

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE
CUENCAS HIDROGRÁFICAS**



**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR EN LA
PARTE BAJA DE LA INTERCUENCA DEL RÍO MOQUEGUA”**

Presentada por:

CYNTHIA JOSELINE HANCCO CHIRE

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS**

Lima - Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS**

**“EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA PTAR EN LA
PARTE BAJA DE LA INTERCUENCA DEL RÍO MOQUEGUA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

CYNTHIA JOSELINE HANCCO CHIRE

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

**Dr. Víctor Meza Contreras
PRESIDENTE**

**M. Quim. Mary Flor Cesare Coral
ASESOR**

**Dra. Lia Ramos Fernández
MIEMBRO**

**Mg.Sc. Ricardo Apacllá Nalvarte
MIEMBRO**

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicarlo a Dios y a María Auxiliadora por darme la oportunidad de poderlo realizar. A mis padres José Luis y Julia por incentivar me a cumplir esta meta, a mi hermano Luis Alejandro quien ha sido mi soporte durante este proceso. A mi primo Christian quien me guía desde el cielo.

AGRADECIMIENTO

Mi especial agradecimiento a la Dra. Mary Flor Cesare Coral, por su dedicación, apoyo e impulso constante durante todo el proceso.

Mi reconocimiento especial al Comité Consejero, integrado por el Dr. Víctor Meza Contreras, Dra. Lia Ramos Fernández, Mg. Sc. Ricardo Apaella Nalvarte, quienes son profesionales admirables.

A mis amigos y amigas del Universidad Nacional Agraria la Molina, especialmente a: Jessica, Geraldine, Valentín, Luis y Rudy, con quienes he compartido esta etapa espacial, muchas gracias por su amistad y motivación durante este proceso.

Al Gobierno Regional de Moquegua y a la Empresa Prestadora de Servicios Moquegua por permitirme poder realizar el trabajo de campo.

A mi familia, quienes, con sus palabras de aliento me motivan a ser una mejor persona y profesional.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 ANTECEDENTES	3
2.2 EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA 5	
2.3 MONITOREO AMBIENTAL	6
2.4 VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	7
2.5 RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO	9
2.6 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	10
2.7 IMPACTO DE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	11
2.8 USO DE LAS AGUAS RESIDUALES.....	12
2.9 PLANTAS DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN PERÚ	14
2.10 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS DE OXIDACIÓN ..	15
2.10.1 Influencia del vertimiento de las aguas residuales en la agricultura	17
2.11 AGRICULTURA EN EL PERÚ.....	19
2.12 LEGISLACIÓN VIGENTE.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	20
3.1.1. Ubicación.....	20
3.1.2. Extensión	25
3.1.3. Clima y ecología.....	25
3.1.4. Geomorfología	26
3.1.5. Actividades económicas.....	27
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	29
3.3. PROCEDIMIENTO	30
3.3.1. Índice de Calidad de agua.....	30
3.3.2. Relación de Adsorción de Sodio ajustada	35
3.3.3. Mapa de cobertura vegetal y cultivos agrícolas.....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. INDICE DE CALIDAD DE AGUA.....	37
4.1.1. Programa de monitoreo	37
4.1.2. Clasificación y determinación de la calidad de agua.....	40

4.1.3. Análisis de componentes principales	45
4.2. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO AJUSTADA	53
4.3. MAPA DE COBERTURA VEGETAL Y CULTIVOS AGRÍCOLAS	57
V. CONCLUSIONES	56
VI. RECOMENDACIONES	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
VIII. ANEXOS	62

Índice de Tablas

Tabla 1: Actividad económica del distrito de Moquegua	28
Tabla 2: Equipos, herramientas computacionales, material de laboratorio y otros	30
Tabla 3: Factor de Ponderación ICA-NSF.....	34
Tabla 4: Clasificación de agua según ICA -NSF	34
Tabla 5: Muestreo de las estaciones en el mes de agosto 2014.....	37
Tabla 6: Muestreo de las estaciones en el mes de diciembre 2014	37
Tabla 7: Muestreo de las estaciones en el mes de abril 2015.....	38
Tabla 8: Muestreo de las estaciones en el mes de abril 2016.....	38
Tabla 9: Muestreo de las estaciones en el mes de agosto 2016.....	39
Tabla 10: Muestreo de las estaciones en el mes de diciembre 2016	39
Tabla 11: Índice de Calidad de Agua- NSF (Agosto-2014).....	41
Tabla 12: Índice de Calidad de Agua- NSF (Diciembre-2014).....	41
Tabla 13: Índice de Calidad de Agua- NSF (Abril-2015).....	42
Tabla 14: Índice de Calidad de Agua- NSF (Abril-2016).....	42
Tabla 15: Índice de Calidad de Agua- NSF (Agosto-2016).....	42
Tabla 16: Índice de Calidad de Agua- NSF (Diciembre-2016).....	43
Tabla 17: Data meteorológica de los periodos de monitoreo	44
Tabla 18: Estadísticos Descriptivos de M01.....	46
Tabla 19: Matriz de correlaciones de M01	46
Tabla 20: Comunalidades de M01	46
Tabla 21: Varianza total explicada de M01	47
Tabla 22: Estadísticos Descriptivos de M02.....	47
Tabla 23: Matriz de correlaciones de M02	48
Tabla 24: Comunalidades de M02.....	48
Tabla 25: Varianza total explicada de M02	48
Tabla 26: Estadísticos Descriptivos de M03.....	49
Tabla 27: Matriz de correlaciones de M03	49
Tabla 28: Comunalidades de M03.....	50
Tabla 29: Varianza total explicada de M03	50
Tabla 30: Estadísticos Descriptivos de M04.....	51
Tabla 31: Matriz de correlaciones de M04	51
Tabla 32: Comunalidades de M04.....	51
Tabla 33: Varianza total explicada de M04	52

Tabla 34: Resultados de parámetros para cálculos de RAS y RAS ajustado (mg/L)	53
Tabla 35: Resultados de parámetros para cálculos de RAS y RAS ajustado (meq/L)	54
Tabla 36: Resultados de cálculos de RAS	54
Tabla 37: Resultados de cálculos de RAS ajustado	54

Índice de Fotografías

Fotografía 1: Vista del cauce del Río Moquegua, en febrero de 2016	32
--	----

Índice de Figuras

Figura 1: Evaluación de la calidad del agua de riego en función de su salinidad y sodicidad	10
Figura 2: Mapa de la Cuenca Ilo – Moquegua.....	24
Figura 3: Mapa de puntos de monitoreo	31
Figura 4: Mapa de Cobertura Vegetal y Cultivos Agrícolas.....	53

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Variación de Índice de Calidad de Agua del Río Moquegua	43
Gráfico 2: Sedimentación de los resultados de M01.....	47
Gráfico 3: Sedimentación de los resultados de M02.....	49
Gráfico 4: Sedimentación de los resultados de M03.....	50
Gráfico 5: Sedimentación de los resultados de M04.....	52
Gráfico 6: Evaluación de la calidad del agua de riego del río Moquegua en función de su salinidad y sodicidad	55

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la influencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - Moquegua, en adelante PTAR Moquegua, en la parte baja de la Intercuenca del Río Moquegua. El objetivo principal del presente estudio es determinar el efecto del vertimiento de aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la parte baja de la intercuenca del río Moquegua. Los objetivos específicos son: determinar el índice de calidad del agua del río Moquegua, por efecto de la descarga de la PTAR Moquegua; evaluar la calidad del agua del río Moquegua en función de su salinidad y sodicidad; elaborar el mapa de cobertura vegetal y cultivos agrícolas de la cuenca Ilo - Moquegua. Se inició con el establecimiento de un programa de monitoreo en 4 puntos: M01 (100 m aguas arriba del punto de vertimiento), M02 (100m aguas abajo del punto de vertimiento), M03 (efluente de entrada de la PTAR), M04 (efluente de salida de la PTAR), los monitoreos en campo fueron realizados en los meses de abril, agosto y diciembre de 2016. Con los datos obtenidos del monitoreo de las estaciones M03, M04, y los subíndices del ICA-NSF, se calculó el Índice de Calidad del Agua, es así que la calidad de agua del Río Moquegua antes y después del efluente de la PTAR Moquegua durante los meses de agosto de 2014 hasta abril de 2015, se encontraban dentro de las categorías de ICA-NSF como media y buena para el uso agrícola. Mientras que para los meses de abril 2016 a diciembre 2016 la calidad de agua antes y después del efluente de la PTAR Moquegua es considerada dentro de la categoría de ICA-NSF como buena para el uso agrícola. Como análisis estadístico se realizó el análisis de componentes principales, donde el parámetro DBO_5 tiene relación con los parámetros pH y sólidos suspendidos totales, esta relación se mantuvo para los resultados obtenidos en las estaciones M02 y M04. Se calculó la relación de adsorción sodio ajustada a partir de los datos obtenidos de las estaciones M03 y M04, tomando en cuenta la Clasificación USLS (U.S. Salinity Laboratory), las estaciones M03 y M04 ha de corresponder a agua de salinidad alta, para riego de suelos con buen drenaje, con contenido bajo o medio en sodio. Se elaboró un mapa de cobertura vegetal y cultivos agrícolas, haciendo uso del programa ArcGis, el cual fue contrastado después mediante observación directa IN SITU, dentro de los principales cultivos agrícolas se encuentra: vid, palta, alfalfa, damasco, pacay, manzana, entre otros. Como resultado de la evaluación de la influencia de la PTAR Moquegua en la parte baja de la intercuenca del río Moquegua, podemos decir que la influencia de la PTAR Moquegua es positiva, ya que no ha afectado a la calidad de agua del Río Moquegua, siendo considerada como buena para el uso agrícola, a pesar de la salinidad.

ABSTRACT

In the present work the influence of the Wastewater Treatment Plant - Moquegua, hereinafter WWTP Moquegua, in the lower part of the Moquegua River Interbasin was evaluated. The main objective of this study is to determine the effect of the discharge of residual waters from the Wastewater Treatment Plant in the lower part of the Moquegua river basin. The specific objectives are: to determine the water quality index of the Moquegua River, by effect of the discharge of the Moquegua WWTP; to evaluate the quality of the water of the Moquegua river based on its salinity and sodicity; to prepare the map of vegetation cover and agricultural crops of the Ilo - Moquegua basin. It started with the establishment of a monitoring program at 4 points: M01 (100 m upstream from the dumping point), M02 (100m downstream from the dumping point), M03 (inlet effluent from the WWTP), M04 (effluent output from the WWTP), the field monitoring was carried out in April, August and December 2016. With the data obtained from the monitoring of stations M03, M04, and the sub-indices of the ICA-NSF, the Index was calculated Water Quality, so the water quality of the Moquegua River before and after the effluent of the Moquegua WWTP during the months of August 2014 to April 2015, were within the ICA-NSF categories as medium and good for agricultural use. While for the months of April 2016 to December 2016 the quality of water before and after the effluent from the Moquegua WWTP is considered within the category of ICA-NSF as good for agricultural use. As a statistical analysis, the principal components analysis was performed, where the BOD5 parameter is related to the pH and total suspended solids parameters, this relationship was maintained for the results obtained at stations M02 and M04. The adjusted sodium adsorption ratio was calculated from the data obtained from stations M03 and M04, taking into account the USLS Classification (US Salinity Laboratory), stations M03 and M04 must correspond to high salinity water, for irrigation of well drained soils with low or medium sodium content. A map of vegetation cover and agricultural crops was prepared, using the ArcGis program, which was later verified by direct observation IN SITU, among the main agricultural crops are: vine, avocado, alfalfa, apricot, pacay, apple, among others. As a result of the evaluation of the influence of the Moquegua WWTP in the lower part of the Moquegua river basin, we can say that the influence of the Moquegua WWTP is positive, since it has not affected the water quality of the Moquegua River, being considered good for agricultural use, despite the salinity.

I. INTRODUCCIÓN

El componente agua no es más que una parte del ecosistema acuático en el que se desarrolla una serie de comunidades vivas que dependen de las características fisicoquímicas de sus aguas que pueden verse notablemente modificadas, con la consiguiente alteración de aquellas. La mayoría de los parámetros utilizados para la evaluación de la calidad de aguas son de carácter fisicoquímico.

La EPS (Empresa Prestadora de Servicios Sanitarios) Moquegua S.R.L. contaba con tres sistemas de lagunas de oxidación, la primera denominada Yaracachi la cual consta de dos lagunas, la misma que fue rehabilitada por el Programa Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (PRONAP) a fines del año 1997 y en el año 2003 por el Organismo para la Reconstrucción y Desarrollo del Sur (ORDESUR) Moquegua con el Consejo Transitorio de Administración Regional (CTAR) Moquegua, luego del terremoto de Junio del 2001, se realizaron la rehabilitación de uno de sus diques. La segunda laguna es la de San Antonio que también consta de dos lagunas y fue ejecutada el año 2002. La tercera consta de una laguna y fue ejecutada por la Municipalidad Provincial de Moquegua y tiene como nombre Locumbilla. Actualmente la EPS – Moquegua está realizando acciones para implementar el plan de cierre definitivo de las Lagunas de oxidación de Yaracachi, Locumbilla y San Antonio.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Moquegua ubicada en las hondonadas de Omo, es la que recibe actualmente todas las aguas residuales de la Población del Distrito de Moquegua, Samegua y San Antonio; su funcionamiento comenzó en Agosto del 2014 esto porque las lagunas de Yaracachi, San Antonio, y Locumbilla ya no son eficientes, para el funcionamiento de la PTAR- Moquegua la Autoridad Nacional del Agua dio el permiso de vertimiento al Río Moquegua bajo la normatividad exigida, cabe indicar que la distancia recorrida entre el emisor final y el vertimiento es de 3500 m, y que la tubería que va desde la PTAR hasta el punto de vertimiento se encuentra enterrada.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

En la ciudad de Moquegua, uno de los problemas principales está constituido por la generación de efluentes domésticos e industriales, que son vertidos al cauce del río Moquegua y en algunos casos usados previamente para el riego de terrenos agrícolas (Pérez 2017).

Debido al sismo ocurrido el 23 de junio del 2001, las lagunas de oxidación ubicadas en el sector de Yaracachi distrito de Moquegua, que reciben las aguas residuales de Moquegua, Los Ángeles y Samegua, se vieron afectadas por el colapso de sus taludes, agravando aún más su grave insuficiencia, ya que su diseño es para 35 l/s y actualmente ingresa un promedio de 130 l/s.

Ante esta situación en Moquegua se forma el Comité de Saneamiento, integrada por las siguientes instituciones:

- Gobierno Regional de Moquegua;
- Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto;
- Dirección Regional de Salud Moquegua;
- Dirección Regional de Agricultura;
- Municipalidad Distrital de Samegua.
- Empresa Prestadora de Servicios de Moquegua (EPS).

Dicho comité presentó el Perfil del Proyecto ante la OPI del Ministerio de Vivienda, el cual fue aprobado el 23 de julio del 2003, a mediados del mes de septiembre del mismo año se obtuvo la aprobación final por el Ministerio de Economía y Finanzas, y la autorización para iniciar los estudios a nivel de factibilidad (Estudio a Nivel de factibilidad del “Proyecto de

Reubicación y Ampliación del Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales de la ciudad de Moquegua”).

2.2 EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA

El componente agua no es más que una parte del ecosistema acuático en el que se desarrolla una serie de comunidades vivas que dependen de las características fisicoquímicas de sus aguas que pueden verse notablemente modificadas, con la consiguiente alteración de aquellas.

La mayoría de los parámetros utilizados para la evaluación de la calidad de agua son de carácter fisicoquímico, que no reflejan las posibles alteraciones existentes que hayan podido suceder tiempo atrás (Posada et al. 2000).

Los parámetros químicos y microbiológicos en las aguas superficiales pueden estar presentes de forma natural o ser introducidos por el hombre alterando las concentraciones naturales debido a las actividades industriales, agrícolas o a los desechos urbanos y domésticos, afectando la biodiversidad acuática (Sardiñas et al. 2006).

Las variables fisicoquímicas solo dan una idea puntual sobre la calidad del agua, en tanto el monitoreo biológico informa sobre las variaciones que existen en el tiempo. No obstante, el empleo de las variables químicas en investigaciones relacionadas con la calidad del agua tiene como ventajas, los cambios temporales detallados, la determinación precisa de los contaminantes y la fácil estandarización. En un monitoreo y seguimiento biótico de la calidad del agua, se incluyen entre otras variables, el análisis microbiológico (Milan et al. 2011).

La composición química del agua de un río va a venir determinada por varios factores concretos: la composición y la cantidad de precipitación caída en la cuenca, la geología de la cuenca y la solubilidad de las rocas o materiales, los suelos, la vegetación terrestre, los procesos de evaporación, los procesos biológicos y finalmente la contaminación o vertidos de origen humano. La importancia de cada uno de estos factores frente al resto y la magnitud con que van a afectar a las características finales del medio acuático, son las que van a determinar el tipo de ecosistema frente al que se tendrá (Toro et al. 2002).

Los ríos son corrientes naturales sometidas a los cambios climáticos y a las características propias de la cuenca, la calidad de su agua varía naturalmente a lo largo del tiempo y de su curso debido a la combinación de factores ambientales. Sin embargo, las actividades humanas alteran, a veces de manera irreversible, las características físicas, químicas y biológicas del agua (Chapman. 1996). Las principales fuentes de contaminación de estos sistemas son las descargas de tipo municipal e industrial, así como los flujos de retorno generados por las actividades agropecuarias (Graniel y Carrillo 2006).

2.3 MONITOREO AMBIENTAL

El Programa de Monitoreo constituye un documento técnico de control ambiental, en el que se concretan los parámetros, para llevar a cabo, el seguimiento de la calidad de los diferentes factores ambientales afectados, así como, de los sistemas de control y medida de estos parámetros.

Este programa permitirá garantizar el cumplimiento de las indicaciones y medidas, preventivas y correctivas, contenidas en el estudio de impacto ambiental, a fin de lograr la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y el ambiente durante la construcción y funcionamiento de la obra proyectada.

En el Perú se cuenta con un protocolo de calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, el cual es de cumplimiento obligatorio para todas las entidades públicas y/o privadas titulares de las PTAR Domésticas o Municipales en el territorio nacional; este protocolo puede también ser aplicado para los efectos de control operacional de los titulares de las PTAR.

Los niveles guía de calidad ambiental representan concentraciones máximas permitidas en el ambiente de sustancias individuales a las cuales se considera la inexistencia de efectos adversos significativos. Estos niveles pueden ser utilizados para determinar estándares (límites legales) u objetivos que pueden ser medidos o evaluados en el ambiente. El monitoreo es retrospectivo, pero los niveles guía pueden ser utilizados de manera predictiva, preventiva o reglamentaria.

Dada la variabilidad inherente a los procedimientos bioanalíticos o analíticos convencionales y a los procedimientos de muestreo, una sola muestra es insuficiente para alcanzar un nivel razonable de confianza para la caracterización de un sistema en estudio. Definida una

desviación estándar general (por ejemplo, combinada para el muestreo y el análisis), el número de muestras requerido para una matriz móvil como el agua (Castillo 2004).

Los parámetros fisicoquímicos 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.

La ventaja de los métodos fisicoquímicos 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 fisicoquímicas, 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 (Samboni et al. 2007).

2.4 VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Para simplificar la interpretación de los datos de monitoreo, existen índices de calidad de agua (ICA) e índices de contaminación (ICO), los cuales reducen una gran cantidad de parámetros a una expresión simple de fácil interpretación entre técnicos, administradores ambientales y el público en general. La principal diferencia entre unos y otros está en la forma de evaluar los procesos de contaminación y número de variables tenidas en cuenta en la formulación del índice respectivo (Torres et al. 2009).

En ese sentido, se requieren herramientas que ayuden a una fácil interpretación para que los administradores de los recursos hídricos puedan comunicar a la sociedad el estado que

guarda el recurso. Para lo anterior se han generado numerosos índices de calidad del agua (ICA) que pueden agrupar una gran cantidad de información y generar un único valor que defina, a través de una escala, una calificación del recurso (Espinal et al. 2013).

La calidad del agua (ICA), es un término ampliamente usado. Sin embargo, la cuantificación científica resulta importante y esta es una estrategia básica en el desarrollo de las bases científicas para el manejo de los recursos hídricos. El término del manejo óptimo de los recursos requiere estándares predefinidos de calidad integral de agua, como componente de los criterios de optimización (Álvarez et al. 2006).

El ICA es el valor en una escala de 0 a 100% que proporciona el grado de contaminación de un cuerpo de agua (un mayor valor de ICA indica una mejor calidad del agua) y se obtiene a partir de un promedio ponderado de los índices de calidad individuales de diferentes parámetros. Asociado al valor numérico del ICA, están definidos diferentes rangos de calidad del agua (Jáuregui et al. 2007).

Los ríos son corrientes naturales sometidas a los cambios climáticos y a las características propias de la cuenca, la calidad de su agua varía naturalmente a lo largo del tiempo y de su curso debido a la combinación de factores ambientales. Sin embargo, las actividades humanas alteran, a veces de manera irreversible, las características físicas, químicas y biológicas del agua.

En lugar de asignar un número que representará la calidad del agua, estos sistemas de clasificación categorizaban los cuerpos de agua en una de varias clases o niveles. En el aspecto fisicoquímico, se tuvieron en cuenta las variables: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto ($\text{mg O}_2/\text{L}$), DBO_5 -20°C (mgO_2/L), residuo total (mg/L), turbiedad (UNT), fosfatos ($\text{mg PO}_4/\text{L}$), nitratos ($\text{mg N NO}_3/\text{L}$). pH (unidades) y coliformes fecales (NMP/100 ml). Cada una de estas variables tiene un peso específico de acuerdo con su importancia, relacionada con la calidad de agua.

Estos pesos son aplicados a los subíndices correspondientes para cada una de las características mencionadas, para generar la medida ponderada que constituye el índice de calidad de agua (ICA).

La estructura de los subíndices se construye asociados con cada una de las variables seleccionadas, involucra de manera bastante pausable, las condiciones ambientales específicas, para determinar una medida de aquello que sería lo máximo asignable,

considerando la factibilidad. Así, por ejemplo, el nivel de Oxígeno Disuelto que merecería una calificación del 100% (óptimo), depende, entre otras, de la temperatura del sitio y de su altura sobre el nivel del mar; por esa razón, el óptimo no puede corresponder a una cifra absoluta de concentración de Oxígeno Disuelto, sino que relaciona con la concentración de Oxígeno de Saturación para las condiciones especiales del sitio de que se trate. En forma similar se definen los otros subíndices.

Si denotamos por I_i al subíndice correspondiente a la variable “ i ” y por W_i su ponderación respectiva, entonces el índice de calidad de agua que en adelante llamaremos ICA, se queda expresado por:

$$ICA = \sum W_i I_i$$

Este índice se ha generalizado en su aplicación, no obstante, fue generado con base en el ambiente específico de los ríos de los Estados Unidos (Behar et al. 1997).

Los resultados del 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 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 (Samboni et al. 2007).

2.5 RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO

Un alto contenido de Sodio en el agua de riego puede inducir elevados valores de Potencial Sodio Intercambiable en el suelo, con sus efectos consiguientes de pérdida de estructura por dispersión e hinchamiento. La posibilidad de que un agua ocasione estos problemas se evalúa por medio del índice RAS (Relación de Adsorción de Sodio).

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Para evaluar la calidad del agua de riego en función de la salinidad y sodicidad se representan las medidas de conductividad eléctrica y de relación de adsorción de sodio (RAS) (Can et al. 2008).

Actualmente se considera que uno de los índices más adecuados para definir el riesgo de sodicidad de un agua de riego es el RAS ajustado (RASaj), donde la concentración de Calcio está corregida en función de la salinidad del agua de riego y de su concentración de bicarbonatos presentes, a continuación, se presenta la ecuación utilizada para el cálculo de RAS ajustado (Barranco et al. 2008).

$$RAS_{aj} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca * + Mg}{2}}}$$

Las aguas con mejor calidad para ser utilizadas en el riego se sitúan en el triángulo verde mostrado en la parte inferior izquierda del gráfico de la Figura 1 (Can et al. 2008).

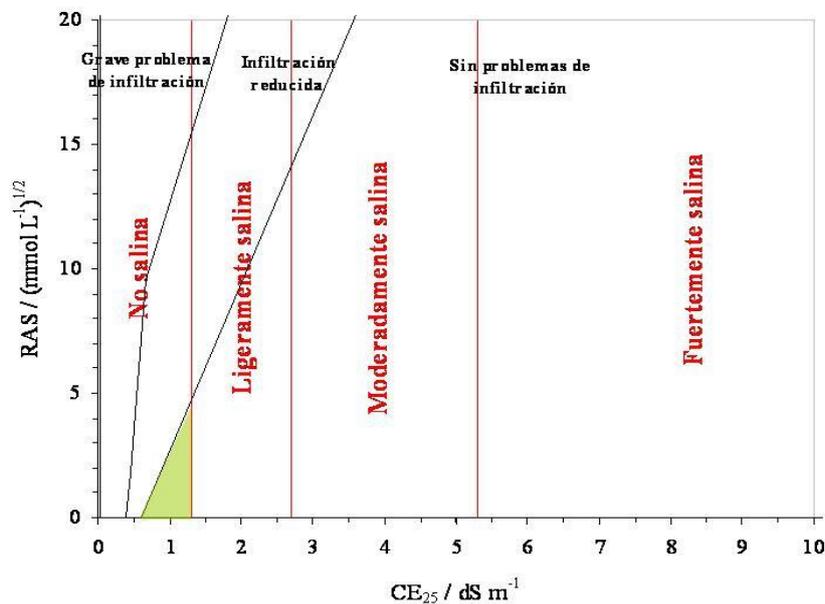


Figura 1: Evaluación de la calidad del agua de riego en función de su salinidad y sodicidad

FUENTE: Can et al. (2008).

2.6 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de Componentes Principales es una herramienta estadística, que pertenece al grupo de los análisis multivariados. En base a los valores que presentan las observaciones (muestras) en las variables elegidas, este análisis efectúa combinaciones lineales entre variables, definiendo vectores o componentes que explican un determinado porcentaje de la varianza de las observaciones.

Dentro de cada componente o vector, el programa asigna "pesos" o "cargas" a cada una de las variables. El análisis de Componentes Principales permite agrupar las observaciones, en base a las mejores combinaciones lineales de variables y, por otro lado, permite eliminar variables que no tienen importancia en la agrupación de las observaciones (Pino y Sandor 1983).

En un proceso estadístico que cuenta con un gran número de variables es difícil visualizar sus conexiones, al considerar muchas variables tendremos un número mayor de combinaciones representando los coeficientes de correlación. Es importante reducir el número de variables para desechar información redundante y optimizar el proceso. El Análisis de Componentes Principales (ACP) propone la transformación a un nuevo conjunto sintético de variables (los componentes principales), que no están correlacionados y se encuentran ordenados de tal forma que los primeros conservan la mayor parte de la variación presente en todas las variables originales (Zapotitla 2011).

2.7 IMPACTO DE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

En las zonas urbanas, el crecimiento poblacional genera cantidades significativas de aguas residuales que se tratan en plantas de tratamiento de aguas residuales descargadas directamente. Debido a sus diferentes orígenes, estas aguas son a menudo cargadas de elementos orgánicos, minerales y microorganismos en los que algunos de ellos podrían ser perjudiciales para la salud y contribuye en gran medida a la degradación de las aguas subterráneas la cual puede ser irreversible (Abdelkader et al. 2012).

Una de las prácticas más comunes de disposición final de las aguas residuales domésticas ha sido la disposición directa sin tratamiento en los cuerpos de agua superficiales y en el suelo; sin embargo, la calidad de estas aguas puede generar dos tipos de problemas: de salud pública, particularmente importantes en países tropicales por la alta incidencia de enfermedades infecciosas, cuyos agentes patógenos se dispersan en el ambiente de manera eficiente a través de las excretas o las aguas residuales crudas (Mara 1996), y los problemas ambientales, por afectar la conservación o protección de los ecosistemas acuáticos y del suelo, lo que contribuye a la pérdida de valor económico del recurso y del medio ambiente y genera a su vez una disminución del bienestar para la comunidad ubicada aguas abajo de las descargas (Pierce y Turner 1990).

El vertimiento de aguas residuales de origen doméstico es uno de los impactos más importantes que se le atribuye al crecimiento urbano, y son los ecosistemas acuáticos los más afectados por estos impactos. La contaminación de los ríos debido a la incorporación de microorganismos, productos químicos y residuos industriales genera graves problemas de carácter ecológico, social y económico, los cuales van deteriorando la calidad del agua y disminuyendo su disponibilidad (González 2008).

El tema de la eliminación de aguas residuales se ha convertido cada vez más importante desde los años setenta. Dado que existe una gran preocupación en el mundo para enfrentar el problema de la creciente contaminación de los recursos hídricos por acción del hombre y los fenómenos naturales. Sabemos que el agua residual es agua que después de su uso doméstico o industrial, contiene residuos, por lo que es preciso un tratamiento para preservar el medio ambiente específicamente preservar los ríos y en especial las aguas subterráneas (Amine et al. 2013).

En nuestro país, el vertido directo de diversos contaminantes a los ríos se está convirtiendo en un grave problema, derivado principalmente de la descarga de aguas servidas, evidenciando su degradación a lo largo del cauce, principalmente en las estaciones de muestreo cercanas a los asentamientos poblacionales (Fernández 2005).

Entre los ríos de la sierra peruana con un alto grado de contaminación por vertimiento de aguas residuales, están la cuenca del Mantaro, los ríos San Juan, Huarón, Carhuacayán, Yauli y Azul colcha. Esto ocurre de igual manera en la selva, en los ríos Huallaga, Hualgayoc y Huancapetí. En la Costa, con estas características se ubican el río Rímac, Moche, Santa, Cañete, Pisco y Locumba (Ministerio del Ambiente 2015).

2.8 USO DE LAS AGUAS RESIDUALES

El proceso acelerado de urbanización ha determinado que las ciudades necesiten cada vez mayor cantidad de agua para satisfacer sus necesidades domésticas, industriales y comerciales. La agricultura debe competir por los mismos recursos hídricos, por tanto termina disponiendo de menos agua, que además es afectada por la contaminación generada por el vertimiento de las aguas residuales sin tratar o inadecuadamente tratadas.

Esta situación ocasiona serios conflictos entre la ciudad y el campo. El manejo del recurso hídrico involucra una serie de procesos que deben buscar la solución de conflictos entre los

múltiples usuarios que dependen de un recurso compartido. La oferta de agua proviene generalmente de un sistema común que es la cuenca hidrográfica, y los excedentes de uso para el consumo humano, así como de los efluentes del saneamiento, que vuelven a integrar el sistema. Una administración eficiente implica optimizar los usos del recurso hídrico mediante el uso racional y con una calidad aceptable, debiendo esta gestión maximizar con criterio de equidad los beneficios económicos, sociales y ambientales.

En este contexto, el tratamiento de las aguas residuales no puede desligarse del manejo integral del recurso hídrico. La ampliación de la cobertura de tratamiento debe hacerse mediante planteamientos creativos e integrales y no basados en conceptos estrechos y exclusivamente técnicos. Un enfoque integral de cuenca debe enfatizar que el agua residual es parte de los recursos hídricos disponibles. De acuerdo a este enfoque, el agua debe ser aprovechada desde que ingresa hasta que sale de la cuenca, lo que implica tomar acciones en cada etapa. La capacidad de captación puede mejorarse ampliando el volumen de embalses y la cobertura vegetal. La adecuación al tipo de uso, la recolección del agua residual y el tratamiento según el tipo de contaminante que se ha incorporado al agua, deben ser realizados por los usuarios de acuerdo a las características de sus procesos. El uso productivo puede darse en la actividad industrial o agrícola luego de un tratamiento acorde con las exigencias de calidad.

Finalmente, a cada usuario le compete la responsabilidad de disponer en forma adecuada el agua residual, para que este recurso quede disponible para un nuevo usuario. Los sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales facilitan la optimización del uso de los recursos hídricos, ya que al usar aguas residuales para el riego agrícola y de áreas verdes urbanas, permite que volúmenes importantes de agua limpia o potable se destinen al consumo humano.

Se entiende por reúso al proceso de volver a utilizar directa o indirectamente, las aguas resultantes de actividades antropogénicas. El reúso suele ser en su mayoría indirecto, en la medida que una gran cantidad de los desagües –tratados y no tratados- son descargados a cuerpos receptores, tales como ríos, mares o lagos, de los cuales se capta el agua para el uso agrícola.

El reúso directo es cuando las aguas residuales tratadas o sin tratar son utilizadas directamente en el riego agrícola o de áreas verdes, u otra actividad que las demande. En cambio, el uso indirecto es cuando los desagües se descargan a los cuerpos receptores que

luego son utilizados para las diferentes actividades. Este segundo tipo no es considerado por la legislación como reúso, y sin embargo es el que más preocupa por sus graves impactos en la salud y el ambiente cuando no existe un tratamiento previo adecuado (Autoridad Nacional del Agua 2016).

2.9 PLANTAS DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EN PERÚ

Dentro del ámbito de la EPS, hasta diciembre del 2013, 17,5 millones de habitantes contaban con servicio de agua potable y 16 millones con servicio de alcantarillado. Las EPS produjeron un promedio de 3,78 millones de m³ de agua potable al día; es decir, una producción de agua potable per cápita de 216 l/habitante/día (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento 2015).

En la actualidad, de las 253 localidades del ámbito de las EPS, 89 no cuentan con tratamiento de aguas residuales, por lo que el agua residual cruda de estas localidades se vierte directamente a los ríos, mares, pampas o drenes. En las 164 localidades restantes, todas o parte de las aguas residuales vertidas al alcantarillado son conducidas hacia una planta de tratamiento de aguas residuales.

Se identificaron 49 PTAR con vertimiento del efluente a un cuerpo natural de agua: ríos y lagos. Los vertimientos de estas PTAR deben cumplir los ECA-Agua, dependiendo de la calidad del cuerpo receptor.

Se han identificado 63 PTAR con vertimiento de su efluente a canales de drenaje que sirven para evacuar aguas drenadas de los campos agrícolas. El riesgo en este tipo de vertimientos es que en algún momento el operador de esos canales de drenaje decida impedir la descarga de la PTAR, lo que originaría que la PTAR no pueda ser utilizada. Se recomienda asegurar el derecho de uso de los canales para toda la vida útil de la PTAR.

Las PTAR que vierten sus efluentes a una quebrada seca son 19, sin considerar una posible contaminación del suelo y de la napa freática. Los efluentes de estas PTAR discurren por la quebrada seca hacia el cuerpo natural de agua más cercano o se infiltran en el terreno.

Se han identificado 22 PTAR que no cuentan con punto de vertimiento. Los efluentes de estas PTAR se vierten al terreno aledaño de la PTAR donde forman lagunas y humedales de infiltración, lo que podría causar efectos adversos en la napa freática. Esta forma de vertimiento no está regulada por la normativa vigente. Se recomienda dotar un punto de

disposición final a cada una de estas PTAR y promover el reúso del agua residual tratada, especialmente en zonas costeras áridas (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento 2015).

Dentro de las conclusiones del Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ámbito de operación de las Entidades Prestadoras de Servicio de Saneamiento, se encuentran las siguientes:

- Ausencia del manejo de lodos en 50% de las PTAR, los que se deben remover frecuentemente e, idealmente, reutilizar en el sector agrícola.
- Sobrecarga orgánica o hidráulica en el 50% de las PTAR.
- Carencia de la documentación necesaria que permita conocer los parámetros de diseño y las necesidades de operación y mantenimiento de las PTAR. La mitad de PTAR no cuentan con manuales de operación y mantenimiento.
- Falta de personal bien capacitado, de equipamiento y de recursos financieros necesarios para la adecuada operación y mantenimiento de las PTAR.
- La mayoría de PTAR no cuenta con un programa completo de monitoreo del afluente, efluente y parámetros de operación.
- Falta de asistencia técnica interna o externa para que el personal operativo opere adecuadamente la PTAR.
- Insuficiente frecuencia de actividades de operación y mantenimiento de las PTAR.

2.10 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LAGUNAS DE OXIDACIÓN

Las lagunas son excavaciones realizadas en un terreno para el tratamiento de aguas residuales. La profundidad de estas es variable, pueden ser poco profundas o bastante hondas. La tecnología de tratamiento con lagunas se utiliza principalmente en comunidades pequeñas; sin embargo, las lagunas aireadas y facultativas se usan frecuentemente en comunidades medianas. Estos sistemas pueden funcionar en forma independiente o en combinación con otros sistemas de tratamientos de aguas residuales. Las ventajas de un sistema con lagunas son:

- Los costos de capital resultan bajos

- Requiere mínima capacitación del personal encargado de su operación
- La evacuación y disposición de lodos se realiza en intervalos de 10 a 20 años
- Es compatible con sistemas de tratamiento acuáticos o sobre el suelo

Las desventajas de un sistema con lagunas son:

- Requiere grandes extensiones de terreno
- En el efluente se da una concentración elevada de algas que puede ocasionar problemas en fuentes receptoras superficiales
- Las lagunas sin aireación a menudo no cumplen las normas de descarga
- Las lagunas pueden causar impactos negativos sobre las aguas subterráneas si no se impermeabilizan o si el recubrimiento se daña
- Un diseño inapropiado o una incorrecta operación puede generar malos olores.

Las lagunas se pueden clasificar teniendo en cuenta la concentración de oxígeno disuelto (nivel de aerobividad), y la fuente que suministra el oxígeno necesario para la asimilación bacteriana de compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales en los siguientes tipos:

a) Lagunas aerobias

Este tipo de lagunas son poco profundas ya que deben permitir la penetración de la luz del sol en toda la columna de agua; por tal motivo se tiene gran actividad fotosintética durante las horas de luz solar, en toda columna de agua su profundidad varía entre 1 y 1,5 m.; Las lagunas diseñadas para aumentar la actividad fotosintética de las algas se denomina de alta tasa, el cual se refiere a la velocidad de producción fotosintética de oxígeno por parte de las algas presentes y no a la velocidad de asimilación metabólica de compuestos orgánicos, la cual permanece invariable. El oxígeno producido por las algas permite a las bacterias degradar en forma aerobia los compuestos orgánicos presentes en el agua residual. Durante las horas de luz solar, el oxígeno y el pH aumentan alcanzando valores máximos, mientras que en las horas de oscuridad estos parámetros disminuyen en forma considerable, respecto al valor máximo. Los tiempos de retención de estos sistemas son relativamente cortos (generalmente 5 a 10 días). Las lagunas

aerobias se utilizan en combinación con otras lagunas y su aplicación se limita a climas cálidos y soleados.

b) Lagunas facultativas

Este tipo de lagunas son las más usadas, la profundidad oscila entre 1,5 a 2,5 m, y se las conoce también como lagunas de estabilización. El tratamiento se desarrolla por acción de las bacterias aerobias en la capa superior y de bacterias anaerobias o anóxicas en la capa inferior, dependiendo de la mezcla que se induce por acción del viento. Los sólidos Sedimentables se depositan en el fondo de la laguna. El aporte de oxígeno se logra por fotosíntesis y por reaireación natural superficial. Las lagunas facultativas pueden funcionar como lagunas con descarga controlada, lagunas de retención total o como unidades de almacenamiento para un tratamiento posterior sobre el suelo.

c) Lagunas aireadas con mezcla parcial

Las lagunas aireadas con mezcla parcial son más profundas y pueden recibir mayor carga orgánica que una laguna facultativa. El suministro de oxígeno se realiza por medio de aireadores mecánicos flotantes o difusores de aire sumergidos. Las lagunas aireadas tienen una profundidad que varía entre 2 y 6 m y se diseñan con un bajo tiempo de retención (3 a 20 días). La principal ventaja radica en que necesita menor área que otros sistemas de lagunas.

d) Lagunas anaerobias

Este tipo de lagunas se diseñan para el tratamiento de residuos líquidos con alto contenido de materia orgánica, generalmente aguas residuales de industrias ubicadas en zonas rurales apartadas. Estas lagunas no cuentan con zonas aerobias, la profundidad oscila entre 5 y 10 m, y su tiempo de retención va de 20 a 50 días, debido a esto generan malos olores y requieren ser cubiertas o aisladas en zonas pobladas (Toscano 2014).

2.10.1 Influencia del vertimiento de las aguas residuales en la agricultura

En la actualidad el uso de aguas residuales para el riego de cultivos es cada vez mayor, siendo el rendimiento de los cultivos superior, ya que las aguas residuales contienen nutrientes para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, existe el riesgo de que el riego con aguas residuales facilite la transmisión de enfermedades hídricas (nematodos intestinales y bacterias fecales) a los consumidores (Gonzales y Chiroles 2010).

Un problema relevante es el caso de contaminación del río Mololoa en la zona de Tepic-Xalisco, esto debido al tratamiento insuficiente e inadecuado de las descargas de aguas residuales municipales, los que han provocado cambios significativos en la calidad del agua de la corriente. El río Mololoa a lo largo de su trayectoria recibe descargas de diferentes poblados, sin embargo, la descarga de aguas residuales que más lo afecta es la proveniente de la ciudad de Tepic, ya que, a su paso por esta, el río recibe, principalmente, descargas de tipo municipal las cuales son parcial y deficientemente tratadas.

Debido a la abundante y variada aportación de contaminantes a esta corriente, y siendo un cuerpo receptor de baja capacidad de dilución, se ha deteriorado considerablemente la calidad de sus aguas resultando desfavorable para el libre uso agrícola e inadecuada para el desarrollo de la vida acuática, existen malezas en ambos márgenes del río y tiraderos dispersos de basura a sus riberas, lo que puede llegar a ocasionar, por una parte, refugio y reproducción de fauna nociva y por la otra, pérdida de calidad del paisaje (Jáuregui et al. 2007).

La utilización de aguas residuales en áreas agrícolas proviene de los tiempos antiguos en Atenas; sin embargo, la mayor proliferación de sistemas de aplicación de aguas residuales en el suelo ocurrió durante la segunda mitad del siglo XIX, principalmente en países como Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, India, Inglaterra, México y Polonia. En el periodo de la posguerra, la creciente necesidad de optimización de los recursos hídricos renovó el interés por esta práctica en países como África del Sur, Alemania, Arabia Saudita, Argentina, Australia, Chile, China, Estados Unidos, India, Israel, Kuwait, México, Perú, Sudán y Túnez (Parreiras 2005).

Con frecuencia se desconoce la forma como los alimentos se han producido; sin embargo, aguas residuales, a menudo no tratadas, son utilizadas para el riego de 10% de los cultivos del mundo. Aunque ésta es una práctica en gran parte oculta y sancionada en un gran número de países, muchos agricultores, especialmente aquéllos ubicados en las áreas urbanas, utilizan las aguas residuales porque, además de los beneficios de su uso, no tienen ningún costo y son abundantes, aún durante la época de sequías (Scott et al. 2004).

El uso de las aguas residuales se presenta como una de las fuentes alternativas para el riego en la agricultura urbana. Esto entraña un conjunto de interrogantes en cuanto a su manejo y las posibles afectaciones que ellas puedan ocasionar a los frutos cosechados, al suelo y al medio ambiente (Méndez et al. 2006).

En el caso de las aguas residuales del afluente Luyanó en el municipio Arroyo Naranjo, de acuerdo con los análisis realizados, se clasificaron como aguas de baja contaminación (según los valores DBO₅ y DQO obtenidos). Estas aguas, además, toxicológicamente no constituyen un riesgo de contaminación ni para el suelo ni para el medio ambiente, aunque no deben utilizarse sin tratamiento previo en cultivos de consumo directo, dada la carga microbiana que presentan. Las parcelas experimentales que se establecieron con cultivos de zanahoria, rábano y flor del Marigold, mostraron en las primeras cosechas que es posible alcanzar en ellas altos rendimientos agrícolas, dado el valor fertilizante de estas aguas residuales. Los resultados de la cosecha del rábano, según análisis bacteriológicos realizados, no mostraron ningún tipo de contaminación. El suelo y el entorno agrícola tampoco presentaron afectaciones (Méndez et al. 2006).

2.11 AGRICULTURA EN EL PERÚ

En el Diagnóstico de la Agricultura en el Perú se tiene las siguientes conclusiones, la agricultura rural es el sostén del 30% de hogares peruanos y el 80% de hogares rurales. Si bien no es sector de mayor aporte del PBI nacional (7,1%), si lo es en el aporte de las regiones de la Sierra (entre 20 y 50%), para la generación de empleos (30% de la PEA nacional, 55% en la Sierra) y el autoconsumo de un número importante de pobladores rurales especialmente de la zona andina. El Perú además produce la mayor parte de los productos básicos que se consumen, teniendo una balanza comercial positiva en el sector de alimentos.

Si bien desde hace varios años es evidente que las actividades agropecuarias han venido perdiendo importancia en las estrategias de generación de ingresos de los hogares rurales, también es cierto que este sector sigue siendo el, o uno de los, más importantes en la economía de los hogares rurales y en particular en la de los pobres. Pero además hay un creciente reconocimiento de que la actividad agropecuaria sigue siendo central en la organización de la vida, el tiempo y el uso de los recursos de los hogares rurales. El agricultor rural de los andes tiene además un vínculo muy cercano con la tierra. En zonas rurales los propietarios de la tierra tienen una valoración de la tierra significativamente mayor al valor de mercado (o incluso a la productividad marginal de la tierra), a diferencia de las zonas más urbanas (costeñas), donde el valor subjetivo de la tierra está más alineado con el valor de mercado. Esto es importante reconocerlo y tomarlo en cuenta para cualquier intervención que se realice en la zona andina (Perú Opportunity Fund 2011).

El sector agrícola rural ha sido y seguirá siendo foco de diversas iniciativas tanto gubernamentales como privadas y de cooperación en el sector. A pesar de ello, la pobreza en el área rural y los problemas específicos del agricultor rural se han mantenido prácticamente inalterados. Las dinámicas han comenzado a cambiar en los últimos años, dada el incremento de las comunicaciones, pero es mucho lo que queda por hacer para lograr cambiar la calidad de vida de estas poblaciones.

Los proyectos que han tenido más éxito y han tenido mayor arraigo en la población, han sido aquellos con enfoques innovadores que tienen en común un conjunto de elementos interesantes que sugiere las posibilidades de desarrollar proyectos orientados al desarrollo rural, basados en su replicabilidad. Estos proyectos tienen como principales características comunes que:

- Son participativos
- Atienden una demanda real de los productores
- Tienen un enfoque de conjunto de la economía campesina
- Promueven la articulación de los hogares con el mercado
- Apuntan a atacar cuellos de botella claros e identificables
- Promueven el desarrollo de capacidades para garantizar la sostenibilidad en el mediano y largo plazo.

Son diversas las barreras y limitaciones que se encuentran en el sector, pero las principales y las que podrían ser abordadas de manera directa o indirecta por el POF son las siguientes:

- La limitada aplicación de tecnologías y buenas prácticas agrícolas
- El limitado acceso a mercados e instrumentos financieros y de riesgos como microcréditos y seguros.
- La baja autoestima del campesino y confianza y entendimiento con y entre otros actores del desarrollo (empresa, estado)
- La poca articulación entre iniciativas del estado y privadas varias que limita impacto de las intervenciones y la poca capacidad institucional en el sector agricultura

- La degradación de los suelos agrícolas y mal uso del agua por causas naturales y antropogénicas (malas prácticas, erosión y cambios en el clima) y el no tratamiento del cambio climático como amenaza real al sector

Son diversas también las oportunidades que se presentan: la apertura a nuevos mercados más exigentes (p.e el mercado orgánico), las conexiones con mercados más grandes (Brasil); la existencia de una serie de iniciativas que han probado ser exitosas y la coyuntura de gobierno actual que privilegiará a los más pobres (Perú Opportunity Fund 2011).

2.12 LEGISLACIÓN VIGENTE

El Artículo 121° de la Ley N°28611- Ley General del Ambiente trata sobre el vertimiento de aguas residuales, es así que el estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se decide su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

Dentro de la legislación vigente se toma en cuenta para la evaluación los estándares de calidad de agua el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, en el cual se decreta la aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, en donde se anexa los niveles de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

El D.S. N° 003-2010-MINAM, indica que los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de acuerdo con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. En este decreto también se aprobó los límites máximos permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

La Autoridad Administrativa del Agua I Caplina Ocoña emitió la Resolución Directoral N° 3424-2017-ANA/AAA IC-O, en la cual concluye otorgar la autorización de reúso de agua residual doméstica tratada a favor de la Asociación de Reforestación Omo de EPS Moquegua

S.A., con un caudal de 22,91 l/s, volumen total anual de 722430,61 m³/año, régimen continuo, con fines de riego para la producción de cochinilla y árboles nativos (tara), en un área de 119,89 ha, los puntos de monitoreo M-2 Desagüe tratado y el punto de reúso, con los parámetros, así mismo los resultados de los monitoreos deben ser presentados a la autoridad con frecuencia trimestral, así mismo indica que esta autorización de reúso se encuentra sujeta a las acciones de supervisión, fiscalización y sanción por parte de la Autoridad Administrativa del Agua I Caplina Ocoña y la ALA Moquegua de la Autoridad Nacional del Agua, así mismo han de remitir una copia a la Dirección de Gestión de Calidad de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua, Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, a la EPS Moquegua S.A., a la Administración Local de Agua Moquegua y a la Asociación de Reforestación Omo.

La Autoridad Nacional del Agua aprobó mediante Resolución Jefatural N°084-2020-ANA la metodología “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)”, para realizar la evaluación del estado de la calidad de los cuerpos naturales de agua calificándolo de forma simple y comprensible, se realizó una adaptación a la fórmula utilizada en la metodología canadiense (CCME_WQI) conforme a las necesidades, condiciones específicas y legislación en materia de recursos hídricos. El ICARHS se define como una herramienta matemática que integra una calidad de parámetros, cuyo análisis permite transformar estos datos en un valor que califica el estado de la calidad de los recursos hídricos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

La zona de estudio es la intercuenca del río Moquegua, la que se encuentra ubicada en la zona urbana de Moquegua y el sector denominado Hondonadas de Omo, del distrito de Moquegua, provincia de Mariscal Domingo Nieto, departamento y región Moquegua, perteneciente a la cuenca Ilo – Moquegua, la cual limita al norte de la cuenca del río Tambo al este y al sur con la cuenca del río Locumba, al oeste con la cuenca del Océano Pacífico. La zona de estudio se muestra en la Figura 2.

El distrito de Moquegua, conocida como la “Capital del Cobre Peruano”, es la capital de la Provincia Mariscal Nieto y del departamento de Moquegua. Se encuentra ubicada a 1410 m.s.n.m. a orillas del valle medio del río Tumulaca a 17° 11'12" Latitud Sur y 70°56'06" Longitud Oeste.

Los recursos hídricos de la cuenca del río Moquegua se generan principalmente en las microcuencas de los ríos Tumulaca, Torata y Huaracane, el área total de la subcuenca es de 3431,07 km² en donde se origina un caudal de 1,25 m³/s.

En esta cuenca Ilo – Moquegua, está compuesta por las siguientes microcuencas:

- Microcuenca Torata
- Microcuenca Huaracane
- Microcuenca de la Quebrada Guaneros
- Microcuenca Tumulaca
- Intercuenca Río Moquegua
- Intercuenca Río Ilo

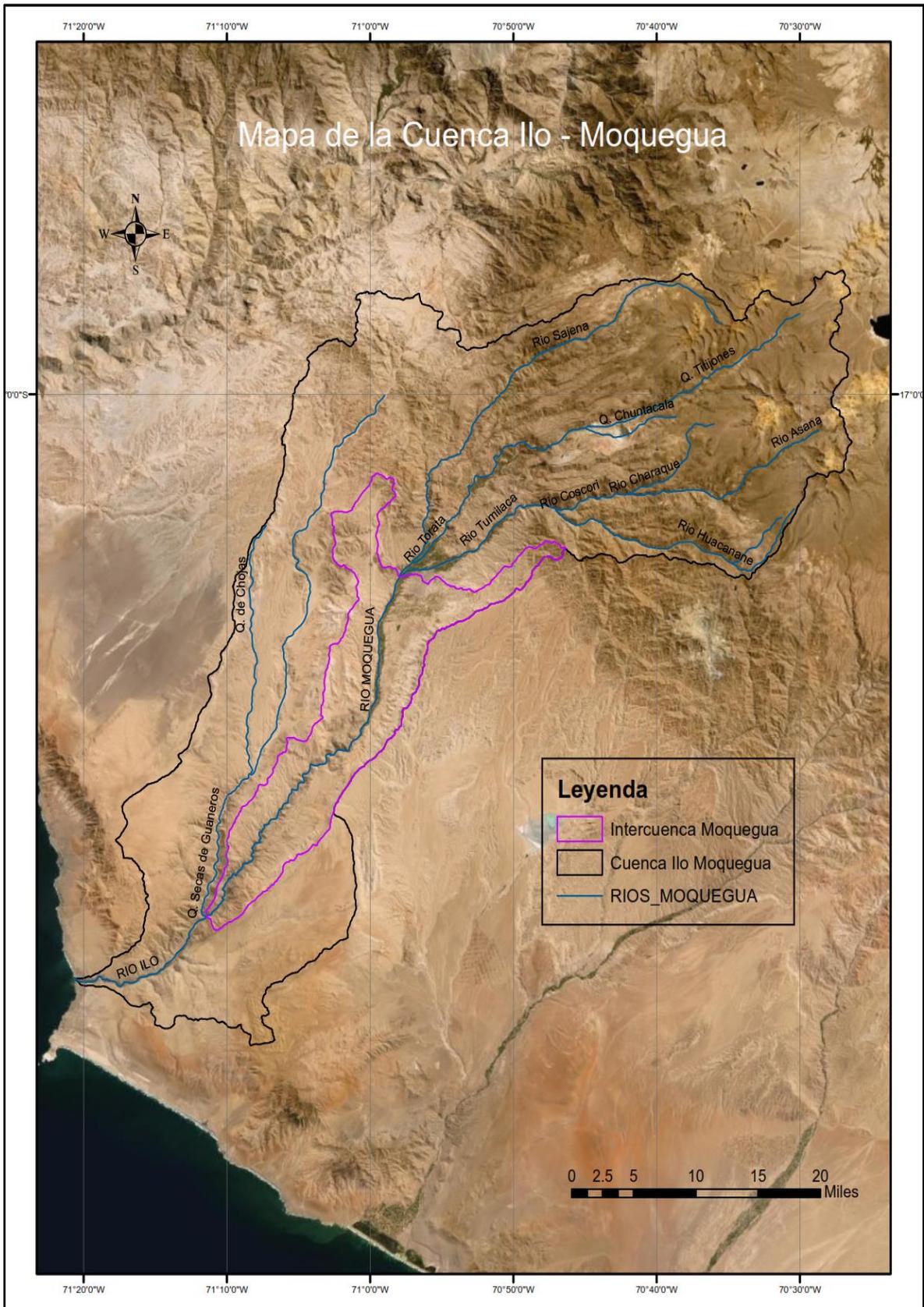


Figura 2: Mapa de la Cuenca Ilo – Moquegua

3.1.2. Extensión

La intercuenca Río Moquegua tiene una extensión de 517,08 km², pertenece al Sub-Sistema Moquegua (Valle Medio del río Tumilaca), que es la zona de mayor concentración poblacional conformada por los núcleos urbanos de Moquegua, Samegua, San Antonio, Los Ángeles – Estuquiña y últimamente Chen Chen; conformando una extensión de 4315 ha de las cuales 864 ha se encuentran ocupadas con una población estimada en 78040 habitantes al año 2007 (Moquegua-Samegua), que equivale al 92% de la población del Sub-Sistema Moquegua; concentra las principales infraestructuras político-administrativas, económicas, sociales, recreativas y culturales del ámbito de estudio.

La cuenca Moquegua Ilo posee una extensión de 3431,07 km², la altitud es de 5090,52 msnm, es una subcuenca alargada moderadamente ramificada. Posee 04 microcuencas importantes que hacen un área de 2115,82 km², que representa cerca del 62% del total del área. El resto son pequeñas quebradas de intercuenca que entregan directamente al río principal.

Políticamente abarca las provincias de Ilo y Mariscal Nieto del Dpto. de Moquegua. Los distritos comprendidos en el área de estudio son:

- Provincial de Ilo: El algarrobal, Ilo y Pacocha
- Provincia de Mariscal Nieto: Carumas, Moquegua, Samegua y Torata

3.1.3. Clima y ecología

En la cuenca del río Ilo - Moquegua, se ha podido diferenciar 3 tipos de clima: Clima semicálido muy seco (desértico o árido subtropical), clima templado sub – húmedo (Estepa y valles interandinos bajos) y clima frío ó boreal (Valles mesoandinos). La intercuenca Río Moquegua presenta un clima semi-cálido (Desértico ó árido subtropical).

Clima Semi-Cálido muy Seco (Desértico ó árido subtropical)

Este tipo de clima, compren casi toda la región de la Costa, desde el litoral del Pacífico hasta el nivel aproximado de 2000 msnm. Se distingue por ser un clima con precipitación promedio anual de 150 mm y temperaturas medias anuales de 18°C a 19°C, decreciendo a niveles más elevados de la región.

La causa de la deficiencia de lluvias en todas las estaciones del año se debe a la acción de la Corriente de Humboldt, de aguas frías, la cual transmite su acción refrigerante al litoral costero a lo largo de su recorrido. Las condiciones de aridez de la faja costera, ha motivado que la agricultura que se practica en los valles aluviales, que atraviesan transversalmente dicha región, se efectuó exclusivamente bajo la modalidad de riego.

Clima Templado Sub-Húmedo (Estepa y valles interandinos bajos)

Este tipo climático, conocido como “clima de montaña baja”, es propio de la región de la sierra, correspondiendo principalmente a los valles interandinos bajos e intermedios, situados entre los 1000 y 3000 msnm.

Generalmente, las temperaturas sobrepasan los 20°C y la precipitación anual se encuentra por debajo de los 200 mm aunque en las partes más elevadas, húmedas y orientales, puede alcanzar y eventualmente sobrepasar los 300 mm.

Clima Frío o Boreal (Valles mesoandinos)

Este tipo climático, se extiende entre los 3000 y 4000 msnm, se caracteriza por sus precipitaciones anuales promedio de 300 mm y por sus temperaturas anuales de 12°C; comprende los valles mesoandinos propios de los sectores central y meridional de los andes peruanos, presenta veranos lluviosos e inviernos secos con heladas.

El sector andino caracterizado por este tipo climático, constituye el centro tradicional de la agricultura serrana de secano, basada en cultivos representados por cereales de grano chico, tales como trigo, avena, cebada y centeno; además de tuberosas y leguminosas comestibles, como la oca, la mashua y el haba. En los sectores de mayor elevación aparecen los pastos naturales. La zona de estudio se halla considerada dentro de la provincia biogeográfica denominada “Puna Subtropical”.

3.1.4. Geomorfología

El río Ilo-Moquegua en su recorrido por la subcuenca del mismo nombre, adopta una serie de estados geomorfológicos resaltantes.

- **Curso Superior:** Comprende desde las nacientes en la cordillera de la zona de Titijones a 4500 msnm hasta el valle de Moquegua. En la zona altiplánica el cauce es estable y poco profundo. La cobertura vegetal que cubre los riberas, se desprende paulatinamente. La erosión del cauce es incipiente. Se manifiesta pequeños y

dispersas áreas de arrastre de suelo. En la zona de flanco andino el cauce es encañonado y de fuerte pendiente. Predomina la erosión y transporte de sedimentos. La remoción que proviene de las quebradas tributarias, alteran el curso del agua y acrecientan la turbulencia, multiplicando la acción erosiva. Las áreas de cultivo se ubican a media ladera.

- **Curso medio:** Comprende desde Moquegua (inicio del valle) hasta el anexo de Osmore (fin del valle). En este tramo el río reduce su pendiente por lo que predomina la deposición de sedimentos y la formación de terrazas aluviales. En ciertos tramos el curso se ramifica en varios brazos y vuelve a concentrarse. La zona agrícola se concentra en este tramo.
- **Curso Inferior:** Abarca desde el anexo de Osmore hasta la desembocadura. El cauce nuevamente se estrecha y profundiza. En algunos tramos se encañona en río. Sin embargo, en sus estrechas riberas se desarrolla la agricultura. Predomina el arrastre de material y la socavación de taludes en épocas de avenidas.

Los rasgos físicos del área de la zona de estudio corresponden al área meridional se encuentran en los terrenos llanos y áridos de la costa, corresponden a terrenos con suave inclinación al suroeste, las pampas costaneras están profundamente disectadas.

La zona donde se encuentra la Planta de Tratamiento, corresponde a laderas de suave a moderada pendiente entre 10 a 20 grados sobre arcillas de la Formación Moquegua y algunas quebrajas que cruzan dichas elevaciones donde hay acumulaciones de materiales cuaternarios.

3.1.5. Actividades económicas

La zona de estudio se encuentra ubicada en el distrito de Moquegua, en donde la principal actividad económica es comercio al por mayor y menor, reparación de vehículos automotores y motocicletas representando el 19,65%, mientras la menor actividad económica realizada corresponde al 0,08% siendo esta la actividad inmobiliaria (Instituto Nacional de Estadística e Informática 2017).

Tabla 1: Actividad económica del distrito de Moquegua

Actividad Económica	Casos	Porcentaje
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	2898	9,25%
Explotación de minas y canteras	385	1,23%
Industrias manufactureras	1563	4,99%
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	64	0,20%
Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación	68	0,22%
Construcción	3746	11,96%
Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores y motocicletas	6154	19,65%
Transporte y almacenamiento	2583	8,25%
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	2306	7,36%
Información y comunicaciones	265	0,85%
Actividades financieras y de seguros	354	1,13%
Actividades inmobiliarias	24	0,08%
Actividades profesionales, científicas y técnicas	2276	7,27%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	1142	3,65%
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	2559	8,17%
Enseñanza	2371	7,57%
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	1087	3,47%
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	258	0,82%
Otras actividades de servicios	939	3,00%
Actividades de los hogares como empleadores; actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	282	0,90%
Total	31324	100,00%

Moquegua como departamento, en los últimos 25 años no ha mostrado una mayor variación respecto a su participación en el Producto Bruto Interno Nacional, manteniéndose en el 2,9% como promedio. Según la información estadística Departamental, Moquegua muestra una estructura económica con predominio de la industria manufacturera y la minería y

actividades que se ubican fuera del ámbito de estudio y que representan el 82,8% del PBI Departamental.

La economía se sustenta en el sector servicios, en el comercio predominantemente informal y en la agricultura; actividades de baja productividad que no permiten a su población acumular excedentes, que se orienten al impulso del desarrollo de la ciudad. El comercio tiene una participación del 3,0% en el PBI, los servicios en 7,7% y la agricultura solo el 1,6%.

La actividad industrial (Sector Secundario), representa el 17,76% de la PEA, dedicada en su mayoría a pequeñas empresas fabricantes de muebles metálicos, puertas, ventanas, etc. Las industrias más significativas son la elaboración de productos de panadería, la elaboración de productos de vino y pisco. Respecto a la rama de la construcción, actualmente esta actividad se ha incrementado por las condiciones favorables de financiamiento para la edificación de viviendas, ofertadas por la banca estatal (Banco de Materiales), la banca comercial (menor escala), cooperativas y Organismos no Gubernamentales.

El Sector Primario, absorbe sólo al 17,12% de la PEA, dedicada a la producción agropecuaria principalmente el cultivo de alfalfa, vid, maíz amarillo y la producción de leche entre otros productos representa el 14,2%.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

En el desarrollo del presente estudio se empleó lo siguiente:

- Estudio de Impacto Ambiental Reubicación y ampliación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Moquegua (Naturideas 2013).
- Informe de Monitoreo Ambiental de Calidad de Agua durante el periodo agosto, diciembre 2014 y abril 2015, realizadas por Consultoría & Monitoreo Perú (Consultoría & Monitoreo Perú 2014) y Servicios Analíticos generales (Servicios Analíticos Generales 2015)
- Información de Data Meteorológica brindada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú 2019).

- Información cartográfica del Mapa de Cobertura Vegetal del Perú elaborado por el Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente 2015).
- Informes de los laboratorios de Als Ls Perú (Als Ls Perú 2016), Bhios Laboratorios (Bhios Laboratorios 2016) y Servicios Analíticos Generales (Servicios Analíticos Generales del Perú 2016), correspondientes a los periodos abril, agosto y diciembre del 2016 realizados para el desarrollo de la presente tesis.

A continuación, presentamos en la Tabla 2 los equipos, herramientas computacionales, etc.

Tabla 2: Equipos, herramientas computacionales, material de laboratorio y otros

Equipos	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Caudalímetro Global Water FP 111 • Multiparámetro HACH Modelo HQ40d • GPS Garmin ETREX 30 • Cámara Fotográfica Canon EOS 5D 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo para la medición de caudal • Equipo para medición de parámetros in situ. • Equipo para la ubicación de puntos • Equipo para el registro fotográfico
Herramientas computacionales	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Arc Gis 10.3 • IBM SPSS STATICS 25 • Microsoft Excel 	<ul style="list-style-type: none"> • Software para elaboración de mapas • Software para pruebas estadísticas • Software para elaboración de gráficos
Material de laboratorio	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Envases de plástico • Envases de vidrio 	<ul style="list-style-type: none"> • Material para toma de muestra • Material para toma de muestra
Otros	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> • Botas • Cooler • Guantes • Etiquetas • Material de escritorio 	<ul style="list-style-type: none"> • EPP para el muestreo • Equipo para llevar las muestras • EPP para el muestreo • Material para rotular las muestras • Material para rotular las muestras

3.3. PROCEDIMIENTO

3.3.1. Índice de Calidad de agua

a. Programa de monitoreo

Para el programa de monitoreo se realizó el control de la calidad del agua tanto del río Moquegua como del agua residual doméstica y del efluente proveniente de la PTAR Moquegua, se realizó el monitoreo periódico en 4 puntos que se mencionan a continuación, y en la Figura 3:

- Punto M01, efluente de entrada de la PTAR
- Punto M02, efluente de salida de la PTAR
- Punto M03, 100 m aguas arriba del punto de vertimiento
- Punto M04, 100 m aguas abajo del punto de vertimiento



Figura 3: Mapa de puntos de monitoreo

El punto de monitoreo para el efluente proveniente de aguas residuales se ubicó antes de que la descarga ingrese a un cuerpo de agua (corriente natural).

Los puntos de monitoreo para evaluar la calidad de cuerpo receptor (río) fueron ubicados aguas arriba y aguas abajo de una descarga de agua residual.

- Punto de monitoreo aguas arriba fue ubicado a una distancia suficientemente lejos de la descarga de agua residual, para asegurar que no influya en las características naturales de cuerpo de agua, a una distancia de 100 m de acuerdo a la accesibilidad y otros componentes que alteren el recurso hídrico en estudio.

- Punto de monitoreo aguas abajo, se utilizó una distancia de 100 m de acuerdo a la accesibilidad, caudal, capacidad de depuración de recurso y otros componentes que alteren sus características naturales del recurso hídrico en estudio.

Para realizar la toma de muestras se siguió la siguiente metodología:

- Para Aguas superficiales

Las muestras de agua se recogieron lo más cerca al centro del cuerpo de agua (río, quebrada) y en contra de la corriente al flujo de agua, evitando alterar las condiciones reales. Las condiciones fueron apropiadas para el recojo de muestra, por lo que no fue necesario el uso de un brazo telescópico para el recojo de muestras.

- Para Aguas residuales

Para recolectar una muestra aleatoria manual de una descarga, se insertó un recipiente corriente abajo de la descarga con la abertura del recipiente en dirección aguas arriba. En la mayoría de casos, el mismo recipiente para la muestra fue usado para recolectarla. El lugar de muestreo no era de fácil accesibilidad, se tuvo que utilizar una cubeta debidamente acondicionada para recolectar la muestra. Se tuvo cuidado en transferir la muestra de un cubo a un recipiente. La muestra se tomó del centro horizontal y vertical del canal. Al tomar la muestra, se evitó agitar los sedimentos que se encuentran en el fondo del canal o recolectar residuos que no sean característicos de la descarga. En todo momento se tomaron precauciones de seguridad.

Posterior a la toma de muestra se procedió con el etiquetado, y el almacenamiento en un cooler, finalmente fueron llevadas las muestras al laboratorio, como se ve en la Fotografía 1.



Fotografía 1: Vista del cauce del Río Moquegua, en febrero de 2016

Luego de haber realizado el muestreo de campo y las pruebas de laboratorio, se procedió con el análisis de la información, para poder evaluar el comportamiento de cada indicador y obtener el índice de calidad de esta agua tratada en la PTAR.

Se estableció que los periodos de monitoreo se tomen en los siguientes meses:

- Abril (Primera toma de muestra)
- Agosto (Segunda toma de muestra)
- Diciembre (Tercera toma de muestra)

Se seleccionó diferentes parámetros de monitoreo fisicoquímicos caudal, temperatura, pH, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, aniones (Cl^- , SO_4^{-2} , OH^-), cationes (Fe^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} , Mn^{+2} , Ca^{+2} , Na^+ , Al^{+3} , Bicarbonatos), sólidos suspendidos totales, y como parámetros biológicos se seleccionó coliformes termotolerantes.

b. Clasificación y determinación de la calidad de agua

Para el cálculo ICA se eligió los parámetros pH, temperatura, DBO_5 , coliformes fecales y sólidos suspendidos totales, se tomó en cuenta el factor de ponderación y posterior a ello se calculó el subíndice del ICA-NSF mediante la fórmula de agregación correspondiente a un promedio ponderado; luego se realizó la sumatoria, como se representa en la siguiente fórmula.

$$WQI = \sum_{i=1}^n S_i W_i$$

Donde: WQI: Índice de calidad de agua

S_i : Subíndice del parámetro i

W_i : Factor de ponderación para el subíndice i

Por cada parámetro se utilizó un factor de ponderación, con el cual se calculó el subíndice, los factores de ponderación los cuales se presentan a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3: Factor de Ponderación ICA-NSF

Parámetro	Factor de Ponderación
Oxígeno Disuelto	0,17
Coliformes Fecales	0,16
pH	0,11
DBO ₅	0,11
Cambio de Temperatura	0,10
Fosfatos Totales	0,10
Nitratos	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Disueltos Totales	0,07

Fuente: Behar et al. (1997)

Posterior a ellos se realizó una suma lineal ponderada de los subíndices, el resultado de su aplicación fue un número entre 0 y 100, donde 0 representa la calidad del agua muy mala y 100 representa la calidad del agua excelente.

Con el valor de ICA calculado, se procedió a clasificar el agua, y obteniéndose así la clase a la que pertenece, la clasificación de agua según ICA-NSF se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4: Clasificación de agua según ICA -NSF

Calidad	Rango de valores
Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy mala	0-25

Fuente: Samboni et al. (2007)

c. Análisis de componentes principales

Para la prueba estadística ACP se utilizó los resultados de obtenidos del programa de monitoreo en las estaciones M01, M02, M03 y M04 correspondiente a los periodos evaluados, la prueba estadística se realizó en el programa estadístico SPSS, posteriormente los resultados obtenidos fueron interpretados.

Mediante la prueba ACP se pudo saber cuáles son los parámetros que tienen relación entre ellos a través de la tabla de matriz de correlación, mientras que la tabla de comunalidades indicó los parámetros con los que se podría formar grupos, por último, la tabla de varianzas

total explicada indicó cuantos grupos se formaron, los cuales fueron graficados en los gráficos de sedimentación.

3.3.2. Relación de Adsorción de Sodio ajustada

Para el cálculo del RAS se utilizará los resultados de los parámetros correspondientes a sodio, calcio y magnesio, de los cuales se calculó los miliequivalentes, y se utilizó la fórmula de RAS.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Para el RAS ajustado adicionalmente se calculó el riesgo de sodicidad CO_3H/Ca , y con ello se calculó el Ca^* interpolando el riesgo de sodicidad con la conductividad eléctrica (Barranco et al. 2008), y posterior a ello se aplicó la fórmula del RAS ajustado.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca^* + Mg}{2}}}$$

También se realizó el gráfico de la evaluación de la calidad del agua de riego en función de su salinidad y sodicidad con los resultados obtenidos, y se hizo la clasificación USLS (U.S. Salinity Laboratory) de los mismos.

3.3.3. Mapa de cobertura vegetal y cultivos agrícolas

El ciclo del agua y sus componentes precipitación, intercepción, escurrimiento, evaporación, transpiración y otros procesos subsuperficiales, incluyendo la recarga del agua subterránea, son temas centrales de la hidrología. Cada uno de los componentes presenta una gran variación espacial y temporal, y juega un papel crítico en diversos procesos físicos, químicos y biológicos que regulan el sistema terrestre, donde la actividad humana es inseparable de los eventos naturales. Actualmente se reconoce que el hombre altera el ciclo hidrológico a escala local y global. El cambio de la cobertura vegetal asociado con la expansión de la agricultura, la urbanización y la contaminación tienen una profunda influencia en los procesos hidrológicos, que es necesario investigar tanto en cuencas pequeñas como a nivel regional (Mendoza et al. 2002).

Las actividades humanas han sido reconocidas en años recientes como la mayor fuerza modeladora de la biosfera, y por encima de que las fuerzas naturales son responsables de la

mayoría de los cambios contemporáneos en los flujos y estados de la biosfera (López et al. 2002).

Lo primero que se hizo es la recopilación y análisis de información relacionadas a la cuenca como ríos, centros poblados, cobertura vegetal posterior a ello se realizó el procesamiento de la información haciendo uso del software Arc Gis 10.3.

También se realizó la observación del área de estudio, contrastándose con los resultados obtenidos anteriormente, así mismo se realizaron anotaciones sobre el tipo de vegetación y datos referentes al uso actual del territorio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INDICE DE CALIDAD DE AGUA

4.1.1. Programa de monitoreo

Se consideraron los resultados reportados por el Gobierno Regional de Moquegua en los meses de agosto, diciembre de 2014, y abril de 2015, los que expresamos en las siguientes tablas 5,6 y 7. Así mismo se adjunta el Informe de Laboratorio en el Anexo 1.

Tabla 5: Muestreo de las estaciones en el mes de agosto 2014

Parámetros	Estaciones		
	M02	M03	M04
Temperatura	21,4	23,8	22,4
pH	8,53	8,42	8,52
Aceites y grasas (mg/L)	<1,00	<1,00	<1,00
DBO ₅ (mg/L)	79	<2,00	19,56
DQO (mg/L)	-	<10,0	41,00
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	7900	11	700
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	51,75	10,18	19,34

Tabla 6: Muestreo de las estaciones en el mes de diciembre 2014

Parámetros	Estaciones		
	M02	M03	M04
pH	8,51	8,40	8,56
Aceites y grasas (mg/L)	1,5	<0,5	1,5
DBO ₅ (mg/L)	36,05	<2,00	7,16
DQO (mg/L)	90	<10,00	17,70
Oxígeno Disuelto (mg/L)	-	6,89	5,53
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	2300	4,5	14
Coliformes Totales (NMP/100mL)	330000	490	110000
Fosfatos (mg/L)	-	0,699	0,380
Nitratos (mg/L)	-	10,095	5,619
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	53,10	<3,00	8,38

Tabla 7: Muestreo de las estaciones en el mes de abril 2015

Parámetros	Estaciones		
	M02	M03	M04
pH	7,76	8,38	8,42
Aceites y grasas (mg/L)	5,1	<0,5	<0,5
DBO ₅ (mg/L)	33,95	<2,00	7,66
DQO (mg/L)	59,9	<10,0	18,2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	-	6,21	7,02
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	790	130	33
Coliformes Totales (NMP/100mL)	4900	1300	330
Fosfatos (mg/L)	-	0,265	1,369
Nitratos (mg/L)	-	2,749	3,420
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	27,77	152,10	78,23

Posterior al monitoreo realizado en campo, se procedió con la entrega de las muestras al laboratorio de las estaciones M01, M02, M03 y M04 en los meses de abril, agosto y diciembre de 2016. Se reportaron los siguientes resultados obtenidos del programa de monitoreo realizado, los que son expresados en las Tablas 8, 9 y 10.

Tabla 8: Muestreo de las estaciones en el mes de abril 2016

Parámetros	Estaciones			
	M01	M02	M03	M04
Caudal (l/s)	1,4	1,3	2,2	1,1
Temperatura	21,1	20,9	22	21,7
Alcalinidad (CaCO ₃) (mg/L)	206,52	156,31	179,52	201,49
pH	7,3	7,5	8,4	8,4
Calcio Total (mg/L)	63,28	64,15	201,79	204,35
Cloruro (mg/L)	69,08	80,95	279,85	278,68
Oxígeno Disuelto (mg/L)	< 0,3	5,35	6,43	8,26
Sulfatos (mg/L)	125,26	93,16	391,56	389,32
Conductividad (µS/cm)	922	811	2,01	1987
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	169	103	12	8
Bicarbonatos (mg/L)	251,94	190,68	191,44	218,25
Magnesio Total (mg/L)	10,22	10,75	24,13	26,69
Aluminio Total (mg/L)	3,93	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Hierro Total (mg/L)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	<0,3
Manganeso Total (mg/L)	0,21	0,095	0,12	0,11
Sodio Total (mg/L)	76,95	87,17	176,08	194,96
Zinc Total (mg/L)	0,1	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	2800	140000	240	700
DBO ₅ (mg/L)	100	47	3,0	4,9

Tabla 9: Muestreo de las estaciones en el mes de agosto 2016

Parámetros	Estaciones			
	M01	M02	M03	M04
Caudal (l/s)	1,6	0,17	0,87	1,2
Temperatura	22,5	21,8	22,2	23,3
Alcalinidad (CaCO ₃) (mg/L)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
pH	7,32	7,38	8,29	8,26
Calcio Total (mg/L)	77,68	70,84	201,3	197,3
Cloruro (mg/L)	86,33	95,13	298,7	296,1
Oxígeno Disuelto (mg/L)	1,13	5,21	8,97	8,62
Sulfatos (mg/L)	97,63	106,1	451,1	444,5
Conductividad (µS/cm)	1044	963	2017	2006
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	138,7	69,7	7,5	5
Bicarbonatos (mg/L)	432	366,9	210,9	201,9
Magnesio Total (mg/L)	10,78	10,37	24,33	24,62
Aluminio Total (mg/L)	0,381	0,125	0,088	0,047
Hierro Total (mg/L)	0,351	0,123	<0,030	<0,030
Manganeso Total (mg/L)	0,043	0,073	0,041	0,023
Sodio Total (mg/L)	76,02	97,41	411,6	409,2
Zinc Total (mg/L)	0,061	0,025	<0,022	<0,022
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	85100	7000	150	300
DBO ₅ (mg/L)	188	106	<2	<2

Tabla 10: Muestreo de las estaciones en el mes de diciembre 2016

Parámetros	Estaciones			
	M01	M02	M03	M04
Caudal (L/s)	2,2	0,3	0,9	0,7
Temperatura	25,8	26,7	23,9	24,9
Alcalinidad (CaCO ₃) (mg/L)	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
pH	7,47	7,75	8,37	8,31
Calcio Total (mg/L)	69,67	67,56	160,5	162,89
Cloruro (mg/L)	101,8	106,5	233,4	233,8
Oxígeno Disuelto (mg/L)	0,35	5,89	9,36	9,67
Sulfatos (mg/L)	55,61	64,31	213,2	342,5
Conductividad (µS/cm)	1095	944	1615	1595
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	108,3	36,4	< 3,00	< 3,00
Bicarbonatos (mg/L)	426,9	209,4	142,8	140,1
Magnesio Total (mg/L)	11,8	11,24	19,84	19,5
Aluminio Total (mg/L)	0,6	0,01	0,01	0,01
Hierro Total (mg/L)	0,496	0,025	0,012	0,039
Manganeso Total (mg/L)	0,0634	0,0383	0,0087	0,0103
Sodio Total (mg/L)	83,5	101,18	151,11	148,79
Zinc Total (mg/L)	0,137	0,009	0,006	0,034
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	1700000	33	79	33
DBO ₅ (mg/L)	184	38,13	<2,00	<2,00

Los resultados de las estaciones M03 y M04 fueron comparados con los estándares de calidad de agua, Categoría 3; Subcategoría D1: Riego de cultivo de tallos altos y bajos del Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, en donde se observó el cumplimiento con la normativa a excepción de los parámetros DBO₅ y DQO para la estación M04 en el mes de agosto 2014.

Los resultados de la estación M02, han sido comparados con límites máximos permisibles del Decreto Supremo N°003-2010-MINAM, esto debido a que la muestra pertenece al efluente de la PTAR, así mismo los resultados cumplen con la normativa a excepción del parámetro coliformes termotolerantes en los meses de diciembre de 2014 y abril 2016, y el parámetro DBO₅ en el mes de agosto 2016.

Resultados similares obtuvo la PTAR de la localidad de Segunda Jerusalén - Rioja en donde los valores de los parámetros de coliformes termotolerantes, DQO, DBO₅ y pH no cumplieron con los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 003-2008-MINAM, posiblemente influida por la producción de DBO₅ residual debido a la descomposición de los residuos de plantas acuáticas y otra materia orgánica natural presente en las lagunas (Racchumí 2016).

En el caso de la PTAR del campus Cajica de la Universidad Militar de Nueva Granada en donde el pH del agua se torna básica al llegar a la PTAR, pero también se evidenció que después del proceso de tratamiento el agua baja considerablemente su pH y se torna neutra en el momento del vertimiento hacia el río Bogotá (Vargas 2011).

Otro caso es el de la PTAR municipal del distrito de Huáchac, en donde se realizó el análisis de agua residual y se comparó con la normativa ambiental vigente, los resultados de los monitoreos realizados indicaron que valor del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno superaron los valores de la normatividad vigente (Villanueva y Yance 2017).

4.1.2. Clasificación y determinación de la calidad de agua

Se utilizaron los resultados de los monitoreos de las estaciones M-03 y M-04 para calcular el índice de calidad de agua, mediante el cálculo de los subíndices del ICA-NSF, debido a que no se cuenta con todos los parámetros necesarios se tuvo que recalcularse la redistribución del factor de ponderación, y luego se utilizó la fórmula de ICA - NSF; estos datos y el resultado del índice de calidad de agua se presentan en las Tablas 11,12,13,14,15,16 para los

periodos agosto 2014, diciembre 2014, abril 2015, abril 2016, agosto 2016 y diciembre 2016. La variación de los índices de calidad de agua ha sido representada en el Gráfico 1.

Tabla 11: Índice de Calidad de Agua- NSF (Agosto-2014)

Parámetros	M03	Subíndice	Factor	Subtotal	M04	Subíndice	Factor	Subtotal
pH	8,42	80,42	0,2	16,08	8,52	76,36	0,2	15,27
Temperatura (°C)	23,8	56,19	0,19	10,68	22,4	65,45	0,19	12,44
DBO ₅ (mg/L)	2	67,12	0,2	13,43	19,56	2,03	0,2	0,41
Coliformes Fecales	11	98	0,25	24,5	700	51,44	0,25	12,86
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	10,18	100	0,16	16	19,34	100	0,16	16
ICA – NSF	-	-	-	80,69	-	-	-	56,97

Tabla 12: Índice de Calidad de Agua- NSF (Diciembre-2014)

Parámetros	M03	Subíndice	Factor	Subtotal	M04	Subíndice	Factor	Subtotal
pH	8,4	81,26	0,14	11,05	8,56	74,79	0,14	10,17
Oxígeno Disuelto	6,89	72,87	0,20	14,28	5,53	53,18	0,2	10,42
DBO ₅ (mg/L)	2	67,12	0,14	9,13	7,16	24	0,14	3,26
Coliformes Fecales	4,5	98	0,19	18,23	14	98	0,19	18,23
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	3	100	0,10	9,60	8,38	100	0,10	9,6
Fosfatos (mg/L)	0,69	10	0,13	1,26	0,38	10	0,13	1,26
Nitratos (mg/L)	10,10	10	0,13	1,26	5,62	10	0,13	1,26
ICA – NSF	-	-	-	64,81	-	-	-	54,21

Tabla 13: Índice de Calidad de Agua- NSF (Abril-2015)

Parámetros	M03	Subíndice	Factor	Subtotal	M04	Subíndice	Factor	Subtotal
pH	8,38	82,11	0,14	11,17	8,42	80,42	0,14	10,94
Oxígeno Disuelto	6,21	63,67	0,20	12,48	7,02	74,48	0,20	14,60
DBO ₅ (mg/L)	2,00	67,12	0,14	9,13	7,66	21,72	0,14	2,95
Coliformes Fecales Sólidos Suspendidos	130,00	90,52	0,19	16,84	33,00	98,00	0,19	18,23
Totales (mg/L)	152,10	55,15	0,10	5,29	78,23	81,56	0,10	7,83
Fosfatos (mg/L)	0,27	10,00	0,13	1,26	1,37	10,00	0,13	1,26
Nitratos (mg/L)	2,75	28,20	0,13	3,55	3,42	10,00	0,13	1,26
ICA – NSF	-	-	-	59,72	-	-	-	57,07

Tabla 14: Índice de Calidad de Agua- NSF (Abril-2016)

Parámetros	M03	Subíndice	Factor	Subtotal	M04	Subíndice	Factor	Subtotal
Temperatura (°C)	22	67,88	0,15	9,98	21,7	69,64	0,15	10,24
pH	8,4	81,26	0,16	12,76	8,4	81,26	0,16	12,76
Oxígeno Disuelto	6,43	66,79	0,22	14,49	8,26	87,47	0,22	18,98
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	12	100	0,12	11,70	8	100	0,12	11,7
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	240	81,17	0,21	16,80	700	51,43	0,21	10,65
DBO ₅ (mg/L)	3,0	54,99	0,2	8,63	4,9	37,66	0,2	5,91
ICA – NSF	-	-	-	74,37	-	-	-	70,24

Tabla 15: Índice de Calidad de Agua- NSF (Agosto-2016)

Parámetros	M03	Subíndice	Factor	Subtotal	M04	Subíndice	Factor	Subtotal
Temperatura (°C)	22,2	66,68	0,15	9,80	23,3	59,63	0,15	8,77
pH	8,29	86,03	0,16	13,51	8,26	87,38	0,16	13,72
Oxígeno Disuelto	8,97	92,97	0,22	20,17	8,62	90,44	0,22	19,62
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	7,5	100	0,12	11,70	5	100	0,12	11,70
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	150	88,75	0,21	18,37	300	76,48	0,21	15,83
DBO ₅ (mg/L)	2,0	67,12	0,2	10,54	2	67,12	0,2	10,54
ICA – NSF	-	-	-	84,09	-	-	-	80,18

Tabla 16: Índice de Calidad de Agua- NSF (Diciembre-2016)

Parámetros	M03	Subíndice	Factor	Subtotal	M04	Subíndice	Factor	Subtotal
Temperatura (°C)	23,9	55,48	0,15	8,16	24,9	48,06	0,15	7,06
pH	8,37	82,54	0,16	12,96	8,31	85,14	0,16	13,37
Oxígeno Disuelto	9,36	95,39	0,22	20,70	9,67	97,01	0,22	21,05
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	< 3,00	100	0,12	11,70	< 3,00	100	0,12	11,70
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	79	95,22	0,21	19,71	33	100,00	0,21	20,70
DBO ₅ (mg/L)	2	67,12	0,2	10,54	2	67,12	0,2	10,54
ICA – NSF	-	-	-	83,76	-	-	-	84,42

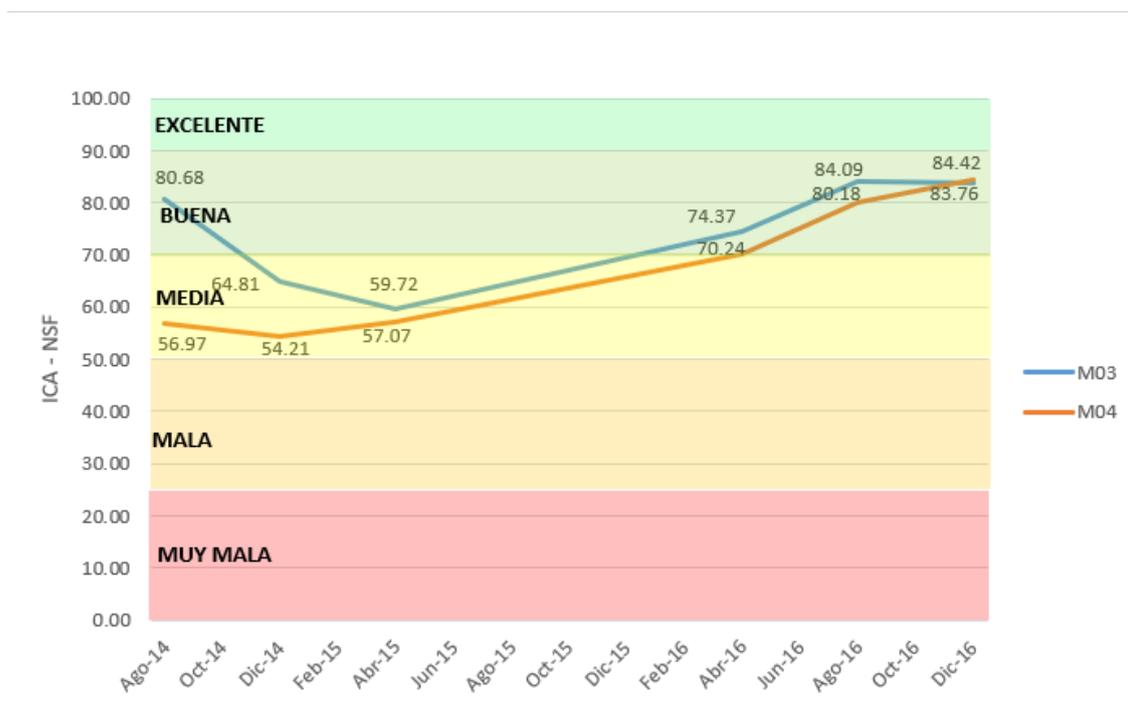


Gráfico 1: Variación de Índice de Calidad de Agua del Río Moquegua

Analizando el Índice de Calidad de Agua en el Gráfico 1, se indicó que la calidad de agua del Río Moquegua antes y después del efluente de la PTAR, durante los meses de agosto de 2014 hasta abril de 2015, se encontraban dentro de las categorías de ICA-NSF como media y buena para el uso agrícola. Mientras que para los meses de abril 2016 a diciembre 2016 la calidad de agua antes y después del efluente de la PTAR es considerada dentro de la categoría de ICA-NSF como buena para el uso agrícola.

Pudiendo deberse a temas operacionales, debido a que durante el periodo 2014 y 2015 el Gobierno Regional de Moquegua se encontraba encargado de la operatividad, posterior a

ello se realizó la transferencia de la PTAR Moquegua a la EPS Moquegua, con el fin de que ellos realicen la operatividad y mantenimiento de la misma.

Debido a que en los resultados del monitoreo de calidad de agua y a la variación del índice de calidad del agua durante el periodo de evaluación, es que consideramos que no hay contaminación por efecto del vertimiento de la PTAR Moquegua.

Un caso parecido es el del Lago de Izabal en donde, también se aplicó el índice de calidad de agua, mostrando así que el agua de dicho lago es considerada integralmente como buena (Aguirre et al. 2016).

Otro caso es el del río Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho, en el cual se estableció el Índice de Calidad de Agua de la National Sanitation Foundation de Estados Unidos siendo esta determinada como de buena calidad, a pesar de que muestren variación como sólidos totales, sulfatos y conductividad (Coello et al. 2013).

Un caso particular es del río Portoviejo, en donde el parámetro de coliformes fecales supera el límite de la tolerancia establecidos por la autoridad ambiental reguladora, y a pesar de que los otros parámetros cumplen con los valores máximos permisibles regulados por la Norma Ecuatoriana, la integración de ellos en el índice cualifica la calidad del agua del río Portoviejo como mala (Quiroz et al. 2017).

Cabe precisar que SENAEMI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) registró en la estación meteorológica Moquegua los parámetros de temperatura, precipitación, humedad, dirección del viento y velocidad del viento, los cuales son presentados en la Tabla 17 (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú 2019).

Tabla 17: Data meteorológica de los periodos de monitoreo

Fecha	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/mes)	Humedad	Dirección del viento (°)	Velocidad del viento (m/s)
Dic-14	18,94	0,00	59,82	190,74	3,63
Abr-15	18,91	0,00	67,17	194,43	2,86
Abr-16	19,05	0,00	65,01	184,23	2,89
Ago-16	18,25	0,00	42,39	152,23	3,07
Dic-16	19,04	0,00	61,38	198,43	3,73

Se observó en los resultados que no hubo presencia de precipitaciones pluviales, mientras que los resultados correspondientes a temperatura, humedad, dirección del viento y velocidad del viento son similares entre sí.

En la década pasada en la cuenca de Moquegua se han producido escasez de lluvias uno de cada cuatro años, y sequías severas asociados al fenómeno del niño una vez cada diez años, sin embargo, en la presente década están asociadas al cambio climático, y se hacen más frecuentes (Barrientos 2011).

Tomando en cuenta el promedio mensual de precipitación correspondiente a los meses en los que se realizaron los monitoreos fue de 0,00 mm/mes, por lo tanto indicamos que para este caso la precipitación no es un factor determinante en los resultados obtenidos en los monitoreos.

Un caso similar es el del río San Pedro, en donde evaluaron la variación espacial y temporal de las concentraciones de materia orgánica, nutrientes, organismos coliformes y metales pesados en las épocas de sequía y de lluvia, en ninguno de los parámetros evaluados se observó una tendencial espacial definida. A excepción de los metales pesados que presentaron concentraciones elevadas en el 95% en ambas campañas, sin mostrar variación temporal significativa (Guzmán et al. 2011).

A diferencia de otros casos como el de la cuenca del río Tarcoles y el Reventazón, en donde señalaron que a mayor precipitación pluvial se observan niveles menores de contaminación en relación a los parámetros de oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, concentración de sólidos suspendidos totales, nitrógeno amoniacal (Calvo y Mora 2007).

4.1.3. Análisis de componentes principales

Se realizó la prueba estadística el Análisis de Componentes Principales de cada uno de los puntos de monitoreo (M01, M02, M03, M04), los que fueron comparados tomando en cuenta los datos reportados en las Tablas 4,5,6,7,8 y 9, esto mediante el uso del programa SPSS.

M01: Agua de ingreso a la PTAR

Con respecto a los resultados obtenidos para la estación M01, en la Tabla 18 estadísticos descriptivos se observó que el parámetro coliformes termotolerantes presenta mayor desviación estándar.

Tabla 18: Estadísticos Descriptivos de M01

	Media	Desv. Desviación	N de análisis
pH	7,3633	0,09292	3
SST	138,6667	30,35001	3
CT	595966,6667	957006,02053	3
DBO ₅	157,3333	49,69239	3

Así mismo la Tabla 19 matriz de correlaciones indicó que el parámetro pH tiene una correlación fuerte con coliformes termotolerantes y una correlación moderada con la demanda bioquímica de oxígeno.

Tabla 19: Matriz de correlaciones de M01

		pH	SST	CT	DBO5
Correlación	pH	1,000	-0,915	0,998	0,557
	SST	-0,915	1,000	-0,887	-0,845
	CT	0,998	-0,887	1,000	0,502
	DBO ₅	0,557	-0,845	0,502	1,000

a. Determinante = 0,000

b. Esta matriz no es cierta positiva.

Los resultados presentaron en la Tabla 20 comunalidades donde todos los parámetros fueron mayores a 0,4 esto indicó que todos los parámetros son importantes para la formación componentes, pudiendo formar parte de equipos.

Tabla 20: Comunalidades de M01

	Inicial	Extracción
pH	1,000	0,915
SST	1,000	0,986
CT	1,000	0,876
DBO ₅	1,000	0,600

Método de extracción: análisis de componentes principales.

La Tabla 21 varianza total explicada, indicó que se logró formar 1 grupo o equipo, el que también se pueden observar en el Gráfico 2 sedimentación de los resultados de M01.

Tabla 21: Varianza total explicada de M01

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3,377	84,432	84,432	3,377	84,432	84,432
2	0,623	15,568	100,000			
3	3,747E-16	9,368E-15	100,000			
4	9,144E-17	2,286E-15	100,000			

Método de extracción: análisis de componentes principales.

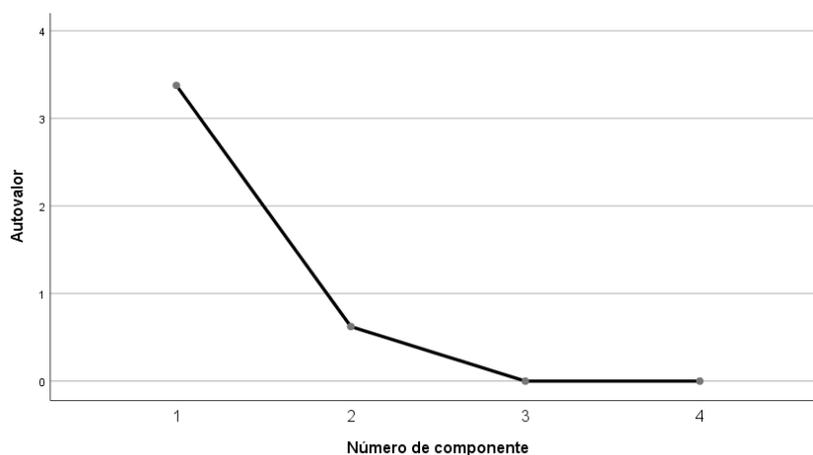


Gráfico 2: Sedimentación de los resultados de M01

M02: Agua de salida de la PTAR

Los resultados obtenidos de la estación M02 en la Tabla 22 estadísticos descriptivos muestran que el parámetro coliformes termotolerantes presenta mayor desviación estándar.

Tabla 22: Estadísticos Descriptivos de M02

	Media	Desv. Desviación	N de análisis
pH	678,0000	298,92340	6
SST	1607,8333	1994,61579	6
CT	81638,8333	133151,06191	6
DBO ₅	2387,1667	1797,36056	6

Así mismo la Tabla 23 matriz de correlaciones indicó que pH tiene una correlación fuerte con demanda bioquímica de oxígeno y una correlación moderada con sólidos suspendidos totales.

Tabla 23: Matriz de correlaciones de M02

		pH	SST	CT	DBO5
Correlación	pH	1,000	0,431	-0,126	0,704
	SST	0,431	1,000	-0,406	0,399
	CT	-0,126	-0,406	1,000	0,059
	DBO ₅	0,704	0,399	0,059	1,000

a. Determinante = 0,305

Los resultados presentaron Tabla 24 comunalidades donde todos los parámetros son mayores a 0,4 , esto indicó que todos los parámetros son importantes para la formación componentes, pudiendo formar parte de equipos.

Tabla 24: Comunalidades de M02

	Inicial	Extracción
pH	1,000	0,805
SST	1,000	0,723
CT	1,000	0,873
DBO ₅	1,000	0,864

Método de extracción: análisis de componentes principales.

La Tabla 25 varianza total explicada, indica que se logró formar 2 grupos o equipos, los que también se pueden observar en el Gráfico 3 sedimentación de los resultados de M02.

Tabla 25: Varianza total explicada de M02

Com pone nte	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% V	% acumulado	Total	% V	% acumulado	Total	% V	% acumulado
1	2,094	52,361	52,361	2,094	52,361	52,361	1,907	47,682	47,682
2	1,171	29,286	81,647	1,171	29,286	81,647	1,359	33,965	81,647
3	0,469	11,726	93,373						
4	0,265	6,627	100,000						

% V: Porcentaje de Varianza

Método de extracción: análisis de componentes principales.

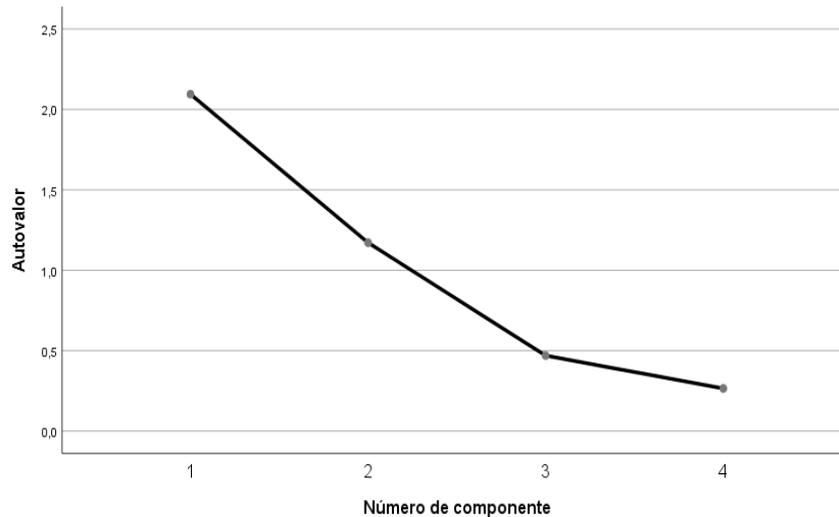


Gráfico 3: Sedimentación de los resultados de M02

M03: 100 m aguas arriba de la descarga

Los resultados obtenidos de la estación M03 en la Tabla 26 estadísticos descriptivos mostraron que los parámetros sólidos suspendidos totales, coliformes termotolerantes y pH presentan mayor desviación estándar.

Tabla 26: Estadísticos Descriptivos de M03

	Media	Desv. Desviación	N de análisis
pH	585,6667	388,61223	6
SST	438,6667	663,47288	6
CT	378,3333	481,19546	6
DBO ₅	2,1667	0,40825	6

Así mismo la Tabla 27 matriz de correlaciones indicó que el parámetro sólidos suspendidos totales tiene una correlación fuerte con coliformes termotolerantes, y una correlación moderada con pH.

Tabla 27: Matriz de correlaciones de M03

		pH	SST	CT	DBO ₅
Correlación	pH	1,000	0,509	0,022	-0,632
	SST	0,509	1,000	0,632	-0,315
	CT	0,022	0,632	1,000	-0,141
	DBO ₅	-0,632	-0,315	-0,141	1,000

a. Determinante = 0,200

Los resultados presentaron en la Tabla 28 comunalidades donde todos los parámetros fueron mayores a 0,4 , esto indicó que todos los parámetros son importantes para la formación componentes, pudiendo formar parte de equipos.

Tabla 28: Comunalidades de M03

	Inicial	Extracción
pH	1,000	0,858
SST	1,000	0,849
CT	1,000	0,898
DBO ₅	1,000	0,754

Método de extracción: análisis de componentes principales.

La Tabla 29 varianza total explicada, indicó que se logró formar 2 grupos o equipo, los que también se pueden observar en el Gráfico 4 sedimentación de los resultados de M03.

Tabla 29: Varianza total explicada de M03

Comp onente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% V	% acumulado	Total	% V	% acumulado	Total	% V	% acumulado
1	2,158	53,962	53,962	2,158	53,962	53,962	1,761	44,016	44,016
2	1,200	29,997	83,959	1,200	29,997	83,959	1,598	39,943	83,959
3	0,481	12,017	95,976						
4	0,161	4,024	100,000						

% V: Porcentaje de Varianza

Método de extracción: análisis de componentes principales.

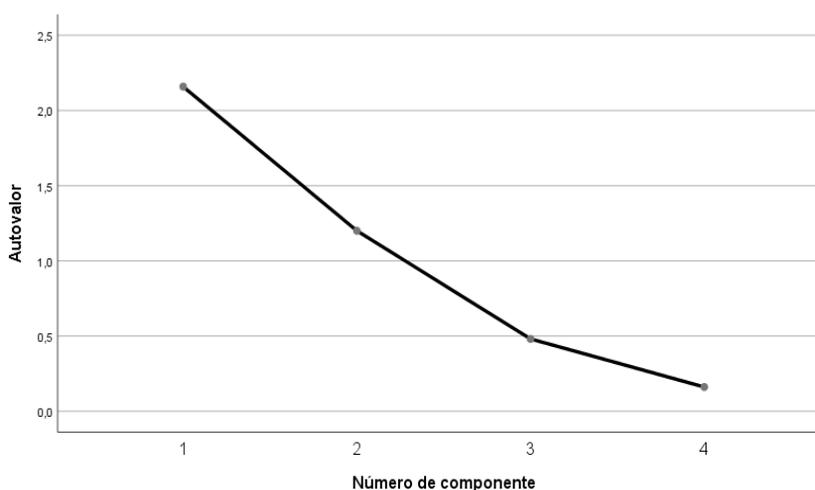


Gráfico 4: Sedimentación de los resultados de M03

M04: 100 m aguas abajo de la descarga

Los resultados obtenidos de la estación M04 en la Tabla 30 estadísticos descriptivos muestra que el parámetro coliformes termotolerantes presenta mayor desviación estándar.

Tabla 30: Estadísticos Descriptivos de M04

	Media	Desv. Desviación	N de análisis
pH	715,1667	309,42425	6
SST	1768,5000	3061,91030	6
CT	18677,1667	44739,60362	6
DBO ₅	581,8333	761,12769	6

Así mismo la Tabla 31 matriz de correlaciones indicó que el parámetro demanda bioquímica de oxígeno tiene una correlación moderada con pH y sólidos suspendidos totales.

Tabla 31: Matriz de correlaciones de M04

		pH	SST	CT	DBO ₅
Correlación	pH	1,000	0,289	0,220	0,370
	SST	0,289	1,000	-0,149	0,361
	CT	0,220	-0,149	1,000	0,089
	DBO ₅	0,370	0,361	0,089	1,000

a. Determinante = 0,652

Los resultados presentaron una Tabla 32 comunalidades donde todos los parámetros son mayores a 0,4 , eso significa que todos son importantes para la explicación del problema y reunirlos en componentes, pudiendo formar parte de equipos.

Tabla 32: Comunalidades de M04

	Inicial	Extracción
pH	1,000	,648
SST	1,000	,721
CT	1,000	,854
DBO ₅	1,000	,615

Método de extracción: análisis de componentes principales.

La Tabla 33 varianza total explicada, indica que se lograron formar 2 grupos o equipo, los que también se pueden observar en el Gráfico 5 sedimentación de los resultados de M04.

Tabla 33: Varianza total explicada de M04

Comp onente	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción			Sumas de cargas al cuadrado de la rotación		
	Total	% V	% acumulado	Total	% V	% acumulado	Total	% V	% acumulado
1	1,695	42,383	42,383	1,695	42,383	42,383	1,682	42,050	42,050
2	1,144	28,589	70,972	1,144	28,589	70,972	1,157	28,922	70,972
3	0,611	15,270	86,243						
4	0,550	13,757	100,000						

% V: Porcentaje de Varianza

Método de extracción: análisis de componentes principales.

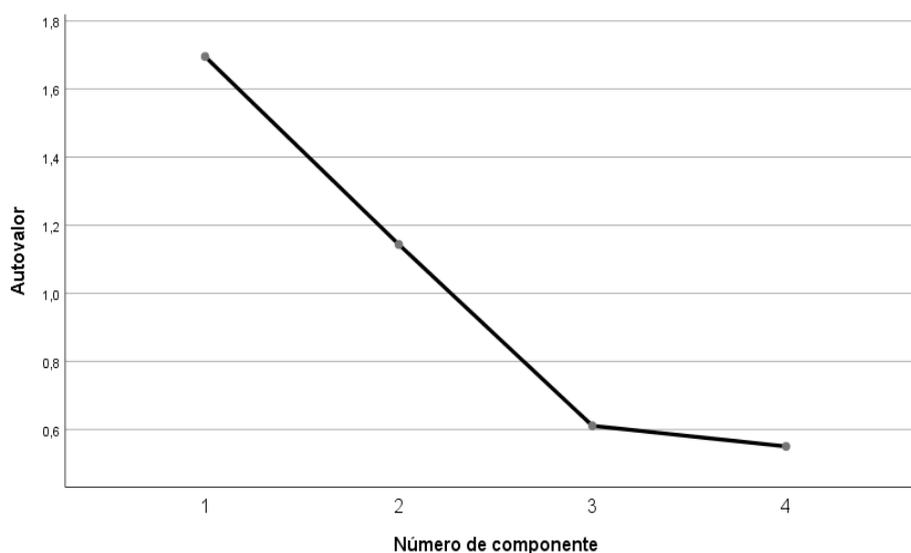


Gráfico 5: Sedimentación de los resultados de M04

Con respecto a los resultados obtenidos se mostró que:

- En los resultados de la estación M01 existe una correlación fuerte del parámetro pH con coliformes termotolerantes y una correlación moderada con demanda bioquímica de oxígeno, esto debido a que la muestra proviene del agua residual doméstica que no ha recibido tratamiento.
- En la estación M02 se indicó que el parámetro pH tiene una correlación fuerte con DBO₅, y una correlación moderada con sólidos suspendidos totales, esto se debe que la muestra colectada proviene del efluente de la PTAR Moquegua.
- En la estación M03 se indicó que el parámetro sólidos suspendidos totales tiene una correlación fuerte con el parámetro coliformes termotolerantes; y una correlación

moderada con el parámetro pH, esto puede deberse a factores externos a la PTAR Moquegua.

- En la estación M04 se indicó que el parámetro DBO₅ tiene correlación moderada con los parámetros pH y sólidos suspendidos totales, cabe recalcar que esta correlación es similar a la obtenida en la estación M02 (efluente), esto debido a que la estación M04 se encuentra 100 m aguas abajo del efluente.

Un caso similar es el del río San Pedro, en donde el ACP mostró una correlación significativa entre los coliformes, la materia orgánica y los nutrientes, todo ello acorde con descargas municipales realizadas en dicho río. Así mismo el nivel de contaminación de origen municipal no se modificó con la lluvia (Guzmán et al. 2011).

En el caso del río Tunjuelito, la prueba de ACP indicó la relación del parámetro caudal con el parámetro turbidez, esto debido a que presentan procesos de transporte de sedimentos (Díaz y Rivera 2004).

Otro caso es el de los ríos de montaña de Tucumán, en donde la prueba ACP indicó que la concentración de los iones mayoritarios (Cu⁺², Fe⁺³, Mn⁺², Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺) muestran una correlación mutua elevada y una correlación positiva con la conductividad del agua (Isasmendil et al. 2007).

4.2. RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO AJUSTADA

Se obtuvo los siguientes resultados de las estaciones M03 y M04, para los parámetros Na, Ca, Mg, HCO₃ en los meses de abril, agosto y diciembre de 2016.

Tabla 34: Resultados de parámetros para cálculos de RAS y RAS ajustado (mg/L)

Parámetros	Abril		Agosto		Diciembre	
	M03	M04	M03	M04	M03	M04
Na (mg/l)	176,08	194,96	411,6	409,2	151,11	148,79
Ca (mg/l)	201,79	204,35	201,3	197,3	160,5	162,89
Mg (mg/l)	24,13	26,69	24,33	24,62	19,84	19,5
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	191,44	218,25	210,9	201,9	142,8	140,1

Posterior a ello se calculó los miliequivalentes de cada parámetro.

Tabla 35: Resultados de parámetros para cálculos de RAS y RAS ajustado (meq/L)

Parámetros	Abril		Agosto		Diciembre	
	M03	M04	M03	M04	M03	M04
Na (meq/l)	7,656	8,477	17,896	17,792	6,570	6,469
Ca (meq/l)	10,090	10,217	10,065	9,865	8,025	8,145
Mg (meq/l)	0,009	0,009	0,003	0,002	0,001	0,001
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	3,14	3,58	3,46	3,31	2,34	2,30

Se calculó el RAS de las estaciones M03 y M04, los cuales se muestran en la Tabla 36.

Tabla 36: Resultados de cálculos de RAS

Parámetros	Abril		Agosto		Diciembre	
	M03	M04	M03	M04	M03	M04
RAS	3,4069	3,7487	7,9762	8,0103	3,2798	3,2057

Para calcular el RAS ajustado, calcularemos el riesgo de sodicidad CO₃H/Ca, después se calculará el Ca* interpolando el riesgo de sodicidad con la Conductividad Eléctrica (Barranco et al. 2008), y posterior a ello se aplicó la fórmula del RAS ajustado, los resultados se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37: Resultados de cálculos de RAS ajustado

Parámetros	Abril		Agosto		Diciembre	
	M03	M04	M03	M04	M03	M04
RAS ajustado	4,9063	5,6613	11,9026	11,7255	4,1875	4,0737

Se observó que los valores de RAS y RAS ajustado tanto de la estación M03 y M04 son los más altos, posterior a ello se elaboró el gráfico para la evaluación de la calidad del agua de riego en función de su salinidad y sodicidad.

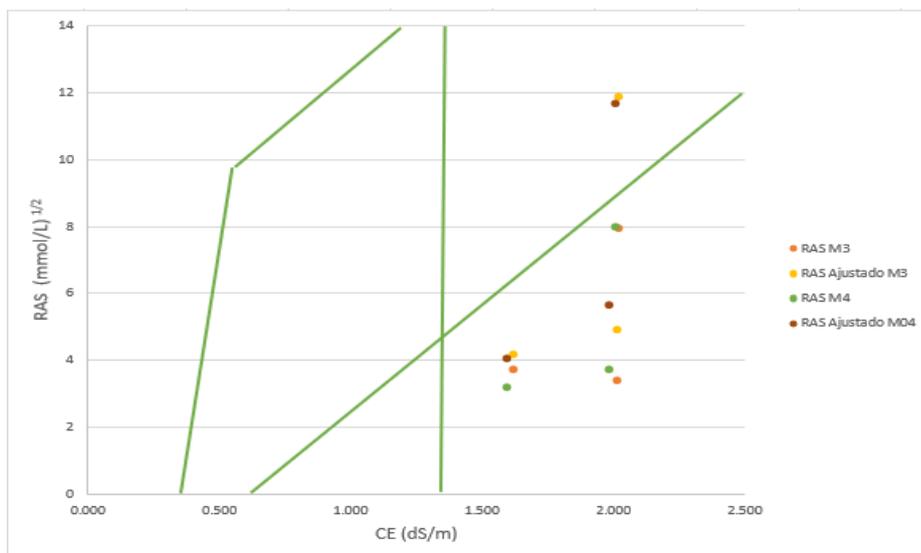


Gráfico 6: Evaluación de la calidad del agua de riego del río Moquegua en función de su salinidad y sodicidad

Se observó en el Gráfico 6, los resultados correspondientes a los meses de abril, agosto y diciembre 2016 de la estación M03 indicarían que la muestra era ligeramente salina, lo que produjo una infiltración reducida en el mes de agosto.

A los resultados obtenidos para la estación M03 en la Tabla N° 36 y N° 37 se les realizó la prueba estadística R de Pearson, de donde se obtuvo un coeficiente de 0,458 para RAS, mientras que para el RAS ajustado es de 0,584; en ambos casos se concluye que existe una correlación positiva del RAS y RAS ajustado con la conductividad eléctrica.

Se observa en el Gráfico 6, los resultados correspondientes a los meses de abril, agosto y diciembre 2016 de la estación M-04 indicarían que la muestra era ligeramente salina, lo que produjo una infiltración reducida en el mes de agosto.

A los resultados obtenidos para la estación M04 en la Tabla N° 36 y N° 37 se le realizó la prueba estadística R de Pearson, de donde se obtuvo un coeficiente de 0,619 para RAS, mientras que para el RAS ajustado es de 0,691; en ambos casos se concluye que existe una correlación positiva del RAS y RAS ajustado con la conductividad eléctrica.

Un caso similar es el del Río Tulancingo, donde se realizó la clasificación de las aguas con base en la conductividad eléctrica y el RAS, en cuyo caso debido a su baja conductividad eléctrica esas aguas pueden usarse para el riego de la mayor parte de cultivos y en la mayoría de los suelos con pocas probabilidades de alcanzar grados de sodio intercambiable (Can et al. 2008).

Otro caso similar es el de los arroyos de la provincia de Entre Ríos, en donde los arroyos del centro norte de Entre Ríos presentaron bajos valores de RAS (<10) y conductividad eléctrica menor a $750 \mu\text{Scm}^{-1}$, siendo estas aptas para el riego en el área arroceras por su conductividad eléctrica baja y moderada salinidad (Lallana et al. 2007).

Un caso diferente es el de la red hidrográfica del Valle del Mezquital, en donde se calculó la relación de adsorción de sodio (RAS) de cuatro diferentes formas, este parámetro nos muestra la peligrosidad de las aguas de riego con respecto al sodio, así mismo se observó que las tres formas de calcular el RAS resultaron con valores similares (Cuellar et al. 2015).

Se realizó la clasificación del USLS (U.S. Salinity Laboratory) para los resultados obtenidos en la estación M03, en los meses de abril y diciembre la clasificación del agua fue C3-S1 (C3: agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad, S1: Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego), en el caso del mes de agosto la clasificación fue C3-S2 (C3: agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad, S2: Agua con contenido medio en sodio, por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo), ambas consideradas como aguas utilizables para el riego con precauciones.

Se tomó en cuenta la clasificación USLS (U.S. Salinity Laboratory) para los resultados obtenidos en la estación M04, en los meses de abril y diciembre la clasificación del agua fue C3-S1 (C3: agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad, S1: Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego), en el caso del mes de agosto la clasificación fue de C3-S2 (C3: agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad, S2: Agua con contenido medio en sodio, por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo), ambas consideradas como aguas utilizables para el riego con precauciones.

Un caso similar es el del río Villahermosa donde según la clasificación USLS el 67% de las muestras son del tipo C2-S1, es decir, aguas con un riesgo de salinidad medio o bajo y un riesgo de sodicidad bajo. Este tipo de aguas son aptas para el riego de cultivos, bajo ciertas restricciones, tales como el uso de volúmenes en exceso y cultivos tolerantes (Pallarés 2014).

Otro caso es el de la región Ríoverde, donde se clasificaron las aguas de riego según la clasificación USLS, las aguas de mejor calidad (clases C1S1, C2S1 y C3S1) corresponden a los manantiales y pozos de la zona sur, el uso de estas aguas en suelos profundos con buen drenaje y bajo contenido de sales han permitido producir una gran diversidad de cultivos y obtener altos rendimientos. Las aguas de menor calidad (clases C4S1 y C5S1) ocurren en los manantiales y pozos ubicados en la zona norte, estas aguas aplicadas a suelos someros, con mal drenaje y alto contenido de sales, sólo permiten obtener bajos rendimientos en la mayoría de cultivos (Charcas et al. 2002).

En el caso del agua provenientes de los pozos de las localidades de Caño Limón y Caricare se determinó dos tipos calidad del aguas, siendo estas de clasificación C3-S1 (Aguas de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad) y de clasificación C4-S1 (Aguas de salinidad muy alta que en muchos casos no espata para el riego, sólo debe usarse en suelo muy permeables y con buen drenaje, utilizando cultivos muy tolerantes a la alta salinidad) (Jaimes 2010).

4.3. MAPA DE COBERTURA VEGETAL Y CULTIVOS AGRÍCOLAS

Como parte de la recopilación de información se partió de la información cartográfica de Cuencas, ríos, centros poblados, cobertura vegetal del Perú, pertenecientes a la base de GEO GPS, a partir de ellos se comenzó con la delimitación y procesamiento de la cuenca Ilo – Moquegua en el programa Arc Gis 10.3, obteniéndose el mapa que se presenta a continuación, tal como se pudo apreciar en la Figura 4.

En el mapa de cobertura vegetal y cultivos agrícolas se observaron cinco zonas como cultivos y/o áreas intervenidas, desierto en zona de clima árido, matorral arbustivo abierto, nevados, pradera en zona de clima frío, siendo predominante la zona de desierto de clima árido. Aspecto como el relieve, clima (temperatura y precipitación) y tipo de suelo han influido en la cobertura vegetal y cultivos agrícolas.

La zona donde se realizaron los monitoreos, presenta la cobertura de cultivos y/o áreas intervenidas, así mismo señalamos que en esta zona hay presencia de cultivos agrícolas como vid, palta, alfalfa, damasco, pacay, manzana, entre otros, en su mayoría estos cultivos son producidos mediante agricultura extensiva, estos cultivos son tolerantes a la salinidad, ya

que han manteniendo su producción y calidad a pesar de la salinidad presente en el agua de riego.

En el caso de elaboración de mapa de las lagunas Caparú perteneciente a la cuenca media del río Chama en el estado Mérida, se indicó la evidencia de la riqueza biológica y paisajística de las regiones semiáridas, a pesar de que estas lagunas sean salobres, contraviniendo la idea popular de que son zonas estériles y pobres (Rico et al.1996).

En el caso de río Mazar la interpretación de las imágenes satelitales indicó la presencia de cuatro formaciones vegetales y coberturas dominantes de uso de suelo. Las formaciones vegetales presentes son el bosque neblina montano, bosque siempre-verde montano alto, páramo arbustivo y el páramo herbáceo (Salgado et al. 2007).

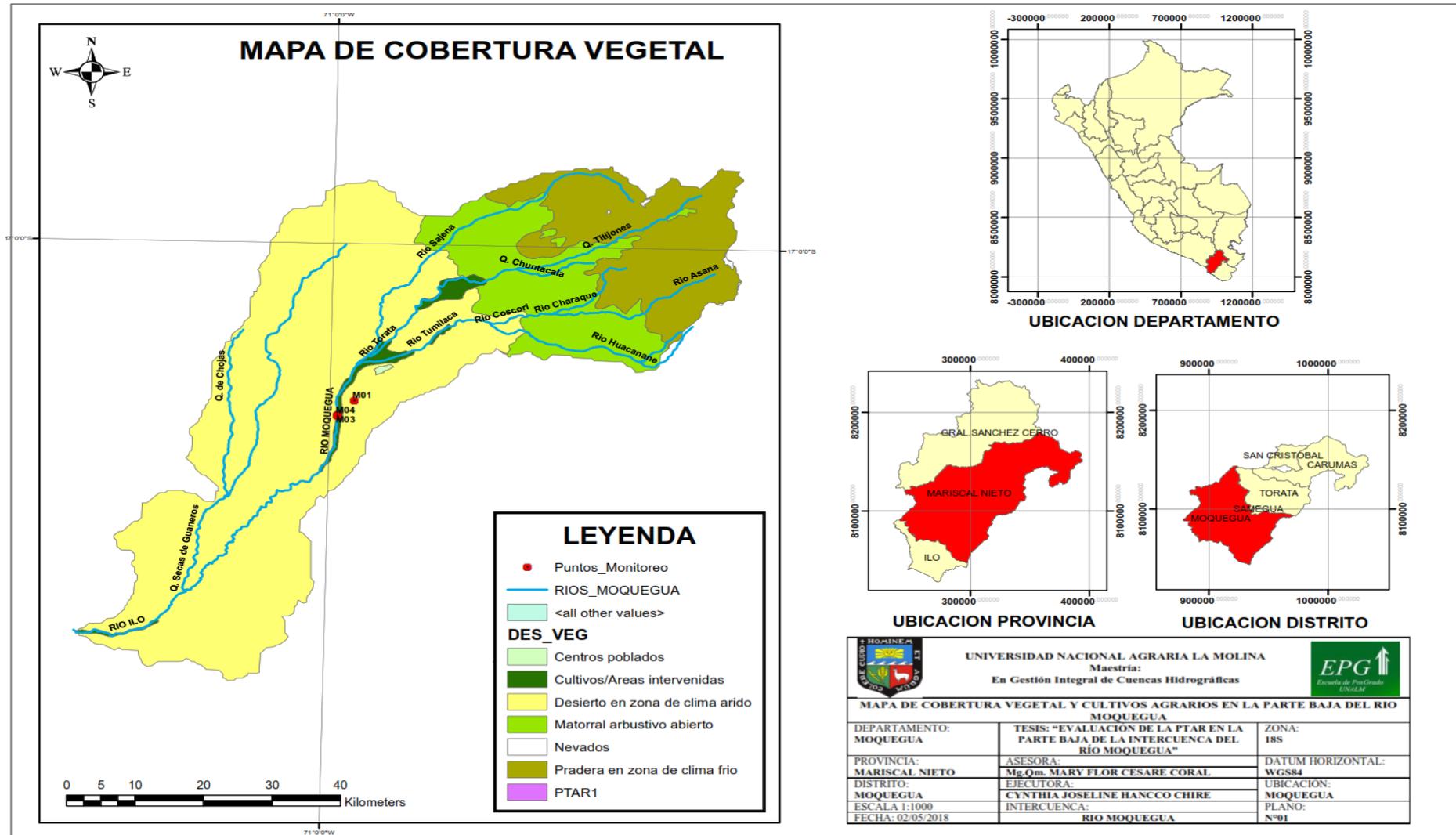


Figura 4: Mapa de Cobertura Vegetal y Cultivos Agrícolas

En el caso de la cuenca del río Magdalena, se realizó el análisis dimensional de la cobertura vegetal, en el cual indican que el relieve y el clima son los elementos que más influencia ejercen en la adaptación de los tipos de vegetación y su ubicación. En términos ecológicos, el factor más importante para el desarrollo de las plantas es el agua, y en particular la humedad; dicho factor está ligado a la exposición de las laderas en la que este se encuentre, así como la unidad geomorfológica (Galaena et al. 2009).

V. CONCLUSIONES

- Que el índice de calidad del agua del río Moquegua, para el periodo agosto 2014 – abril 2015 clasifica de calidad media y buena para el uso agrícola, mientras que para el periodo abril – diciembre 2016 se clasificó como buena para el uso agrícola.
- Que la calidad del agua del río Moquegua en función de su salinidad y sodicidad, a través del cálculo del RAS y RAS ajustado, indica que el río tiene agua salina, la cual produjo una infiltración en el mes de agosto de 2016, así mismo la clasificación USLS indica que el río Moquegua tiene una clasificación de agua de salinidad alta con una concentración de sodio que varía entre baja y media, a pesar de ello es considerada como apta para el uso agrícola.
- Que en el mapa de cobertura vegetal y cultivos agrícolas de la cuenca Ilo – Moquegua, elaborado se diferenció cinco zonas como cultivos y/o áreas intervenidas, desierto en zona de clima árido, matorral arbustivo abierto, nevados y pradera en zona de clima frío, en la intercuenca de estudio fue predominante los cultivos agrícolas tolerantes a la salinidad.
- Que el efecto del vertimiento de aguas residuales de la PTAR en la parte baja de la intercuenca del río Moquegua, es positivo, por no afectar la calidad de agua del Río Moquegua, el cual se encuentra considerada como buena para el uso agrícola.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios para determinar la concentración de sales en el suelo.
- Evitar aplicar abonos que eleven los contenidos iónicos y promover el lavado de suelo para que se logre arrastrar las sales.
- Incentivar métodos de riego localizado como el riego por aspersión o riego por goteo, para mejorar la producción en los cultivos y promover la programación del riego a través del manejo de la frecuencia y cantidad de agua utilizada.
- Controlar la calidad del agua con respecto a la salinidad periódicamente
- Utilizar la metodología del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos (ICARHS), aprobada por la R.J. N° 084-2020-ANA.
- Cumplir con el programa de monitoreo ambiental, y analizar los resultados de este, realizar el monitoreo en conjunto con representantes de la comunidad.
- Establecer canales de comunicación entre la EPS y los agricultores respecto al efluente proveniente de la PTAR y su vertimiento al río Moquegua.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelkader, B.; Abdelhak, M.; Abdeslam, K.; Ahmed, M.; Brahim, Z. 2012. Estimation of pollution load of domestic sewage to Oued Bechar (SW Algeria) and its impact on the Microbiological Quality of Ground water, *Procedia Engineering* **33**(1):261-267.
- Als Ls Perú. 2016. Análisis de Calidad de Agua y Agua Residual Doméstica.
- Álvarez, A.; Rubiños, J.; Gavi, F.; Alarcon, J.; Hernandez, E.; Ramirez, C.; Mejia, E.; Pedrero, F.; Nicolas, E.; Salazar, E. 2006. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnostico y Predicción. **75**: 71-83.
- Amine, M.; Kharroubi, B.; Maazouzi, A.; Bendida, A. 2013. Study of physico-chemical quality of wastewater discharged into the natural environment the case of Bechar River Algeria, *Energy Procedia* **36**(1):287-292.
- Autoridad Nacional del Agua. 2016. Manual de buenas prácticas para el uso Seguro y productivo de las aguas residuales domésticas. 21-24.
- Barranco, D.; Fernández, R.; Rallo, L.; 2008. *El Cultivo del Olivo*, Madrid, España: Ediciones Muni-Prensa.
- Barrientos J. 2011. Modelo de Gestión Integrada de Recursos Hídricos de las Cuencas de los Ríos Moquegua y Tambo (Tesis de Maestría), Piura.
- Behar, G.; Zuñiga de Cardozo M.; Rojas, O. 1997. Análisis y Valoración del Índice de Calidad Agua (ICA) de la NSF: Caso Ríos Cali y Meléndez **1**(1):16-27.
- Bhios Laboratorios. 2016. Informes de Ensayo N° 1791-2016, N° 1792-2016, N° 1793-2016, N° 1794-2016.
- Calvo, G.; Mora, J. 2007. Evaluación y clasificación preliminar de la calidad del agua de la cuenca Río Tárcoles y el Reventazón, *Rev. Tecnología en Marcha*. **20** (2):71-80.

- Can, A.; Ramirez, C.; Ortega, M.; Trejo, C.; Cruz, J. 2008. Evaluación de la relación de adsorción de sodio en las aguas del río Tulancingo, estado de Hidalgo, México, Rev. Terra Latinoamericana. **26** (3):243-252.
- Castillo, G. 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. México: Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- Charcas, H.; Olivares, E.; Aguirre, J. 2002. Agua de riego en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México, Ingeniería Hidráulica en México. **17**(4):37-56.
- Coello, J.; Ormaza, R.; Deley, A.; Recalde, C.; Ríos, A. 2013. Aplicación del ICA – NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoché, Pichahuiña, Pomacocho – Parque Nacional Sangay – Ecuador, Rev. Del Instituto de Investigación (RIGEO). **15**(30):66-71.
- Consultoría & Monitoreo Perú. 2014. Informe de Monitoreo Ambiental de Calidad de agua.
- Cuellar, E.; Ortega, M.; Ramírez, C.; Sánchez, E. 2015. Evaluación de la relación de adsorción de sodio de las aguas de la red hidrográfica del Valle del Mezquital, Hidalgo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas **6**(5):977-989.
- Díaz, C.; Rivera C. 2004. Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadores de condiciones ambientales. Caldasia. **26**(2):381-394.
- Espinal, T.; Sedeño J.; López E. 2013. Evaluación de la calidad del agua en la laguna de Yuriria Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009 – 2010. Rev. Int. Contam. Ambie. **29** (3):147-163.
- Fernández, I. 2005. Contaminación del río Chili, en Arequipa, durante los años 1972 a 1982 y 1999 a 2004. Ciencia y Desarrollo. **7**(1):61-75.
- Galaena, J.; Corona, N.; Ordoñez, J. 2009. Análisis dimensional de la cobertura vegetal – uso de suelo en la cuenca del río Magdalena. Rev. Ciencia Forestal en México **34**(105):137-158.

- Gonzales, M.; Chiroles, S. 2010. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura, *Revista Cubana de Salud Pública* **37**(1):61-73.
- Gonzáles, G. 2008. Evaluación de la calidad microbiológica de las aguas del río Cruces, desde Loncoche hasta San José de la Mariquina. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile.
- Graniel C.E. y Carrillo C.M. 2006. Calidad del agua del río Zanatenco en el Estado de Chiapas. *Ingeniería* **10**(1):35-42
- Guzmán, G.; Thalasso, F.; Ramirez, E.; Rodriguez, S.; Guerrero, A.; Avelar, F. 2011. Spatial-temporal evaluation of the wáter quality of San Pedro river in Aguascalientes, Mexico, *Rev. Int. Contam. Ambient.* **27** (2): 89-102.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2017. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas Sistema de Consulta Base de Datos. <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- Isasmendil , S.; Tracanna, B.; Vendramini, F.; Navarro, M.; Barrionuevo, M.; Meoni, G. 2007. Caracterización física y química de los ríos de montaña (Tafí del Valle Tucumán – Argentina), *Limnetica* **26**(1):129-142.
- Jaimes, E. 2010. Evaluación y clasificación del agua proveniente de los pozos de exploración de las locaciones de Caño Limón y Caricare de Occidental de Colombia (OXY) para su posible uso como agua de riego para cultivo (Trabajo de Especialización). Universidad Industrial de Santander.
- Jáuregui, C.; Ramirez, S.; Espinosa, M.; Tovar, R.; Quintero, B.; Rodriguez, I. 2007. Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución, *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* **3**(1):65-73.
- Lallana, V.; Elizalde, J.; Lallana, M.; Billardi, C.; Meuci, G.; Gonzáles, R.; Ferreira, T.; Boschetti, G. 2007. Evaluación de la calidad de agua de arroyos de la provincia de entre ríos. *Cuadernos del Curiham* **13**(1):9-17.

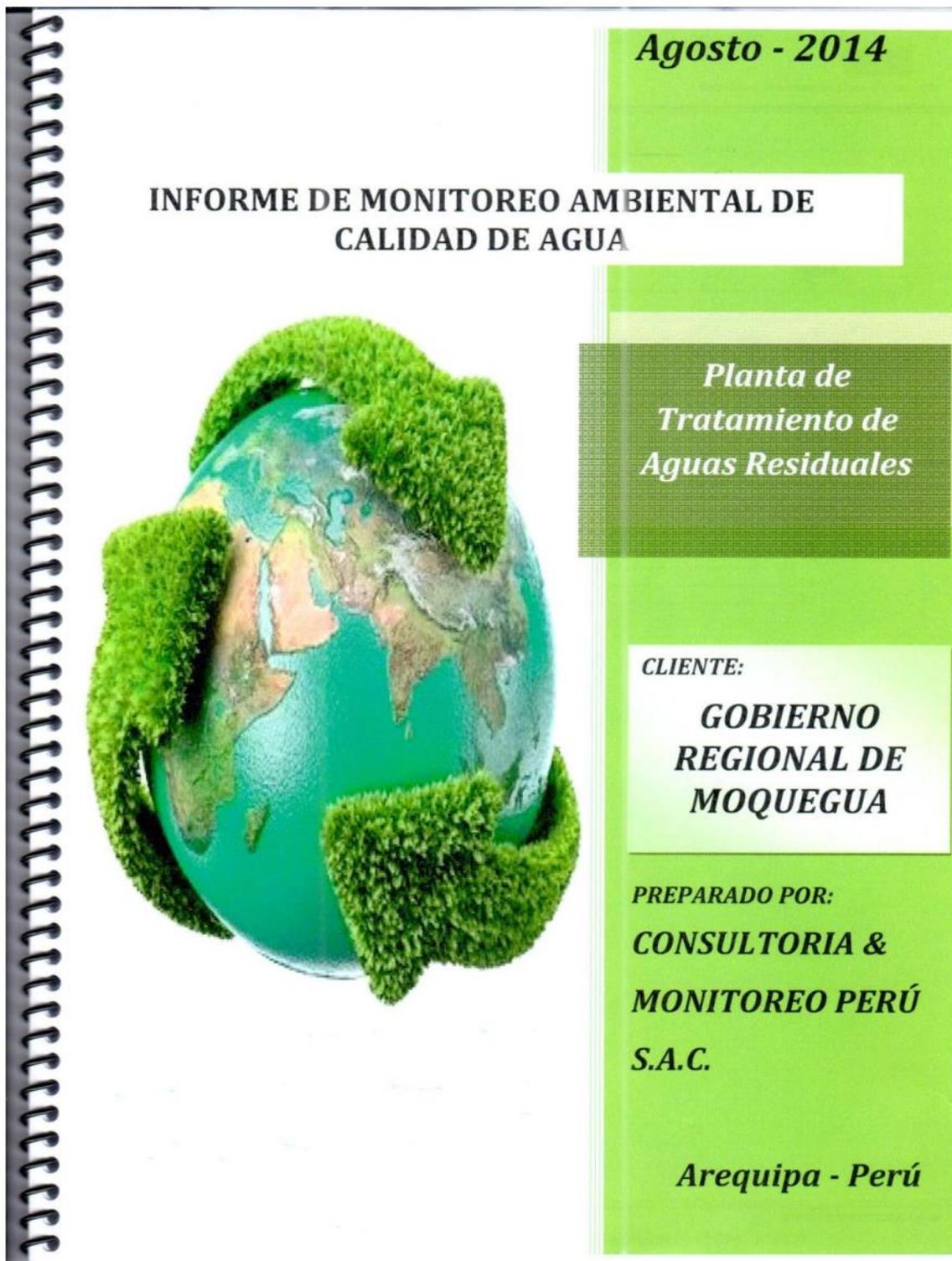
- López, E.; Mendoza, M.; Acosta, A. 2002. Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra El caso de la cuenca endorreica del Lago Cuitzeo, Michoacan, Gaceta Ecológica **64**(1):19-34.
- Mara, D. 1996. Waste stabilization ponds: effluent quality requirements and implications for process design. *Wat. Sci. Tech.* **33** (7):23-31.
- Mendoza, M.; Bocco, G.; Lopez, E.; Bravo, M. 2002. Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacan, Boletín del Insituto de Geografía UNAM **49** (1):92-117
- Milan, W.; Caicedo, O.; Aguirre, N. 2011. Quebrada La Popala: un análisis de calidad del agua, *Rev. Gestión y Ambiente.*, **14**(1):85-94.
- Ministerio del Ambiente. 2015. La situación del agua en el Perú. Lima, Perú: MINAM.
- Ministerio del Ambiente. 2015. Mapa Nacional de Cobertura Vegetal.
- Naturideas. 2013. Estudio de Impacto Ambiental Reubicación y ampliación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Moquegua.
- Pallarés, C. 2014. Estudio de evaluación de la calidad de las aguas del río Villahermosa. (Trabajo de fin de grado). Universidad Politécnica de Valencia.
- Parreiras, S. 2005. Curso sobre tratamiento de esgoto por disposicao no solo. *Fundacao Estudual do Meio Ambiente (FEAM)*, **1**(1):40.
- Pérez, J. 2017. Determinación del Índice de Calidad del agua del río Moquegua por influencia de vertimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Tesis de pregrado). Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua.
- Perú Opportunity Fund. 2011. Diagnóstico de la Agricultura en el Perú – Informe Final. Libélula Comunicación, ambiente y desarrollo, **1**(1):60-61.
- Pierce, D.; Turner, K. 1990. *Economics resources and the environment*. John Hopkins Press. Washington D.C.

- Pino, Q.; Sandor, M. 1983. Distribución de facies granulométricas en el estuario del Río Queule, IX Región: Un análisis de componentes principales, *Revista Geológica de Chile* **18**:77-85.
- Posada, J.; Roldan, G.; Ramirez, J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia, *Rev. Biol. Trop.*, **48**(1):59-70.
- Quiroz, L.; Izquierdo, E.; Menéndez, C. 2017. Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador, *Ingeniería Hidráulica y Ambiental.*, **38**(3):41-51
- Racchumí, K. 2016. Determinación del grado de eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en la localidad de Segunda Jerusalén – Rioja 2014 (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto.
- Rico, R.; Rodriguez, L.; Pérez, R.; Valero, A. 1996. Mapa y análisis de la vegetación xerófila de las lagunas de Caparú, cuenca media del río Chama, Estado Mérida, *Rev. Plántula*, **1**(1):83-94.
- Salgado, S.; Betancourt, F.; Cuesta, F. 2007. Caracterización de la cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca alta del río Mazar, Provincia Cañar – Ecuador, *Ecociencia*, **1**(1):2-45.
- Samboni, N.; Carvajal, Y.; Escobar, J. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua, *Revista Ingeniería e Investigación*, **27**(3):172-181.
- Sardiñas O.; Chiroles S.; Fernández M.; Hernández Y.; Pérez A. 2006. Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba), *Hig. Sanid. Ambient.*, **6**(1):202-206.
- Scott, C.; Faruqui, N.; Raschild L. 2004. Wastewater use in irrigated agricultura: confronting the livelihood and enviromental realities. IWMI, IDRC,CABI, Sri Lanka. 240 p.
- Servicios Analíticos Generales del Perú. 2015. Informe de Monitoreo de efluentes no domésticos.

- Servicios Analíticos Generales del Perú. 2016. Informe de Monitoreo de efluentes.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. 2015. Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ámbito de operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento. (1):128-129.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 2015. Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>.
- Toro, M.; Robles, S.; Aviles, J.; Nuño, C.; Vivas, S.; Bonada, N.; Prat, N.; Alba, J.; Casas, J.; Guerrero, C.; Jaimez, P.; Moreno, J.; Moya, G.; Ramon, G.; Suarez, M.; Vidal, M.; Alvarez, M.; Pardo, I. 2002. Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas, *Limnetica* **21**(3):63-75.
- Torres, P.; Cruz, C.; Patiño, P. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano una revisión crítica, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* **15**(8)77-94.
- Toscano, G. 2014. Diseño de lagunas de oxidación para el tratamiento de aguas residuales generadas en el campamento El Coca de la empresa Triboilgas (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Vargas, A. 2011. Análisis físico-químico del agua residual PTAR Campus Cajica (Informe de la opción de grado). Universidad Militar Nueva Granada.
- Villanueva, L.; Yance, J. 2017. Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac – Chupaca (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Zapotitla J. 2011. Precursores de protones relativistas solares por análisis digital de señales utilizando transformada wavelet y análisis de componentes principales (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

VIII. ANEXOS

Anexo N° 1 Informes de Ensayo



Punto M2

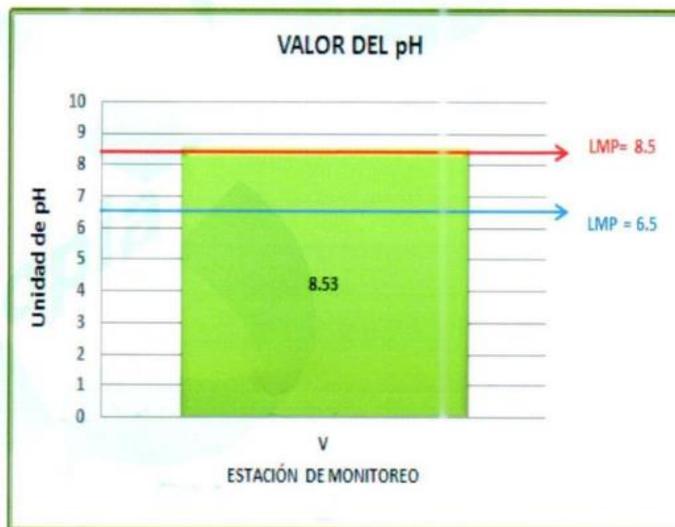
III. RESULTADOS

3.1. Calidad de Agua:

3.1.1. Efluente:

Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo	LMP ⁽¹⁾	Evaluación
		V		
<i>Parámetros de Campo muestreados por el cliente</i>				
pH	Unid. pH	8,53	6,5 – 8,5	No Cumple LMP ⁽¹⁾
Temperatura	° C	21,4	<35	Cumple LMP ⁽¹⁾
<i>Parámetros fisicoquímicos</i>				
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1,00	20	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	33,57	100	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	79,00	200	Cumple LMP ⁽¹⁾
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP /100mL	79 x 10 ²	10 000	Cumple LMP ⁽¹⁾
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	51,75	150	Cumple LMP ⁽¹⁾

(1) Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. "Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR" (LMP)

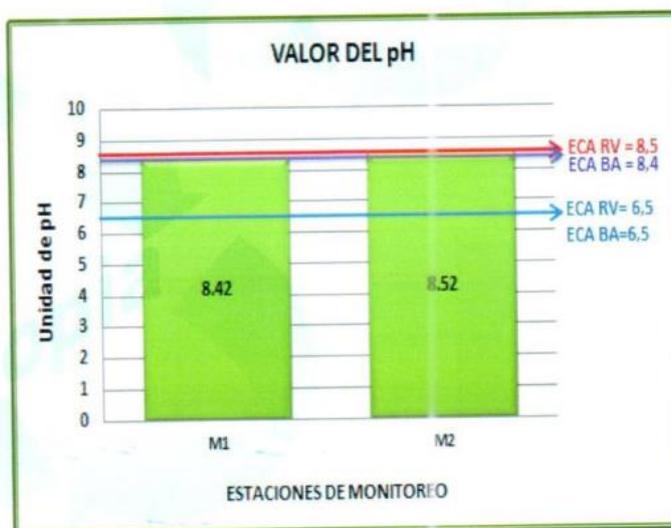


Punto M3 y M4

3.1.2. Agua Superficial:

Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo		ECA ^(RV)	ECA ^(BA)	Evaluación
		M1	M2			
<i>Parámetros de Campo muestreados por el cliente</i>						
pH	Unid. pH	8.42	8.52	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	No Cumple LMP ⁽¹⁾
Temperatura	° C	23.8	22.4	---	---	Cumple LMP ⁽¹⁾
<i>Parámetros fisicoquímicos</i>						
Aceites y grasas (HEM)	mg/L	<1.00	<1.00	1	1	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	<2.00	19.56	15	<=15	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	41.00	40	40	Cumple LMP ⁽¹⁾
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP / 100mL	11	70 x 10 ³	2000	1000	Cumple LMP ⁽¹⁾
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	10.18	19.34	---	---	Cumple LMP ⁽¹⁾

(1) Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua", Categoría 3.
 RV: Riego de Vegetales
 BA: Bebida de Animales



Diciembre - 2014

**INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL DE
CALIDAD DE AGUA**



*Planta de
Tratamiento de
Aguas Residuales*

CLIENTE:

**GOBIERNO
REGIONAL DE
MOQUEGUA**

PREPARADO POR:

**CONSULTORIA &
MONITOREO PERÚ
S.A.C.**

Arequipa - Perú

Punto M2

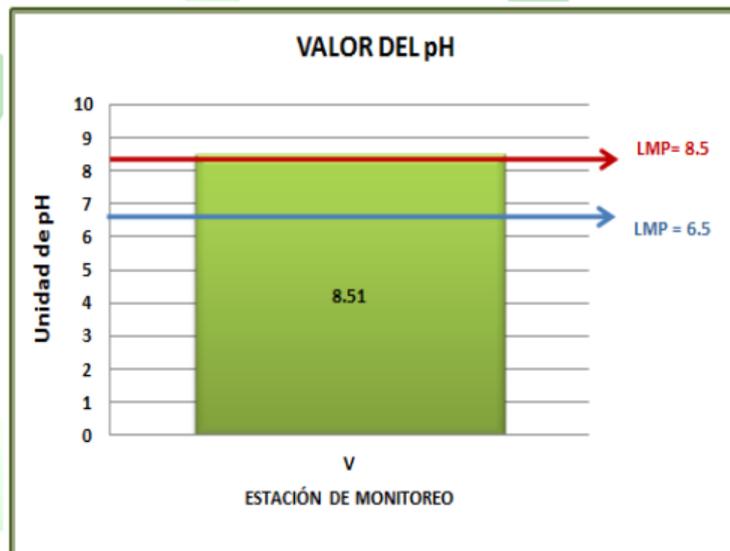
III. RESULTADOS

3.1. Calidad de Agua:

3.1.1. Efluente:

Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo	LMP ⁽¹⁾	Evaluación
		V		
<i>Parámetros de Campo muestreados por el cliente</i>				
pH	Unid. pH	8.51	6.5 – 8.5	No Cumple LMP ⁽¹⁾
Oxígeno Disuelto (OD)	O2 mg/L	---	---	---
<i>Parámetros fisicoquímicos</i>				
Accites y grasas (HEM)	mg/L	1.5	20	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	36.05	100	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	90.00	200	Cumple LMP ⁽¹⁾
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP / 100mL	23*10 ²	10 000	Cumple LMP ⁽¹⁾
Numeración de Coliformes Totales	NMP / 100mL	33*10 ⁴	---	---
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	53.10	150	Cumple LMP ⁽¹⁾

(1) Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. "Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR" (LMP)

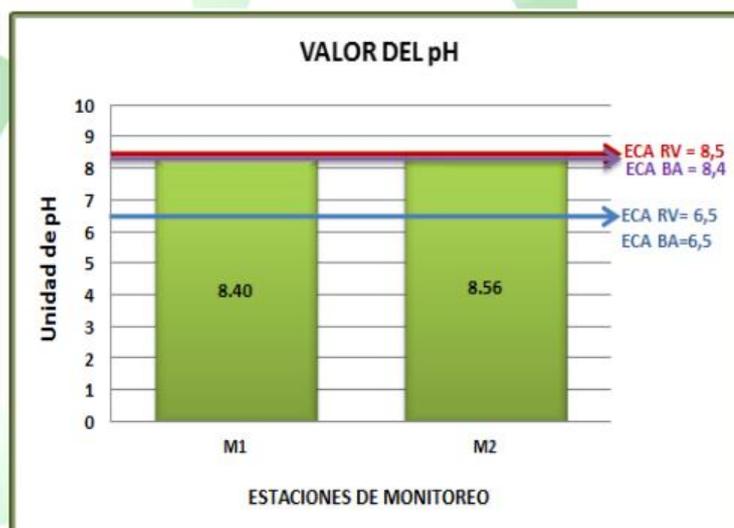


Punto M3 y M4

3.1.2. Agua Superficial:

Parámetros	Unidades	Estación de Muestreo		ECA ^(RV)	ECA ^(BA)	Evaluación
		M1	M2			
Parámetros de Campo muestreados por el cliente						
pH	Unid. pH	8.40	8.56	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	No Cumple LMP ⁽¹⁾
Oxígeno Disuelto (OD)	O ₂ mg/L	6.89	5.53	>=4	>5	mg/L
Parámetros fisicoquímicos						
Accites y grasas (HEM)	mg/L	<0.5	1.5	1	1	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	<2.00	7.16	15	<=15	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/L	<10.0	17.70	40	40	Cumple LMP ⁽¹⁾
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP / 100mL	4.5	14	2000	1000	Cumple LMP ⁽¹⁾
Numeración de Coliformes Totales	NMP / 100mL	49*10 ¹	110*10 ³	5000	5000	---
Fosfatos (PO ₄ ⁻³)	PO ₄ ⁻³ mg/L	0.699	0.380	1	---	mg/L
Nitratos	NO ₃ ⁻ - N mg/L	10.095	5.619	10	50	mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	<3.00	8.38	---	---	---

(1) Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua", Categoría 3.
RV: Riego de Vegetales
BA: Bebida de Animales



**INFORME DE MONITOREO DE
EFLUENTES NO DOMESTICOS**

Proyecto:

**“SERVICIO DE MONITOREO –
AGUAS RESIDUALES Y
SUPERFICIALES”**

**CLIENTE: GOBIERNO REGIONAL
DE MOQUEGUA**

**ELABORADO POR:
SERVICIOS ANALITICOS GENERALES
DEL PERÚ S.A.C. (SAG)**

ABRIL 2015



Punto M2



13

VI. RESULTADOS DEL MONITOREO

6.1 RESULTADOS

6.1.1 CALIDAD DE AGUA

6.1.1.1 Agua Residual

PARÁMETROS	AGUA RESIDUAL	LMP ⁽¹⁾	UND.	EVAL.
	V			
Accites y grasas (HEM)	5.1	20	mg/L	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	33.95	100	mg/L	Cumple LMP ⁽¹⁾
Demanda Química de oxígeno (DQO)	59.9	200	mg/L	Cumple LMP ⁽¹⁾
Sólidos suspendidos totales (TSS)	27.77	150	mg/L	Cumple LMP ⁽¹⁾
pH (medición en campo)	7.76	6.5 - 8.5	Unid. pH	Cumple LMP ⁽¹⁾
Numeración de Coliformes Fecales(2)	79 x 10 ¹	10 000	NMP/100mL	Cumple LMP ⁽¹⁾
Numeración de Coliformes Totales	49 x 10 ²	///	NMP/100mL	///

(1) Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. "Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR" (LMP)

Punto M3 y M4



17

6.1.1.1 Agua Superficial

PARÁMETROS	AGUA SUPERFICIAL		D.S. N° 003-2008		UNIDAD
	M1	M2	ECA ^(RV)	ECA ^(BA)	
Parámetros analizados en laboratorio					
Aceites y grasas (HEM)	<0.5	<0.5	1	1	mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	<2.00	7.66	15	<=15	mg/L
Demanda Química de oxígeno (DQO)	<10.0	18.2	40	40	mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	152.10	78.23	///	///	mg/L
Fosfatos (PO4-3)	0.265	1.369	///	///	mg/L
Nitratos	2.749	3.420	10	50	mg/L
Oxígeno Disuelto OD (medición en campo)	6.21	7.02	>=4	> 5	mg/L
pH (medición en campo)	8.38	8.42	6,5 - 8,5	6,5 - 8,4	Unidades de pH
Numeración de Coliformes Fecales(2)	130	33	1000	1000	NMP/100mL
Numeración de Coliformes Totales	130 x 10 ¹	33 x 10 ¹	5000	5000	NMP/100mL

(1) Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM. "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua", Categoría 3.
 RV: Riego de Vegetales
 BA: Bebida de Animales

INFORME DE ENSAYOS N° 1791-2016
PÁGINA 01 DE 04

SOLICITANTE : HANCCO CHIRE CYNTHIA JOSELINE
RUC : 10726832655
DIRECCIÓN : Cal. Miguel Grau Nro. 207 Urb. Cerro Salaverry –
 Socabaya - Arequipa - Arequipa

PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : M01
PROCEDENCIA : Planta de Tratamiento de Agua Residual de
 Moquegua (*Declarado por el Cliente*)

CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 3400 mililitros aproximadamente
 (MB: 1500 mililitros aproximadamente, FQ: 1900
 mililitros aproximadamente)

**PRESENTACION, ESTADO Y
 CONDICIÓN** : En frascos de vidrio, vidrio con tapa esmerilada y
 polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a
 una temperatura de 18.1 °C

FECHA DE PRODUCCIÓN : No Especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No Especificada
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : Responsabilidad del Cliente
REGISTRO DE MUESTREO N° : No Aplicable
FECHA Y HORA DEL MUESTREO : 23/04/2016 07:00 hrs. (*Declarado por el Cliente*)
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA
 MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases
 proporcionados*)
PERIODO DE CUSTODIA : No Aplicable
FECHA DE RECEPCIÓN : 23 de Abril del 2016

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS N° 1791-2016
PÁGINA 02 DE 04

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	UNIDADES
	M01	
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	28 x 10 ⁸	NMP/100mL

ABREVIATURAS:

- NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

OBSERVACIONES:

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Coliformes Termotolerantes o Fecales: Hasta 08 horas de spués de la toma de muestra a una T <8°C. Muestra con más de 08 horas de tiempo de vida útil y T> 8°C

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure.Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23-30 / 04 /2016

RESULTADOS DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	UNIDADES
	M01	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	100	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : miligramos por litro de muestra

OBSERVACIONES

- Ninguna

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23-28 / 04 / 2016

INFORME DE ENSAYOS N° 1791-2016
PÁGINA 03 DE 04

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	UNIDADES
	M01	
Alcalinidad (CaCO ₃)	206.52	mg/L
pH	7.3	Unidades de pH
Calcio Total	63.28	mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	69.08	mg/L
Oxígeno Disuelto	< 0.3	mg/L
Sulfatos (SO ₄ -2)	125.26	mg/L
Conductividad (25°C)	922	µS/cm
Sólidos Suspendidos Totales	169	mg/L
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	251.94	mg/L
Magnesio Total	10.22	mg/L
Aluminio Total	3.93	mg/L
Hierro Total	< 0.3	mg/L
Manganeso Total	0.21	mg/L
Sodio Total	76.95	mg/L
Zinc Total	0.10	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : Miligramos por litro de muestra
- µS/cm : Microsiemens por centímetro.

OBSERVACIONES

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Conductividad: Hasta 28 días a una T de 2-6 °C. Muestra recepcionada a T>6 °C

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Alcalinidad (CaCO₃) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Method 2320 B. Alkalinity Titration Method Pag. 2-27 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999
- Calcio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 22nd Ed. 2012.
- Cloruro (Cl⁻) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993
- Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. Pag. 4-138. 22nd Ed. 2012.
- Sulfatos (SO₄-2) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

INFORME DE ENSAYOS N° 1791-2016
PÁGINA 04 DE 04

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Conductividad (25°C) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000 Method 2510-B Conductivity. Laboratory Method. Pag. 1-4. 22nd Ed. 2012
- Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- Bicarbonatos (HCO₃) : AOAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11:11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 19th Revisión Ed. 2012.
- Magnesio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.
- Aluminio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3111-D. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method. Pag.3-20. 21st Ed. 2005.
- Hierro Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 21st Ed. 2005.
- Manganeso Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 21st Ed. 2005.
- Sodio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3500-Na B. Flame Emission Photometric Method. Pag.3-99 21st Ed. 2005.
- Zinc Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 21st Ed. 2005.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23 / 04 / 2016 al 03 / 05 / 2016

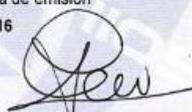
NOTAS IMPORTANTES

- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos es válido por 30 días a partir de la fecha de emisión

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 04 / 05 / 2016

PRT-10-F-01-IEP Versión: 04 A: (GG)




Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

INFORME DE ENSAYOS N° 1792-2016
PÁGINA 01 DE 04

SOLICITANTE : HANCCO CHIRE CYNTHIA JOSELINE
RUC : 10726832655
DIRECCIÓN : Cal. Miguel Grau Nro. 207 Urb. Cerro Salaverry –
 Socabaya - Arequipa - Arequipa

PRODUCTO DECLARADO : AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA - VERTIMIENTO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : M02
PROCEDENCIA : Planta de Tratamiento de Agua Residual de
 Moquegua *(Declarado por el Cliente)*

CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 3400 mililitros aproximadamente
 (MB: 1500 mililitros aproximadamente, FQ: 1900
 mililitros aproximadamente)

**PRESENTACION, ESTADO Y
 CONDICIÓN** : En frascos de vidrio, vidrio con tapa esmerilada y
 polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a
 una temperatura de 18.1 °C

FECHA DE PRODUCCIÓN : No Especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No Especificada
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : Responsabilidad del Cliente
REGISTRO DE MUESTREO N° : No Aplicable
FECHA Y HORA DEL MUESTREO : 23/04/2016 07:30 hrs. *(Declarado por el Cliente)*
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA
 MUESTRA** : Muestra recibida en el Laboratorio *(Envases
 proporcionados)*
PERIODO DE CUSTODIA : No Aplicable
FECHA DE RECEPCIÓN : 23 de Abril del 2016

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS N° 1792-2016
PÁGINA 02 DE 04

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA - VERTIMIENTO	UNIDADES
	M02	
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	14 x 10 ⁴	NMP/100mL

ABREVIATURAS:

- NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

OBSERVACIONES:

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Coliformes Termotolerantes o Fecales: Hasta 08 horas de spués de la toma de muestra a una T <8°C. Muestra con más de 08 horas de tiempo de vida útil y T> 8°C

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure.Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23-30 / 04 / 2016

RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA - VERTIMIENTO	UNIDADES
	M02	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	47	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : miligramos por litro de muestra

OBSERVACIONES

- Ninguna

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23-28 / 04 / 2016

INFORME DE ENSAYOS N° 1792-2016
PÁGINA 03 DE 04

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA - VERTIMIENTO	UNIDADES
	M02	
Alcalinidad (CaCO ₃)	156.31	mg/L
pH	7.5	Unidades de pH
Calcio Total	64.15	mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	80.95	mg/L
Oxígeno Disuelto	5.35	mg/L
Sulfatos (SO ₄ -2)	93.16	mg/L
Conductividad (25°C)	811	µS/cm
Sólidos Suspendidos Totales	103	mg/L
Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	190.68	mg/L
Magnesio Total	10.75	mg/L
Aluminio Total	< 0.2	mg/L
Hierro Total	< 0.3	mg/L
Manganeso Total	0.095	mg/L
Sodio Total	87.17	mg/L
Zinc Total	< 0.03	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : Miligramos por litro de muestra
- µS/cm : Microsiemens por centímetro.

OBSERVACIONES

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Conductividad: hasta 28 días a una T de 2-6 °C. Muestra recepcionada a T>6 °C

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Alcalinidad (CaCO₃) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Method 2320 B. Alkalinity Titration Method Pag. 2-27 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999
- Calcio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.
- Cloruro (Cl⁻) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993
- Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. Pag.4-138. 22nd Ed. 2012.
- Sulfatos (SO₄-2) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhioslabs@terra.com.pe bhios@bhioslabs.com

INFORME DE ENSAYOS N° 1792-2016
PÁGINA 04 DE 04

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Conductividad (25°C) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000 Method 2510-B Conductivity. Laboratory Method. Pag. 1-4. 22nd Ed. 2012
- Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- Bicarbonatos (HCO₃) : AOAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11:11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 19th Revisión Ed. 2012.
- Magnesio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.
- Aluminio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-D. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method. Pag.3-20. 21st Ed. 2005.
- Hierro Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 21st Ed. 2005.
- Manganeso Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 21st Ed. 2005.
- Sodio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3500-Na B. Flame Emission Photometric Method. Pag.3-99 21st Ed. 2005.
- Zinc Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 21st Ed. 2005.

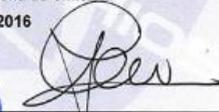
FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23 / 04 / 2016 al 03 / 05 / 2016

NOTAS IMPORTANTES

- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos es válido por 30 días a partir de la fecha de emisión

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 04 / 05 / 2016

PRT-10-F-01-4EP Versión: 04 A: (GG)

Blgo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

INFORME DE ENSAYOS N° 1793-2016
PÁGINA 01 DE 04

SOLICITANTE : HANCCO CHIRE CYNTHIA JOSELINE
RUC : 10726832655
DIRECCIÓN : Cal. Miguel Grau Nro. 207 Urb. Cerro Salaverry – Socabaya - Arequipa - Arequipa

PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL DE RÍO- 100 METROS ARRIBA
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido ligeramente turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : M03
PROCEDENCIA : Río Moquegua *(Declarado por el Cliente)*

CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 3400 mililitros aproximadamente (MB: 1500 mililitros aproximadamente, FQ: 1900 mililitros aproximadamente)

PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN : En frascos de vidrio, vidrio con tapa esmerilada y polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 18.1 °C

FECHA DE PRODUCCIÓN : No Especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No Especificada
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : Responsabilidad del Cliente
REGISTRO DE MUESTREO N° : No Aplicable
FECHA Y HORA DEL MUESTREO : 23/04/2016 08:00 hrs. *(Declarado por el Cliente)*
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Muestra recibida en el Laboratorio *(Envases proporcionados)*
PERIODO DE CUSTODIA : No Aplicable
FECHA DE RECEPCIÓN : 23 de Abril del 2016

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS N° 1793-2016
PÁGINA 02 DE 04

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RÍO – 100 METROS ARRIBA M03	UNIDADES
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	24 x 10	NMP/100mL

ABREVIATURAS:

- NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

OBSERVACIONES:

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Coliformes Termotolerantes o Fecales: Hasta 08 horas de spués de la toma de muestra a una T <8°C. Muestra con más de 08 horas de tiempo de vida útil y T> 8°C

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure.Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23-30 / 04 / 2016

RESULTADOS DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO

DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RÍO – 100 METROS ARRIBA M03	UNIDADES
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	3.0	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : miligramos por litro de muestra

OBSERVACIONES

- Ninguna

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23-28 / 04 / 2016

INFORME DE ENSAYOS N° 1793-2016
PÁGINA 03 DE 04

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RÍO – 100 METROS ARRIBA	UNIDADES
	M03	
Alcalinidad (CaCO ₃)	179.52	mg/L
pH	8.4	Unidades de pH
Calcio Total	201.79	mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	279.85	mg/L
Oxígeno Disuelto	6.43	mg/L
Sulfatos (SO ₄ -2)	391.56	mg/L
Conductividad (25°C)	2.01	mS/cm
Sólidos Suspendedos Totales	12	mg/L
Bicarbonatos (HCO ₃)	191.44	mg/L
Magnesio Total	24.13	mg/L
Aluminio Total	< 0.2	mg/L
Hierro Total	< 0.3	mg/L
Manganeso Total	0.12	mg/L
Sodio Total	176.08	mg/L
Zinc Total	< 0.03	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : Miligramos por litro de muestra
- mS/cm : Milisiemens por centímetro.

OBSERVACIONES

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Conductividad: Hasta 28 días a una T de 2-6 °C. Muestra recepcionada a T>6 °C

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Alcalinidad (CaCO₃) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Method 2320 B. Alkalinity Titration Method Pag. 2-27 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric). 1999
- Calcio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.
- Cloruro (Cl⁻) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993
- Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 4000. Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. Pag.4-138. 22nd Ed. 2012.
- Sulfatos (SO₄-2) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhioslabs@terra.com.pe bhios@bhioslabs.com

INFORME DE ENSAYOS Nº 1793-2016
PÁGINA 04 DE 04

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Conductividad (25°C) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000 Method 2510-B Conductivity. Laboratory Method. Pag. 1-4. 22nd Ed. 2012
- Sólidos Suspendidos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 2000. Method 2540-D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C. Pag. 4. 22nd Ed. 2012.
- Bicarbonatos (HCO₃) : AOAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11:11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water. Titrimetric Method. 19th Revisión Ed. 2012.
- Magnesio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.
- Aluminio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-D. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method. Pag.3-20. 21st Ed. 2005.
- Hierro Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 21st Ed. 2005.
- Manganeso Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag. 3-17. 21st Ed. 2005.
- Sodio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3500-Na B. Flame Emission Photometric Method. Pag.3-99 21st Ed. 2005.
- Zinc Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 21st Ed. 2005.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23 / 04 / 2016 al 03 / 05 / 2016

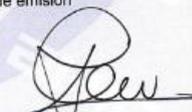
NOTAS IMPORTANTES

- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos es válido por 30 días a partir de la fecha de emisión

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 04 / 05 / 2016

PRT-10-F-01-EP Versión: 04 A: (GG)




Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhioslabs@terra.com.pe bhios@bhioslabs.com

INFORME DE ENSAYOS N° 1794-2016
PÁGINA 01 DE 04

SOLICITANTE : HANCCO CHIRE CYNTHIA JOSELINE
RUC : 10726832655
DIRECCIÓN : Cal. Miguel Grau Nro. 207 Urb. Cerro Salaverry –
Socabaya - Arequipa - Arequipa

PRODUCTO DECLARADO : AGUA SUPERFICIAL DE RÍO – 100 METROS
ABAJO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO : Líquido ligeramente turbio
CODIFICACIÓN / MARCA : M04
PROCEDENCIA : Río Moquegua (*Declarado por el Cliente*)

CANTIDAD DE MUESTRA RECIBIDA : 01 muestra de 3400 mililitros aproximadamente
(MB: 1500 mililitros aproximadamente, FQ: 1900 mililitros aproximadamente)

PRESENTACION, ESTADO Y CONDICIÓN : En frascos de vidrio, vidrio con tapa esmerilada y polietileno cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 18.1 °C

FECHA DE PRODUCCIÓN : No Especificada
FECHA DE VENCIMIENTO : No Especificada
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : Responsabilidad del Cliente
REGISTRO DE MUESTREO N° : No Aplicable
FECHA Y HORA DEL MUESTREO : 23/04/2016 08:30 hrs. (*Declarado por el Cliente*)
CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : Muestra recibida en el Laboratorio (*Envases proporcionados*)
PERIODO DE CUSTODIA : No Aplicable
FECHA DE RECEPCIÓN : 23 de Abril del 2016

CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Esta terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda anula el presente Informe de Ensayos.

INFORME DE ENSAYOS N° 1794-2016
PÁGINA 02 DE 04

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RÍO – 100 METROS ABAJO	UNIDADES
	M04	
Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales	70 x 10	NMP/100mL

ABREVIATURAS:

- NMP/100mL : Número más probable por 100 mililitros de muestra

OBSERVACIONES:

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Coliformes Termotolerantes o Fecales: Hasta 08 horas de después de la toma de muestra a una T <8°C. Muestra con más de 08 horas de tiempo de vida útil y T > 8°C

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Numeración de Coliformes Termotolerantes o Fecales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 9000. 9221-E Multiple Tube fermentation Technique for members of the coliform group: Fecal Coliform Procedure. Pag 9 a 10. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23-30 / 04 / 2016

RESULTADOS DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RÍO – 100 METROS ABAJO	UNIDADES
	M04	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	4.9	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : miligramos por litro de muestra

OBSERVACIONES

- Ninguna

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF Part 5000. 5210-B Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 day BOD Test. Pag.5-2 a 5-7. 22nd Ed. 2012.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23-28 / 04 / 2016

INFORME DE ENSAYOS N° 1794-2016
PÁGINA 03 DE 04

RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL DE RÍO – 100 METROS ABAJO	UNIDADES
	M04	
Alcalinidad (CaCO ₃)	201.49	mg/L
pH	8.4	Unidades de pH
Calcio Total	204.35	mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	278.68	mg/L
Oxígeno Disuelto	8.28	mg/L
Sulfatos (SO ₄ -2)	389.32	mg/L
Conductividad (25°C)	1987	µS/cm
Sólidos Suspendedos Totales	8	mg/L
Bicarbonatos (HCO ₃)	218.25	mg/L
Magnesio Total	26.69	mg/L
Aluminio Total	< 0.2	mg/L
Hierro Total	< 0.3	mg/L
Manganeso Total	0.11	mg/L
Sodio Total	194.96	mg/L
Zinc Total	< 0.03	mg/L

ABREVIATURAS:

- mg/L : Miligramos por litro de muestra
- µS/cm : Microsiemens por centímetro.

OBSERVACIONES

- El cliente autoriza el ingreso de la muestra con el conocimiento y aceptación sobre sus limitaciones para los ensayos de acuerdo a las recomendaciones del Laboratorio.
- Conductividad: hasta 28 días a una T de 2-6 °C. Muestra recepcionada a T>6 °C

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Alcalinidad (CaCO₃) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Method 2320 B. Alkalinity Titration Method Pag. 2-27 22nd Ed. 2012.
- pH : Environmental Protection Agency. Method 150.1. pH (Electrometric), 1999
- Calcio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. Pag.3-17. 22nd Ed. 2012.
- Cloruro (Cl⁻) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993
- Oxígeno Disuelto : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 4000, Method 4500-O C. Oxygen (Dissolved) Azide Modification. Pag.4-138. 22nd Ed. 2012.
- Sulfatos (SO₄-2) : Environmental Protection Agency. Method 300.0 Determination of inorganic anions by Ion Chromatography Revision 2.1 August 1993

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhioslabs@terra.com.pe bhios@bhioslabs.com

INFORME DE ENSAYOS N° 1794-2016
PÁGINA 04 DE 04

MÉTODOS UTILIZADOS:

- Conductividad (25°C) : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000 Method 2510-B Conductivity, Laboratory Method, Pag. 1-4, 22nd Ed. 2012
- Sólidos Suspendedos Totales : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 2000, Method 2540-D, Solids, Total Suspended Solids Dried at 103-105°C, Pag. 4, 22nd Ed. 2012.
- Bicarbonatos (HCO₃) : AOAC Official Method 920.194 Chapter 11 Subchapter 11:11.1.17 Carbonate and Bicarbonate in Water, Titrimetric Method, 19th Revisión Ed. 2012.
- Magnesio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, Pag.3-17, 22nd Ed. 2012.
- Aluminio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-D, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Nitrous Oxide-Acetylene Flame Method, Pag.3-20, 21st Ed. 2005.
- Hierro Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, Pag. 3-17, 21st Ed. 2005.
- Manganeso Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, Pag. 3-17, 21st Ed. 2005.
- Sodio Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3500-Na B, Flame Emission Photometric Method, Pag.3-99 21st Ed. 2005.
- Zinc Total : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, Pag.3-17, 21st Ed. 2005.

FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: 23 / 04 / 2016 al 03 / 05 / 2016

NOTAS IMPORTANTES

- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características puedan variar durante el almacenamiento
- El presente Informe de Ensayos es válido por 30 días a partir de la fecha de emisión

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: 04 / 05 / 2016

PRT-10-F-01-IEP Versión: 04 A: (GG)



Miguel Valdivia
Bigo. Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Av. Quiñones B-6 - Urb. Magisterial II Etapa - Umacollo - Arequipa - Perú
Tel / Fax: ++51 (0)54 273320 / 274515 RPC 983768883 RPM #954068110
e-mail: bhioslabs@terra.com.pe bhios@bhioslabs.com

INFORME DE ENSAYO: 30874/2016

HANCCO CHIRE CYNTHIA JOSELINE

CAL.MIGUEL GRAU NRO. 207 URB. CERRO SALAVERRY AREQUIPA - AREQUIPA - SOCABAYA

Análisis de Calidad de Agua y Agua Residual Doméstica

Emitido por: Doris Quicara Choquepiunta

Impreso el 12/09/2016



Lic. Quím. Doris Quicara Choquepiunta

CCP: 790

Supervisor de Laboratorio - Sede Arequipa

Renovación de Acreditación a Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C. – CORPLAB.
División - Medio Ambiente

Pág. 1 de 6

INFORME DE ENSAYO: 30874/2016

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 1

				314059/2016-1.0	314060/2016-1.0
N° ALS - CORPLAB				26/08/2016	26/08/2016
Fecha de Muestreo				10:28:00	10:52:00
Hora de Muestreo				Aguas Superficiales	Aguas Superficiales
Tipo de Muestra				M1	M2
Identificación					
Parámetro	Ref. Mét.	Unidad	LD		
003 ANÁLISIS FISICOQUIMICOS YBIOLÓGICOS					
Alcalinidad Hidróxido	12528	mg CaCO3/L	1,0	< 1,0	< 1,0
Bicarbonato	12461	mg HCO3-/L	1,2	210,9	201,9
Sólidos suspendidos totales	12351	mg/L	3,0	7,5	5
Numeración de Coliformes Termotolerantes	12347	NMP/100mL	1,8	150	300
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1828	mg/L	2	< 2	< 2
005 ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA - ANIONES					
Bromuro, Br-	16189	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Cloruros, Cl-	16189	mg/L	0,020	298,7	296,1
Fluoruros, F-	16189	mg/L	0,002	0,262	0,250
Fosfatos (como P)	16189	mg/L	0,020	< 0,020	< 0,020
Nitratos, (como N)	16189	mg/L	0,003	8,084	7,951
Nitritos, (como N)	16189	mg/L	0,001	0,024	0,027
Sulfatos, SO4-2	16189	mg/L	0,015	451,1	444,5
007 ANALISIS DE METALES TOTALES					
Aluminio (Al)	9001	mg/L	0,009	0,088	0,047
Antimonio (Sb)	9001	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Arsénico (As)	9001	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010
Bario (Ba)	9001	mg/L	0,003	0,095	0,094
Berilio (Be)	9001	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Bismuto (Bi)*	9001	mg/L	0,031	< 0,031	< 0,031
Boro (B)	9001	mg/L	0,010	1,520	1,561
Cadmio (Cd)	9001	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Calcio (Ca)	9001	mg/L	0,10	201,3	197,3
Cobalto (Co)	9001	mg/L	0,007	< 0,007	< 0,007
Cobre (Cu)	9001	mg/L	0,003	0,004	0,003
Cromo (Cr)	9001	mg/L	0,009	< 0,009	< 0,009
Estaño (Sn)	9001	mg/L	0,044	< 0,044	< 0,044
Estroncio (Sr)	9001	mg/L	0,003	1,283	1,290
Fosforo (P)	9001	mg/L	0,15	< 0,15	< 0,15
Hierro (Fe)	9001	mg/L	0,030	< 0,030	< 0,030
Litio (Li)	9001	mg/L	0,040	0,071	0,074
Magnesio (Mg)	9001	mg/L	0,040	24,33	24,62
Manganeso (Mn)	9001	mg/L	0,015	0,041	0,023
Molibdeno (Mo)	9001	mg/L	0,018	< 0,018	< 0,018
Níquel (Ni)	9001	mg/L	0,002	0,009	0,012
Plata (Ag)	9001	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010
Plomo (Pb)	9001	mg/L	0,008	< 0,008	< 0,008
Potasio (K)	9001	mg/L	0,70	12,12	12,22
Selenio (Se)	9001	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010
Silicio (Si)*	9001	mg/L	0,038	21,23	21,46
Sodio (Na)	9001	mg/L	0,10	411,6	409,2
Talio (Tl)	9001	mg/L	0,040	< 0,040	< 0,040
Titanio (Ti)	9001	mg/L	0,030	< 0,030	< 0,030
Vanadio (V)	9001	mg/L	0,010	0,014	0,013
Zinc (Zn)	9001	mg/L	0,022	< 0,022	< 0,022

INFORME DE ENSAYO: 30874/2016

RESULTADOS ANALITICOS

Muestras del ítem: 2

N° ALS - CORPLAB				314062/2016-1.0	314065/2016-1.0
Fecha de Muestreo				26/08/2016	26/08/2016
Hora de Muestreo				08:47:00	09:30:00
Tipo de Muestra				Agua Residual Doméstica M3	Agua Residual Doméstica M4
Identificación	Ref. Mét.	Unidad	LD		
Parámetro					
003 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
Alcalinidad Hidróxido	12528	mg CaCO ₃ /L	1,0	< 1,0	< 1,0
Bicarbonato	12461	mg HCO ₃ ⁻ /L	1,2	432,0	366,9
Sólidos suspendidos totales	12351	mg/L	3,0	138,7	69,7
Numeración de Coliformes Termotolerantes	12347	NMP/100mL	1,8	8,51 x 10 ⁴	7 x 10 ³
Demanda Bioquímica de Oxígeno	1828	mg/L	2	188	106
005 ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA - ANIONES					
Bromuro, Br-	16189	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Cloruros, Cl-	16189	mg/L	0,020	86,33	95,13
Fluoruros, F-	16189	mg/L	0,002	0,190	0,184
Fosfatos (como P)	16189	mg/L	0,020	2,963	4,731
Nitratos, (como N)	16189	mg/L	0,003	< 0,003	0,215
Nitritos, (como N)	16189	mg/L	0,001	< 0,001	0,549
Sulfatos, SO ₄ -2	16189	mg/L	0,015	97,63	106,1
007 ANÁLISIS DE METALES TOTALES					
Aluminio (Al)	9001	mg/L	0,009	0,381	0,125
Antimonio (Sb)	9001	mg/L	0,006	< 0,006	< 0,006
Arsénico (As)	9001	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010
Bario (Ba)	9001	mg/L	0,003	0,081	0,063
Berilio (Be)	9001	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001
Bismuto (Bi)*	9001	mg/L	0,031	< 0,031	< 0,031
Boro (B)	9001	mg/L	0,010	0,674	0,721
Cadmio (Cd)	9001	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,003
Calcio (Ca)	9001	mg/L	0,10	77,68	70,84
Cobalto (Co)	9001	mg/L	0,007	< 0,007	< 0,007
Cobre (Cu)	9001	mg/L	0,003	0,011	0,007
Cromo (Cr)	9001	mg/L	0,009	< 0,009	< 0,009
Estaño (Sn)	9001	mg/L	0,044	< 0,044	< 0,044
Estroncio (Sr)	9001	mg/L	0,003	0,478	0,453
Fosforo (P)	9001	mg/L	0,15	5,42	7,12
Hierro (Fe)	9001	mg/L	0,030	0,351	0,123
Litio (Li)	9001	mg/L	0,040	0,050	0,067
Magnesio (Mg)	9001	mg/L	0,040	10,78	10,37
Manganeso (Mn)	9001	mg/L	0,015	0,043	0,073
Molibdeno (Mo)	9001	mg/L	0,018	< 0,018	< 0,018
Níquel (Ni)	9001	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002
Plata (Ag)	9001	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010
Plomo (Pb)	9001	mg/L	0,008	< 0,008	< 0,008
Potasio (K)	9001	mg/L	0,70	19,94	22,54
Selenio (Se)	9001	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010
Silicio (Si)*	9001	mg/L	0,038	21,06	22,53
Sodio (Na)	9001	mg/L	0,10	76,02	97,41
Talio (Tl)	9001	mg/L	0,040	< 0,040	< 0,040
Titanio (Ti)	9001	mg/L	0,030	< 0,030	< 0,030
Vanadio (V)	9001	mg/L	0,010	< 0,010	< 0,010
Zinc (Zn)	9001	mg/L	0,022	0,061	0,025

INFORME DE ENSAYO: 30874/2016

CONTROLES DE CALIDAD

Control Blancos

Parámetro	LD	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis
Alcalinidad Hidróxido	1,0	mg CaCO ₃ /L	< 1,0	06/09/2016
Aluminio (Al)	0,009	mg/L	< 0,009	29/08/2016
Antimonio (Sb)	0,006	mg/L	< 0,006	29/08/2016
Arsénico (As)	0,010	mg/L	< 0,010	29/08/2016
Bario (Ba)	0,0030	mg/L	< 0,0030	29/08/2016
Berilio (Be)	0,00100	mg/L	< 0,00100	29/08/2016
Bismuto (Bi)*	0,031	mg/L	< 0,031	29/08/2016
Boro (B)	0,010	mg/L	< 0,010	29/08/2016
Bromuro, Br-	0,001	mg/L	< 0,001	28/08/2016
Bromuro, Br-	0,001	mg/L	< 0,001	29/08/2016
Cadmio (Cd)	0,0030	mg/L	< 0,0030	29/08/2016
Calcio (Ca)	0,10	mg/L	< 0,10	29/08/2016
Cloruros, Cl-	0,020	mg/L	< 0,020	28/08/2016
Cloruros, Cl-	0,020	mg/L	< 0,020	29/08/2016
Cobalto (Co)	0,0070	mg/L	< 0,0070	29/08/2016
Cobre (Cu)	0,003	mg/L	< 0,003	29/08/2016
Cromo (Cr)	0,0090	mg/L	< 0,0090	29/08/2016
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	mg/L	< 2	27/08/2016
Estaño (Sn)	0,0440	mg/L	< 0,0440	29/08/2016
Estroncio (Sr)	0,0030	mg/L	< 0,0030	29/08/2016
Fluoruros, F-	0,002	mg/L	< 0,002	28/08/2016
Fluoruros, F-	0,002	mg/L	< 0,002	29/08/2016
Fosfatos (como P)	0,020	mg/L	< 0,020	28/08/2016
Fosfatos (como P)	0,020	mg/L	< 0,020	29/08/2016
Fosforo (P)	0,150	mg/L	< 0,150	29/08/2016
Hierro (Fe)	0,030	mg/L	< 0,030	29/08/2016
Litio (Li)	0,040	mg/L	< 0,040	29/08/2016
Magnesio (Mg)	0,040	mg/L	< 0,040	29/08/2016
Manganeso (Mn)	0,015	mg/L	< 0,015	29/08/2016
Molibdeno (Mo)	0,0150	mg/L	< 0,0150	29/08/2016
Níquel (Ni)	0,002	mg/L	< 0,002	29/08/2016
Nitratos, (como N)	0,003	mg/L	< 0,003	28/08/2016
Nitratos, (como N)	0,003	mg/L	< 0,003	29/08/2016
Nitritos, (como N)	0,001	mg/L	< 0,001	28/08/2016
Nitritos, (como N)	0,001	mg/L	< 0,001	29/08/2016
Plata (Ag)	0,010	mg/L	< 0,010	29/08/2016
Plomo (Pb)	0,008	mg/L	< 0,008	29/08/2016
Potasio (K)	0,70	mg/L	< 0,70	29/08/2016
Selenio (Se)	0,010	mg/L	< 0,010	29/08/2016
Silicio (Si)*	0,038	mg/L	< 0,038	29/08/2016
Sodio (Na)	0,10	mg/L	< 0,10	29/08/2016
Sulfatos, SO ₄ -2	0,015	mg/L	< 0,015	28/08/2016
Sulfatos, SO ₄ -2	0,015	mg/L	< 0,015	29/08/2016
Talio (Tl)	0,040	mg/L	< 0,040	29/08/2016
Titanio (Ti)	0,0300	mg/L	< 0,0300	29/08/2016
Vanadio (V)	0,010	mg/L	< 0,010	29/08/2016
Zinc (Zn)	0,0220	mg/L	< 0,0220	29/08/2016

Control Estándar

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Alcalinidad Hidróxido	98,4	85-115	06/09/2016
Alcalinidad Hidróxido	91,3	85-115	06/09/2016
Aluminio (Al)	101,5	85-115	07/09/2016
Antimonio (Sb)	102,4	85-115	07/09/2016
Arsénico (As)	99,5	85-115	07/09/2016
Bario (Ba)	102,6	85-115	07/09/2016

INFORME DE ENSAYO: 30874/2016

Parámetro	% Recuperación	Límites de Recuperación (%)	Fecha de Análisis
Berilio (Be)	100,6	85-115	07/09/2016
Bicarbonato	98,4	85-115	06/09/2016
Bicarbonato	91,3	85-115	06/09/2016
Bismuto (Bi)*	103,3	85-115	07/09/2016
Boro (B)	100,7	85-115	07/09/2016
Bromuro, Br-	108,5	90-110	28/08/2016
Bromuro, Br-	107,2	90-110	29/08/2016
Cadmio (Cd)	103,0	85-115	07/09/2016
Calcio (Ca)	103,1	85-115	07/09/2016
Cloruros, Cl-	101,9	90-110	28/08/2016
Cloruros, Cl-	101,7	90-110	29/08/2016
Cobalto (Co)	102,8	85-115	07/09/2016
Cobre (Cu)	101,3	85-115	07/09/2016
Cromo (Cr)	102,1	85-115	07/09/2016
Demanda Bioquímica de Oxígeno	102,9	85-115	27/08/2016
Demanda Bioquímica de Oxígeno	96,7	85-115	27/08/2016
Estaño (Sn)	102,4	85-115	07/09/2016
Estroncio (Sr)	102,2	85-115	07/09/2016
Fluoruros, F-	95,2	90-110	28/08/2016
Fluoruros, F-	94,1	90-110	29/08/2016
Fosfatos (como P)	91,9	90-110	28/08/2016
Fosfatos (como P)	91,4	90-110	29/08/2016
Fosforo (P)	99,9	85-115	07/09/2016
Hierro (Fe)	103,1	85-115	07/09/2016
Litio (Li)	104,7	85-115	07/09/2016
Magnesio (Mg)	102,9	85-115	07/09/2016
Manganeso (Mn)	103,3	85-115	07/09/2016
Molibdeno (Mo)	101,9	85-115	07/09/2016
Niquel (Ni)	103,9	85-115	07/09/2016
Nitratos, (como N)	101,6	90-110	28/08/2016
Nitratos, (como N)	101,9	90-110	29/08/2016
Nitritos, (como N)	96,3	90-110	28/08/2016
Nitritos, (como N)	97,0	90-110	29/08/2016
Plata (Ag)	100,7	85-115	07/09/2016
Plomo (Pb)	104,5	85-115	07/09/2016
Potasio (K)	93,7	85-115	07/09/2016
Selenio (Se)	103,0	85-115	07/09/2016
Silicio (Si)*	100,9	85-115	29/08/2016
Sodio (Na)	95,1	85-115	07/09/2016
Sulfatos, SO4-2	107,3	90-110	28/08/2016
Sulfatos, SO4-2	107,7	90-110	29/08/2016
Talio (Tl)	106,3	85-115	07/09/2016
Titanio (Ti)	103,0	85-115	07/09/2016
Vanadio (V)	102,4	85-115	07/09/2016
Zinc (Zn)	103,1	85-115	07/09/2016

La fecha de análisis de los controles de calidad corresponde a la fecha de inicio de análisis de las muestras.

LD = Límite de detección

INFORME DE ENSAYO: 30874/2016

DESCRIPCION Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

Estación de Muestreo	Resp.del Muestreo	Tipo de Muestra	Fecha de Recepción	Fecha de Muestreo	Ubicación Geográfica UTM WGS84	Condición de la muestra	Descripción de la Estación de Muestreo
M1	Cliente	Aguas Superficiales	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
M2	Cliente	Aguas Superficiales	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
M3	Cliente	Agua Residual Doméstica	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente
M4	Cliente	Agua Residual Doméstica	26/08/2016	26/08/2016	---	Proporcionado por el cliente	Reservado por el cliente

REFERENCIA DE LOS METODOS DE ENSAYO

Ref.	Sede	Parámetro	Método de Referencia	Descripción
12528	LME	Alcalinidad Hidróxido	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	Alkalinity: Titration Method
16189	AQP	Aniones por Cromatografía Iónica	EPA METHOD 300.0, Rev 2. 1993	Determination of inorganic anions by ion chromatography
12461	LME	Bicarbonato	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 22nd Ed. 2012	Alkalinity: Titration Method
1828	AQP	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5 Days BOD Test
12351	AQP	Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2140 B, 22nd Ed. 2012	Total Suspended Solids Dried
12347	AQP	Numeración de Coliformes Termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3170 B, 22nd Ed. 2012	Technique for Members of the Coliform Group.
9001	AQP	Metales Totales	EPA METHOD 200.7 Rev. 4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry

COMENTARIOS

AQP: Av. Dolores 167 - Jose Luis Bustamante y Rivero - Arequipa.

LME: Av. Argentina 1859 - Cercado - Lima.

"EPA": U.S. Environmental Protection Agency.

"SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

"ASTM": American Society for Testing and Materials.

El presente documento es redactado íntegramente en Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C, su alteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial del presente informe, salvo autorización escrita de Corporación de Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C; sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.

El lote de muestras que incluye el presente informe será descartado a los 30 días calendarios de haber ingresado la muestra al laboratorio.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



INFORME DE ENSAYO N° 108617-2016 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : CYNTHIA HANCCO CHIRE
DOMICILIO LEGAL : CALLE MIGUEL GRAU 207 - CERRO SALAVERRY - SOCABAYA
SOLICITADO POR : CYNTHIA HANCCO CHIRE
REFERENCIA : MONITOREO DE PTAR Y RÍO MOQUEGUA
PROCEDENCIA : MOQUEGUA
FECHA DE RECEPCIÓN : 2016-12-23
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2016-12-23
MUESTREO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Alcalinidad (al bicarbonato)	SM 2320 B. Alkalinity. Titration Method.	1.00	CaCO ₃ mg/L
Alcalinidad (al OH)	SM 2320 B. Alkalinity. Titration Method.	1.00	CaCO ₃ mg/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2.00 ^(a)	mg/L
Cloruros	SM-4500-Cl ⁻ B. Chloride. Argentometric Method.	2.00	Cl ⁻ mg/L
Sulfatos	SM 4500 SO ₄ ²⁻ E. Sulfate. Turbidimetric Method.	1.00	SO ₄ ²⁻ mg/L
Sólidos suspendidos totales (TSS)	SM 2540 D. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C.	3.00	mg/L
Numeración de Coliformes Fecales	SM 9221 E. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silicio(SiO ₂), Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4, EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

L.C.: Límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

(b) Expresado como límite de detección del método.


Bigo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Servicios Analíticos Generales S.A.C.


Quim. Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

L:\001\1022\VERSION_0001\108617-2016

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (S&W) APHA-AWWA-WPCF 23rd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la supervisión directa de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.
Las muestras serán almacenadas de acuerdo al protocolo de conservación de parámetros analizados con un máximo de 30 días contados desde haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no ensayan ni validan como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 1 de 3

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1665 - Urb. Chocra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5584 - 425-6047 | MÓVIL 994 876 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

INFORME DE ENSAYO N° 108617-2016 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua residual	Agua residual	Agua superficial	Agua superficial	
Matriz analizada	Agua residual	Agua residual	Agua superficial	Agua superficial	
Fecha de muestreo	2016-12-22	2016-12-22	2016-12-22	2016-12-22	
Hora de inicio de muestreo (h)	08:45	09:30	10:15	10:40	
Condiciones de la muestra	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	
Código del Cliente	M1	M2	M3	M4	
Código del Laboratorio	16122495	16122496	16122497	16122498	
Ensayos	Unidades	Resultados			
Alcalinidad (al bicarbonato)	CaCO ₃ mg/L	426.9	209.4	140.1	142.8
Alcalinidad (al CH)	CaCO ₃ mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	184	38.13	<2.00	<2.00
Cloruros	Cl ⁻ mg/L	101.8	106.5	233.8	233.4
Sulfatos	SO ₄ ²⁻ mg/L	55.61	64.31	342.5	213.2
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	108.30	36.40	<3.00	<3.00
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	170 x 10 ¹	33	33	79

(1) Coliformes Feca es lo mismo que coliformes termotolerantes.


Bigo. Roger Aparicio Estrada
C.B.P. N° 7403
Servicios Analíticos Generales S.A.C.


Quim. Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

* El método utilizado no ha sido acreditado por INACAL-DA

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMTW)-MPH-NWA-WET 20th. Ed/Mar 2012 EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana
OBSERVACIONES: Esta prohibida la reproducción sin el consentimiento escrito de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras relacionadas en el presente informe.
Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservación del parámetro analizado con un máximo de 20 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de calidad de la entidad que lo produce.

Página 2 de 3

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5864 - 425-6047 | MÓVIL 994 576 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

SAG-PT-108617-2016-EN-02/2016

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro INACAL-DA

INFORME DE ENSAYO N° 108617-2016 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua residual	Agua residual	Agua superficial	Agua superficial		
Matriz analizada	Agua residual	Agua residual	Agua superficial	Agua superficial		
Fecha de muestreo	2016-12-22	2016-12-22	2016-12-22	2016-12-22		
Hora de inicio de muestreo (h)	08:45	09:30	10:15	10:40		
Condiciones de la muestra	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada	Refrigerada y preservada		
Código del Cliente	M1	M2	M3	M4		
Código del Laboratorio	16122495	16122496	16122497	16122498		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
Metales totales						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.60	0.01	0.01	0.01
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.003	0.002	0.007	0.007
Boro (B)	0.002	mg/L	0.830	0.899	1.349	1.472
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.078	0.059	0.082	0.081
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	69.67	67.56	162.89	160.50
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0005	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Ceniciento (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0013	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0195	0.0015	0.0020	0.0017
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.496	0.025	0.039	0.012
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	24.21	22.52	8.08	8.06
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.176	0.185	0.167	0.196
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	11.80	11.24	19.50	19.84
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0534	0.0383	0.0103	0.0087
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	0.004	0.004
Sodio (Na)	0.02	mg/L	83.50	101.18	148.79	151.11
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0055	0.0009	<0.0006	<0.0006
Fósforo (P)	0.003	mg/L	8.008	5.371	0.021	0.007
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0026	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	0.003	0.003
Silicio (SiO ₂)	0.03	mg/L	36.91	44.43	39.94	40.02
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.511	0.467	1.134	1.119
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0075	0.0004	0.0004	0.0006
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0032	0.0010	0.0075	0.0076
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.137	0.009	0.034	0.006

L.D.M.: límite de detección del método.

[Firma]
Quim. Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Lima, 05 de Enero del 2017

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. FI 0276-revisión: 06/FE-09/2015

* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW-MP-W-RWA-WF: 23rd, Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana.
OBSERVACIONES: Este análisis fué reproducido parcialmente a partir del presente documento a menor que su base. In subsecuente a cargo de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.
Las muestras se analizaron dentro del periodo de validez del certificado de calificación del personal analista, con un máximo de 20 días naturales de haber ingresado la muestra al laboratorio.
NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producción o como resultado del sistema de gestión de la calidad que lo produce.

Página 3 de 3

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1555 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (51) 425-7227 - 425-6885 - 425-6564 - 425-6047 | MÓVIL 994 976 442
Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com