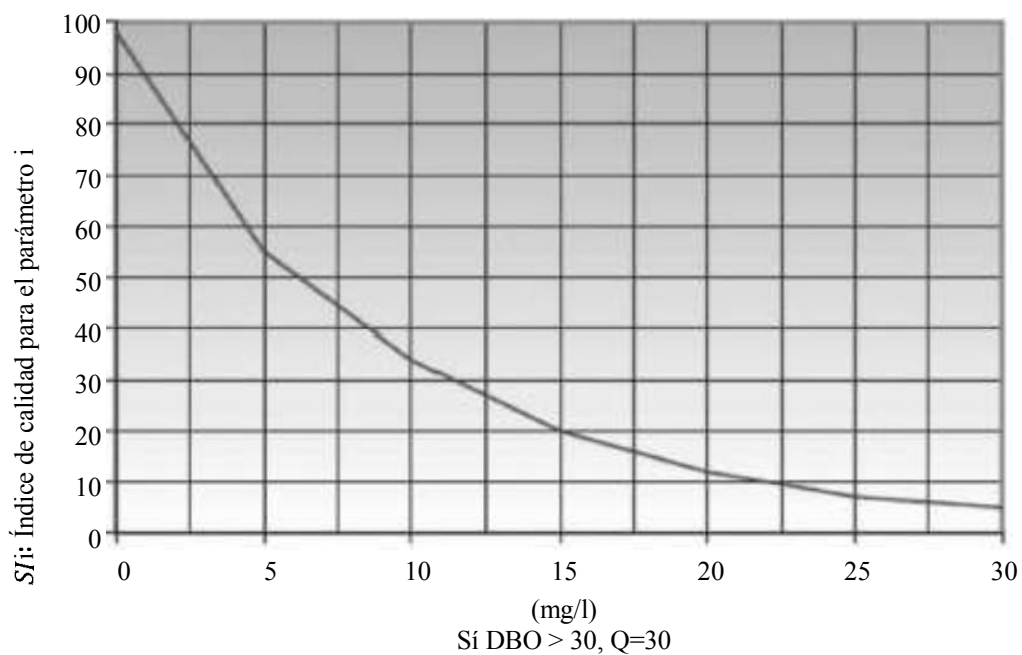


Figura 2. Curva de calidad de la demanda bioquímica de oxígeno.  
Fuente: Chávez, 2015

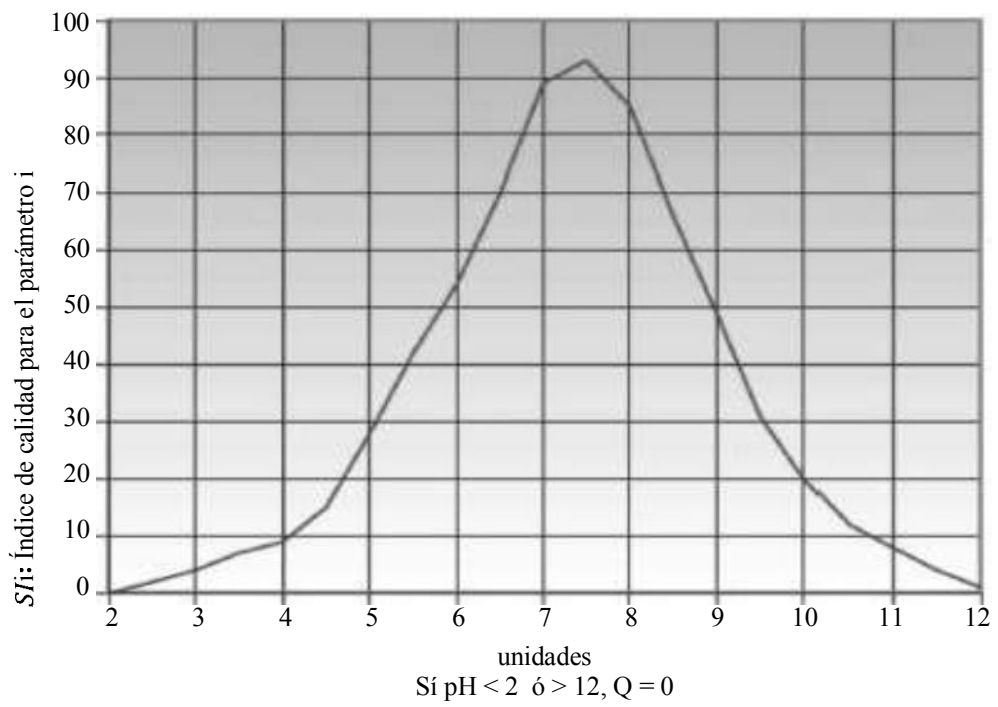


Figura 3. Curva de calidad de potencial de hidrógeno.  
Fuente: Chávez, 2015

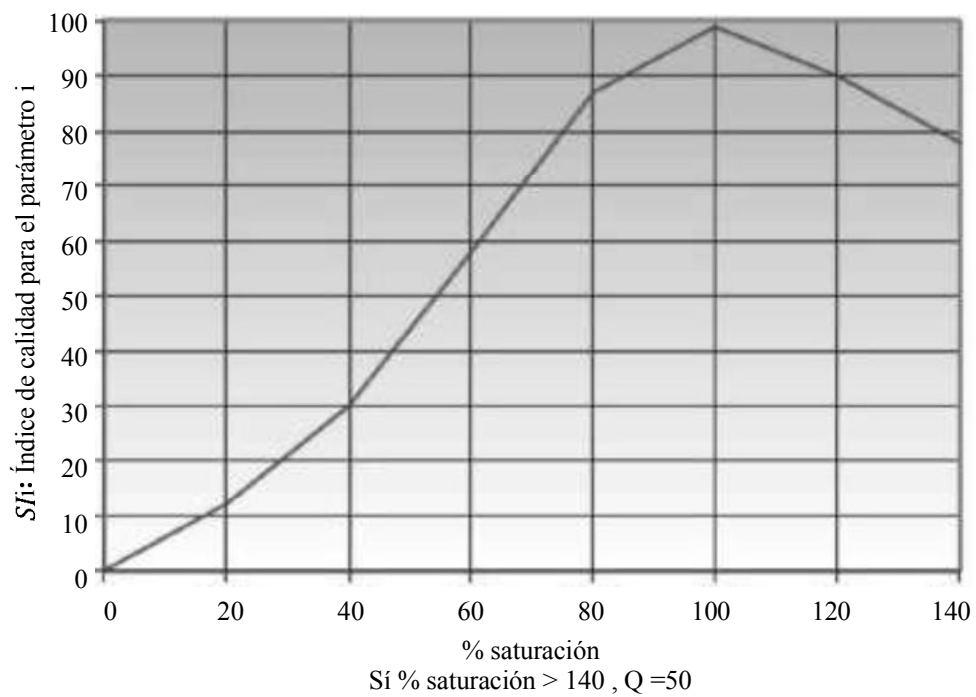


Figura 4. Curva de calidad de oxígeno disuelto.  
Fuente: Chávez, 2015



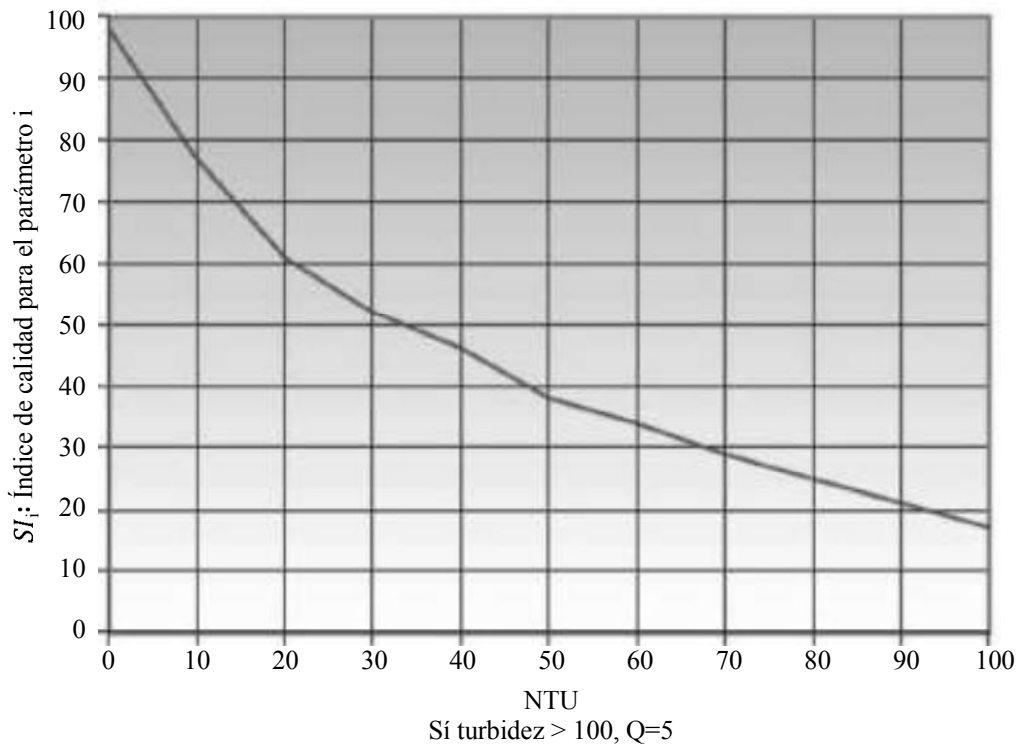


Figura 5. Curva de calidad de turbiedad.  
Fuente: Chávez, 2015

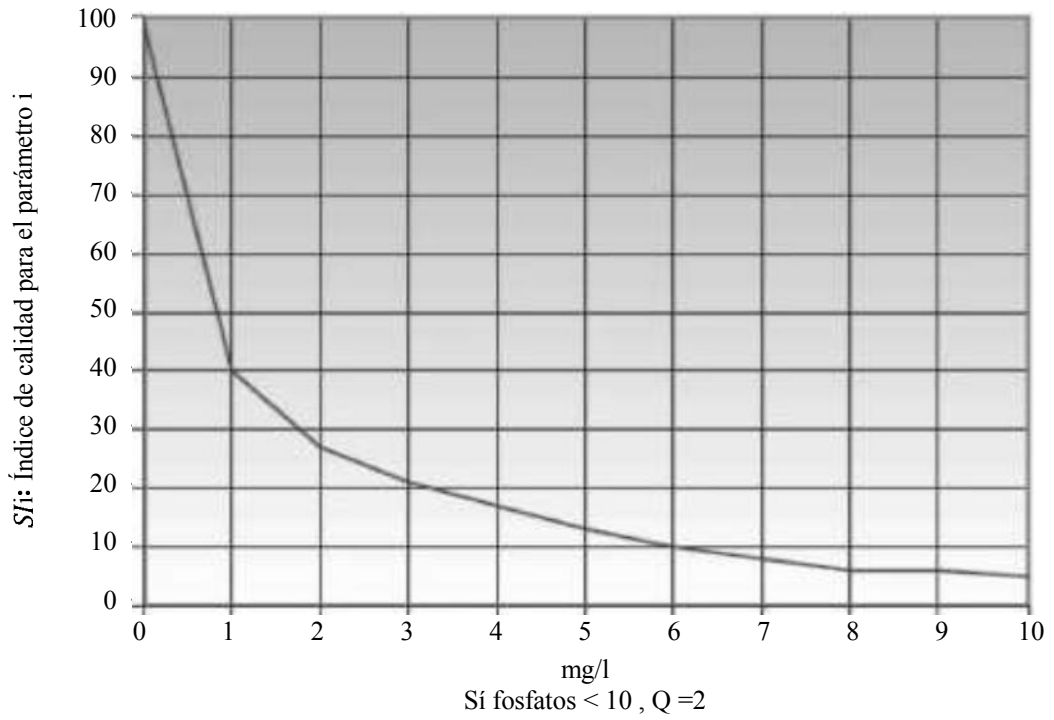


Figura 6. Curva de calidad de fósforo total.  
Fuente: Chávez, 2015

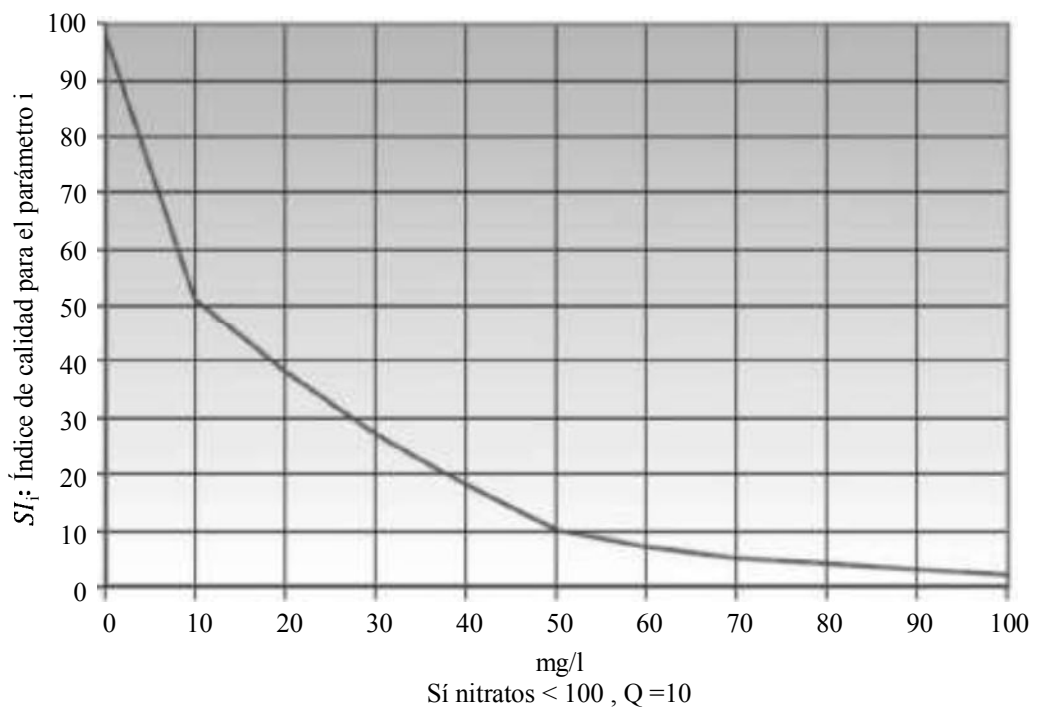


Figura 7. Curvas de calidad de nitratos.  
Fuente: Chávez, 2015

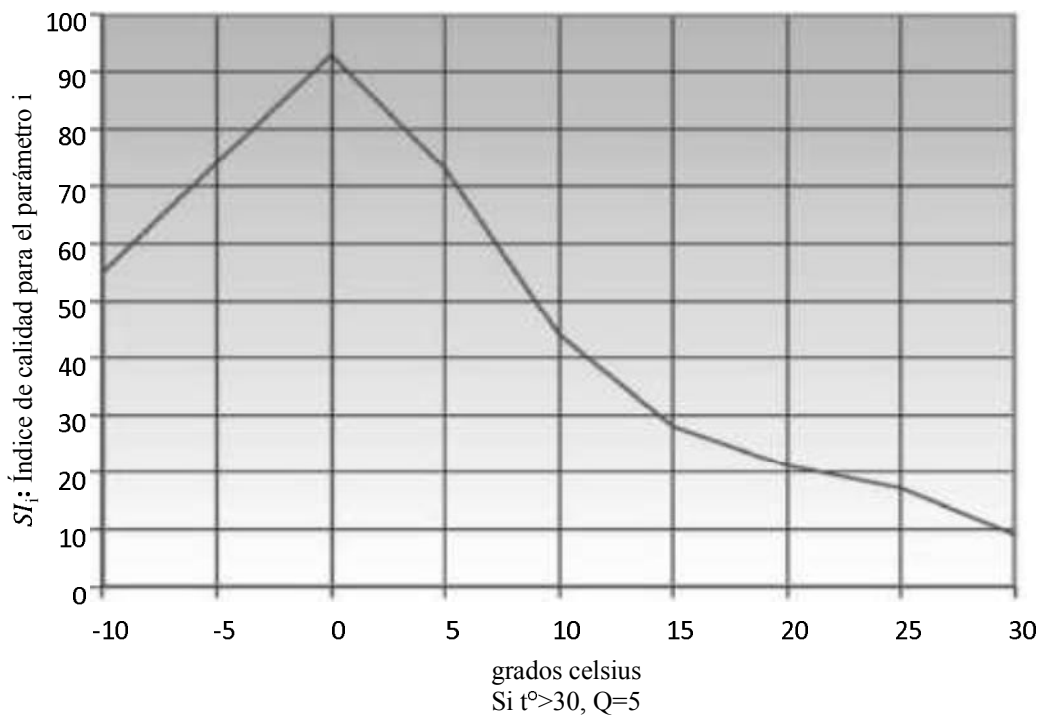


Figura 8. Curvas de calidad temperatura.  
Fuente: Chávez, 2015

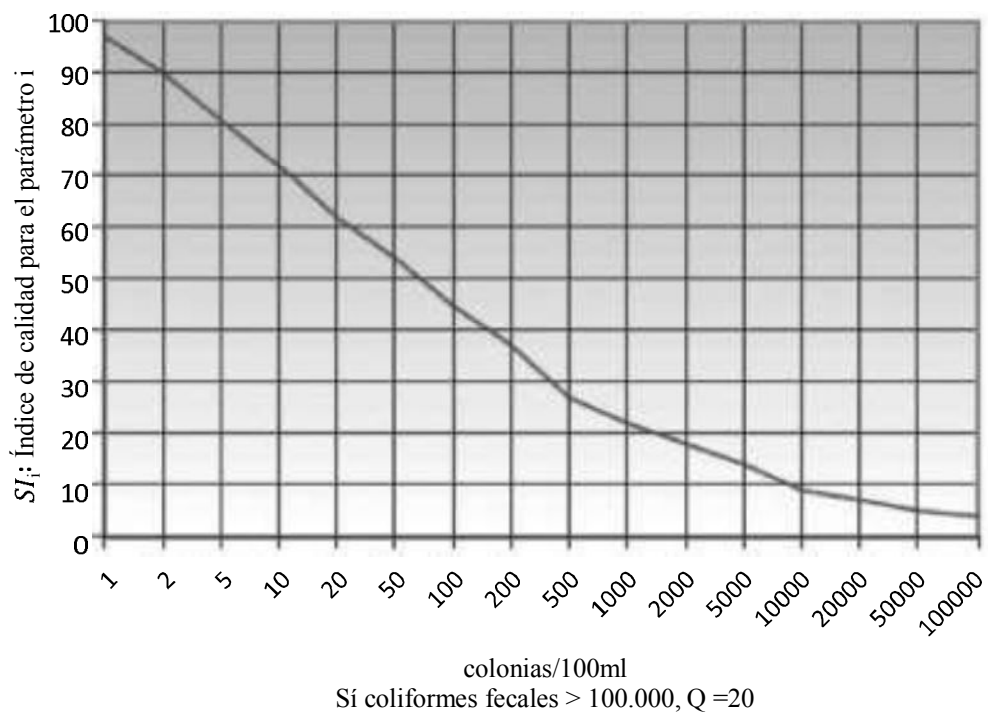


Figura 9. Curvas de calidad coliformes fecales.  
Fuente: Chávez, 2015

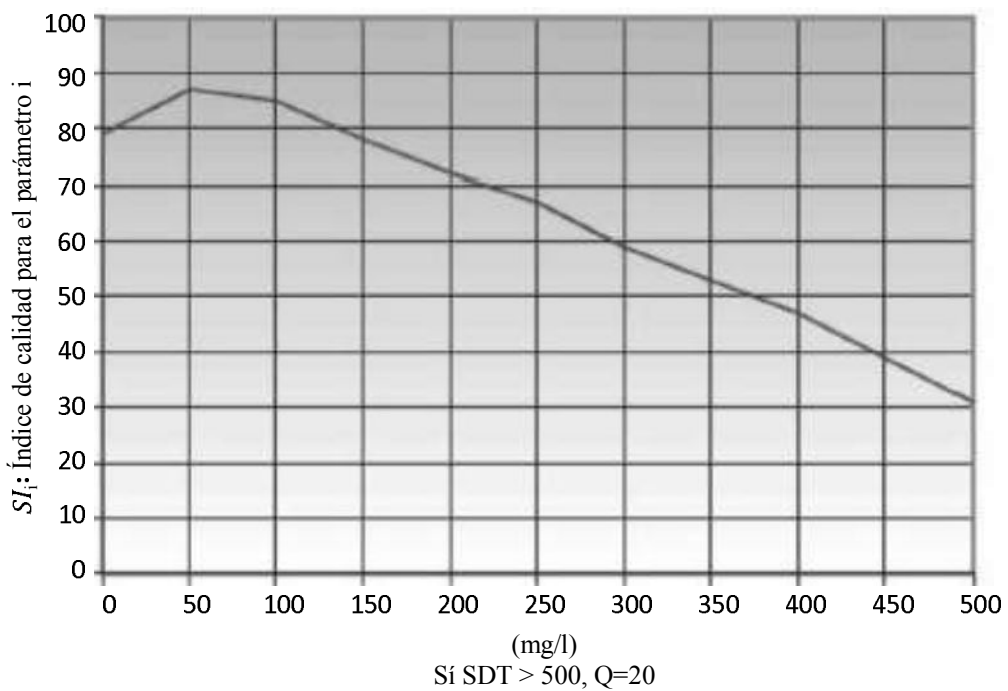


Figura 10. Curvas de calidad sólidos disueltos totales.  
Fuente: Chávez, 2015

La clasificación de la calidad de agua se realizó de acuerdo a la tabla 7.

**Tabla 7**

*Rangos de clasificación del agua usados en el I-NSF*

<b>Clase</b>	<b>Calidad</b>	<b>Índice de Calidad</b>	<b>Significado</b>
I	Excelente	91 -100	Aguas muy limpias.
II	Buena	71 -90	Aguas ligeramente contaminadas.
III	Media	51 -70	Aguas moderadamente contaminadas.
IV	Mala	26 -50	Aguas muy contaminadas.
V	Muy mala	0 -25	Aguas fuertemente contaminadas.

Fuente: Romero, 2014.

### **3.5. Análisis de datos**

El análisis de los datos se realizó a través del uso del programa excel, que comprende un análisis matemático y el programa SPSS el cual realizó análisis estadísticos, para la evaluación de la calidad del agua mediante la aplicación del modelo ICA-NSF.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron obtenidos de las entidades: administración local del agua Moquegua (ALA), entidad prestadora de servicio (EPS-Moquegua), gerencia general de salud (GERESA) y proyecto especial regional Pasto Grande (PERPG), se calculó el ICA en 4 puntos: 50 m antes del puente Montalvo (M1), 100 m. antes del vertimiento (M2), 100 m. después del vertimiento (M3) y Sector la Rinconada – espejos, fin del valle Moquegua (M4).

Esta sección los resultados se dividieron en dos partes. La primera incluye la determinación del ICA– NSF durante el III y IV monitoreo del año 2014 y la segunda incluye la determinación del ICA— NSF en los cuatro monitoreos trimestrales durante el año 2015.

#### **4.1. Presentación de resultados**

##### **4.1.1. Cálculo para determinación del ICA-NSF en el III monitoreo- 2014**

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del III monitoreo realizado en el 2014 se resumen en la tabla 8.

**Tabla 8***Resultados del mes de abril del 2014 (M1 y M2)*

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo	
		M1	M4
Caudal	l/s	813	1090
Temperatura	°C	20,77	24,64
pH	Unidad de pH	7,91	8,29
Nitratos	mg/l	2,201	3,678
Fosfatos	mg/l	<0,15	<0,15
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	<2,00
Oxígeno disuelto	mg/l	8,20	9,69
STD	mg/l	531	1128
Turbiedad	NTU	11,90	3,76
Coliformes termotolerantes	NMP/ml	3300	490

Fuente: ALA &amp; DIRESA, 2014

Con los datos de la tabla 8, se calculó para determinación de los sub índices respectivos (**S1**), y su índice de calidad promedio (**W1**), en los puntos de monitoreo, M1 (50 metros aguas arriba de puente Montalvo) y M4 (el sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua) - 2014, para ello se completó la siguiente tabla 9 y tabla 10.

**Tabla 9***Aplicación del ICA 50 metros aguas arriba de puente Montalvo (M1), abril 2014*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	20,77	20	0,10	2,00
pH	Unidad de pH	7,91	86	0,12	10,32
Nitratos	mg/l	2,20	94	0,10	9,40
Fosfatos	mg/l	<0,15	99	0,10	9,90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	95	0,10	9,50
Oxígeno disuelto	mg/l	8,20	5	0,17	0,85
STD	mg/l	531,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	11,90	74	0,08	5,92
Coliformes	NMP/ml	3300,00	17	0,15	2,55
	Sumatoria índice			1,00	52,04

Fuente: ALA &amp; DIRESA, 2014

En el punto 50 metros aguas arriba de puente Montalvo - 2014, se obtuvo un valor de 52,04 en el rango de calidad de agua de 51 a 70 en el cual nos dice que es de calidad media.

**Tabla 10***Aplicación del ICA en el sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua (M4), abril 2014*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	24,64	17	0,10	1,70
pH	Unidad de pH	8,29	72	0,12	8,64
Nitratos	mg/l	3,69	80	0,10	8,00
Fosfatos	mg/l	<0,15	99	0,10	9,90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	95	0,10	9,50
Oxígeno disuelto	mg/l	9,69	6	0,17	1,02
STD	mg/l	1128,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	3,76	90	0,08	7,20
Coliformes	NMP/ml	490,00	27	0,15	4,05
	Sumatoria índice			1,00	51,61

Fuente: ALA &amp; DIRESA, 2014

En el punto del sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua, abril 2014, se obtuvo un valor de 51,61 en el rango de calidad de agua de 51 a 70 en el cual nos dice que es de **calidad media**.

Con los datos de la tabla 11, se calculó para determinación de los sub índices respectivos (**S1**), y su índice de calidad promedio (**W1**), en los puntos: 50 metros aguas arriba de puente Montalvo (M1), antes del vertimiento de la PTAR (M2), después de la PTAR (M3) y el sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua (M4) - 2014, para ello se completó la siguiente tabla 12, 13, 14 y la tabla 15.

**Tabla 11***Resultado del III monitoreo realizado en el 2014.*

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo				
		M1	M2	V	M3	M4
Caudal	l/s	238,00	...	...	...	405,30
Temperatura	°C	23,30	24,90	21,40	26,2	24,02
pH	Unidad de pH	8,34	8,42	8,53	8,52	8,42
Nitratos	mg/l	0,34	0,34	...	0,26	0,262
Fosfatos	mg/l	<0,15	<0,15	...	<0,15	<0,15
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	<2,00	33,57	19,56	<2,00
Oxígeno disuelto	mg/l	8,02	8,02	...	9,65	9,85
STD	mg/l	415,00	521,00	...	897,00	907,00
Turbiedad	NTU	4,81	4,81	6,90	2,78	2,78

Coliformes termotolerantes	NMP/ml	790	11	7900	700	330
----------------------------	--------	-----	----	------	-----	-----

Fuente: ALA & DIRESA, 2014

*Nota:*

M1: 50 metros aguas arriba de puente Montalvo

M2: 100 m. antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

V: Vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

M3: 100 m. después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

M4: sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua

**Tabla 12**

*Aplicación del ICA 50 metros aguas arriba de puente Montalvo (M1), III monitoreo 2014*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	23,30	18	0,10	1,80
pH	Unidad de pH	8,34	72	0,12	8,64
Nitratos	mg/l	0,336	99	0,10	9,90
Fosfatos	mg/l	<0,15	99	0,10	9,90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	95	0,10	9,50
Oxígeno disuelto	mg/l	8,02	5	0,17	0,85
STD	mg/l	415,00	46	0,08	3,68
Turbiedad	NTU	4,81	88	0,08	7,04
Coliformes	NMP/ml	790,00	25	0,15	3,75
	Sumatoria índice			1,00	55,06

Fuente: ALA & DIRESA, 2014

En el punto 50 metros aguas arriba de puente Montalvo (M1), III monitoreo 2014, se obtuvo un valor de 55,06 en el rango de calidad de agua de 51 a 70 en el cual nos dice que es de **calidad media**.

**Tabla 13**

*Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), III monitoreo 2014*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	24,90	18	0,10	1,80
pH	Unidad de pH	8,42	69	0,12	8,28
Nitratos	mg/l	0,336	82	0,10	8,20
Fosfatos	mg/l	<0,15	89	0,10	8,90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	82	0,10	8,20
Oxígeno disuelto	mg/l	8,02	4	0,17	0,68
STD	mg/l	521,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	4,81	88	0,08	7,04
Coliformes	NMP/ml	11,00	71	0,15	10,65
	Sumatoria índice			1,00	55,35

Fuente: ALA & DIRESA, 2014



En el punto antes del vertimiento de la PTAR (M2) III monitoreo 2014, se obtuvo un valor de 55,35 en el rango de calidad de agua de 51 a 70 en el cual nos dice que es de **calidad media**.

**Tabla 14.**

*Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), III monitoreo 2014*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	26,20	17	0,10	1,70
Ph	Unidad de pH	8,52	66	0,12	7,92
Nitratos	mg/l	0,262	100	0,10	10,00
Fosfatos	mg/l	< 0,15	90	0,10	9,00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	19,56	12	0,10	1,20
Oxígeno disuelto	mg/l	9,65	7	0,17	1,19
STD	mg/l	897,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	2,78	93	0,08	7,44
Coliformes	NMP/ml	700,00	28	0,15	4,20
	Sumatoria índice			1,00	44,25

Fuente: ALA & DIRESA, 2014

En el punto después del vertimiento de la PTAR (M3), III monitoreo 2014, se obtuvo un valor de 44,25 en el rango de calidad de agua de 26 – 50 en el cual nos dice que es de **calidad mala**.

**Tabla 15**

*Aplicación del ICA sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua (M4), III monitoreo 2014*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	24,02	18	0,10	1,80
pH	Unidad de pH	8,42	66	0,12	7,92
Nitratos	mg/l	0,26	99	0,10	9,90
Fosfatos	mg/l	<0,15	99	0,10	9,90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	95	0,10	9,50
Oxígeno disuelto	mg/l	9,85	6	0,17	1,02
STD	mg/l	907,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	2,78	92	0,08	7,36
Coliformes	NMP/ml	330,00	34	0,15	5,10
	Sumatoria índice			1,00	54,1

Fuente: ALA & DIRESA, 2014

En el punto del sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua (M4), III monitoreo 2014, se obtuvo un valor de 51,61 en el rango de calidad de agua de 51 a 70 en el cual nos dice que es de **calidad media**.

#### 4.1.2. Cálculo para determinación del ICA-NSF en el IV monitoreo- 2014

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del IV monitoreo realizado en el 2014 se resumen en la tabla 16.

**Tabla 16**

*Resultado del IV monitoreo realizado en el 2014*

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo		
		M2	V	M3
Caudal	L/s	...	...	...
Temperatura	°C	23,80	...	22,40
pH	Unidad de pH	8,40	8,51	8,56
Nitratos	mg/l	10,09	...	5,619
Fosfatos	mg/l	0,69	...	0,38
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	36,05	7,16
Oxígeno disuelto	mg/l	6,89	...	5,53
STD	mg/l	445,00	...	1078,00
Turbiedad	NTU	0,34	7,08	1,12
Coliformes termotolerantes	NMP/ml	4,50	2300,00	14,00

Fuente: ALA & DIRESA, 2014

*Nota:*

M2: 100 m. antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

M3: 100 m. después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

V: Vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Con los datos de la tabla 16, se calculó para determinación del ICA-NSF antes del vertimiento de la PTAR (M2) y después del vertimiento de la PTAR (M3) en el IV monitoreo- 2014, para ello se muestran en la tabla 17 y tabla 18.

**Tabla 17***Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), IV monitoreo 2014*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	23,80	19	0,10	1,90
pH	Unidad de pH	8,40	69	0,12	8,28
Nitratos	mg/l	10,09	51	0,10	5,10
Fosfatos	mg/l	0,69	58	0,10	5,80
DBO5	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	82	0,10	8,20
Oxígeno disuelto	mg/l	6,89	3	0,17	0,51
STD	mg/l	445,00	40	0,08	3,20
Turbiedad	NTU	0,344	91	0,08	7,28
Coliformes	NMP/ml	4,50	81	0,15	12,15
	Sumatoria índice			1,00	52,42

Fuente: ALA &amp; DIRESA, 2014

En este punto antes del vertimiento de la PTAR (M2), IV monitoreo 2014, se obtuvo un valor de 52,42 en el rango de calidad de agua 51 a 70 en el cual nos dice que es de **calidad media**.

**Tabla 18***Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), IV monitoreo 2014*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	22,40	20	0,10	2,00
pH	Unidad de pH	8,56	66	0,12	7,92
Nitratos	mg/l	5,62	71	0,10	7,10
Fosfatos	mg/l	0,38	72	0,10	7,20
DBO5	mg O <sub>2</sub> /l	7,16	47	0,10	4,70
Oxígeno disuelto	mg/l	5,53	3	0,17	0,51
STD	mg/l	1078,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	1,12	98	0,08	7,84
Coliformes	NMP/ml	14,00	68	0,15	10,20
	Sumatoria índice			1,00	49,07

Fuente: ALA &amp; PERPG, 2014

En este punto después del vertimiento de la PTAR (M3), IV monitoreo 2014, se obtuvo un valor de 49,07 en el rango de calidad de agua de 26 – 50 en el cual nos dice que es de **calidad mala**.

#### 4.1.3. Cálculo para determinación del ICA-NSF en el I monitoreo- 2015

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del I monitoreo realizado en el 2015 se resumen en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Resultado del I monitoreo realizado en el 2015*

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo		
		M2	V	M3
Caudal	l/s	...	134,00	...
Temperatura	°C	21,60	22,00	21,70
pH	Unidad de pH	8,53	7,87	8,41
Nitratos	mg/l	1,52	1,856	2,231
Fosfatos	mg/l	0,28	16,417	0,46
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	59,64	6,76
Oxígeno disuelto	mg/l	6,21	...	7,02
STD	mg/l	366,00	...	796,00
Turbiedad	NTU	119,70	7,02	118,40
Coliformes termotolerantes	NMP/ml	1400,00	13000	1400,00

Fuente: ALA & PERPG, 2015

*Nota:*

M2: 100 m. antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

M3: 100 m. después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

V: Vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Con los datos de la tabla 19, se calculó para determinación de los sub índices respectivos (**S1**), y su índice de calidad promedio (**W1**) antes del vertimiento de la PTAR (M2) y después del vertimiento de la PTAR (M3) en el I monitoreo- 2015, para ello se completó la siguiente tabla 20 y tabla 21.

**Tabla 20**

*Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), I monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	21,60	19	0,10	1,90
pH	Unidad de pH	8,53	66	0,12	7,92
Nitratos	mg/l	1,52	90	0,10	9,00
Fosfatos	mg/l	0,28	82	0,10	8,20

DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	82	0,10	8,20
Oxígeno disuelto	mg/l	6,21	3	0,17	0,51
STD	mg/l	366,00	51	0,08	4,08
Turbiedad	NTU	119,7	5	0,08	0,40
Coliformes	NMP/ml	1400,00	19	0,15	2,85
	Sumatoria índice			1,00	43,06

Fuente: ALA & PERPG, 2015

En el punto antes del vertimiento de la PTAR (M2), I monitoreo 2015, se obtuvo un valor de 43,06 en el rango de calidad de agua de 26-50 en el cual nos dice que es de **calidad mala**.

**Tabla 21**

*Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), I monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	21,70	19	0,10	1,90
pH	Unidad de pH	8,41	69	0,12	8,28
Nitratos	mg/l	2,231	87	0,10	8,70
Fosfatos	mg/l	0,46	69	0,10	6,90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	6,76	50	0,10	5,00
Oxígeno disuelto	mg/l	7,02	3	0,17	0,51
STD	mg/l	796,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	118,40	5	0,08	0,40
Coliformes	NMP/ml	1400	20	0,15	3,00
	Sumatoria índice			1,00	36,29

Fuente: ALA & PERPG (2015).

En el punto después del vertimiento de la PTAR (M3), I monitoreo 2015, se obtuvo un valor de 36,29 en el rango de calidad de agua de 26 – 50 en el cual nos dice que es de **calidad mala**.

#### 4.1.4. Cálculo para determinación del ICA-NSF en el II monitoreo- 2015

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del II monitoreo realizado en el 2015 se resumen en la tabla 22.

**Tabla 22***Resultado del II monitoreo realizado en el 2015*

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo		
		M2	V	M3
Caudal	L/s	...	...	...
Temperatura	°C	23,70	20,10	22,70
pH	Unidad de pH	8,32	7,38	7,87
Nitratos	mg/l	8,09	<0,03	6,56
Fosfatos	mg/l	<3,00	15,26	5,49
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	51,57	24,27
Oxígeno disuelto	mg/l	7,45	...	6,83
STD	mg/l	777,00	...	1229,00
Turbiedad	NTU	0,39	...	1,57
Coliformes termotolerantes	NMP/ml	170,00	1300,00	1700,00

Fuente: EPS &amp; DIRESAS (2015).

*Nota:*

M2: 100 m. antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

M3: 100 m. después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

V: Vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Con los datos de la tabla 17, se calculó para determinación de los sub índices respectivos (**S1**), y su índice de calidad promedio (**W1**) antes del vertimiento de la PTAR (M2) y después de la PTAR (M3) en el II monitoreo - 2015, para ello se completó la siguiente tabla 23.

**Tabla 23***Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), II monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	23,70	19	0,10	1,90
pH	Unidad de pH	8,32	72	0,12	8,64
Nitratos	mg/l	8,09	61	0,10	6,10
Fosfatos	mg/l	<3,00	21	0,10	2,10
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	82	0,10	8,20
Oxígeno disuelto	mg/l	7,45	4	0,17	0,68
STD	mg/l	777,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	0,39	100	0,08	8,00
Coliformes	NMP/ml	170,00	39	0,15	5,85
	Sumatoria índice			1,00	43,07

Fuente: EPS &amp; DIRESAS (2015).

En el punto antes del vertimiento de la PTAR (M2), II monitoreo 2015, se obtuvo un valor de 43,07 en el rango de calidad de agua de 26 - 50 en el cual nos dice que es de **calidad mala**.

**Tabla 24**

*Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), II monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	22,70	20	0,10	2,00
pH	Unidad de pH	7,87	88	0,12	10,56
Nitratos	mg/l	6,53	72	0,10	7,20
Fosfatos	mg/l	5,42	11	0,10	1,10
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	24,27	9	0,10	0,90
Oxígeno disuelto	mg/l	6,83	3	0,17	0,51
STD	mg/l	1229,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	1,57	94	0,08	7,52
Coliformes	NMP/ml	1700,00	19	0,15	2,85
	Sumatoria índice			1,00	34,24

Fuente: EPS & DIRESA, 2015

En el punto después del vertimiento de la PTAR (M3), II monitoreo 2015, se obtuvo un valor de 34,24 en el rango de calidad de agua de 26 – 50 en el cual nos dice que es de **calidad mala**.

#### **4.1.5. Cálculo para determinación del ICA-NSF en el III monitoreo- 2015**

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del III monitoreo realizado en el 2015 se resumen en la tabla 25.

**Tabla 25***Resultado del III monitoreo realizado en el 2015*

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo				
		M1	M2	V	M3	M4
Caudal	l/s	238,00	...	134,00	...	405,30
Temperatura	°C	24,00	26,60	22,2	26,20	28,18
Ph	Unidad de pH	8,16	8,86	8,19	8,49	8,75
Nitratos	mg/l	6,64	7,226	3,78	10,74	11,62
Fosfatos	mg/l	0,092	0,03	8,83	2,751	2,61
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<3,00	2,00	31,45	12,32	<3,00
Oxígeno Disuelto	mg/l	9,04	7,93	...	6,21	8,65
STD	mg/l	68,10	706,00	...	1219,00	50,10
Turbiedad	NTU	2,47	2,47	8,13	1,27	1,27
Coliformes Termotolerantes	NMP/ml	330,00	490,00	13000,00	49,00	49,00

Fuente: ALA &amp; DIRESA, 2015

Con los datos de la tabla 25, se calculó los sub índices respectivos (**S1**), y su índice de calidad promedio (**W1**) 100m aguas abajo del puente Montalvo (M1), antes del vertimiento de la PTAR (M2), después del vertimiento de la PTAR (M3) y el sector la Rinconada – espejos (M4), fin del valle Moquegua, para ello se completó la siguientes tablas 26, 27, 28 y tabla 29.

**Tabla 26***Aplicación del ICA 100 m aguas abajo del puente Montalvo (M1), III monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	24,00	18	0,10	1,80
Ph	Unidad de pH	8,16	77	0,12	9,24
Nitratos	mg/l	6,64	70	0,10	7,00
Fosfatos	mg/l	0,09	99	0,10	9,90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<3,00	80	0,10	8,00
Oxígeno disuelto	mg/l	9,04	6	0,17	1,02
STD	mg/l	68,10	85	0,08	6,80
Turbiedad	NTU	2,47	93	0,08	7,44
Coliformes	NMP/ml	330	34	0,15	5,10
	Sumatoria índice			1,00	56,30

Fuente: ALA &amp; DIRESA, 2015



En el punto 100 metros aguas debajo del puente Montalvo - 2015, se obtuvo un valor de 56,30 en el rango de calidad de agua de 51 a 70 en el cual nos dice que es de **calidad media**.

**Tabla 27**

*Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), III monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	26,60	16	0,10	1,60
Ph	Unidad de pH	8,86	52	0,12	6,24
Nitratos	mg/l	7,23	65	0,10	6,50
Fosfatos	mg/l	0,03	100	0,10	10,00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	2,00	82	0,10	8,20
Oxígeno disuelto	mg/l	7,93	4	0,17	0,68
STD	mg/l	706,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	2,47	91	0,08	7,28
Coliformes	NMP/ml	490,00	28	0,15	4,20
	Sumatoria índice			1,00	46,30

Fuente: ALA & DIRESA, 2015

En el punto antes del vertimiento de la PTAR (M2), III monitoreo 2015, se obtuvo un valor de 46,30 en el rango de calidad de agua de 26- 50 en el cual nos dice que es de **calidad mala**.

**Tabla 28**

*Aplicación del ICA después del vertimiento de PTAR (M3), III monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	26,20	17	0,10	1,70
Ph	Unidad de pH	8,49	69	0,12	8,28
Nitrato <sub>2s</sub>	mg/l	10,74	50	0,10	5,00
Fosfatos	mg/l	2,75	23	0,10	2,30
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	12,32	30	0,10	3,00
Oxígeno disuelto	mg/l	6,21	3	0,17	0,51
STD	mg/l	1219,00	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	1,27	92	0,08	7,36
Coliformes	NMP/ml	49,00	54	0,15	8,10
	Sumatoria índice			1,00	37,85

Fuente: ALA & DIRESA, 2015

En el punto después del vertimiento de la PTAR (M3), III monitoreo 2015, se obtuvo un valor de 37,85 en el rango de calidad de agua de 26 – 50 en el cual nos dice que es de **calidad mala**.

**Tabla 29**

*Aplicación del ICA sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua (M4), III monitoreo 2015.*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	28,18	13	0,10	1,30
pH	Unidad de pH	8,75	60	0,12	7,20
Nitratos	mg/l	11,62	49	0,10	4,90
Fosfatos	mg/l	2,61	23	0,10	2,30
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<3,00	80	0,10	8,00
Oxígeno disuelto	mg/l	8,65	5	0,17	0,85
STD	mg/l	50,10	87	0,08	6,96
Turbiedad	NTU	1,27	96	0,08	7,68
Coliformes	NMP/ml	49,00	54	0,15	8,10
	Sumatoria índice			1,00	47,29

Fuente: ALA & DIRESA, 2015

En el punto del sector la Rinconada - espejos, fin del valle Moquegua, III monitoreo 2014, se obtuvo un valor de 47,29 en el rango de calidad de agua de 26 – 50 en el cual nos dice que es de calidad mala.

#### **4.1.6. Cálculo para determinación del ICA-NSF en el IV monitoreo- 2015**

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del IV monitoreo realizado en el 2015 se resumen en la tabla 30.

**Tabla 30***Resultado del IV monitoreo realizado en el 2015*

Parámetros	Unidad	Puntos de monitoreo		
		M2	V	M3
Caudal	l/s	...	134,00	...
Temperatura	°C	23,40	23	23,30
pH	Unidad de pH	8,42	7,21	7,65
Nitratos	mg/l	6,65	0,70	7,65
Fosfatos	mg/l	0,02	16,82	4,09
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	2,00	93,62	23,82
Oxígeno disuelto	mg/l	8,18	<0,61	5,77
STD	mg/l	744,40	360,50	780,50
Turbiedad	NTU	0,40	4,86	5,45
Coliformes termotolerantes	NMP/ml	1,80	1100	6,80

Fuente: ALA, 2015

*Nota:*

M2: 100 m. antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

M3: 100 m. después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

V: vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Con los datos de la tabla 30, se calculó para determinación de los sub índices respectivos (**S1**), y su índice de calidad promedio (**W1**) antes del vertimiento de la PTAR (M2) y después del vertimiento de la PTAR (M3), en el IV monitoreo- 2015, para ello se completó la siguientes tablas 31 y tabla 32.

**Tabla 31***Aplicación del ICA antes del vertimiento de la PTAR (M2), IV monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	23,40	19	0,10	1,90
pH	Unidad de pH	8,42	70	0,12	8,40
Nitratos	mg/l	6,65	66	0,10	6,60
Fosfatos	mg/l	0,02	100	0,10	10,00
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	82	0,10	8,20
Oxígeno disuelto	mg/l	8,18	4	0,17	0,68
STD	mg/l	744,40	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	0,40	99	0,08	7,92
Coliformes	NMP/ml	<1,80	94	0,15	14,10
	Sumatorio índice			1,00	59,40

Fuente: ALA, 2015

En el punto antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales (M2), IV monitoreo 2015, se obtuvo un valor de 59,40 en el rango de calidad de agua de 51-70 en el cual nos dice que es de calidad media.

**Tabla 32**

*Aplicación del ICA después del vertimiento de la PTAR (M3), IV monitoreo 2015*

Parámetro	Unidad	Resultados	Valor (S1)	Valor (W1)	Sub-total
Temperatura	°C	23,30	19	0,10	1,90
pH	Unidad de pH	7,65	90	0,12	10,80
Nitratos	mg/l	7,65	68	0,10	6,80
Fosfatos	mg/l	4,09	17	0,10	1,70
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	23,82	9	0,10	0,90
Oxígeno disuelto	mg/l	5,77	3	0,17	0,51
STD	mg/l	780,50	20	0,08	1,60
Turbiedad	NTU	5,45	88	0,08	7,04
Coliformes	NMP/ml	6,80	78	0,15	11,70
Sumatorio índice				1,00	42,95

Fuente: ALA, 2015

En el punto después del vertimiento de la PTAR (M3), IV monitoreo 2015, se obtuvo un valor de 42,95 en el rango de calidad de agua de 26 – 50 en el cual nos dice que es de calidad mala.

#### 4.1.7. Resumen de la aplicación del ICA - NSF

En la tabla 33, se presenta el resumen los valores de ICA-NSF durante los años de 2014 al 2015.

**Tabla 33**

*Resumen de la aplicación del ICA, durante el 2014 y 2015*

Temporada		Tiempo	Valor	Calidad
Avenida	abr-14	M1 (50 metros aguas arriba de puente Montalvo)	52,04	Media
		M4 (espejos fin del valle)	51,61	Media
Estiaje	III - 2014	M1 (50 metros aguas arriba de puente Montalvo)	55,06	Media
		M2 (antes del vertimiento)	55,35	Media
		M3 (después del vertimiento)	44,25	Mala
		M4 (espejos fin del valle)	54,10	Media
Estiaje	IV – 2014	M2 (antes del vertimiento)	52,42	Media
		M3 (después del vertimiento)	49,07	Mala
Avenida	I -2015	M2 (antes del vertimiento)	43,06	Mala
		M3 (después del vertimiento)	36,29	Mala
Avenida	II- 2015	M2 (antes del vertimiento)	43,07	Mala
		M3 (después del vertimiento)	34,24	Mala
Estiaje	III – 2015	M1 (100 aguas debajo de puente Montalvo)	56,30	Media
		M2 (antes del vertimiento)	46,30	Mala
		M3 (después del vertimiento)	37,85	Mala
		(M4 (espejos fin del valle)	47,29	Mala
Estiaje	IV – 2015	M2 (antes del vertimiento)	59,40	Media
		M3 (después del vertimiento)	42,95	Mala

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 33, se observa la variación de los valores de ICA-NSF.

Los datos para la tabla 33, se presentan en la figura 11.

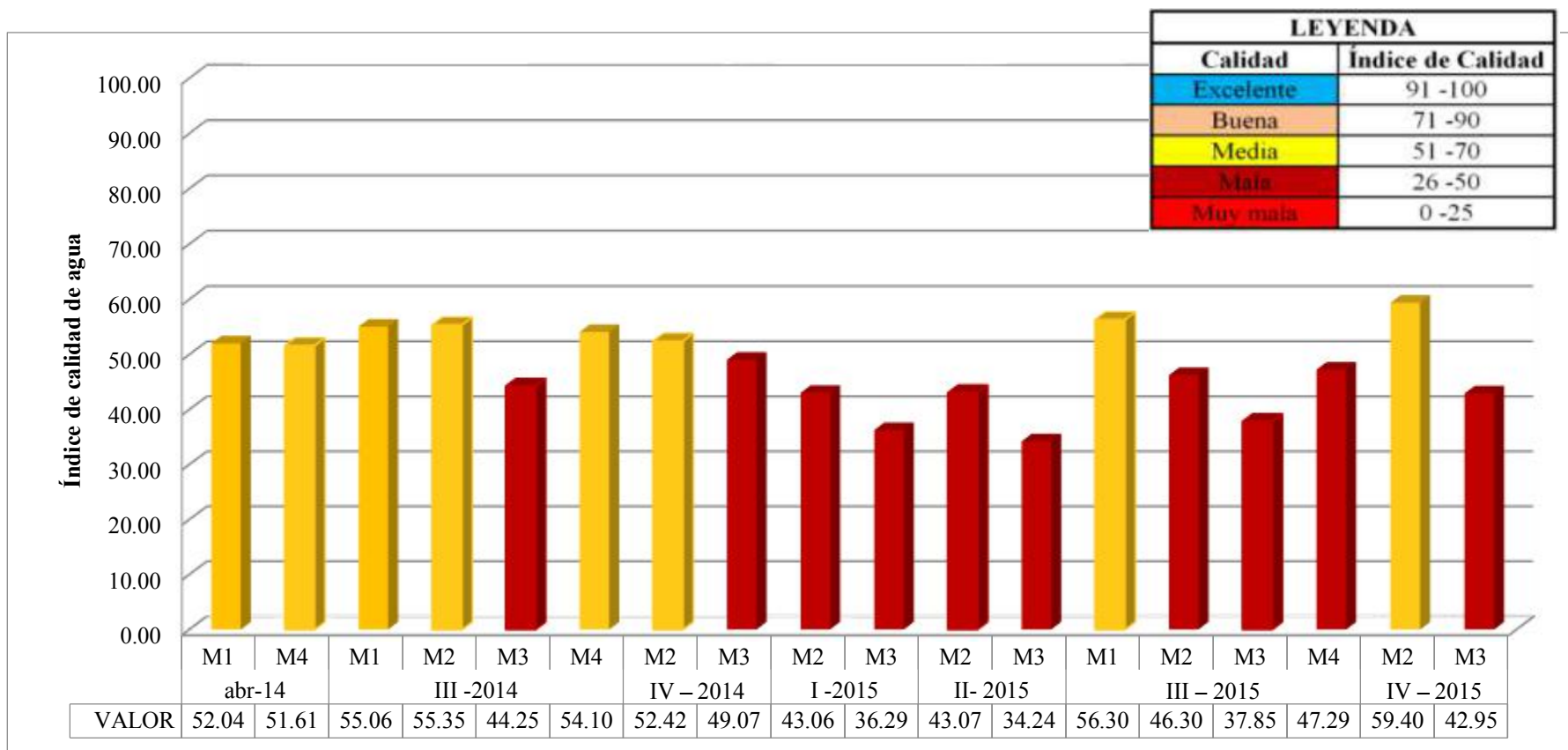


Figura 11. Variación de los valores del ICA-NSF durante los años de 2014 al 2015.  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.7.1. Análisis estadístico de los Índices de Calidad de Agua

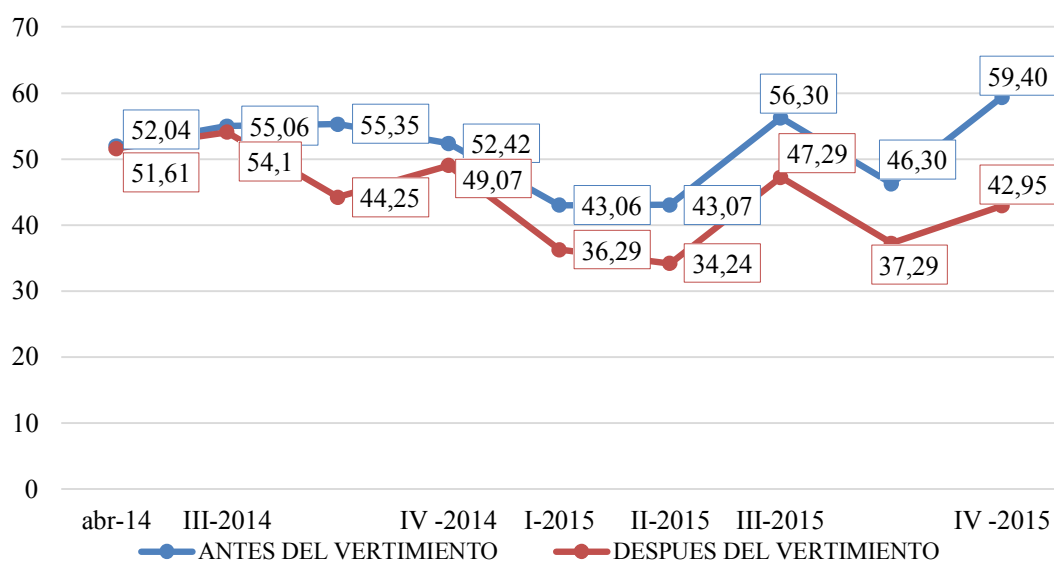


Figura 12. Índice de calidad de agua durante los años de 2014 al 2015.

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 12, se muestra el índice de calidad de agua antes y después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua, podemos observar que índice de calidad de agua antes de del vertimiento de la PTAR del río Moquegua es ligeramente mayor en todos los periodos estudiados.

#### 4.1.7.2. Análisis estadístico comparativo según la temporada de los Índices de Calidad de Agua

Tabla 34

Índice promedio de calidad de agua según temporadas

Temporada	Promedio	Desviación Estándar
Avenida	43,39	7,44
Estiaje	50,03	6,45

Fuente: Elaboración propia

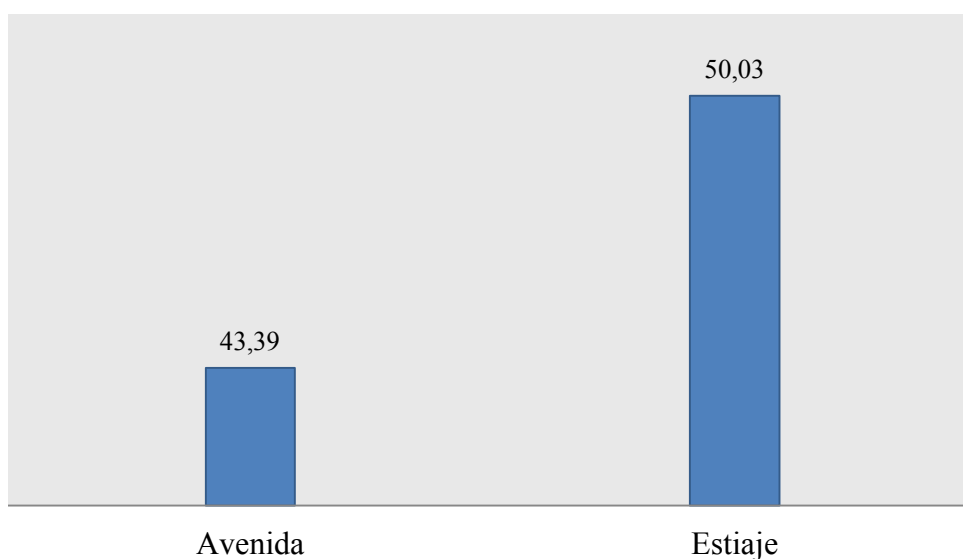


Figura 13. Valores del ICA-NSF durante las temporadas de los años de 2014 al 2015.

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 34 y figura 13, podemos observar el índice promedio de calidad de agua en la temporada de estiaje es de 50,03 con una desviación estándar de 7,44 que es mayor que en las temporadas de avenida con un ICA promedio de 43,39 y una desviación estándar de 6,45

#### 4.1.8. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Los resultados de los análisis de “agua superficial” del río Moquegua son evaluados por el Decreto Supremo N° 002- 2008 – MINAM y por su modificatoria el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM en Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales “parámetros para riego de vegetales de tallo bajo y tallo alto”, según la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA del 22 de marzo de 2010; que aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marino-costeros, respectivamente. En la tabla 35, se evalúan los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las ECAs.



**Tabla 35**

*Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad de agua comparados con los ECAS antes y después del vertimiento de la PTAR- Omo, en el año 2014*

PARAMETROS	UNIDAD	Abr-2014		III-2014				IV - 2014		ECAS para Agua Cat.3	
		M1	M4	M1	M2	M3	M4	M2	M3	Vegetales de tallo bajo y tallo alto	Bebidas de animales
Temperatura	°C	20,77	24,64	23,30	24,90	26,20	24,02	23,80	22,40	Δ3	Δ3
pH	Unidad de pH	7,91	8,29	8,34	8,42	8,52	8,42	8,40	8,56	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Nitratos	mg/l	2,20	3,68	0,34	0,34	0,26	0,26	10,09	5,62	100	100
Fosfatos	mg/l	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	0,69	0,38	1	..
DBOs	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	<2,00	<2,00	2,00	19,56	<2,00	2,00	7,16	15	15
Oxígeno Disuelto	mg/l	8,20	9,69	8,02	8,02	9,65	9,85	6,89	5,53	4	5
STD	mg/l	531,00	1128,00	415,00	521,00	897,00	907,00	445,00	1078,00	.....	.....
Turbiedad	NTU	11,90	3,76	4,81	4,81	2,78	2,78	0,344	1,12	.....	.....
Coliformes Termotolerantes	NMP/ml	3300,00	490,00	790,00	11,00	700,00	330,00	4,50	14,00	1000	1000



Valor que supera el Estándar de Calidad Ambiental - ECA para Agua Categoría 3.



Valor que supera el Estándar de Calidad Ambiental - ECA para Agua Categoría 3 solo en riego de vegetales.



Valor que supera el Estándar de Calidad Ambiental - ECA para Agua Categoría 3 solo en bebida de animales.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 36**

*Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad de agua comparados con los ECAS antes y después del vertimiento de la PTAR- Omo, en el año 2015*

PARAMETROS	UNIDA D	I - 2015		II - 2015		III - 2015				IV - 2015		ECAS para Agua Cat.3	
		M2	M3	M2	M3	M1	M2	M3	M4	M2	M3	Vegetales de tallo bajo y tallo alto	Bebidas de animales
Temperatura	°C	21,60	21,70	23,70	22,70	24,00	26,60	26,20	28,18	23,40	23,30	Δ3	Δ3
pH	Unidad de pH	8,53	8,41	8,32	7,87	8,16	8,86	8,49	8,75	8,42	7,65	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Nitratos	mg/l	1,52	2,23	8,09	6,53	6,64	7,23	10,74	11,62	6,65	7,65	100	100
Fosfatos	mg/l	0,28	0,46	3,00	5,49	0,09	0,03	2,75	2,61	0,02	4,09	1	..
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<2,00	6,76	<2,00	24,27	<3,00	<2,00	12,32	<3,00	<2,00	23,82	15	15
Oxígeno Disuelto	mg/l	6,21	7,02	7,45	6,83	9,04	7,93	6,21	8,65	8,18	5,77	4	5
STD	mg/l	366,00	796,00	777,00	1229,00	68,10	706,00	1219,00	50,10	744,40	780,50	.....	.....
Turbiedad	NTU	119,70	118,4	0,39	1,57	2,47	2,47	1,27	1,27	0,40	5,45	.....	.....
Coliformes Termotolerantes	NMP/ml	1400,00	1700,00	170,00	490,00	330,00	490,00	49,00	49,00	1,80	6,80	1000	1000
		Valor que supera el Estándar de Calidad Ambiental - ECA para Agua Categoría 3.											
		Valor que supera el Estándar de Calidad Ambiental - ECA para Agua Categoría 3 solo en riego de vegetales.											
		Valor que supera el Estándar de Calidad Ambiental - ECA para Agua Categoría 3 solo en bebida de animales.											

Fuente: Elaboración propia

**4.1.8.1. Parámetros fisicoquímicos de los puntos de muestreo**

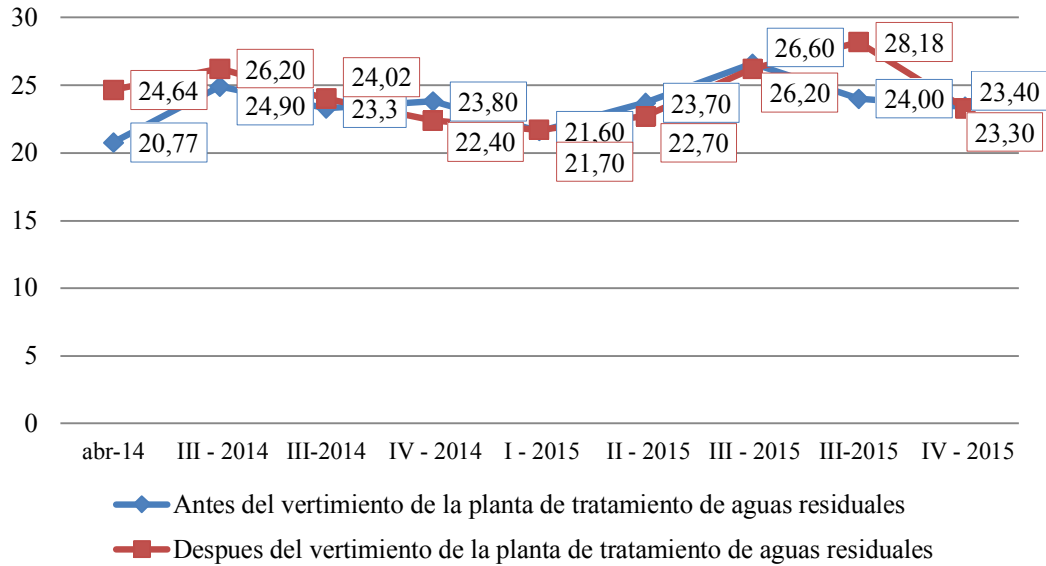


Figura 14. Monitores de los parámetros de temperatura  
Fuente: Elaboración propia.

Según la Figura 14, se observó un comportamiento similar en los parámetros de la temperatura antes y después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del río Moquegua, la temperatura promedio antes del vertimiento fue de 23,56 °C con una desviación estándar de 1,70 °C; la temperatura promedio después del vertimiento fue de 24,37 °C con una desviación estándar de 2,13 °C.

No se evalúa la variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada, ya que es trimestral los monitoreos.

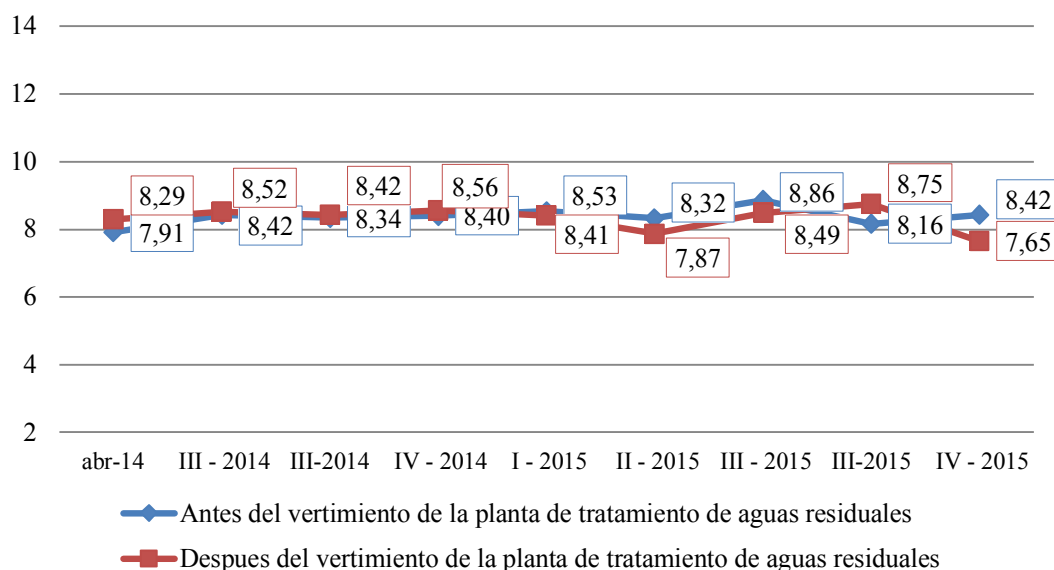


Figura 15. Monitores de los parámetros de pH.  
Fuente: Elaboración propia.

Según la Figura 15, se observó observar un comportamiento similar en los parámetros del pH desde abril del 2014 hasta el I trimestre del 2015 y a partir del II trimestre del 2015 el pH antes del vertimiento y después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua es variado; el pH promedio antes del vertimiento fue de 8,37 unidades de pH con una desviación estándar de 0,26 unidades de pH; el pH promedio después del vertimiento fue de 8,33 unidades de pH con una desviación estándar de 0,35 unidades de pH.

En el punto de muestreo antes del vertimiento de la PTAR (2014-III; M2), (2015-I; M2), (2015-III; M2) y (2015-IV; M2) el parámetro de pH **sobrepasa** con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y bebidas de animales” aprobado por el D.S. 015-2015-MINAM

En el punto de muestreo después del vertimiento de la PTAR (2014-III; M3, M4), (2014-IV; M3), (2015-I; M3) y (2015-III; M4) el parámetro de pH **sobrepasa** con

los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y bebidas de animales” aprobado por el D.S. 015-2015-MINAM, mientras que los demás monitoreos **se encuentran dentro** de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

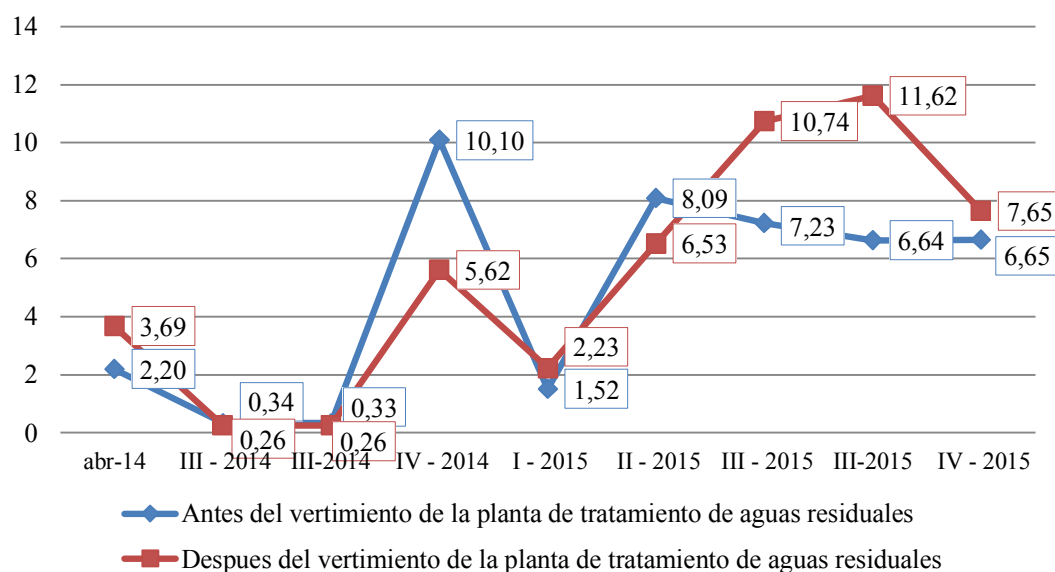


Figura 16. Monitores de los parámetros de Nitratos.  
Fuente: Elaboración propia.

Según la Figura 16, se observó que la concentración de nitratos en los años 2014 y 2015 antes y después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua, tienen un comportamiento ascendente como se puede observar en la figura. La concentración promedio de nitratos antes del vertimiento fue de 4,79 mg/l con una desviación estándar de 3,69 mg/l; mientras que la concentración promedio de nitratos después del vertimiento fue de 5,40 mg/l con una desviación estándar de 4,17 mg/l.

En los puntos de muestreo antes del vertimiento de la PTAR y después del vertimiento de la PTAR durante los años del 2014 al 2015 el parámetro de nitratos,

no supera los estándares nacionales de calidad ambiental de la categoría 3, establecidos por el D.S. 015-2015-MINAM, que modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.

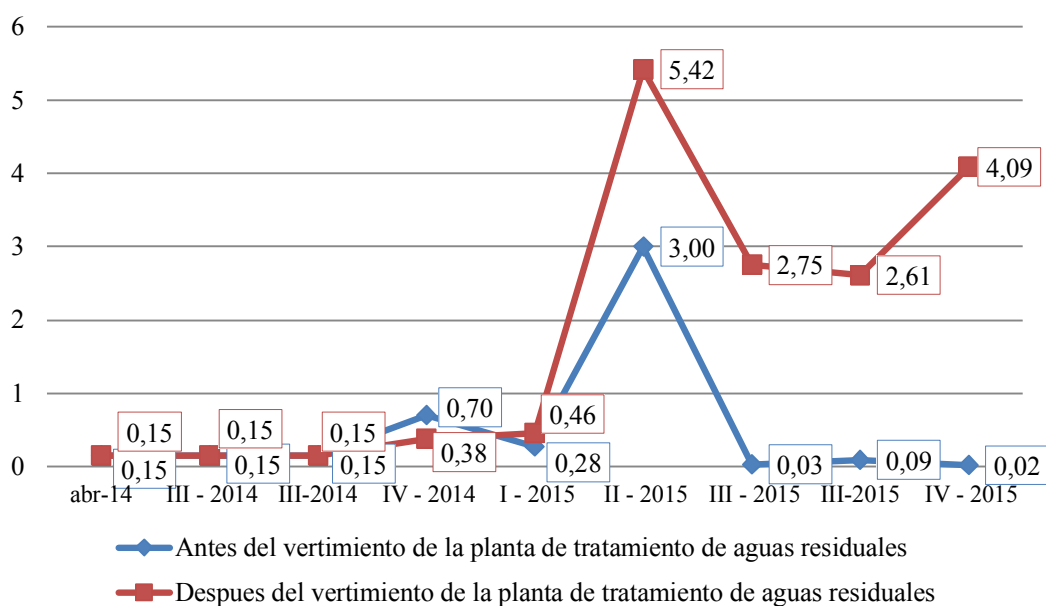


Figura 17. Monitores de los parámetros de los Fosfatos  
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 17, se observó observar que la concentración de fosfatos en el agua del año 2014 presente un comportamiento similar, mientras que en el año 2015 se observó que después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua presenta mayores concentraciones de fosfato en las aguas. La concentración promedio de fosfatos del agua antes del vertimiento fue de 0,51 mg/l con una desviación estándar de 0,96 mg/l; mientras que la concentración promedio de fosfatos del agua después del vertimiento fue de 1,80 mg/l con una desviación estándar de 2,00 mg/l. En el punto de muestreo antes del vertimiento de la PTAR (2015-II, M2) el parámetro evaluado de fosfatos **sobrepasa** con los estándares nacionales de calidad

ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y bebidas de animales” aprobado por el D.S. 002-2008-MINAM

En el punto de muestreo después del vertimiento de la PTAR (2015-II; M3), (2015-III; M3, M4) y (2015-IV; M3), el parámetro evaluado de fosfatos **sobrepasa** los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y bebidas de animales” aprobado por el D.S. 002-2008-MINAM, mientras que los demás monitoreos **se encuentran dentro** de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

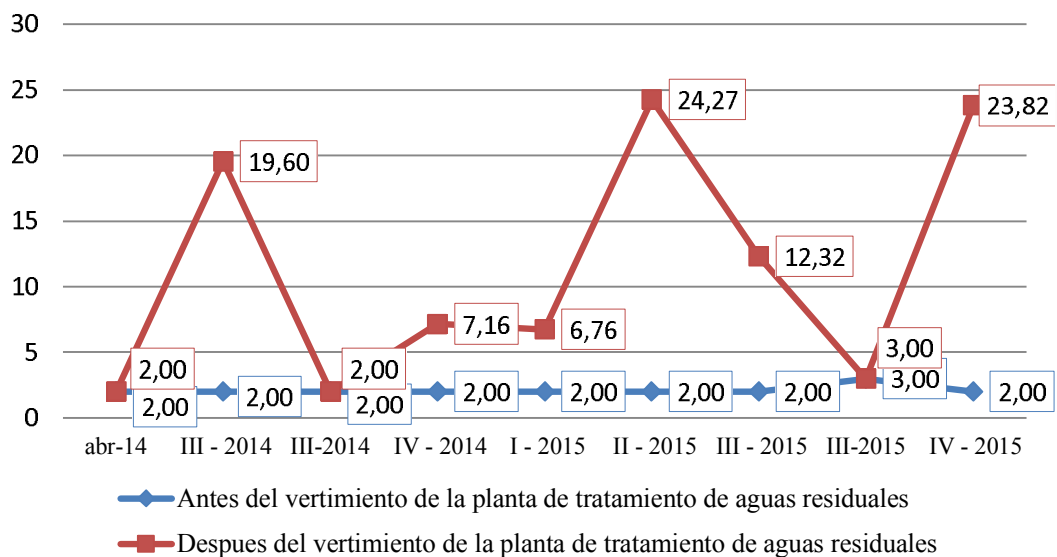


Figura 18. Monitores de los parámetros de DBO<sub>5</sub>  
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 18, se observó que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es mayor después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua. El promedio de la demanda bioquímica de oxígeno antes del vertimiento fue de 2,11 mg O<sub>2</sub>/l con una desviación estándar de 0,33 mg O<sub>2</sub>/l; mientras que la demanda promedio de bioquímica de oxígeno después del vertimiento fue de 11,21 mg O<sub>2</sub>/l con una desviación estándar de 9,18 mg O<sub>2</sub>/l.

En el punto de muestreo después del vertimiento de la PTAR (M3) durante los monitoreos III-2014, II-2015 y IV-2015 el parámetro evaluado de DBO<sub>5</sub> **sobrepasa** con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y bebidas de animales” aprobado por el D.S. 015-2015-MINAM, mientras que los demás monitoreos del parámetro de DBO<sub>5</sub> evaluado **se encuentran dentro** de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

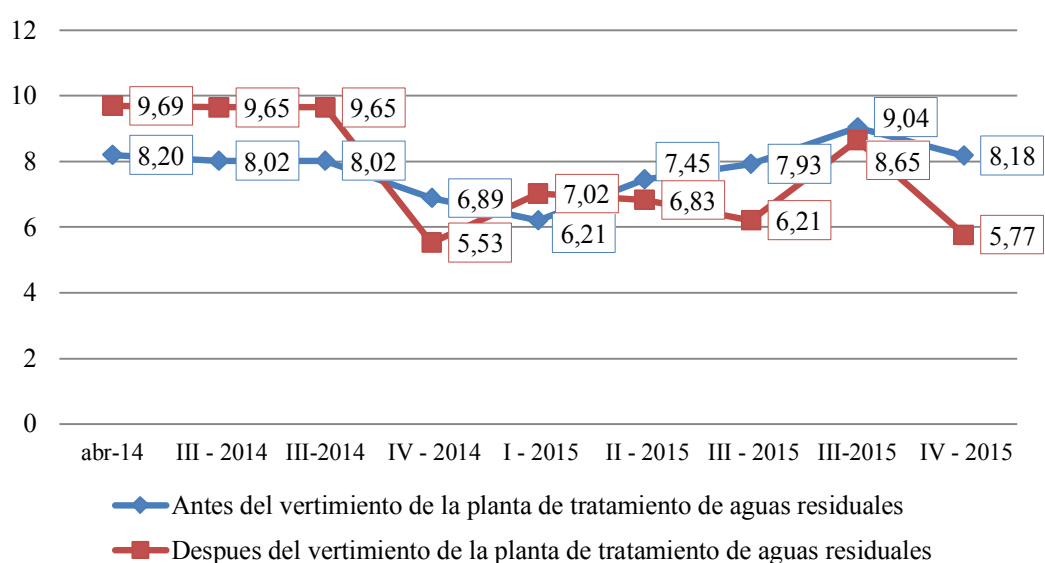


Figura 19. Monitores de los parámetros del oxígeno disuelto  
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 19, se observó visualizar el comportamiento de los parámetros del oxígeno disuelto, el cual presentan un comportamiento similar antes y después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua. El promedio de oxígeno disuelto que se presenta antes del vertimiento fue de 7,77 mg/l con una desviación estándar de 0,82 mg/l; mientras que el promedio de oxígeno disuelto que se presenta después del vertimiento de la PTAR fue de 7,69 mg/l con una desviación estándar de 1,77 mg/l.



En los puntos de muestreo antes del vertimiento de la PTAR y después del vertimiento de la PTAR durante los años del 2014 al 2015 el parámetro de oxígeno disuelto, **no supera** los estándares nacionales de calidad ambiental de la categoría 3, establecidos por el D.S. 015-2015-MINAM, que modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.

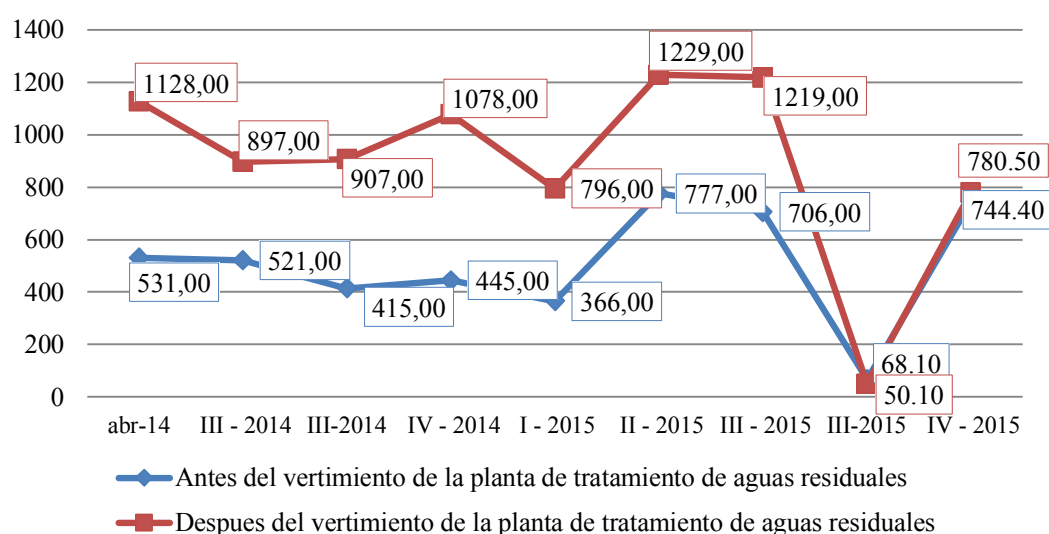


Figura 20. Monitores de los parámetros de STD  
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 20, se observó apreciar que la concentración de sólidos totales disueltos del agua después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua, es mayor que antes del vertimiento de la PTAR del río Moquegua. El promedio de sólidos totales disueltos del agua antes del vertimiento fue de 508,17 mg/l con una desviación estándar de 222,05 mg/l mientras que después del vertimiento el promedio de sólidos totales disueltos fue de 898,29 mg/l con una desviación estándar de 360,75 mg/l.

Los sólidos totales no se encuentran establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y

bebidas de animales” aprobado por el D.S. 002-2008-MINAM, ni en el D.S. 015-2015-MINAM, que modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, en categoría 3.

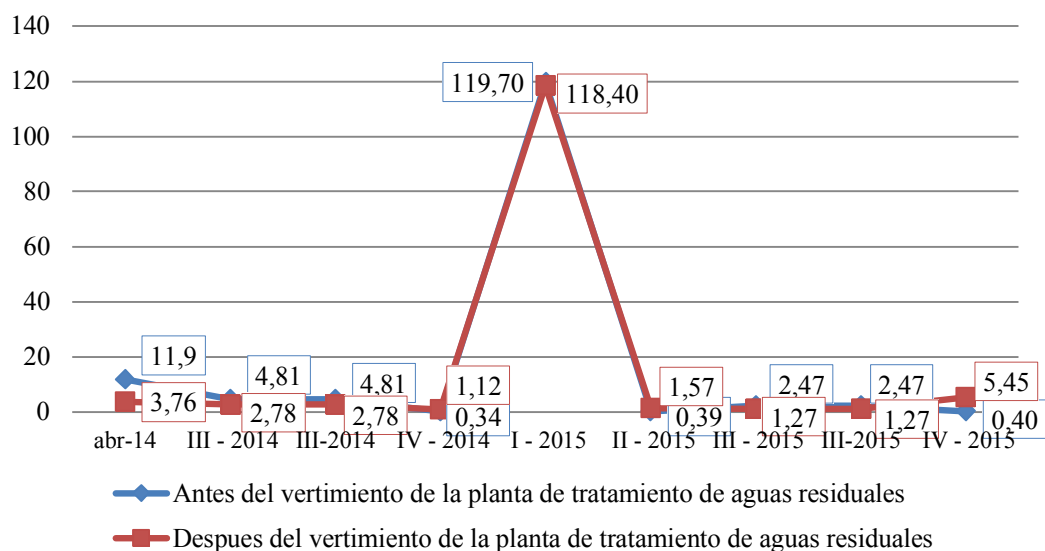


Figura 21. Monitores de los parámetros de la turbiedad  
Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 21, se observó apreciar que la turbiedad del agua es similar antes y después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua, la turbiedad promedio del agua antes del vertimiento fue de 16,37 NTU con una desviación estándar de 38,92 NTU, mientras que después del vertimiento fue de 15,38 NTU con una desviación estándar de 38,66 NTU.

La turbiedad no se encuentra establecido en los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y bebidas de animales” aprobado por el D.S. 002-2008-MINAM, ni en el D.S. 015-2015-MINAM, que modifican los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, en categoría 3.

#### 4.1.8.2. Parámetro microbiológico de los puntos de muestreo

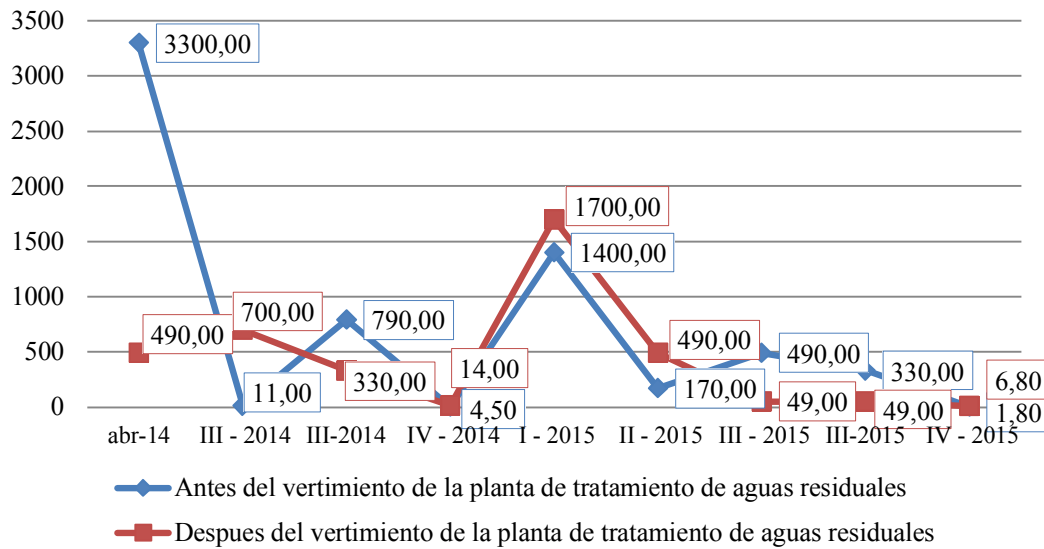


Figura 22. Monitores de los parámetros de coliformes fecales

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 22, se observó que la cantidad de coliformes antes y después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua, son similares. El promedio del coliformes que se presentaron en el agua antes del vertimiento fue de 721,92 NMP/ml con una desviación estándar de 1070,14 NMP/ml, mientras que después fue de 425,42 NMP/ml con una desviación estándar de 541,44 NMP/ml.

En el punto de muestreo antes del vertimiento de la PTAR (Abril-2014; M1) y (2015-1; M2) el parámetro de coliformes termotolerantes **sobrepasa** con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y bebidas de animales” aprobado por el D.S. 015-2015-MINAM

En el punto de muestreo después del vertimiento de la PTAR (2015-1; M3) el parámetro de coliformes termotolerantes **sobrepasa** con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3, “riego de vegetales y Bebidas de animales” aprobado por el D.S. 015-2015-MINAM, mientras que los

demás monitoreos se **encuentran dentro** de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.

#### 4.1.9. Modelos cuantitativos

##### 4.1.9.1. Modelos cuantitativos para el (ICA -NSF) antes del vertimiento

Se realizó el modelamiento matemático, usando el método de mínimos cuadrados ordinarios para estimar los parámetros desconocidos, tomando en cuenta como variable dependiente el índice de calidad de agua y como variable independiente los periodos de estudio. El modelo estimado es el siguiente:

$$\hat{Y} = 0,248 X^3 - 3,061 X^2 + 9,190 X$$

Dichos resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 37**

*Determinación de coeficientes antes del vertimiento de la PTAR, Omo*

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Nivel de significancia
	Beta	Error estándar	Beta	T student	
Periodos	9,190	6,276	4,228	1,464	0,203
Periodos 2	-3,061	1,421	-14,442	-2,154	0,084
Periodos 3	0,248	0,094	10,644	2,643	0,046
(Constante)	46,669	7,654		6,097	0,002

Fuente: Elaboración propia

El ANVA nos muestra una Sig. de 0,043, el resultado indica que para la investigación el modelo de regresión cubico elegido para los índices de calidad de agua (ICA) antes del vertimiento de la PTAR del rio Moquegua es válido con un nivel de significancia al 5% de margen de error y un 95 % de confiabilidad.

**Tabla 38***ANOVA, antes del vertimiento de la PTAR, Omo*

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculada	Nivel de significancia
Regresión	220,730	3	73,577	5,871	0,043
Residuo	62,665	5	12,533		
Total	283,395	8			

Fuente: Elaboración propia

Respecto al coeficiente de correlación y de determinación, se ha obtenido los siguientes resultados:

**Tabla 39***Resumen del modelo antes del vertimiento de la PTAR, Omo*

Coefficiente de correlación	Coefficiente de determinación	Coefficiente de determinación ajustado	Error estándar de la estimación
0,883	0,779	0,646	3,540

Fuente: Elaboración propia

Para validar el modelo de regresión cubica, calculamos el coeficiente de determinación para ver la bondad de ajuste de la tendencia, esto es:  $r^2 = 77,9 \%$ . Entonces, se observó que el 77,9 % de la variabilidad de los índices de calidad de agua (ICA) antes del vertimiento de la PTAR del río Moquegua dependen de la variación entre los periodos, y 22,10 % está explicado por otros factores.

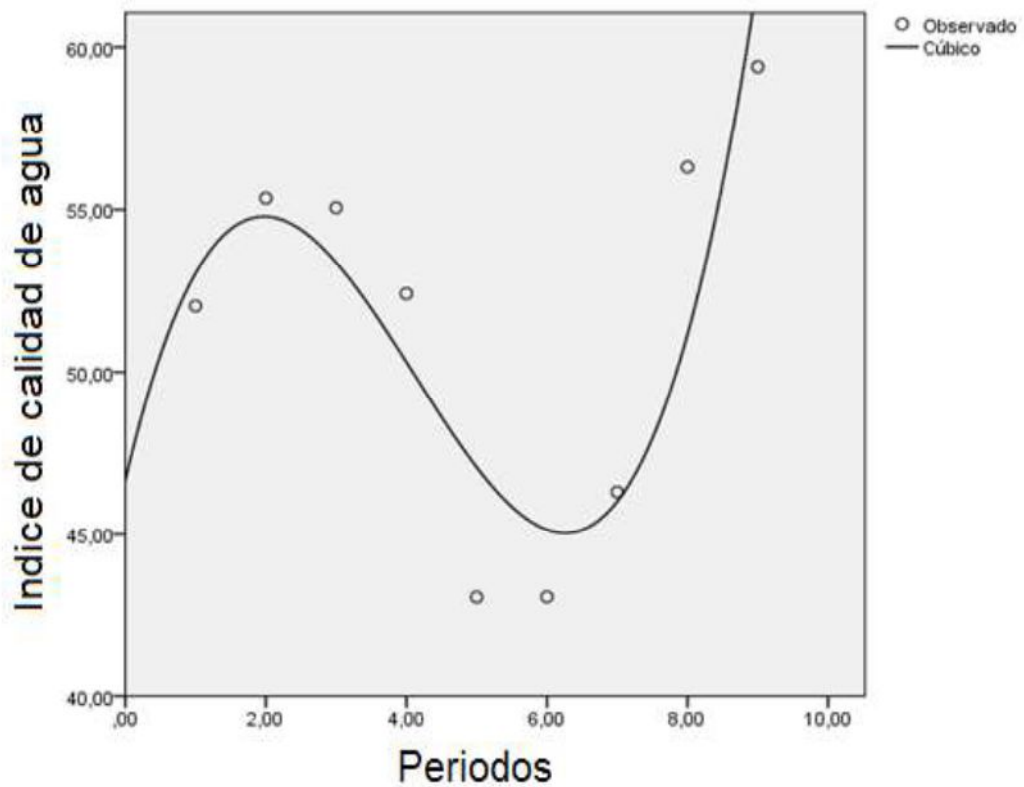


Figura 23. Índice de la calidad del agua antes del vertimiento de la PTAR, Omo  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.9.2. Modelos cuantitativos para (ICA -NSF) después del vertimiento

Se realizó el modelamiento matemático, usando el método de mínimos cuadrados ordinarios para estimar los parámetros desconocidos, tomando en cuenta como variable dependiente el índice de calidad de agua después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua y como variable independiente los periodos de estudio. El modelo estimado es el siguiente:

$$\hat{Y} = 0,170 X^3 - 2,108 X^2 + 5,097 X$$

Dichos resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 40***Determinación del coeficiente después del vertimiento de la PTAR, Omo*

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		T student	Nivel de significancia
	Beta	Error estándar	Beta			
Periodos	5,097	11,191	2,000		0,455	0,668
Periodos 2	-2,108	2,533	-8,481		-,832	0,443
Periodos 3	0,170	0,167	6,233		1,018	0,355
(Constante)	47,171	13,647			3,456	0,018

Fuente: Elaboración propia

El ANVA nos muestra una sig. de 0,302, el resultado indica que el modelo de regresión cubico elegido para los índices de calidad de agua (ICA) después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua no es significativo a un nivel de significancia del 5 %.

**Tabla 41***ANOVA, después del vertimiento de la PTAR, Omo*

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculada	Nivel de significancia
Regresión	190,626	3	63,542	1,595	0,302
Residuo	199,212	5	39,842		
Total	389,838	8			

Fuente: Elaboración propia

Respecto al coeficiente de correlación y de determinación, se ha obtenido los siguientes resultados:

**Tabla 42***Resumen del modelo después del vertimiento de la PTAR, Omo*

Coeficiente de correlación	Coeficiente de determinación	Coeficiente de determinación ajustado	Error estándar de la estimación
0,699	0,489	0,182	6,312

Fuente: Elaboración propia

Para validar nuestro modelo de regresión cúbica, se calculó el coeficiente de determinación para ver la bondad de ajuste de la tendencia, esto es:  $r^2 = 48,9 \%$ . Entonces, se afirmó que el 48,9 % de la variabilidad de los índices de calidad de agua (ICA) después del vertimiento de la PTAR del río Moquegua dependen de la variación entre los periodos, y 51,1 % está explicado por otros factores.

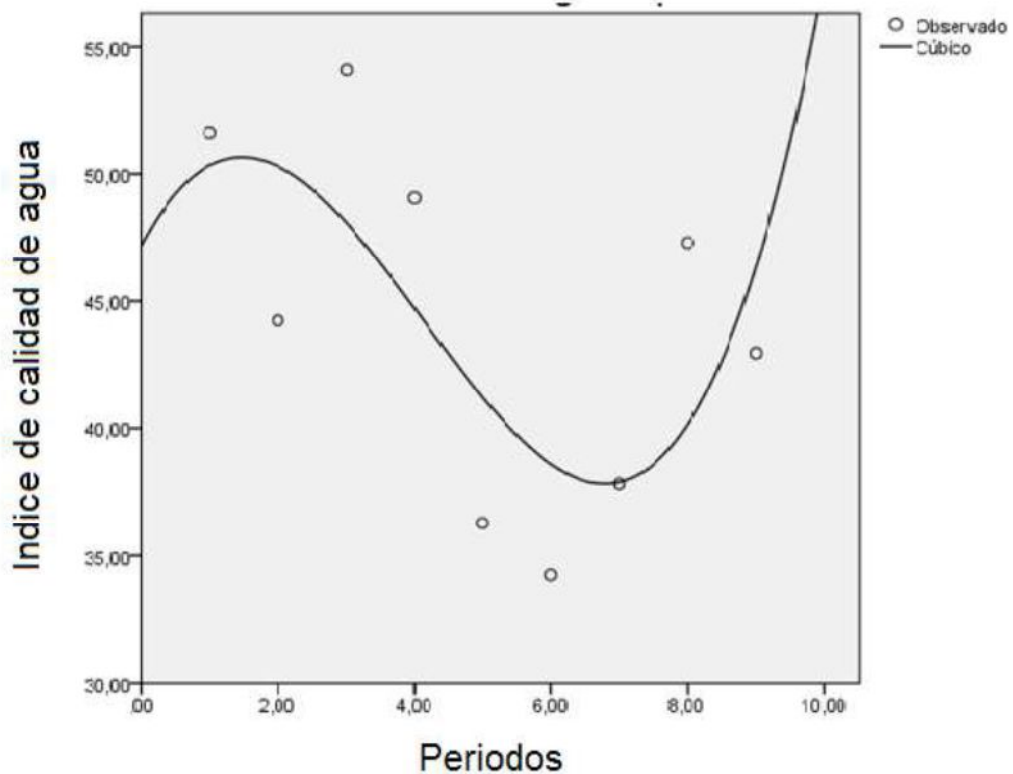


Figura 24. Índice de la calidad del agua después del vertimiento de la PTAR, Omo  
Fuente: Elaboración propia



#### 4.1.10. Análisis de varianza (ANVA) para hipótesis

Se realizó un ANVA de un factor, para probar la hipótesis de investigación, cuya formulas se muestran:

**Tabla 43**

*Formulas del ANVA*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculada
Tratamientos	$SC_T = \sum \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$k - 1$	$CM_T = \frac{SC_T}{k - 1}$	$CM_T/CM_E$
Error	$SC_E = SC_{Tot} - SC_T$	$N - k$	$CM_E = \frac{SC_E}{N - k}$	
Total	$SC_{Tot} = \sum \sum Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N - 1$		

Fuente: (Gutiérrez P. & Vara S., 2008)

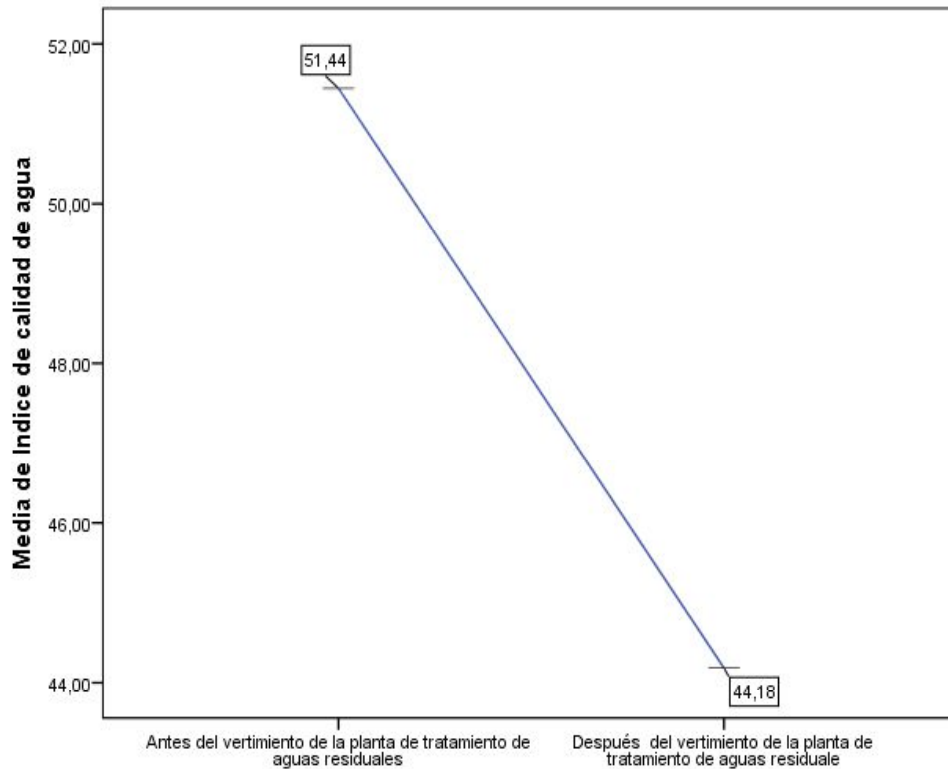
Los cálculos fueron realizados con el software estadístico SPSS, versión 24, cuyos resultados se muestran a continuación:

**Tabla 44**

*ANOVA, ICA-NSF*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F calculada	Nivel de significancia
Tratamientos	237,257	1	237,257	5,639	0,030
Error	673,233	16	42,077		
Total	910,489	17			

Fuente: Elaboración propia.



Figura

## 25. Análisis de varianza

Fuente: Elaboración propia

Según la Figura 25, se observa que los valores de los parámetros medidos antes del vertimiento reflejaron un índice promedio de calidad del agua de 51,44 unidades, lo cual, de acuerdo con el índice de Brown-NSF indica “Calidad Media” y después del vertimiento de 44,18 unidades, indicando “Calidad Mala”.

### 4.2. Contrastación de hipótesis

Para probar la hipótesis de investigación: “El índice de calidad agua antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales es diferente al índice de calidad de agua después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del río de Moquegua.”, se utilizó el Análisis de Varianza (ANVA) de un factor, donde el nivel de significancia es de 0,030 (Sig. Bilateral) lo cual es menor

a 0,05, entonces aceptamos la hipótesis de investigación, por tanto, podemos afirmar que existen evidencias estadísticas significativas para concluir que el índice de calidad agua antes del vertimiento de la PTAR es diferente al índice de calidad de agua después del vertimiento de la PTAR del río de Moquegua.

### **4.3. Discusiones**

El índice de Brown-NSF de Estados Unidos, es un método para determinar el estado actual en un punto de monitoreo de agua superficial, se determina con nueve variables de mayor importancia: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos disueltos totales, nitratos, fosfatos, temperatura y turbidez.

Este índice es representado por un número, rango y color. Los resultados determinan si un tramo o punto particular de un río o cuenca es saludable o no.

Los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA) D.S. N° 002-2008 –MINAM y su modificatoria es D.S. N° 015-2015-MINAM establece el nivel de concentración de elementos, o parámetros físicos, químicos y biológicos, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos que no representen riesgos para la salud de las personas ni para el ambiente (EL PERUANO, 2010).

Los ECAs clasifican los cuerpos de agua del país respecto a sus usos, ya sean terrestres o marítimos. Para evaluar la calidad de las aguas del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, se tomó como referencia la clasificación según la categoría 3 (parámetros

para riego de vegetales; riego de cultivos de tallo alto y bajo y parámetros para bebidas de animales).

Para determinar si la calidad del agua en un punto o tramo es saludable o no, según el estado Peruano tenemos que evaluar todos los parámetros establecidos en los ECAs, lo que es un poco complicado si necesitamos una información rápida y verídica, la metodología del ICA se puede implementar en el Perú de una manera eficaz.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**Primera.** Se logró establecer que, durante los años 2014 y 2015, el río Moquegua antes del vertimiento, presenta un índice de calidad de Brown-NSF de 51,44 que representa **Calidad Media** y en el tramo después del vertimiento, tiene un índice de calidad de Brown-NSF de 44,18 que representa **Calidad Mala**.

**Segunda.** Los parámetros fisicoquímicos del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2014 se observa que han superado los ECAs en los parámetros pH y DBO<sub>5</sub>. Asimismo, en el 2015 se observa que han superado los ECAs en los siguientes parámetros pH, Fosfatos, DBO<sub>5</sub> y Oxígeno disuelto.

**Tercera.** Los parámetros microbiológicos del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2015 – I, se puede observar que supera los ECAs en el parámetro de coliformes fecales.

## **5.2. Recomendaciones**

**Primera.** Sugerir a la entidad prestadora de servicio Moquegua, la realización de monitoreos permanentes y programados con la finalidad de determinar el correcto funcionamiento de la PTAR y/o la mejora de los procesos de los mismos respetando los límites máximos permisibles.

**Segunda.** Proponer un estudio microbiológico a los vegetales de tallo corto que se encuentran localizados en los tramos antes y después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, Omo ya que los resultados obtenidos aplicando el índice de calidad NSF, dieron como resultado una calidad de agua media (antes del vertimiento) y mala (después del vertimiento).

**Tercera.** La administración local del agua Moquegua, debe continuar con los monitoreos trimestrales al cuerpo receptor de la zona de Omo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración Local de agua Moquegua. (2014). *Quinto monitoreo participativo de calidad de agua superficial de la cuenca Moquegua - Ilo*. Moquegua.
- Administración Local del Agua. (2012). *informe técnico N° 008- 2012- ANA-DGCRH/FHA*. Moquegua.
- Andreo, M. (s.f.). *Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.)*. Recuperado el 07 de 01 de 2016, de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DBO.htm>
- Artime. (06 de abril de 2013). *Conductimetría, Conductividad y sólidos disueltos*. Recuperado el 05 de 07 de 2016, de <http://conductividades.blogspot.pe/2013/04/conductividad-y-sólidos-disueltos.html>
- Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Demarcación y Delimitación de las Autoridades Administrativas del Agua*. Moquegua: Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos.
- Autoridad Nacional del Agua. (01 de 2010). *Reglamento de la ley de recursos hídricos, N° 29338*. Recuperado el 03 de 07 de 2016, de [www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/ley\\_29338\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/ley_29338_0.pdf)
- Chávez Martines, L. (2015). *Evaluación espacial y temporal del índice de calidad del agua del río Cazones en Coatzintla*. Veracruz.

Diario correo. (28 de 08 de 2014). Municipio denuncia contaminación por vertimiento de aguas. pág. 5.

Dirección Regional de Salud. (2007). *Ministerio de Salud*. Recuperado el 23 de 10 de 2016, de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)

Dirección Regional de Salud. (2010). *Fosfatos*. Recuperado el 16 de Enero de 2016, de [http://www.digesa.sld.pe/depa/informes\\_tecnicos/grupo%20de%20uso%201.pdf](http://www.digesa.sld.pe/depa/informes_tecnicos/grupo%20de%20uso%201.pdf)

Dirección Regional de Salud. (2014). *Contaminación Ambiental de los ríos y represa pasto grande*. Moquegua: Analisis de la situación de salud de la Región Moquegua.

Dirección Regional de Salud. (2014). *Enfermeades Diarreicas Aguas (EDA)*. Recuperado el 07 de 01 de 2016, de <http://saludmoquegua.gob.pe/>

Dirección Regional de Salud. (2015). *Enfermedades diarreicas*. Recuperado el 07 de 1 de 2016, de <http://saludmoquegua.gob.pe/>

Eugenia Samboni, N., Cavajal Escobar, R., & Carlos Escobar, J. (2007). Revisión de parametros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación de agua. *revista ingeniería e investigación*, 27(3).



- Gutiérrez P., H., & Vara S., R. (2008). En *Análisis y diseño de experimentos*.
- Iglesias Salas, J. (2014). *Ubicación Cuenca Moquegua -Ilo*. Moquegua: Resultados del Quinto Monitoreo Participativo de Calidad de Agua Superficial en la Cuenca Moquegua – Ilo.
- Maldonado, K. (19 de junio de 2014). *Dialogo sur*. Recuperado el 11 de 03 de 2016, de <http://www.grupodedialogo.org.pe/wp-content/uploads/2014/06/Cuenca-Moquegua.pdf>
- Marchand Pajares, E. O. (2002). *Microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo humano en Lima Metropolitana*. Recuperado el 10 de enero de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd56/marchand.pdf>
- Martin Bosch, A. (Mayo de 2000). *CUESTIONES ACERCA DEL ESPACIO*. Recuperado el 10 de Enero de 2016, de <http://www.lacavernadeplaton.com/articulosbis/espacio100.htm>
- Melton, B. (s.f.). *ehow en español; relación entre el turbiedad y STD*. Recuperado el 14 de 01 de 2017, de [http://www.ehowenespanol.com/relacion-ntu-mg-ml-info\\_198693/](http://www.ehowenespanol.com/relacion-ntu-mg-ml-info_198693/)
- MINAM. (2010). *DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM, Art. 2; Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas o Municipales (PTAR)*. Recuperado el 04 de 07 de 2016, de <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>

Minam. (s.f.). *La situación del agua en el Perú*. Recuperado el 03 de 09 de 2016, de <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/situacion-del-agua-en-el-peru/>

Ministerio del Ambiente. (2013). <http://www.minam.gob.pe>. Recuperado el 17 de Mayo de 2017, de [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/manual\\_para\\_municipios\\_ecoeficientes.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/manual_para_municipios_ecoeficientes.pdf)

OMS. (s.f.). *Agua*. Recuperado el 07 de 01 de 2016, de <http://www.who.int/topics/water/es/>

Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. *Catalogación por la Biblioteca de la OMS*, 351.

Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del Agua potable. 189.

Orozco, D. (13 de Noviembre de 2014). *Tiempo*. Recuperado el 10 de Enero de 2016, de <http://conceptodefinicion.de/tiempo/>

Payeras, A. (2011). *Parametros Bacteriológicos*. Recuperado el 10 de Enero de 2016, de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>

Ramos O., L., A. Vidal, L., Vilardy Q., S., & Saavedra Diaz, L. (15 de 12 de 2008). *Coliformes Fecales*. Recuperado el 07 de 01 de 2016, de [scielo.org](http://www.scielo.org): <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>

Real Academia Española. (2014). *Tiempo*. Recuperado el 10 de Enero de 2016, de <http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=f5YiIvAXrDXX2eF4tvYd>

Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (Septiembre de 2007). *Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. Recuperado el 10 de Enero de 2016, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019)

Servicio de Comunicación Intercultural. (14 de Noviembre de 2014). *Moquegua e Ilo consumen agua contaminada*. Recuperado el 10 de enero de 2016, de <http://servindi.org/actualidad/118006>

Singler, A., & Bauder, J. (15 de 11 de 2012). *Nitratos; Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales*. Recuperado el 07 de 01 de 2016, de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf)

Torres Vega, F. J. (2009). *Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad*. Recuperado el 10 de enero de 2016, de [http://prwreri.uprm.edu/publications/PR\\_2009\\_01.pdf](http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf)

water quality. (2014). *Calidad de Agua*. Recuperado el 07 de 01 de 2016, de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

World Health Organization. (s.f.). Recuperado el 07 de 01 de 2016, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/hygiene/emergencies/fs2\\_33.pdf&prev=search](http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs2_33.pdf&prev=search)

*APÉNDICE A*  
**III MONITOREO 2014**

*APÉNDICE B*

**VI MONITOREO 2014**

*APÉNDICE C*  
**I MONITOREO 2015**

*APÉNDICE D*  
**II MONITOREO 2015**



*APÉNDICE E*  
**III MONITOREO 2015**

*APÉNDICE F*  
**VI MONITOREO 2015**

*APÉNDICE G*

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Determinación del índice de calidad de agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2014 – 2015.	<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿Cuál es el índice de calidad de agua, espacial y temporal del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2014 – 2015?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Determinar el índice de calidad de agua del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2014 – 2015.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar los parámetros fisicoquímicos del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2014 – 2015.</li> <li>• Evaluar los parámetros microbiológicos del río Moquegua por influencia del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales – Omo, durante el periodo 2014 – 2015.</li> </ul>	El índice de calidad de agua antes del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales es diferente al índice de calidad de agua después del vertimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del río de Moquegua.	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p>Parámetros del índice de Calidad de Agua:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Temperatura (°C).</li> <li>2. Potencial de Hidrogeno (pH).</li> <li>3. Nitratos (mg/l).</li> <li>4. Oxígeno disuelto (mg/l).</li> <li>5. Fosfatos (mg/l).</li> <li>6. Coliformes fecales (NMP/100ml).</li> <li>7. DBO5 (mg/l O2).</li> <li>8. Sólidos Totales Disueltos (mg/l).</li> <li>9. Turbiedad (NTU).</li> </ol> <p><b>VARIABLES DEPENDIENTE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de la calidad del agua</li> </ul>	<p><b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION:</b></p> <p>El presente trabajo corresponde a un diseño de investigación DESCRIPTIVO.</p>

*APÉNDICE H*  
**MAPAS DE UBICACIÓN**