

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTÁL Y AMBIENTAL



Determinación de la calidad de las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana, Chota-Cajamarca.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTÁL Y AMBIENTAL

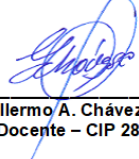
AUTOR

SAYAVERDE BAUTISTA, Eliza

ASESOR

Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz

Universidad Nacional Autónoma de Chota


Dr. Guillermo A. Chávez Santa Cruz
Docente – CIP 28030

COASESOR

Dr. Juan de Dios Aguilar Sánchez



CHOTA – PERÚ

AGOSTO, 2021

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 010-2021/EPIFA- FCA/UNACH

Siendo las 9:00 horas, del día 20 de diciembre de 2021, en video conferencia del aplicativo Meet Google, los miembros del Jurado de Tesis titulada: “**Determinación de la calidad de las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana Chota-Cajamarca**”, integrado por:

Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo:	Presidente
M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito:	Secretario
Dr. Alejandro Seminario Cunya:	Vocal

Sustentada por **Eliza Sayaverde Bautista**, con la finalidad de obtener el Título Profesional en Ing. Forestal y Ambiental

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda APROBAR la tesis, calificándola con la nota de: 16 (DIECISÉIS), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el GRADO DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL.

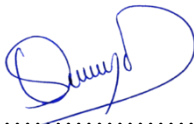
Firmado en: Chota, 20 de diciembre del 2021.



Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo
presidente



M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito
secretario



Dr. Alejandro Seminario Cunya

Vocal

Anexo 02:

**FICHA DE SUSTENTACIÓN DE
TESIS**

Apellidos y Nombres: Eliza Sayaverde Bautista

Título de la Tesis: “Determinación de la calidad de las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana Chota-Cajamarca”

Apellidos y Nombres del Jurado Evaluador:

Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo: Presidente

M. Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito: Secretario

Dr. Alejandro Seminario Cunya: Vocal

INDICADORES	EVALUACIÓN		
	Sí	No	OBSERVACIONES
1. TÍTULO.			
El título es breve y claro, donde se evidencia las variables de la investigación, el lugar y el tiempo.	X		
Presenta el índice numerado según contenidos de la tesis	X		
2. INTRODUCCIÓN			
Considera los elementos esencia de la investigación en la introducción	X		
Describe deductivamente el problema contextualizado a la realidad de las variables de estudio y presenta correctamente la formulación del problema	X		
Se Justifica adecuadamente el desarrollo de la investigación	X		
Se articula el objetivo general y específicos al problema formulado	X		
3. MARCO TEÓRICO			

Describe los antecedentes internacionales, nacionales y locales relacionados a las variables de estudio siguiendo un proceso que se visualice el autor, el año, el título de la tesis, el lugar, el objetivo, la metodología, la muestra, los instrumentos y las conclusiones arribadas	X		
En las bases teóricas se considera contenido de autores actualizados y que fundamentan a las variables y dimensiones de estudio.	X		
Se utiliza la norma APA (2020) Séptima Edición en lascitas textuales y paráfrasis.	X		
Presenta el marco conceptual con los contenidos quemás se utilizan en el desarrollo de la tesis.	X		
4. MARCO METODOLÓGICO			

Describe la ubicación donde se desarrolló la tesis de manera contextualizada	X		
Se plantea la hipótesis en concordancia con el problema planteado	X		
Se fundamenta la población y muestra utilizada en el desarrollo de la tesis.	X		
Precisa los medios, materiales e insumos utilizados en el desarrollo de la tesis.	X		
Fundamenta el proceso metodológico utilizado en el desarrollo de la tesis y precisa los procedimientos que se siguió en el análisis estadístico.	X		
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN			
Se presenta los resultados en función a los objetivos propuestos, así como contrasta la hipótesis utilizando los procedimientos estadísticos adecuados para probarlo o rechazarlo.	X		
Se discute los resultados con los antecedentes y bases teóricas utilizadas como fundamento de la tesis.	X		
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES			
Se integra los objetivos y resultados en las conclusiones, así como tiene coherencia las recomendaciones con las conclusiones.	X		
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS			
Presenta las referencias bibliográficas según la norma APA (2020) Séptima Edición.	X		
8. ANEXOS			
Presenta el/los instrumento(s) de recojo de información con la ficha técnica y validación (si el caso los amerita)	X		
TOTAL			

Observaciones, comentarios y/o sugerencias:

De acuerdo a la sustentación de la tesis, se obtiene la calificación siguiente

Aprobado

Observado

Chota, 20 de diciembre de 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Héctor Orlando Chávez Angulo', written in a cursive style. The signature is positioned above a horizontal line.

Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo
Presidente

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A la Universidad Nacional Autónoma de Chota-UNACH, por la oportunidad de realizar los estudios de pregrado y por ser parte esencial en mi formación Profesional.
- ❖ A la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH) por brindarme la oportunidad de ser parte del grupo de profesionales que actuaremos en áreas de conocimiento que valorizan y cuidan el medio ambiente.
- ❖ A los docentes de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por sus consejos y palabras sabias que contribuyeron para mi formación profesional y personal, así mismo, por sus conocimientos compartidos durante los cinco años de estudios.
- ❖ Al Dr. Guillermo Alejandro Chávez Santa Cruz y Dr. Juan de Dios Aguilar Sánchez, por su asesoramiento, amistad y colaboración en la conducción del presente trabajo de investigación.
- ❖ A los miembros del jurado Dr. Héctor Orlando Chávez Angulo, M.Sc. Yuli Anabel Chávez Juanito, Dr. Alejandro Seminario Cunya por sus críticas, comentarios y apreciaciones para mejorar la calidad de la versión final de la tesis.
- ❖ Un agradecimiento especial a mis padres Catalino Sayaverde Bustamante y Rosa Bautista Rodrigo, por ser mi motor y guías para realizar todos mis anhelos profesionales.
- ❖ A mis amigos y compañeros de la Universidad, por su amistad y momentos vividos durante los cinco años de vida Universitaria.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi inspiración y por brindarme todas las energías para continuar con todos los sueños anhelados y también por haberme permitido llegar hasta este momento especial de mi formación profesional y personal.

Dedico con mucho cariño a mis amados padres Catalino Sayaverde Bustamante y a Rosa Bautista Rodrigo por haberme apoyado en cada uno de mis pasos y enseñarme buenos valores. Del mismo modo dedico a mis hermanos y hermanas Griselda, Brisálida, Luz Alvina, Edilser y Aladino Sayaverde Bautista por sus consejos y apoyo incondicional para poder culminar mis sueños.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	3
1.2.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos de la investigación	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes del estudio	6
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Agua:	8
2.2.2. Calidad de agua	9
2.2.3. Contaminación del agua	9
2.2.4. Parámetros físicos	10
2.2.5. Parámetros químicos	11
2.2.6. Parámetros microbiológicos	11
2.2.7. Autoridades de la calidad del agua	12
2.2.8. Normas ambientales de calidad del agua	13
2.3. Marco conceptual	14
2.3.1. Estándar de calidad ambiental (ECA):	14
2.3.2. Recurso hídrico	14
2.3.3. Agua residual	14
2.3.4. Aguas residuales domésticas	14
2.3.5. Aguas residuales industriales	14
2.3.6. Aguas residuales municipales	14
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	15
3.1. Ubicación	15
3.2. Población y muestra	16
3.2.1. Población:	16
3.2.2. Muestra:	16
3.3. Equipos, materiales e insumos	17

3.3.1 Materiales de campo (Toma de muestras):.....	17
3.3.2. Equipos:	17
3.3.3. Equipos de gabinete.....	17
3.3.4. Indumentaria de protección	17
3.4. Metodología de la investigación	18
3.5. Análisis estadístico.....	23
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Análisis de correlación de Pearson y de componentes principales para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras colectadas en época de estiaje.	24
4.1.1. Correlación de Pearson	24
4.1.2. Análisis de componentes principales (ACP)	25
4.2. Análisis de correlación de Pearson y de componentes principales para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras colectadas en época de lluvias.....	28
4.2.1. Correlación de Pearson	28
4.2.2. Análisis de componentes principales (ACP)	29
4.3. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3 (D1: Riego de vegetales y D2: bebida de animales) según D.S N° 004-2017-MINAM.	31
4.3.1. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3 (D1 y D2) en época de estiaje.	31
4.3.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3 (D1 y D2) en la época de lluvias.....	41
4.4. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la época de estiaje y lluvias.	50
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.1. Conclusiones	59
5.2. Recomendaciones.....	60
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
CAPITULO VII: ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categoría de los estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua según D.S. N°004-2017-MINAM.....	15
Tabla 2. Puntos o estaciones de muestreo de los ríos Chotano y Doña Ana.....	22
Tabla 3. Correlación entre características fisicoquímicas y microbiológicas de agua de las diferentes estaciones de muestreo de los ríos Chotano y Doña Ana de la provincia de Chota en época de estiaje (septiembre).....	25
Tabla 4. Correlación entre características fisicoquímicas y microbiológicas de agua de las diferentes estaciones de muestreo de los ríos Chotano y Doña Ana de la provincia de Chota para época de lluvias (febrero).....	28
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los estándares de Calidad ambiental para agua, Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales según D.S. N° 004-2017-MINAM.....	32
Tabla 6. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs categoría 3 D1y D2 según D.S. N° 004-2017-MINAM en época de estiaje (septiembre).....	77
Tabla 7. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs categoría 3 D1y D2 según D.S. N° 004-2017-MINAM en la época de lluvias (febrero).....	78
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para las 4 estaciones de muestreo en la época de estiaje y lluvias.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación y localización de los ríos Chotano y Doña Ana.....	17
Figura 2: Vías de accesibilidad a los ríos Chotano y Doña Ana.....	18
Figura 3: Biplot de componentes principales (CP1 y CP2) de las variables T°, pH, Ce Turbidez, ST, CT, CTT, DBO ₅ y DQO en época de estiaje.....	32
Figura 4: Biplot de componentes principales (CP1 y CP2) de las variables T°, pH, Ce Turbidez, ST, CT, CTT, DBO ₅ y DQO, en época de lluvias.....	35
Figura 5: Turbidez en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo.....	36
Figura 6: Sólidos totales en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo.....	37
Figura 7: Coliformes totales en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo.....	38
Figura 8: temperatura en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	39
Figura 9: Potencial de hidrógeno en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	40
Figura 10: Conductividad eléctrica en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	42
Figura 11: Coliformes Termotolerantes en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	43

Figura 12: DBO5 en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	44
Figura 13: DQO en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs-para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	45
Figura 14: Turbidez en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo.....	47
Figura 15: Sólidos totales en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo.....	48
Figura 16: Coliformes totales en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo.....	49
Figura 17: temperatura en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	50
Figura 18: Potencial de hidrógeno en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2) inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	51
Figura 19: Conductividad eléctrica en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	52
Figura 20: Coliformes termotolerantes en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	53
Figura 21: DBO5 en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs-para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.	54

Figura 22: DQO en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.....	55
Figura 23: Turbidez en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero).....	56
Figura 24: Sólidos Totales en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero).....	56
Figura 25: Coliformes totales en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)	57
Figura 26: Temperatura en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero).....	58
Figura 27: Potencial de hidrógeno en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)	59
Figura 28: Conductividad eléctrica en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)	60
Figura 29: Coliformes termotolerantes en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)	61
Figura 30: DBO ₅ en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero).....	62
Figura 31: DQO en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero).....	63
Figura 32: Resultados del análisis de los parámetros DBO ₅ , DQO, CT y CTT en el Laboratorio Regional de Agua de Cajamarca en época estiaje (septiembre)..	73
Figura 33: Resultados del análisis de los parámetros DBO ₅ , DQO, CT y CTT en el Laboratorio Regional de Agua de Cajamarca en época lluvias (febrero).	74
Figura 34: Llenado de la cadena de custodia en la recolección de las muestras de las cuatro estaciones de muestreo en época estiaje (septiembre).	75

Figura 35: Llenado de cadena de custodia en la recolección de las muestras de las cuatro estaciones de muestreo en época lluvias (febrero).....	76
Figura 36: ECAs-para agua categoría 3 D1 y D2	80
Figura 37: Toma de muestras en la estación EM1 época de estiaje (septiembre).....	81
Figura 38: Toma de muestras en la estación EM2 época de estiaje (septiembre).....	82
Figura 39: Toma de muestras en la estación EM3 época de estiaje (septiembre).....	83
Figura 40: Toma de muestras en la estación EM4 época de estiaje (septiembre).....	83
Figura 41: Toma de muestras en la estación EM1 época de lluvias (febrero).....	84
Figura 42: Toma de muestras en la estación EM2 época de lluvias (febrero).	85
Figura 43: Toma de muestras en la estación EM3 época de lluvias (febrero)..	86
Figura 44: Toma de muestras en la estación EM4 época de lluvias (febrero).	86
Figura 45: Traslado de muestras al laboratorio de agua del gobierno regional de Cajamarca.....	87

RESUMEN

El objetivo en este estudio fue determinar la calidad de las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana en épocas de estiaje (septiembre 2020) y lluvias (febrero 2021). Se establecieron cuatro estaciones de muestreo EM1, EM2, EM3 y EM4. Donde se evaluó T°, pH, Ce, ST y turbidez. Las muestras de DBO₅, DQO, CT y CTT fueron trasladadas al laboratorio de agua del Gobierno Regional de Cajamarca, para el análisis correspondiente. Los resultados fueron comparados con los ECAs para agua categoría 3. En estiaje los ST y Ce, DQO y DBO₅ presentaron correlación significativa. En lluvias hubo correlación significativa entre ST y Ce, CT y Ce, CT y ST, DQO y CTT. El análisis de componentes principales (ACP) mostró que, tanto en estiaje como en lluvias los parámetros el DBO₅, DQO, pH, Ce y CTT están altamente asociados a la estación de muestreo EM2 y en menor medida con la EM4, por otro lado, la EM1 y EM3 no están asociados con ninguna de las características evaluadas. La DBO₅ (16,5 mg/L) en la EM2 superaron a los ECAs en época de estiaje, así mismo en la EM2 los CTT (2200 NMP/100 ml) superaron a los ECAs en época de lluvias, se concluye que la zona de muestreo EM2 es la que presenta menor calidad de agua porque sobrepasa los ECAs, por lo tanto, no puede ser usado en riego de vegetales ni tampoco para dar de beber animales.

Palabras claves: DBO₅, DQO, CT, CTT, pH, Ce, ST, turbidez y temperatura.

ABSTRACT

The objective in this study was to determine the quality of the waters of the Chotano and Doña Ana Rivers in times of low water (September) and rain (February). Four sampling stations SS1, SS2, SS3 and SS4 were established. Where T°, pH, EC, TS and turbidity were evaluated. The samples of BOD₅, COD, TC and TTC were transferred to the water laboratory of the Regional Government of Cajamarca, for the corresponding analysis. The results were compared with the RCTs for category 3 water. In low water, the ST and EC, COD and BOD₅ presented significant correlation. In rains there was a significant correlation between ST and EC, TC and EC, TC and TS, COD and TTC. The principal components analysis (PCA) showed that, both in dry and rainy conditions, the parameters BOD₅, COD, Hp, EC and TTC are highly associated with the EM2 sampling station and to a lesser extent with SS4, on the other hand, SS1 and SS3 are not associated with any of the characteristics evaluated. The BOD₅ (16.5 mg / L) in SS2 exceeded the RCTs in the dry season, likewise in MS2 the CTT (2200 MPN / 100 ml) exceeded To the ECAs in the rainy season, it is concluded that the SS2 sampling area is the one with the lowest water quality because it exceeds the ECAs, therefore, it cannot be used to irrigate vegetables or to water animals.

Keywords: BOD₅, COD, TC, TTC, Hp, EC, TS, turbidity and temperature.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

La contaminación de los cuerpos de agua ha traído presiones sociales y económicas en todo el mundo. Con el tiempo, en las últimas décadas, esto se ha visto agravado por los desechos, el uso inadecuado e incluso los desechos no tratados en la industria, la agricultura, la ganadería y muchas otras actividades. Llegando inclusive a ser tratada sin importancia para la supervivencia humana (Iglesias, 2017).

Estas malas prácticas han provocado el deterioro de los recursos hídricos. Por ejemplo, el río Inglés en el Comité popular de San Lázaro en Cienfuegos, Cuba se ha convertido en un vertedero de basura, de la misma forma, el río Buriganga en Dacca, Bangladesh, se ve afectado principalmente por desechos químicos de fábrica, basura doméstica, desechos médicos, aguas residuales, cadáveres de animales y plásticos (Rodríguez, 2019).

En el Perú, este problema no es desconocido, porque el cuerpo de agua está en constante cambio, lo que pierde su calidad, que afecta directamente la salud de los organismos acuáticos y la vida de la población. Por ejemplo, “los ríos Rímac, Chillón y Lurín son principales fuentes de abastecimiento de agua de la capital, de Perú (Lima)”. El primero se originó en los Andes, a unos 132 kilómetros al noreste de Lima, desemboca por el Callao al Océano Pacífico, atendiendo a 9 millones 847.000 habitantes (INEI, 2021).

“La cuenca del río Chillón es la segunda cuenca de abastecimiento de agua de Lima. Dicha cuenca conserva la mayor superficie agrícola. Los principales cultivos son el maíz, el algodón, el tomate, la papa y los árboles frutales. El río Lurín es la cuenca más pequeña de Lima, ubicada en la parte sur del área metropolitana. Su agua no se utiliza directamente para beber, pero es muy importante para la reposición de las aguas subterráneas urbanas. Sin embargo, en las últimas décadas, debido a la deforestación, el pastoreo excesivo, la quema de pastos, la descarga de aguas residuales no tratadas y la disposición de desechos sólidos en las riberas o canales de los ríos, la calidad y el volumen del agua de estas cuencas han disminuido significativamente” (Ramos, 2019).

En el departamento de Cajamarca, ubicado en la zona nor andina del Perú, se encuentra el río Mashcón, que está siendo afectado por el incremento desordenado de la población debido a la falta de políticas de ordenamiento territorial por lo que viene siendo aprovechado en toda su extensión por diferentes actividades. De acuerdo, con Rodriguez (2019), Son muchas “las causas de la contaminación del río Mashcón, la más común es el aporte directo de la descarga de aguas residuales sin tratar de Cajamarca, incluidas las fuentes urbanas, industriales y agrícolas o ganadero, Unido al bajo nivel de educación ambiental de los residentes”.

Un marco semejante se puede notar en el río Chotano y Doña Ana de la provincia de Chota, donde los niveles de contaminación han venido incrementándose desde hace muchos momentos, específicamente desde la construcción de la carretera Chota a Chiclayo, que dio inicio a la migración de la sierra hacia la Costa, incrementándose con ello diversas actividades productivas en toda la margen de estos ríos.

En este sentido, es necesario monitorear la calidad del agua de los recursos hídricos para determinar el grado de contaminación a la que están sometidos, pues en sus recorridos, son sedimentos de los que la población emite una gran cantidad de contaminantes.

En este caso, Delgado (2019) señaló que para regular la calidad del agua del río se deben determinar ciertos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Incluyendo temperatura (T°), pH, conductividad (Ce), turbidez, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos totales (ST), coliformes totales, grupos de coliformes resistentes al calor (CTT), etc. Porque pueden “resolver diferentes tipos de conflictos, como el uso del agua y la integridad ecológica de los sistemas acuáticos, y estos conflictos involucran aspectos socioeconómicos”.

1.1.Problema

1.2.1. Planteamiento del problema

“La calidad del agua es la herramienta elemental para obtener datos acerca de las propiedades físicas, químicas y biológicas. No obstante, los seres vivos no la aprovechan plenamente y proteger los recursos hídricos. En este sentido, se producirá la contaminación del agua, que pertenece a los temas más relevantes que están afectando a la sociedad presente” (Aguilar y Navarro, 2018).

Según Gualdrón (2016) “desde la Revolución Industrial, diferentes factores de contaminación del agua han provocado cambios en la cobertura vegetal, aumento de sólidos en suspensión en el sistema hídrico y deforestación. Uno u otro proceso causó diferentes tipos y niveles de daño, cambiando irreversiblemente la naturaleza del agua natural” (p,84).

En el Perú, “el sistema de abastecimiento de agua de muchos departamentos no recibe un tratamiento adecuado, lo que provoca que la salud de las personas se vea afectada por diferentes enfermedades como malestar estomacal (diarrea aguda, parásitos, etc.), cólera, hepatitis, anemia y fiebre tifoidea. Esto afecta a niños, jóvenes y adultos. El consumo de recursos hídricos es la primera necesidad de la vida, por lo que tenemos derecho a disfrutar de agua pura para el bienestar humano” (Aguilar y Navarro, 2018).

En Cajamarca, debido a la existencia de La Minera Yanacocha SRL, “la calidad del agua ha llamado la atención, la empresa viene desarrollando yacimientos minerales ubicados en la cabecera de la cuenca de la región Cajamarca, lo que tiene diversos efectos en el medio ambiente, entorno físico y la existencia de la influencia del entorno biológico” (Vargas, 2015).

“Los ríos Chotano y Doña Ana, son primordiales proveedores de agua en el distrito y provincia de Chota, son efluentes con más potencial de uso para diferentes ocupaciones, en medio de las cuales destacan la agrícola, pecuaria, recreacional y de uso de la casa. Otra fuente de contaminación es la escorrentía de los campos agrícolas en las superficies vecinas. Los fertilizantes y pesticidas químicos generan la eutrofización de los ríos” (Díaz et al., 2018).

El estado de Perú contribuye a la solución del problema a través de la legislación de aguas existente, que incluye los estándares de calidad del agua y el proceso de monitoreo de la calidad del agua de la Autoridad Nacional del Agua.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo es la calidad de las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana, Chota- Cajamarca?

1.3. Justificación

“Las ocupaciones antropogénicas tienen la posibilidad de influir la calidad de los recursos hídricos, comprometiendo la disponibilidad del mismo, ya que la utilización de las aguas contaminadas constituye un peligro para la salud de los individuos, calidad de los productos agropecuarios, agroindustriales e hidrológicos. Por tal fundamento se hace primordial la ejecución de ocupaciones de vigilancia y fiscalización de la calidad de los recursos hídricos que permitan evaluar su calidad para planear y llevar a cabo ocupaciones de prevención, mitigación y control de los impactos negativos” (Autoridad Nacional de agua, 2016).

Por tal razón el presente estudio se hizo para “determinar la calidad de agua de los ríos Chotano y Doña Ana” y compararla con lo predeterminado en ECAs-Agua categoría 3 D1: riego de vegetales y D2: bebida de animales inscrito en el D.S. N°004-2017-MINAM.

La realización de esta investigación es importante porque permitirá evaluar la calidad del agua utilizada para riego de cultivos y bebederos de animales, con referencia a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Una vez comprendida la problemática de los ríos Chotano y Doña Ana, se convertirá en una estrategia para la protección y el punto de partida para mejorar la calidad de vida de la población y asegurar que el agua se encuentre en un estado estable para no cambiar sus productos y servicios ecosistémicos.

Por tanto, este estudio brindará datos actualizados sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana y también permitirá a la autoridad ambiental recomendar estrategias de apoyo a la toma de decisiones sobre en el manejo de los recursos hídricos. De la misma forma permitirá a las personas comprender el grado de contaminación del agua utilizada en diversas actividades.

1.4.Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la calidad del agua de los ríos Chotano y Doña Ana en las épocas de estiaje y lluvias en la provincia de Chota- Cajamarca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar parámetros fisicoquímicos pH, T°, Ce, ST, DQO, DBO₅ y turbidez en las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana en las épocas de estiaje y lluvias en la provincia de Chota- Cajamarca.
- Determinar parámetros microbiológicos CT y CTT, que dañan la calidad del agua de los ríos Chotano y Doña Ana en las épocas de estiaje y lluvias en la provincia de Chota- Cajamarca.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

A nivel Internacional

Según Gil et al. (2018) estudiando “la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA) en la Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela, reportaron que los valores de temperatura variaron de 21°C a 29,6°C, el pH presentó valores de 7,5 y de 8,4, la conductividad eléctrica (Ce) varió de 218 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 445,08 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Por otro lado, fueron determinados los valores más altos de 1963,33 NMP/100ml de coliformes fecales en promedio, resultados que fueron superiores en 500% al valor máximo permisible según la normativa venezolana de calidad de agua”. (p.117-118). Estos resultados son debido a las diversas actividades que se desarrollan en la cuenca del río Guarapiche siendo principalmente abastecimiento de agua comunitaria, riego, limpieza, etc. Los autores concluyeron que el agua del río Guarapiche en su curso medio y bajo deben ser tratadas previo al consumo humano.

Morales et al. (2018) estudiaron “la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del distrito de riego 023 - México, encontraron que, la temperatura en los puntos 1 y 2 obra de Toma San Ildefonso fue el sitio que presentó temperaturas más bajas con valores de 15 y 15,2 °C, el punto que presentó temperatura más alta 30°C fue el punto de la descarga de la empresa Kimberly. Respecto a la conductividad eléctrica (Ce), se obtuvo valores de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 7580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con respecto al pH los valores se encontraron en el intervalo de 6,6 y 9,5. Estos valores no superaron el límite de pH indicado por NOM-001-Semarnat-1996 (pH)”. La mala calidad del agua es causada por fuentes de contaminación de fuentes de descarga furtiva como casas, invernaderos y fabricas vecinas, lo que afecta la calidad del agua de riego y pone en peligro la salud de las personas.

Tahmina et al. (2018) evaluaron, “la calidad de las aguas superficiales del río Turang en Bangladesh. Donde reportaron valores de pH de 7,74 a 7,52 en promedio en la época de estiaje y lluvias, dichos valores se encuentran dentro del límite permisible según el valor estándar de la OMS, en época húmeda y seca se encontró 1568,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1376,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica siendo mayor en época seca, por otro lado se encontraron altos valores de sólidos totales disueltos (1233,75 mg/l) en estación húmeda y (1454,50 mg/l) en estación seca sobrepasando los valores estándar de la OMS recomendados ($p < 0.05$)”. Dichos autores

concluyen que el agua del río estaba excesivamente contaminada debido a la descarga de efluentes industriales, desperdicio de aguas residuales, escorrentías agrícolas y urbanas y actividades antropogénicas.

Así mismo Bamigboye y Amina. (2018) realizaron “estudios fisicoquímicos y microbiológicos de fuentes de agua de pozo recién excavado en el gobierno local de Rafi, Minna, estado de Nigeria. Como resultado, encontraron que la temperatura osciló entre 30,9 y 33°C, la turbidez está en un rango de 4 a 5 NTU y la conductividad eléctrica varió de 0,26 a 1,6 $\mu\text{S} / \text{cm}$. Por otra parte, el pH de agua oscilaba entre 6,7 y 7,8, los coliformes totales vario entre 1 y 3 UFC/ml y lo coliformes fecales se detectaron solo en las muestras de Tungan Bako y Katakó”. Las muestras de agua mostraron que los pozos fueron contaminados de origen natural y fuentes antropogénicas por lo tanto los autores concluyen que los pozos perforados no son portátiles y deben ser tratados lo suficientemente temprano antes del consumo del agua

García et al. (2017) evaluaron “la calidad de agua empleando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados acuáticos en el río Batán, ubicado en Fusagasugá Cundinamarca en Colombia. La temperatura se encontró en un valor máximo entre 24,3°C para julio y 22,9°C para agosto, el pH fue neutro, con un valor máximo de 7.8 en julio y 7.5 en agosto. Los coliformes totales se encontraron en un rango de 300,000 y 900,000 UFC/100ml siendo en el segundo muestreo el valor más alto, la principal fuente de contaminación de los ríos son las aguas residuales municipales sin tratar antes de ser vertidas en ellos”. En este sentido, los autores de este estudio concluyen que la calidad del agua del río Batan solo puede ser utilizada de manera permanente para riego y no para alimentación humana o animal, debido a la presencia de bacterias involucradas con la descarga de aguas residuales al cuerpo de agua.

A nivel Nacional

Huanca et al. (2020) realizaron un estudio “de evaluación y monitoreo de la calidad ambiental de agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar – Puno, Perú. Como resultados encontraron diferencias en las estaciones de muestreo 1 y 2 en las variable temperatura, pH, conductividad eléctrica y DBO_5 , en los meses de octubre, noviembre y diciembre, estos resultados se deben a los efectos de la deforestación, los vertidos industriales, etc”. Dichos resultados se encuentran dentro del valor establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de vegetales de tallo bajo y alto y para bebidas de animales (D.S. N° 002-2008-MINAM).

Puerta (2019) determina “la influencia de la descarga del río Mayo en la Calidad de agua del río Huallaga a través de los ICA-PE donde encuentro variaciones de: pH (6,6 a 7,88), temperatura (4,5 a 26,4 °C), conductividad (232 a 312 $\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (6,28 a 7,04 mg/L), DBO₅ (valores inferiores a <2,60 mg/L), sólidos suspendidos totales (29 a 2890 mg/L), coliformes termotolerantes (130 a 16000 NMP/100 ml); calculando el ICA-PE, obtuvo 71,84 (calidad regular), en los puntos de muestreo del Río Huallaga, antes y después de su confluencia con el río Mayo, se encontró variaciones de 83.05 y 86.74 respectivamente (calidad buena), indicando que existe escasa contaminación en estos ríos”.

A nivel Local

Según Aguilar (2019) al estudiar “la contaminación de la producción agrícola en las cuencas de los arroyos San Mateo, Colpa Mayo, San Juan y río Chotano. Los parámetros que no cumplen con la calidad ambiental para agua son: turbidez, OD, y sólidos totales disueltos. Por otra parte los parámetros inorgánicos no metálicos DBO₅ y DQO sobrepasan el valor establecido por los ECAs para agua, también se ha identificado que las aguas que transportan estos ríos están formados por grupos coliformes, demostrando la existencia de contaminación alta en producción agrícola en las cuencas del arroyo San Mateo, Colpamayo y río Chotano a causa del aprovechamiento de las aguas residuales por parte de las personas de Chota”. (p.65).

Díaz et al. (2018) en la identificación y evaluación de las variables físicoquímicas y microbiológicas de las aguas de la quebrada Colpa Mayo -Chota, identificaron que “la DBO₅ y DQO en la estación EM3 presento valores más altos (41 mg/L DBO₅ y 78,43 mg/L DQO), sobrepasando los ECAs para agua de la categoría III. El OD presento valores muy bajos en la EM3 (3,01 mg/L) y EM5 (2,98 mg/L). Los coliformes termotolerantes y la Escherichia Coli, en la EM1 se encontraron dentro del valor establecido por los ECAs para agua, en la EM5 se encontraron valores que exceden los Estándares (31,105 NMP/100ml)”. Los autores concluyen que se encontraron valores extremos debido a la presencia de las descargas de efluentes de aguas residuales domésticas e industriales que existen en el recorrido de la quebrada.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua:

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2017) “el agua se encuentra en la naturaleza y pertenece a todos los seres vivos allí, es un imperativo natural, moral que todos tengamos ingresos ilimitados porque el agua no es un “recurso” ni una “mercancía”, el agua es

vida productora de productos ambientales no debe pagar ningún costo y todos deben asegurarse de que no se contamine y disfruten del agua pura”.

“El agua es el elemento básico para todas las formas de vida, representa el 70% del peso de una persona, se utiliza como un medio de dilución y transporte natural del agua, el agua no existe pura, aún contiene minerales disueltos o suspendidos y materia orgánica”(Aguilar y Navarro, 2018).

“La superficie de la tierra está llena de agua. La superficie de la tierra está cubierta por un 71 % de agua, el aire contiene vapor de agua, los acuíferos y el subsuelo actúan como bocas de incendio para la tierra, en los océanos de la tierra se encuentra un 97% de agua del planeta” (Chavez, s.f.).

2.2.2. Calidad de agua

Entre los efectos asociados a los cambios en la morfología hidrológica se encuentran el aumento de contaminantes y la propagación de especies invasoras. La pérdida de la mejor cantidad de agua es una cuestión de calidad del agua. Las personas dependen del agua como principal fuente de abastecimiento, “pero la mala calidad del agua afecta directamente el acceso a este líquido y aumenta los problemas de salud de las personas. La calidad del agua existe tanto en países desarrollados como en desarrollo”(Connor et al., 2018).

“En muchos países en desarrollo, solo una pequeña parte de las aguas residuales domésticas y urbanas se trata antes de verterlas al medio ambiente, lo que deja a las personas susceptibles a muchas enfermedades como el cólera, la esquistosomiasis, etc”(WWAP United Nations World Water Assessment Programme, 2017).

“La calidad del agua es un término usado para describir las características físicas, químicas y biológicas del agua, y su calidad se encuentra entre la relación entre el agua y las necesidades del usuario”(Loayza y Cano, 2015).

2.2.3. Contaminación del agua

“La contaminación del agua es una alteración química, física y biológica de la calidad del agua. Su concentración dificulta los beneficios del agua. La contaminación afecta a los recursos hídricos desde fuentes puntuales y difusas. A veces a través de actividades naturales, pero el más importante impacto es antropogénico, porque el uso excesivo de productos agroquímicos en un área pequeña puede conducir al deterioro del suelo, lo que lleva a la contaminación de los recursos superficiales y subterráneos” (MINAM, 2016).

“Hay una gran cantidad de personas que no entienden el tratamiento de los residuos sólidos de la agricultura y las actividades del hogar. Muchos de ellos consideran el cauce del río como destino final, por otro lado, la compactación del suelo afecta las características físicas del agua. En tanto el proceso de erosión cambia la capacidad de infiltración. También cambia la escorrentía superficial. Cuando no hay retención del suelo, no hay suficiente infiltración. Como resultado, el flujo de agua de manantial disminuye significativamente y daña a los residentes” (Amachi, 2017).

“Existe una relación mutua entre el agua, la vegetación y el suelo en una cuenca hidrológica. Cuando se cambia o modifica artificialmente, provocará cambios en su sistema hidrológico. Esto se puede entender por su patrón de flujo y respuesta hidrológica. Si hay suficiente vegetación en la Cobertura del suelo, el agua de lluvia no afectará directamente el suelo, porque está relacionado con el uso de la tierra, porque es uno de los mayores factores que afectan la escorrentía en un área. Si hay suficiente cobertura de vegetación y la tasa de interceptación es alta, la escorrentía se reducirá lentamente hasta llegar al canal de drenaje y no irá más lejos. Sedimento atrapado” (Minaya, 2017).

“Los productos químicos arrojados por los productores en diferentes espacios, la basura, los detergentes para lavar la ropa en los ríos, estos desechos son problemas graves que se visualizan en la actualidad. También hay un aumento en el lavado de bombas, mochilas y contaminación por plaguicidas. Se suman a los problemas anteriores y presentan limitaciones importantes en el desarrollo y manejo de las microcuencas” (Casilla, 2014).

2.2.4. Parámetros físicos

Temperatura: “La temperatura afecta el porcentaje de oxígeno que puede ser transportado por el agua. El agua a una temperatura más baja transporta más oxígeno y todos los animales acuáticos lo necesitan para sobrevivir” (Frías y Montilla, 2016,p.19).

pH: “El valor del pH está controlado por el equilibrio entre el dióxido de carbono, los iones de bicarbonato y carbonato, el ácido húmico y el ácido fúlvico. La mayoría de las aguas naturales tienen un rango de pH de 6,5 a 8,0 y están controladas principalmente por el sistema de carbonato-bicarbonato” (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018,p.29).

Conductividad: “Es una medida de la propiedad que tiene una solución acuosa de conducir la corriente eléctrica, se utiliza para determinar la salinidad del agua. A medida que cambia la temperatura, proporciona datos sobre el rendimiento primario y la descomposición de la materia orgánica, lo que permite la detección de fuentes de contaminación, la evaluación

de las tasas de riego y la evaluación de la naturaleza geoquímica de la parcela” (Frías y Montilla, 2016,p.19).

Turbidez: “Es la manifestación de propiedades ópticas que permiten que la luz sea dispersada y absorbida por la muestra, lo que puede deberse a la existencia de materia en suspensión, arcilla dispersa, limo, partículas de sílice y la materia orgánica afecta directamente el rendimiento y la fluidez”(DIGESA, 2016).

Sólidos suspendidos totales: “Son los sólidos totales obtenidos como materia orgánica tras la evaporación del agua a 103-105°C como residuo. Estos son productos de la erosión del suelo, desechos orgánicos y plancton, sólidos en suspensión como limo, arena y virus, que a menudo causan impurezas visibles”(DIGESA, 2016).

2.2.5. Parámetros químicos

Oxígeno Disuelto (OD): “Los organismos vivos dependen del oxígeno para sobrevivir porque los organismos son capaces de generar energía básica para su crecimiento y producción. Una vez contaminada la materia orgánica, el oxígeno disuelto mostrará un porcentaje bajo y también indicará si el organismo ha cambiado de aeróbico a anaeróbico. Sin embargo, los organismos anaeróbicos utilizan oxígeno disuelto en sales inorgánicas (como el sulfato), lo que a menudo produce sustancias tóxicas” (Peña, 2015).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): “Este es un parámetro que ayuda a medir la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos, especialmente las bacterias (bacterias aerobias o anaerobias diversas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, absorbido durante la descomposición de la materia orgánica presente en el arroyo”(Raffo y Ruiz, 2015).

Demanda Química de Oxígeno (DQO): “Es el porcentaje de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica bajo condiciones específicas de oxidante, temperatura y tiempo; Permite establecer las condiciones de biodegradación y el contenido de sustancias nocivas. Es ampliamente utilizado para medir materia orgánica en aguas residuales municipales e industriales”(Raffo y Ruiz, 2015).

2.2.6. Parámetros microbiológicos

Coliformes Totales: “Se trata de Enterobacteriaceae lactosa-positivas, que forman un grupo de bacterias identificadas por su aislamiento, según criterios

taxonómicos, que fermentan la lactosa a 35 a 37°C y producen gas ácido (CO₂) en 24 horas”(Fajardo, 2018, p.23).

Coliformes Termotolerantes (Fecales): “Este parámetro existe en las aguas superficiales ya que se puede atribuir a la contaminación fecal, descargas domiciliarias no tratadas y tratamiento inadecuado de los desechos sólidos, todos los cuales terminan en el cauce del río” (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018, p.26).

2.2.7. Autoridades de la calidad del agua

Autoridad Nacional del Agua (ANA)

“Es el ente rector del sistema nacional de recursos hídricos, en el año 2009, con la sustitución de la Ley General de Aguas y la promulgación de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 293338 y sus disposiciones fueron explicadas en el Decreto N° 0012010. AG. Asimismo, le corresponde clasificar los cuerpos de agua y estudiar las medidas de impacto ambiental sobre los recursos hídricos, así como aprobar el tratamiento de aguas residuales” (Bauer et al., 2017).

Sector de saneamiento

Para el sector saneamiento, a continuación, se describen las siguientes unidades:

Ministerio de Vivienda, Construcción y Salud (MVCS)

“responsable de desarrollar las políticas de servicio de agua y preparar los planes de inversión necesarios. Asimismo, asegura la validación de los documentos ambientales para aprobar el vertido de aguas residuales tratadas” (Bauer et al., 2017).

Ministerio de la Salud

“El Ministerio de Salud ha autorizado a la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) a monitorear la calidad del agua destinada al consumo humano, para ello formulaciones controladas y lineamientos de advertencias reglamentarias generales sobre residuos” (Bauer et al., 2017).

“Cabe señalar que el Sistema Nacional de Recursos Hídricos está conformado por un conjunto de entidades. Comisión Nacional del Agua, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Ministerio de Salud, Producción y Energía y Minas. Asimismo, los gobiernos locales y regionales están involucrados para ejercer su control. Así como operadores de la industria hidráulica” (Bauer et al., 2017).

2.2.8. Normas ambientales de calidad del agua

“Se aprobó en el año 2008, mediante el decreto supremo N°002-2008-MINAM. De igual forma, estas normas son aplicables a los cuerpos de agua a nivel nacional”(Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

En la Tabla 01 se describe los cuatro tipos

Tabla 1

Categoría de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua según D.S. N°004-2017-MINAM

Categoría	subcategoría
Categoría 1: Poblacional y recreacional	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
	Aguas superficiales para recreación.
	Agua de mar
	C1: Extracción y cultivo de moluscos C2: Extracción de cultivo de otras especies
categoría 2: Actividades de extracción y cultivo marino costero	hidrobiológicas
	C3: Otras actividades
	Agua continental
categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales	C4: Extracción y cultivo de otras especies Hidrobiológicas
	Riego de cultivo de tallo alto y bajo, Bebida de animales
categoría 4: conservación del medio ambiente acuático	Lagunas y lagos
	Ríos (Costa, Sierra y Selva)
	Ecosistemas marinos

Fuente: Autoridad Nacional de Agua, 2018

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Estándar de calidad ambiental (ECA):

“Es la concentración máxima de elementos, sustancias o parámetros químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no representan un peligro significativo para la salud o el medio ambiente. Las normas aprobadas son aplicables a las aguas nacionales en su estado natural y son requeridas en el diseño e implementación de todas las herramientas de gestión ambiental” (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

2.3.2. Recurso hídrico

“Incluye las aguas superficiales, terrestres y continentales y las propiedades asociadas a ellas. Se extiende a las aguas marítimas y atmosféricas cuando corresponda” (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

2.3.3. Agua residual

La Autoridad Nacional del Agua (2016) “revela que las aguas residuales son masas de agua cuya morfología original ha sido alterada por las actividades humanas, y cuyas propiedades cualitativas requieren un tratamiento previo”.

2.3.4. Aguas residuales domésticas

La Autoridad Nacional del Agua (2016) “indica que las aguas residuales domésticas son aguas residuales de fuentes residenciales, comerciales e institucionales, incluidos los desechos fisiológicos y otras actividades humanas (procesamiento de alimentos, higiene personal)”.

2.3.5. Aguas residuales industriales

La Autoridad Nacional del Agua (2016) “indica que las aguas residuales industriales son generadas por cualquier actividad que pueda afectar el agua, el suelo o el subsuelo en condiciones naturales”.

2.3.6. Aguas residuales municipales

La Autoridad Nacional del Agua (2026) “considera que agua de una mezcla de aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales tratadas que fluyen hacia un sistema de alcantarillado público”.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

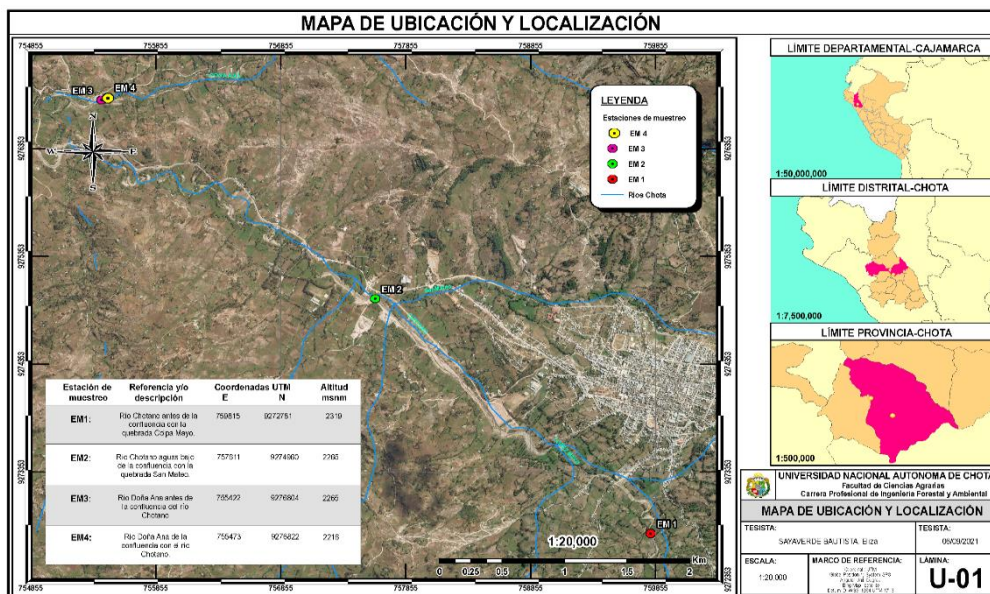
El trabajo de investigación fue realizado en el distrito y provincia de Chota departamento de Cajamarca en los ríos Chotano y Doña Ana, en dos épocas: estiaje (septiembre del 2020) y lluvias (febrero del 2021). Chota, se encuentra ubicada en el centro del departamento de Cajamarca. Su capital se encuentra en la meseta de Acunta a 2388 m.s.n.m. a 150 km de Cajamarca y a 219 km al este de Chiclayo, Lambayeque entre las coordenadas E=760020; N = 9274128 (Figura 1).

La provincia de Chota cuenta con una extensión de 3.795Km², sus límites son:

- Por el Norte : Cutervo
 Por el Sur : Hualgayoc y Santa Cruz
 Por el Este : Utcubamba y Luya (Amazonas)
 Por el Oeste : Chiclayo y Ferreñafe (Lambayeque)

Figura 1

Mapa de ubicación y localización de los ríos Chotano y Doña Ana

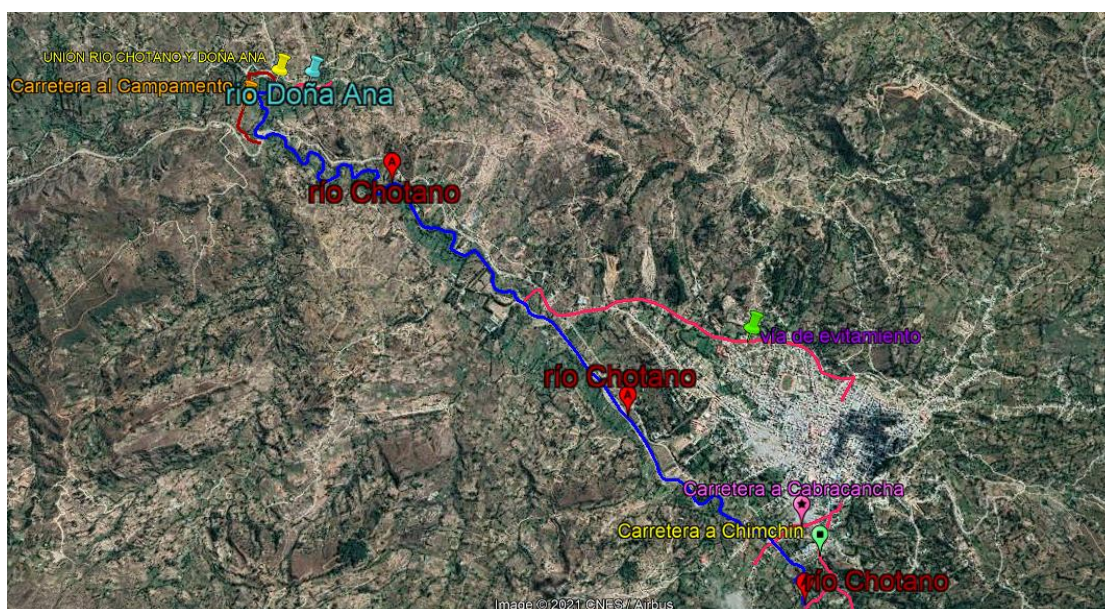


Vías de acceso a los ríos Chotano y Doña Ana: estos ríos son de fácil acceso, se encuentran ubicados alrededor de carreteras asfaltadas que desvían de la provincia de Chota.

- Accesibilidad al río Chotano. Parte alta por la carretera a Chinchin, parte media por la carretera a Cabracancha y parte baja por vía de evitamiento a la salida Chota ha Chiclayo.
- Accesibilidad al Río Doña Ana. Se realiza por la carretera Chota a Chiclayo hasta el puente rojo, se continúa por el desvío carretera al campamento, en un aproximado de 5 minutos se unen los ríos Chotano y el Doña Ana (Figura 2).

Figura 2

Vías de accesibilidad a los ríos Chotano y Doña Ana



3.2. Población y muestra

3.2.1. Población:

La población estuvo **conformada** por las aguas de los ríos Chotano y Doña Ana.

3.2.2. Muestra:

La muestra estuvo **conformada** por cuatro estaciones de muestreo (09 parámetros por estación), denominadas: EM1, EM2, EM3, EM4.

3.3. Equipos, materiales e insumos

3.3.1 Materiales de campo (Toma de muestras):

- ✓ Coolers.
- ✓ Etiquetas para la identificación de frascos.
- ✓ Frascos de polietileno de 1L.
- ✓ Frascos biológicos esterilizados de vidrio 200mL.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Libreta de campo.
- ✓ lapicero
- ✓ Cinta adhesiva.
- ✓ Gotero
- ✓ Plumón indeleble
- ✓ Reactivos para la preservación de muestras (ácido sulfúrico)
- ✓ Refrigerantes (Ice Pack).

3.3.2. Equipos:

- ✓ GPS.
- ✓ Cámara Fotográfica.
- ✓ Multiparámetro (HANNA) Medidor de pH, Conductividad eléctrica, T°, Sólidos Totales.
- ✓ Turbidímetro (ORÍON AA03010).
- ✓ Peachimetro

3.3.3. Equipos de gabinete

- ✓ Software estadístico (Excel) procesador de datos (Word, Power Point).

3.3.4. Indumentaria de protección

- ✓ Casco
- ✓ Botas de jebe
- ✓ Mascarilla
- ✓ Guantes quirúrgicos
- ✓ Guardapolvo

3.4. Metodología de la investigación

Sitio de muestreo y recolección de muestras de agua: Se tuvo en cuenta el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales con R.J. N° 010-2016-ANA. Se recolectaron muestras de agua de cuatro estaciones de muestreo en época de estiaje (septiembre del 2020) y época de lluvias (febrero del 2021).

Se utilizaron frascos de polietileno de 1L y frascos esterilizados de vidrio de 200 mL para la recolecta de muestras de DBO₅, DQO, CT y CTT. Las muestras fueron etiquetadas, y preservadas siguiendo los procedimientos estándar para evitar la contaminación o el deterioro de la propiedad de las muestras de agua recolectadas. *In situ* se tomaron la T°, pH, Ce, ST y Turbidez.

Análisis: La selección de parámetros en la toma de muestras de calidad de agua se referencian en el D.S. N°004-2017-MINAM.

Parámetros fisicoquímicos

- ✓ pH
- ✓ T°
- ✓ Ce
- ✓ Turbiedad
- ✓ DQO
- ✓ DBO₅

Parámetros microbiológicos

- ✓ Coliformes totales y Termotolerantes

Procedimiento: De pre campo, de campo, de laboratorio, de gabinete.

De pre campo. Se consolidó la información de los ríos donde se realizó el estudio, se buscó información de monitoreo de calidad de agua recurriendo a libros, tesis y artículos, las salidas de campo se realizaron acompañado de un técnico de apoyo designado por la DISA.

De Campo.

a. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

El río Chotano. Nace entre los cerros Chiquirilla y Clorinorco cerca del caserío de Yuracyacu. Sus afluentes en el distrito de Chota son:

- por la margen derecha con la quebrada Colpamayo, San Mateo y Doña Ana
- por la margen izquierda con la quebrada Lopesmayo y Sucsacucho.

El río Doña Ana. Este río también es conocido como Yayuyacu, nace en el distrito de Conchan sus aguas recorren por el Túnel Conchano y pasa a unirse con el río Chotano en el lugar el Paraíso.

b. Puntos de muestreo

La división de puntos de monitoreo se ejecutó tanto aguas arriba como aguas bajo de los principales parajes de contaminación. Se tomó en cuenta lo siguiente.

Accesibilidad a los puntos de muestreo. Se considero sendas seguras, se evitó caminos con pendiente, vegetación densa y terrenos lodosos.

- ✓ Se situó un punto de monitoreo en la cabecera del río Chotano.
- ✓ Se ubicó a una distancia bastante lejos de los focos de contaminación para salvaguardar que no influya en las características naturales de cuerpo de agua.
- ✓ Punto de muestreo aguas abajo. Se ubicó este punto de muestreo a una distancia de 100 a 500 m de acuerdo a la accesibilidad, del caudal, capacidad de depuración.

Representatividad. Las muestras de agua se tomaron en un lugar que presentó flujo constante, se evitó zonas de embalses o turbulencias.

Se tomaron cuatro puntos de muestreo, fueron visitados en dos salidas de muestreo durante septiembre (2020) y febrero (2021) (Tabla 2).

Tabla 2*Puntos o estaciones de muestreo de los ríos Chotano y Doña Ana*

Estación de muestreo	Referencia	Tipo de Matriz	Coordenadas		Altitud msnm
			E	N	
EM1:	“Río Chotano antes de la confluencia con la quebrada Colpa Mayo”.	Agua Superficial	759815	9272781	2319
EM2:	“Río Chotano aguas bajo de la confluencia con la quebrada San Mateo”.	Agua Superficial	757611	9274960	2265
EM3:	“Río Doña Ana antes de la confluencia del río Chotano”	Agua Superficial	755422	9276804	2223
EM 4:	“Río Doña Ana de la confluencia con el río Chotano”.	Agua superficial	755473	9276822	2216

c. Recolecta de muestras por parámetro

c.1. precauciones durante el monitoreo

- ✓ Se evitó el acceso a zonas riesgosas o peligrosas. En época de lluvias (febrero) se utilizó un balde para extraer las muestras de agua. Se consideró las medidas de seguridad utilizando chaleco de seguridad, botas de jebe, casco, mascarilla y guantes.
- ✓ Se utilizó la indumentaria de seguridad (guantes, ropa de trabajo, lentes).

Para todos los parámetros, se ejecutó la toma de muestras en dirección incompatible al flujo del río y a 20 cm por debajo de la corriente, una vez que finalizó la toma de muestras se refrigeró a $0^{\circ} \leq 6^{\circ}C$ y se guardó en el Cooler. (las indicaciones de muestreo químico fueron dadas por el laboratorio que prestó servicio Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca).

➤ Demanda Química de Oxígeno (DQO):

- Se recolectó 100 mL de muestra en frasco de polietileno
- Se obtuvo la muestra a 20 cm por debajo del agua y en contra corriente.

- La muestra se preservó con ácido sulfúrico H_2SO_4 hasta $pH < 2$ (20 gotas o 1mL H_2SO_4).
- Cerrar y homogenizar.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅):**
 - Se extrajo 100 mL de muestra en frasco de polietileno.
 - Se llenó completamente sin burbujas, sin espacio de aire y se cerró.
- **pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Turbiedad.**
 - Se midió con conductímetro, turbidímetro y peachimetro en campo.
- **Coliformes Totales y Termo Tolerantes**
 - Se recolectó 200 mL de muestra en frascos de vidrio estériles.
 - Se extrajo la muestra rápidamente y directo, se dejó espacio de aire, al menos 2,5 cm se consideró las medidas necesarias para no contaminar las tapas de los frascos.
 - No se sobrepasó las 24 horas para hacer llegar las muestras al laboratorio para dicho análisis.

La medición de la temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales y pH se llevó a cabo *in situ*, empleando un conductímetro (ORIÓN AA03010), turbidímetro (HANNA) y peachimetro.

d. Etiquetado de muestras

Dichos frascos fueron etiquetados y rotulados, con letra clara y legible, fueron protegidas con cinta adhesiva transparente conteniendo la siguiente información.

- Número de muestras (orden de muestra).
- Código de identificación.
- Fecha y hora de la toma de muestras.
- Tipo de reactivo de preservación utilizado.
- Tipo de análisis requerido
- Nombre y apellidos del responsable del muestreo, etc.

e. Transporte y conservación de las muestras

Los frascos de vidrio fueron embalados con cuidado para evitar romperlos y se produzca derrames. Las muestras recolectadas se conservaron en cajas térmicas (coolers) a bajas temperaturas ($\leq 6^\circ C$) acondicionando con refrigerantes para el control de temperatura (ice pack).

Las muestras de DQO, DBO₅, CT y CTT se llevaron personalmente hasta el laboratorio Regional del agua de Cajamarca, dentro del tiempo establecido en las recomendaciones para la preservación y conservación.

f. Llenado de cadena de custodia

El formato de cadena de custodia, documento donde se registró toda la información relevante para asegurar la integridad de la muestra desde el momento que se realizó la recolección de las mismas hasta el reporte de los resultados del Laboratorio Regional del agua de Cajamarca, llevo la siguiente información:

Dirección en la que se recolectó las muestras, teléfono y correo electrónico, código del laboratorio, código de campo, firma, fecha y hora del muestreo, origen de la muestra, puntos de muestreo, números de frascos por puntos de muestreo, tipos de frasco utilizados (vidrio y polietileno) y los parámetros que fueron analizados DQO, DBO₅, CT y CTT, preservante de las muestra (ácido sulfúrico H₂SO₄), total de muestras (16), quien entrega, quien recibe, la institución, firma, hora y fecha que fueron recibidas las muestras, el estado en que se encontró las muestras.

Análisis de laboratorio

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio Regional del agua de Cajamarca para su respectivo análisis.

Trabajo de gabinete

“Para determinar la variabilidad de la calidad de agua en los ríos Chotano y Doña Ana se realizó un análisis estadístico descriptivo multivariado, utilizando el software InfoStat, versión 2008” (Di Rienzo et al., 2008).

Con los ACPS se han identificado la tendencia general y la relación entre las variables, use la construcción de biplots con eje x y eje y, que permitieron proyectar las observaciones y las variables simultáneamente en un mismo plano.

Con los resultados de análisis del laboratorio, se procedió a comparar con la normatividad peruana (D.S. N°004-2017-MINAM). En esta investigación, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se compararon con los ECAs- para agua Categoría 3, riego de vegetales y

bebida de animales, ya que en las zonas de estudio se observó actividades agrícolas y ganaderas a pequeña escala.

Tabla 3

Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales Según D.S. N° 004-2017-MINAM

Parámetros	Unidad de medida	D1: riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido ©	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Físicos- Químicos.				
Conductividad eléctrica	(μ S/cm)		2500	5000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Mg/L		15	15
Demanda Química de Oxígeno	Mg/L		40	40
Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH		6,5-8,5	6,5-8,4
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3
Microbiológicos y Parasitológicos				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1000	2000	1000

Nota: NMP/100 número más probable en 100mL.

3.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo multivariado, utilizando el software InfoStat, versión 2008.

Además, se realizó el análisis de correlación de Pearson y de componentes principales (ACP). Que, ante una tabla de datos con muchas variables, el objetivo fue reducir a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Esta técnica permitió hacer análisis de similitudes y disimilitudes entre variables, así mismo permitió reducir la dimensión de las variables cuantitativas que tenemos en nuestra base de datos.

Con los ACPS se han identificado la tendencia general y la relación entre las variables, use la construcción de biplots con eje x y eje y, que permitieron proyectar las observaciones y las variables simultáneamente en un mismo plano.

Por otro lado, también se determinó la calidad de agua de los ríos Chotano y Doña Ana mediante la representación de tablas y figuras en el programa Excel de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, que fueron comparados con los ECAs- para agua establecido por el D.S. N°004-2017-MINAM, categoría 3- Riego de vegetales y bebida de animales.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de correlación de Pearson y de componentes principales para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras colectadas en época de estiaje.

4.1.1. Correlación de Pearson

En la Tabla 4 se presenta el análisis de correlación de Pearson ($p \leq 0,05$) para las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua perteneciente a diferentes estaciones de muestro de los ríos Chotano y Doña Ana de la provincia de Chota en la época de estiaje (setiembre). En ese sentido, se observa que los sólidos totales (ST) poseen alta correlación positiva y significativa con la variable conductividad eléctrica (Ce). De la misma manera, los mismos resultados fueron obtenidos para las variables DQO con la variable DBO₅. Estos resultados indican que, a medida que aumentan los valores de la primera variable los valores de la segunda variable también se incrementan.

“En el primer caso, el valor de la conductividad eléctrica es directamente proporcional a la concentración de sólidos totales, por tanto, cuanto mayor es la concentración de partículas en el agua, mayor será la conductividad eléctrica, pues, la sustancia tendrá mayor capacidad de conducir la corriente eléctrica” (Perugachi, 2015). En el segundo caso, la DQO se correlacionan porque la determinación más rápida DBO₅ puede realizarse evaluando DQO. En ese sentido, “son los parámetros más importantes para medir el grado de contaminación de las aguas, dado que indica la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para oxidar la materia orgánica en el agua, por lo tanto, cuanto mayor sea su concentración más contaminada estará el agua” (Raffo & Ruiz, 2014a).

Tabla 4

Correlación entre Características Fisicoquímicas y Microbiológicas de Agua de las Diferentes Estaciones de Muestreo de los ríos Chotano y Doña Ana de la Provincia de Chota para la Época de Estiaje.

	T°	PH	Ce	TURBIDEZ	ST	CT	CTT	DBO₅	DQO
T°	1								
PH	-0,02ns	1							
Ce	0,38ns	0,9ns	1						
TURBIDEZ	0,82ns	0,54ns	0,79ns	1					
ST	0,38ns	0,9ns	1*	0,79ns	1				
CT	-0,1ns	-0,08ns	-0,3ns	-0,00078ns	-0,3ns	1			
CTT	0,79ns	0,4ns	0,23ns	0,76ns	0,23ns	0,53ns	1		
DBO₅	-0,62ns	0,78ns	0,43ns	-0,06ns	0,43ns	0,18ns	-0,33ns	1	
DQO	-0,62ns	0,78ns	0,43ns	-0,06ns	0,43ns	0,18ns	-0,33ns	1*	1

*significativo y **ns**- no significativo a 5% de probabilidad según el coeficiente de correlación de Pearson

4.1.2. Análisis de componentes principales (ACP)

En relación al ACP, en la Figura 3 se observa el Biplot construido con los dos primeros componentes principales que resultaron de la síntesis de las variables fisicoquímicas y microbiológicas: Temperatura (°C), pH, Ce (mS/cm), Turbidez (NTU), ST (mg/L), CT (NMP/100ml), CTT (NMP/100ml), DBO₅ (mg O₂/L) y DQO (mg/O₂/L).

En ese sentido, en la Figura 3 se observa que el primer componente principal (CP1) ubicado en el eje “x” contribuyó con el 46,6% y el segundo componente principal (CP2) correspondiente al eje “y” con 36,7% de la varianza total. Por esta razón, la suma total de la variabilidad de los dos componentes principales fue de 83,30%, el cual es un valor aceptable de representación de la variabilidad por ser superior a 70% según los criterios de (Iticescu et al., 2019).

Así mismo, en la Figura 3 se observa que la temperatura (T°) y coliformes termotolerantes (CTT) están altamente asociadas entre sí, porque el ángulo que forman los vectores es menor de 90°, de la misma manera, se observa que estas variables se encuentran asociadas

medianamente con la turbidez por estar en la misma dirección y por tener un ángulo menor de 90° .

Además, nótese que la turbidez está asociada a la estación EM4 (río Doña Ana de la confluencia con el río Chotano) (Figura 3). La presencia de turbidez en esta zona de muestreo puede deberse principalmente a la erosión del suelo causada por la turbulencia provocada por el encuentro de las corrientes de las aguas del río Chotano y río Doña Ana, lo cual provoca una coloración marrón claro en el agua. En relación a la turbidez, la USEPAW (2019) indica que es “la cuantificación de la claridad del agua y se encuentra estrechamente asociada con el material suspendido, el cual interfiere en el paso de la luz por medio del agua”. Así mismo, Marín y Arrójas, (2020) mencionan que, “las partículas suspendidas que ocasionan la turbidez en el agua son básicamente microbios, partículas de suelo (arcilla, limo y arena), plancton, algas, y otras sustancias”.

Por otro lado, se observa que las variables ST (sólidos totales) y Ce (conductividad eléctrica) están correlacionadas porque sus vectores están superpuestos, indicando que estas características son directamente proporcionales. Así mismo, estas variables están asociadas con la variable potencial de hidrógeno (pH), dado que el ángulo de los vectores es pequeño (Figura 3). En el primer caso, “el valor de la Ce es directamente proporcional a la concentración de ST, por tanto, cuanto mayor es la concentración de partículas del agua, mayor será la Ce, pues, la sustancia tendrá mayor capacidad de conducir la corriente eléctrica” (Perugachi, 2015).

De otro lado, se observa que la variable pH se asocia de manera positiva con las variables DBO₅ y DQO porque sus vectores son menores a 90° , es decir que a medida que los valores de pH aumenta los valores de DBO₅ y DQO también se incrementan (figura 3), por otro lado, se observa que estas variables se encuentran asociadas a la estación EM2. Estos resultados probablemente son debido a la presencia de materia orgánica, aguas negras, domésticas e industriales lo cual origina la contaminación en el agua, provocando el aumento del pH, Ce, ST, DBO₅ y DQO, etc. Resultados similares fueron determinados por Serrano et al. (2009) trabajando en el tratamiento de aguas residuales de bodega en vinicultura

Así mismo, en la Figura 3, se observa que, en la estación de estiaje, las variables DQO y DBO₅ se encuentran altamente correlacionadas y de manera positiva, además se observa que están asociadas con la EM2, dado que sus vectores que los representan están en la misma dirección y superpuestos, indicando de esta forma que, en la estación EM2 existen altos valores de DQO y DBO₅, además, esta asociación revela que, esta zona de muestreo de agua es la más

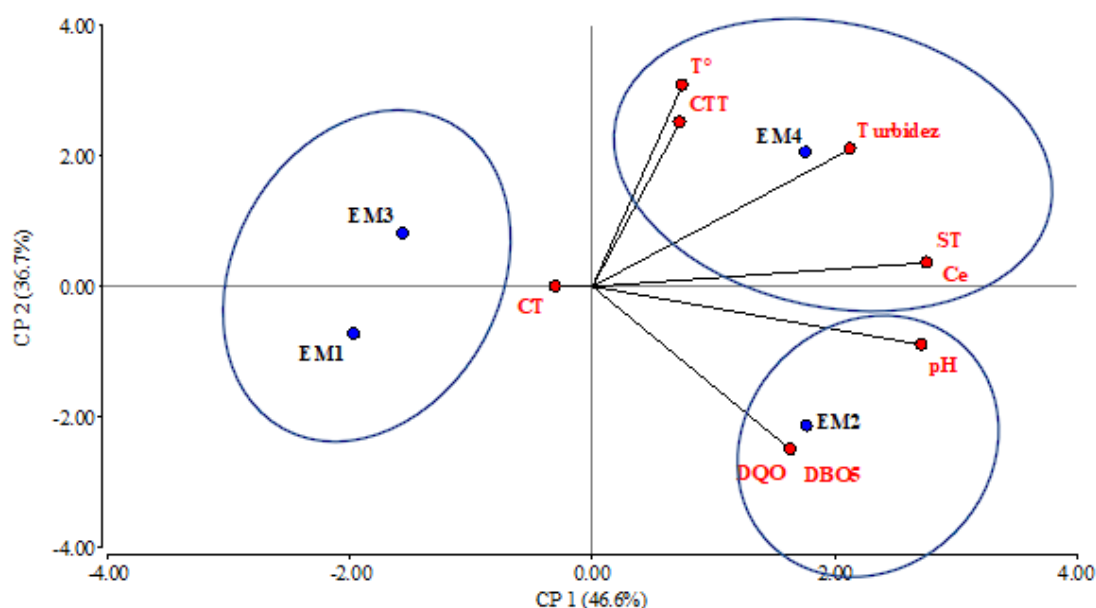
contaminada producto de los vertimientos orgánicos e inorgánicos (aguas residuales urbanas, descargas domésticas, agrícolas, erosión del suelo, etc.) que se observó de manera presencial en el momento de la colecta de las muestras de agua. Por lo tanto, “a mayor cantidad de materia orgánica contenida en la muestra de agua, mayor cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla o degradarla” (Raffo & Ruiz, 2014a).

Resultados similares a los obtenidos en este estudio, fueron reportados por Rivera et al., (2013) estudiando la calidad de agua en humedales, los autores determinaron que el oxígeno disuelto (OD) presentó tendencia decreciente a medida que se incrementó la DBO₅ y DQO lo cual se debe a la presencia de materia orgánica en este tipo de ecosistemas dado que su descomposición consume oxígeno, lo cual provoca la desoxigenación en el agua.

De otro lado, en la Figura 3, se observa que, las estaciones EM1 y EM3 se encuentran formando un grupo opuesto a las estaciones EM2 y EM4. Se observa también que estas estaciones de muestreo no se encuentran asociadas a ninguna de las variables físicas, químicas y microbiológicas, lo que indica que el agua de estas estaciones posee mejores características de calidad por el bajo grado de contaminación, dado que las aguas presentaron escasa materia orgánica, baja concentración de nutrientes y contaminantes. Resultados similares fueron obtenidos por Mási et al. (2015) trabajando en aguas residuales de bodega en viticultura.

Figura 3

Biplot de componentes principales (CP1 y CP2) de las variables T°, pH, Ce, Turbidez, ST, CT, CTT, DBO₅ y DQO, en época de estiaje.



4.2. Análisis de correlación de Pearson y de componentes principales para las características fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras colectadas en época de lluvias.

4.2.1. Correlación de Pearson

En la Tabla 5 se presenta el análisis de correlación de Pearson ($p \leq 0,05$) para las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua perteneciente a diferentes estaciones de muestreo de los ríos Chotano y Doña Ana de la provincia de Chota en la época de lluvias (febrero). En ese sentido, se observa que la conductividad eléctrica (Ce) se correlacionó de manera positiva y significativa ($p \leq 0,05$) con los sólidos totales (ST) y coliformes totales (CT). Los mismos resultados fueron observados para coliformes totales (CT) y sólidos Totales (ST), del mismo modo, los mismos resultados fueron observados para las variables DQO y coliformes Termotolerantes (CTT). Estos resultados indican que a medida que aumentan los valores de una variable los valores de la otra variable también aumentan. Resultados diferentes fueron determinados por Montoya et al. (2019) estudiando “la calidad biológica y fisicoquímica de tres fuentes de agua y su relación con el fenómeno de El Niño y La Niña, los autores determinaron que en aguas oxigenadas presentaron bajos valores de conductividad eléctrica, turbiedad, neutras y baja concentración de nutrientes”.

“Las elevadas concentraciones de coliformes totales (CT) pueden deberse al aporte de bacterias provenientes de aguas residuales domésticas de las comunidades cercanas a los ríos y a las precipitaciones que arrastran bacterias y materia orgánica; estos factores además de incrementar la población bacteriana en el agua favorecen su supervivencia (Ferguson et al, 1996). Por otro lado, la conductividad eléctrica (Ce) se convierte en una medida de sólidos disueltos totales (SDT) y los niveles elevados corresponden a una mezcla de aguas de alcantarillado en el agua de los ríos” (Siamak y Srikantaswamy, 2009).

Tabla 5

Correlación entre características fisicoquímicas y microbiológicas de agua de las diferentes estaciones de muestreo de los ríos Chotano y Doña Ana de la provincia de Chota para la época de lluvias.

	T°	pH	Ce	TURBIDEZ	ST	CT	CTT	DBO₅	DQO
T°	1								
pH	-0,16ns	1							
Ce	0,69ns	0,58 ns	1						
TURBIDEZ	0,33ns	0,43 ns	0,39 ns	1					
ST	0,69 ns	0,58 ns	1*	0,39 ns	1				
CT	0,46 ns	0,8 ns	0,95*	0,5 ns	0,95*	1			
CTT	0,09 ns	0,85 ns	0,77 ns	0,07 ns	0,77 ns	0,86 ns	1		
DBO₅	-0,77 ns	0,71 ns	-0,07 ns	-0,16 ns	-0,07ns	0,19 ns	0,57 ns	1	
DQO	0,06 ns	0,82 ns	0,74 ns	-0,01 ns	0,74 ns	0,82 ns	1*	0,58 ns	1

* significativo y **ns-** no significativo a 5% de probabilidad según el coeficiente de correlación de Pearson.

4.2.2. Análisis de componentes principales (ACP)

Los resultados correspondientes al ACP de la calidad del agua en el río Chotano y Doña Ana en la época de lluvias, se presenta en el biplot que resultó de la síntesis gráfica de las variables fisicoquímicas y microbiológicas: T° (°C), pH, Ce (mS/cm), Turbidez (NTU), ST (mg/L), CT (NMP/100ml), CTT (NMP/100ml), DBO₅ (mg O₂/L) y DQO (mg/O₂/L) (Figura 4).

En ese sentido, los dos primeros componentes principales explican el 88,8% de variabilidad total de los datos. El componente principal (CP1) ubicado en el eje “x” explicó la mayor variabilidad con un 60,4%, entre tanto, el componente principal dos (CP2) correspondiente al eje “y” representó el 28,4%, representando en ambos la mayor variabilidad de los datos estudiados.

Analizando la DBO₅, se observa que está correlacionada con el pH, del mismo modo, las variables DQO y coliformes termotolerantes (CTT) se encuentran asociados porque el ángulo

que forman sus vectores tiene tendencia a ser más agudo. Además, estas variables se encuentran asociadas a la estación EM2 (Figura 4).

Estos resultados son semejantes a los determinados en la época de estiaje, demostrando que es un problema recurrente debido a la presencia antrópica de las personas, las cuales realizan sus actividades durante todo el año. Ahora bien, todas las actividades realizadas generan desechos al río lo que ocasiona el aumento de la concentración de materia orgánica, con lo cual para ser descompuesta y/o consumida por los organismos necesitarán de mayor demanda de oxígeno.

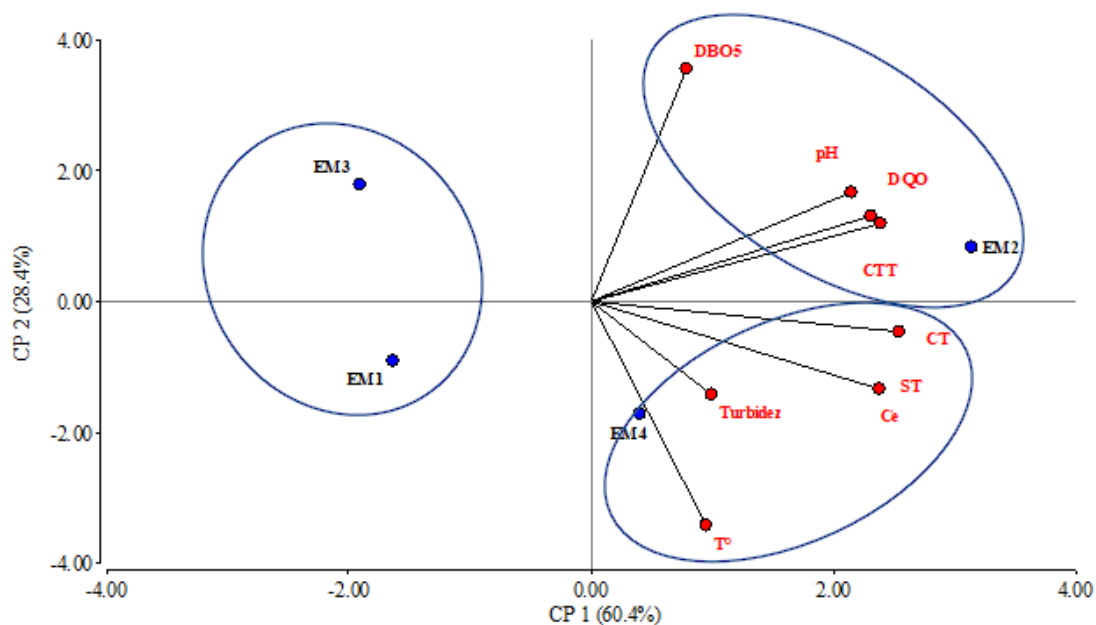
Por otro lado, las variables coliformes totales (CT), sólidos totales (ST) y conductividad eléctrica (ce) se encuentran altamente correlacionadas, dado que, sus vectores se encuentran en la misma dirección, así mismo, se observa que los coliformes totales (CT) se encuentran asociados a la EM2 (río Doña Ana de la confluencia con el río Chotano), Estos resultados muestran que la estación EM2 es una zona donde los niveles de contaminación son críticos, puesto que las aguas que discurren por este lugar llegan con bastante concentración de materia orgánica, nutrientes vegetales inorgánicos, sedimentos o materiales suspendidos, etc.

Así mismo, se observa en la Figura 4 que, la turbidez se encuentra correlacionada a la temperatura (T°) y asociada a la EM4 (río Doña Ana de la confluencia con el río Chotano). Al respecto, Bouteraa et al. (2019) explican que dos variables son poco correlacionadas cuando las direcciones de sus vectores representan ángulos de 90° o cercanos a 90° .

Por otro lado, se observa en la estación EM1 que el agua es similar a la de la EM3 porque en estas estaciones los niveles de contaminación son leves, puesto que las aguas que discurren llegan posiblemente auto depuradas o en estas zonas existe escasa intervención antropogénica.

Figura 4

Biplot de componentes principales (CP1 y CP2) de las variables T° , pH, Ce, Turbidez, ST, CT, CTT, DQO y DBO5, en la época de lluvias.



4.3. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3 (D1: Riego de vegetales y D2: bebida de animales) según D.S N° 004-2017-MINAM.

4.3.1. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3 (D1 y D2) en época de estiaje.

Es necesario destacar que, de los nueve parámetros evaluados tres de ellos (turbidez, sólidos totales (ST) y coliformes totales (CT)) no son considerados en los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 3: D1 y D2 (D.S N° 004-2017-MINAM).

Turbidez

En relación a la turbidez, los valores fueron variando en todas las estaciones de muestreo como se presenta en la figura 5, siendo en la EM1 la más baja (1,83 NTU) y en la EM4 la más alta (10,2 NTU). De estos resultados se puede afirmar que, en la EM1 el agua presenta una turbidez moderada y en la EM4 el agua es más turbia debido a que existe una mayor cantidad de partículas en suspensión.

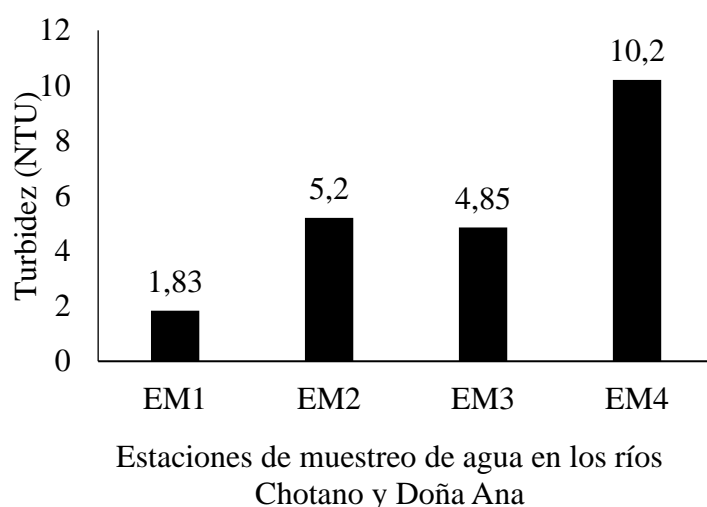
Suarez y Rosas (2020) indican que cuantos más sólidos en suspensión existe en el agua, tiene una apariencia más turbia. Así mismo, Godoy (2018) menciona “que las partículas en suspensión, materia orgánica en suspensión aumenta la posibilidad de refugio de bacterias, virus y protozoos patógenos en los micro huecos de las partículas en suspensión, también difunden

la luz solar y absorben calor por lo general puede originar aumento en la temperatura y una reducción de luz para la fotosíntesis de las algas”.

Por otro lado, Godoy (2018) “explica que la turbidez es la medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión, arcilla, limos, coloides orgánicos, plancton y organismos microscópicos”.

Figura 5

Turbidez en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo



Nota. Este parámetro de la turbidez no se puede comparar con los ECAs- para agua porque no se encuentra considerado según D.S. N° 004-2017-MINAM.

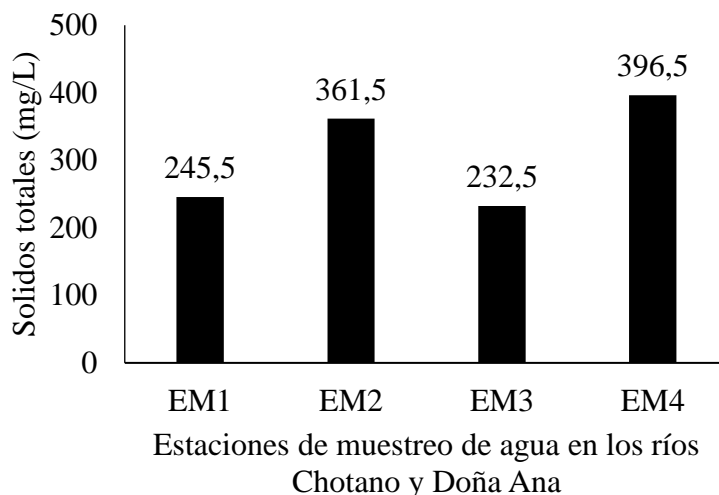
Sólidos totales

Los sólidos totales determinados en las estaciones de muestreo se encuentran en el rango de 232,5 mg/L a 396,5 mg/L, entre tanto, los valores son más elevados en la EM2 y EM4. En las estaciones EM1 y EM3 los valores de sólidos totales son bajos a diferencia de la EM2 y EM4 donde se produce un incremento significativo de sólidos totales, estos valores probablemente pueden estar asociados a la actividad agrícola y ganadera que aumenta la producción de sedimentos y escorrentía, también probablemente se deba a la presencia de la quebrada San Mateo en la EM2 que aporta sólidos totales a todo el río y a la unión de las corrientes de agua de los ríos Chotano y Doña Ana en la EM4.

Mencias (2018) menciona que en la industria los sólidos totales del agua perturban directamente la cantidad de lodos que se produce en el sistema de tratamiento o disposición, mientras que en las aguas naturales como en agua de lagos los sólidos disueltos afectan el paso de luz en la columna de agua.

Figura 6

Sólidos totales en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo



Nota. Este parámetro de la turbidez no se puede comparar con los ECAs- para agua porque no se encuentra considerado según D.S. N° 004-2017-MINAM.

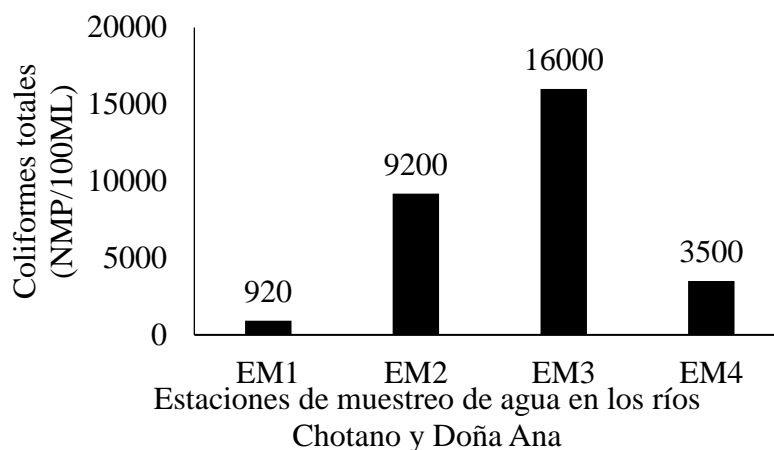
Coliformes totales

Los mayores valores de coliformes totales ascendentes a 16000 NMP/100ml (Figura 7) fueron registrados en la estación EM3 (río Doña Ana antes de la confluencia con el río Chotano) resultados que podría ser debido a las aguas servidas que son vertidas en el cauce del río por las personas que viven en las riberas y alrededores. Otro de los factores puede ser la presencia de actividades agropecuarias en las riberas de los ríos, dado que el río lo usan para dar de beber a sus animales (vacas, cerdos, caballos, etc.).

Resultados similares de 16000NMP/1000mL y 5530NMP/100mL fueron determinados por Ruiz (2021) en la microcuenca del río Lluhca, Amazonas. El autor determinó que la actividad ganadera fue una de las actividades más significantes en las cuencas y microcuencas hidrográficas, que contribuyó con la contaminación del agua.

Figura 7

Coliformes totales en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo



Nota. Este parámetro de la turbidez no se puede comparar con los ECAs- para agua porque no se encuentra considerado según D.S. N° 004-2017-MINAM.

Temperatura

En la figura 8 se presenta los resultados de la temperatura registrada en cada una de las estaciones de muestreo, en este sentido, se observa que hubo una variación moderada en todas las estaciones, siendo en la EM1 (15,6 °C), EM2 (15,3°C), EM3 (16,2 °C), EM4 (17,2°C). Resultados similares fueron reportados por SENAMHI (2020) para el río Chotano en el mes de setiembre con máxima de 22,8 °C y mínima de 10,1 °C. Así mismo, Diaz et al., (2018), reportó valores de 15,6 °C y 20,34 °C para la quebrada Colpamayo en Chota. De esta forma los valores encontrados están dentro de lo normal, puesto que no exceden el promedio mensual multianual de 25 °C de acuerdo a lo señalado por los ECAs- para agua, categoría 3, sub categoría D1 y D2 (D.S N°004-2017-MINAM).

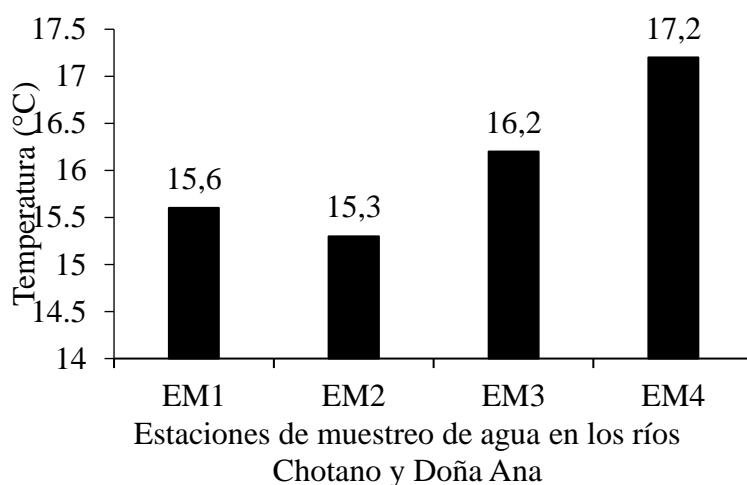
En la figura 8 se observa que en la estación EM4 la temperatura del agua es mayor en relación a las otras, esto podría deberse a los altos valores de turbidez, tal como lo sostiene Rodríguez y Silva (2015) que “a mayor cantidad de partículas suspendidas en el agua absorberán mayor el calor del sol y por ello aumenta la temperatura del agua, lo que a su vez reduce los niveles de oxígeno disuelto. Además, como las partículas dispersan la luz, éstas impiden que las plantas

ubicadas a mayores profundidades, reciba luz afectando la actividad fotosintética y por tanto causan su muerte”.

Así mismo Rodríguez y Silva (2015) mencionan “que es importante conocer la temperatura del agua porque puede ayudar a predecir la calidad del agua. Porque esta tiene influencia directa sobre oxígeno disuelto (OD) y demanda biológica de oxígeno (DBO)”.

Figura 8

Temperatura en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 9 se presenta los resultados para potencial de hidrógeno (pH) en cada uno de los puntos de muestreo en estiaje. De esta manera, se determinó que los valores registrados en todas las estaciones están dentro del rango establecido por la normativa de la calidad de agua para riego de vegetales y bebida de animales inscritos en la categoría 3 según el D.S. N° 004-2017-MINAM.

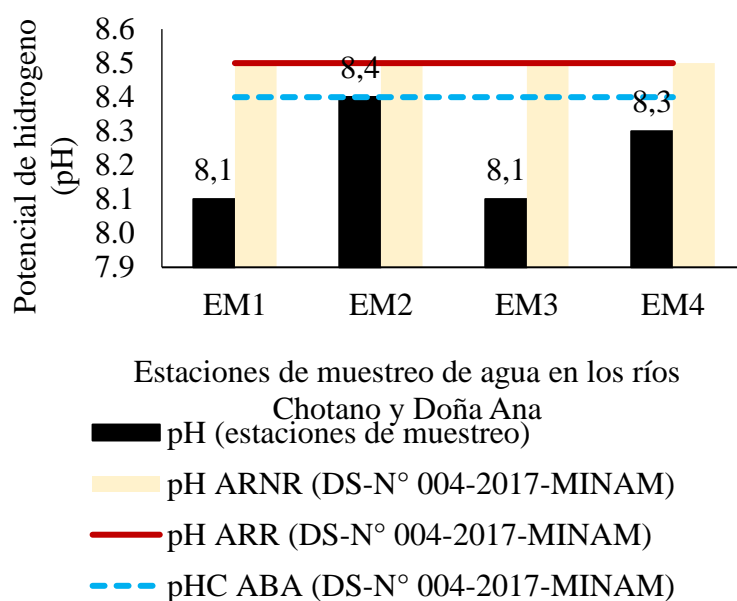
En relación al pH, Pérez-Castillo y Rodríguez (2008) señalan que “en el intervalo de 6,5 a 8,5, el agua es apropiada para la subsistencia de muchos sistemas biológicos, entre tanto, valores superiores a 9,0 y menores de 5,8 producen limitaciones al desarrollo y a la fisiología de los organismos acuáticos”.

Ahora bien, los resultados más elevados de pH en las estaciones EM1 y EM3, se debieron probablemente a la presencia de mayores actividades humanas lo que generó presencia de materia orgánica. Al respecto, Martínez et al. (2013) mencionan que “el pH depende de los procesos heterotróficos que ocurren en el cuerpo de agua, principalmente la descomposición

aeróbica de la materia orgánica durante el periodo estiaje e inicio de la temporada de lluvias cuando aumenta la carga de materia orgánica producto del lavado y escurrimiento de los ecosistemas asociados al sistema fluvial”.

Figura 9

Potencial de hidrógeno en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA agua para bebida de animales.

Conductividad eléctrica

En relación a la conductividad eléctrica (Figura 10), se observa que los valores registrados en las cuatro estaciones EM1 (491 $\mu\text{S}/\text{cm}$), EM2 (723 $\mu\text{S}/\text{cm}$), EM3 (465 $\mu\text{S}/\text{cm}$), EM4 (793 $\mu\text{S}/\text{cm}$) están dentro de los valores establecidos por la normativa de la calidad de agua para riego de vegetales y bebida de animales inscritos en la categoría 3 según el D.S. N° 004-2017-MINAM. En ese sentido, de acuerdo a este parámetro el agua se puede utilizar para estos fines

Sin embargo, los valores de C_e indican que las aguas de los puntos de muestreo no son apta para el consumo humano de forma directa, por lo que se debe realizar un tratamiento de

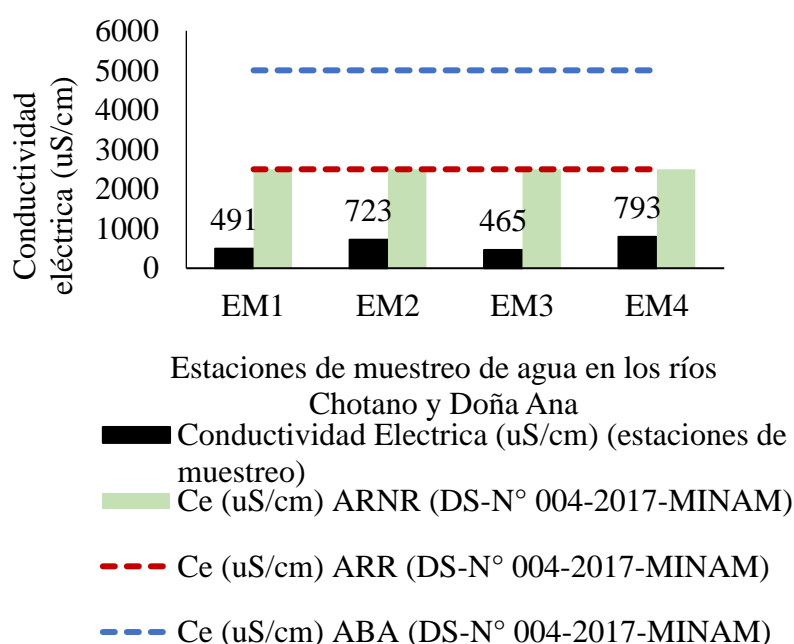
antes de ser utilizadas. Al respecto, MINAM (2017) menciona que el agua para ser potabilizada con tratamiento de desinfección el valor es 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el agua para ser potabilizada con tratamiento convencional es de 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el consumo humano.

De otro lado, se observa que la Ce en las estaciones EM2 y EM4, los valores fueron superiores a las otras estaciones. Esto demuestra que, en estos puntos de muestreo hubo mayores cantidades de sales que fueron provenientes de los vertederos domésticos situados en los alrededores. Al respecto, Jurado et al. (2018) mencionan que uno de los elementos que ocasiona el aumento de la Ce es la presencia de los detergentes clásicos, pues estos contienen gran cantidad de fósforo y otras sales que causan la eutrofización del medio.

Otro de los factores a considerar para el aumento de la Ce es el uso de fertilizantes como urea, cloruro de potasio, fosfatos, etc. en la zona de estudio, puesto que, la falta de tecnologías de aplicación y estudios de los requerimientos nutricionales del cultivo, están haciendo que se use de manera inadecuada. En ese sentido, para evitar problemas futuros se recomienda el uso de abonos verdes (plantas de cobertura), abonos orgánicos, rotación de cultivos, entre otras prácticas de manejo amigables con el medio ambiente.

Figura 10

Conductividad eléctrica en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs-para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA agua para bebida de animales.

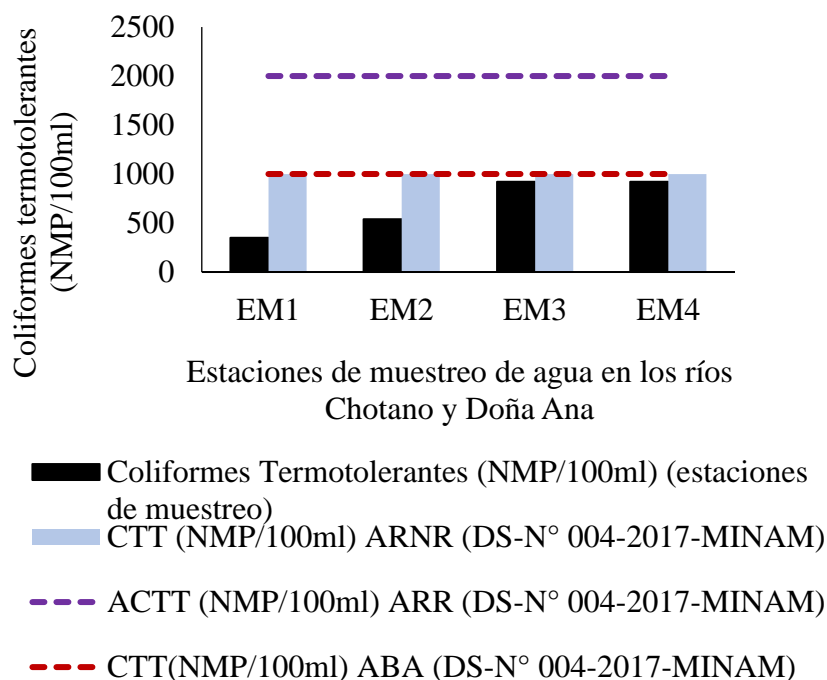
Coliformes Termotolerantes

Los valores de coliformes termotolerantes registrados en las diferentes zonas de muestreo están por debajo de los límites permisibles de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAM. En ese sentido, el agua se puede utilizar para riego restringido, no restringido y para bebida de animales. Sin embargo, se observa (Figura 11) que en las estaciones EM3 y EM4 los valores fueron superiores a las estaciones EM1 y EM2, llegando a valores cercanos a 1000 NMP/100 ml. Estos resultados, puede ser debido a la presencia de desechos domésticos de aguas servidas en estas zonas. Resultados similares fueron reportados por Cuellar et al., (2019) en la cuenca del río Huaura, los autores relacionaron sus resultados con el nulo tratamiento de las aguas servidas.

Se recomienda tomar acciones para controlar la contaminación en estas zonas, de lo contrario en el corto y mediano plazo estas aguas llegarán a tener valores de coliformes termotolerantes por encima de lo permitido, con lo cual no se podrá hacer uso para el riego no restringido y como bebida de animales en general.

Figura 11

Coliformes Termotolerantes en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs-para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA agua para bebida de animales.

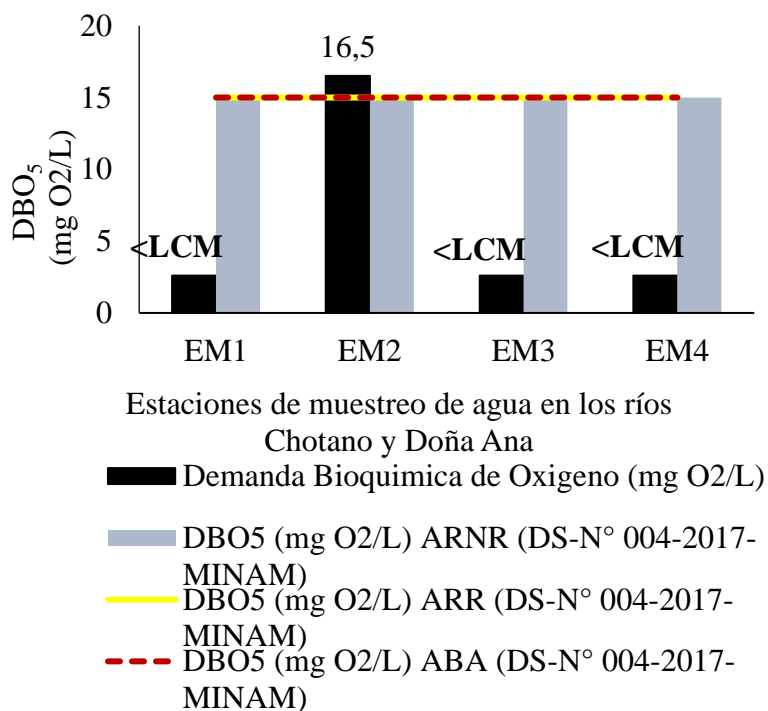
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Se observa que los valores de la DBO₅ en las estaciones EM1, EM3 y EM4 son menores a los límites de cuantificación (< LCM). En ese sentido, el agua de las zonas de muestreo si cumplen con los estándares estipulados en el D.S. N° 004-2017-MINAM (Figura 12)

No obstante, en la estación EM2 los valores de 16,5 mg/L de DBO₅ superaron a los límites permisibles. Estos resultados son debido a que, en esta zona hay presencia de grandes cantidades de sustancias orgánicas (excrementos de animales, hojas, animales muertos, vertidos de aguas residuales urbanas, etc) originadas por las actividades de los pobladores de las zonas adyacentes. En ese sentido, la presencia de restos orgánicos en la zona ocasiona el aumento de la actividad metabólica de los microorganismos presentes en agua para degradar la materia orgánica y por tanto se eleva la DBO (Villanueva, 2019). Esto es un problema porque hay mayor consumo de oxígeno disuelto en el agua generando un empobrecimiento de la diversidad biológica.

Figura 12

DBO₅ en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA agua para bebida de animales.

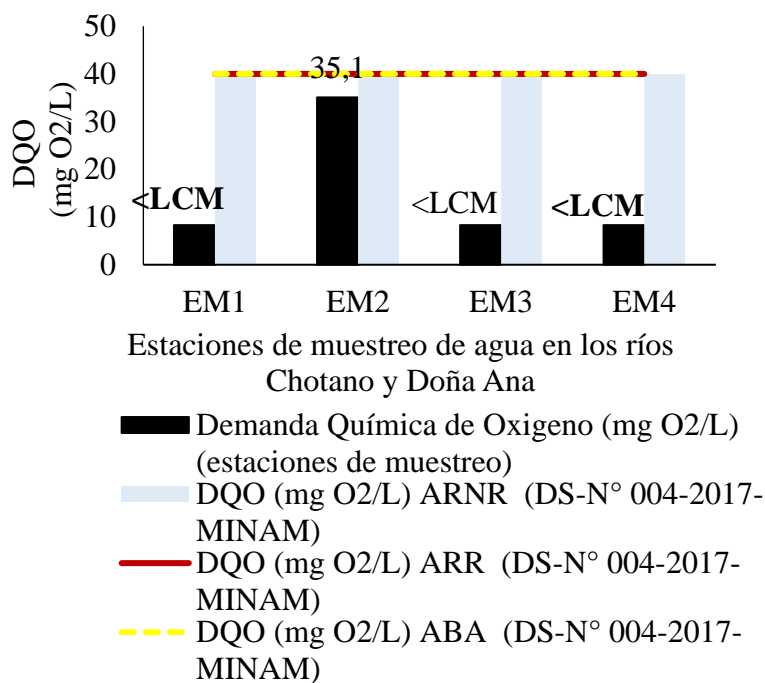
Demanda química de oxígeno (DQO)

Los valores de la DQO analizados en todas las estaciones de muestreo se encuentran por debajo de límite de los ECAs- para agua categoría 3, según el D.S. N° 004-2017-MINAM, lo cual indica escasa presencia de materia orgánica. Biodegradable. Resultados similares fueron determinados por Gualdrón (2016) estudiando la calidad de aguas de los ríos en Colombia.

Sin embargo, al igual que en el parámetro DBO₅ en la estación EM2 se registraron los mayores valores de 35,1. Esto era de esperarse porque, ambos parámetros son directamente proporcionales (Fernández, 2003)(Fernández, 2003). Estos resultados nos dan una idea del nivel de contaminación del agua, por lo general en la teoría la DBO₅ debe ser la mitad de la DQO, de acuerdo a los análisis del laboratorio la DBO₅ se encuentra por la mitad de la DQO indicando una aceptabilidad para aguas biodegradables (Figura 13).

Figura 13

DQO en época de estiaje (septiembre) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA agua para bebida de animales.

4.3.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, Categoría 3 (D1 y D2) en la época de lluvias.

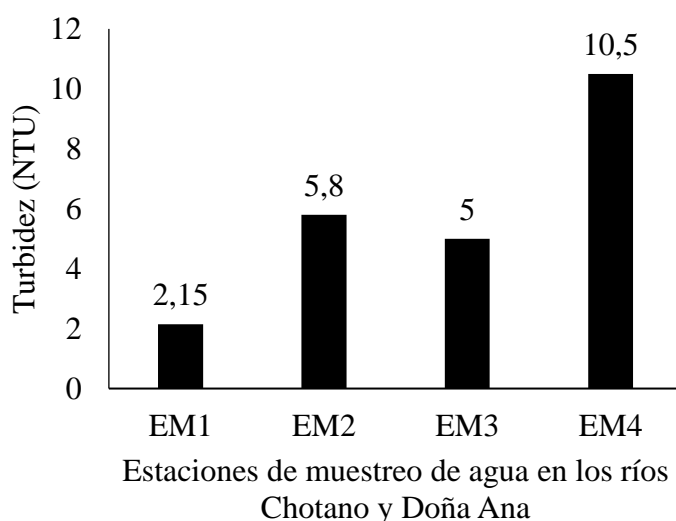
Turbidez

En relación a la turbidez, en la estación EM1 se registraron los valores más bajos de 2,15 UNT, esto es un indicador de que las aguas en este punto de muestreo presentaron menor concentración de sólidos suspendidos, debido a la poca actividad humana en los alrededores por causa de la elevación del caudal del río. Otro aspecto a considerar, es la ubicación de la zona de muestreo, puesto que corresponde a la zona más alta y por tanto no es afectada por la desembocadura de otros afluentes que pueden contaminar las aguas (Figura 14)

De otro lado, en la estación EM4 se observó los niveles más altos de turbidez, indicando que las aguas en este punto de muestreo existen alta concentración de partículas en suspensión, producto de aumento del caudal en los ríos por las lluvias, y también debido a la presencia de afluentes provenientes de pueblos aledaños cargados de aguas servidas, desechos sólidos, líquidos, residuos orgánicos, suelos erosionados, etc. Al respecto, Sánchez (2017) menciona que la acumulación de partículas en un determinado lugar es debido a los sedimentos procedentes de la erosión, descarga de efluentes, crecimiento de algas, escorrentías urbanas, altas precipitaciones, entre otros.

Figura 14

Turbidez en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo



Nota. Este parámetro de la turbidez no se puede comparar con los ECAs-para agua porque no se encuentra considerado según D.S. N° 004-2017-MINAM.

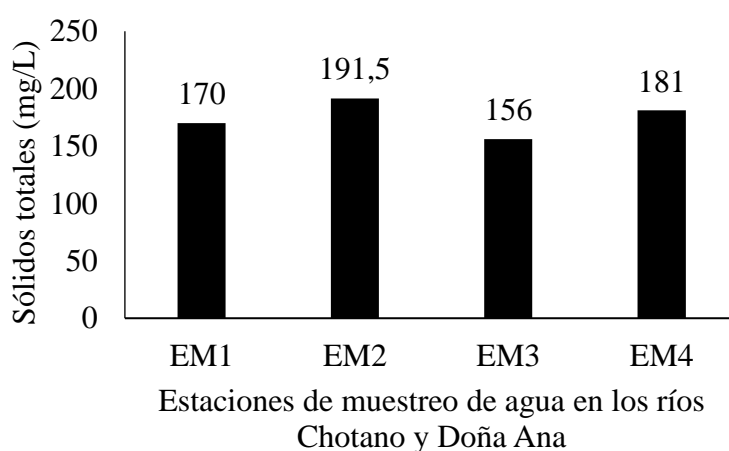
Sólidos totales

En la Figura 15 se observa que, los valores más altos de sólidos totales fueron registrados en las estaciones EM2 y EM4 con 191,5 y 181mg/L, respectivamente. Entre tanto, valores inferiores de 156 mg/L fueron cuantificados en la estación EM3. En ese sentido, la razón principal para el incremento de los sólidos en estos puntos de muestreo sería el desarrollo de actividades antropogénicas y a la presencia de afluentes.

Al respecto, Aveiga et al., (2019) indican que “la concentración de los sólidos totales pueden ser de naturaleza orgánica e inorgánica que son depositados en el medio acuático cubriendo algunas especies marinas, atribuyendo a la cantidad de sólidos en suspensión, producto del arrastre de materia viva y muerta de los asentamientos en los alrededores de los ríos durante el periodo de lluvia”.

Figura 15

Sólidos totales en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo



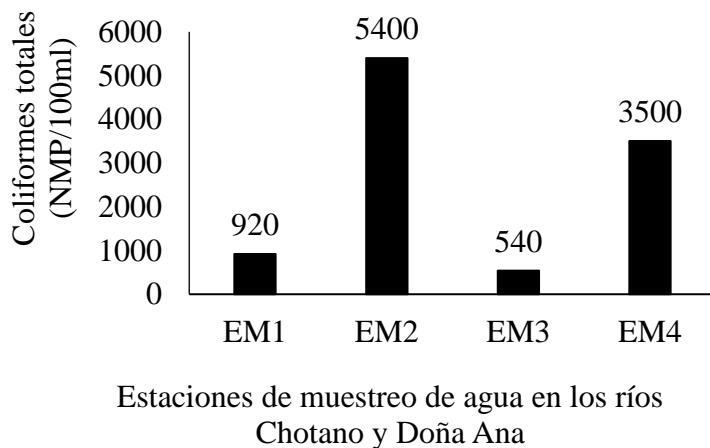
Nota. Este parámetro de la turbidez no se puede comparar con los ECAs-para agua porque no se encuentra considerado según D.S. N° 004-2017-MINAM.

Coliformes totales

Los mayores valores de coliformes totales ascendentes a 5400 NMP/100mL fueron determinados en la EM2, este resultado podría ser debido principalmente a la presencia de afluentes que vierten residuos humanos, animales y sedimentos producto de la erosión de suelos por causa de las fuertes lluvias en esta época del año. Ahora bien, en las estaciones EM1 y EM3, presentaron los valores más bajos de 920 y 540 NMP/100mL, respectivamente (Figura 15), estos resultados contrarios a las primeras zonas son debido a la poca presencia de actividades antrópicas en esta época, dado que el río Doña Ana aumenta su caudal. Según, Almerco (2019) “la presencia de coliformes en aguas superficiales indica presencia de residuos humanos, animales o erosión del suelo, o de una combinación de las tres fuentes” (Figura 16).

Figura 16

Coliformes totales en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo



Nota. Este parámetro de la turbidez no se puede comparar con los ECAs-para agua porque no se encuentra considerado según D.S. N° 004-2017-MINAM.

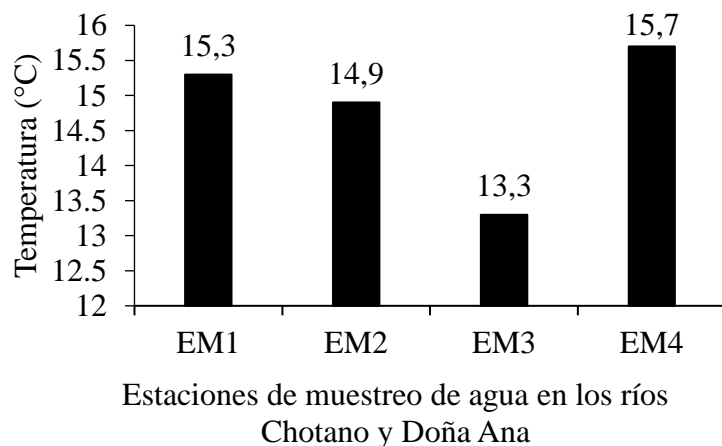
Temperatura

En la figura 17 se presenta los resultados de temperatura (°C) registrada en cada una de las estaciones de muestreo, en este sentido, se observa que hubo una variación moderada en todas las estaciones de muestreo: EM1 (15,3°C), EM2 (14,9°C), EM3 (13, 3°C) y EM4 15,7°C. Sin embargo, en la estación EM3 se registró la temperatura más baja, este resultado fue posiblemente a la presencia de vegetación arbustiva y arbórea en los alrededores, lo cual provocó sombra y por tanto una disminución de la temperatura.

Resultados similares fueron determinados por Perez (2017) “en los meses de diciembre y mayo 20,31°C y 17,81°C, respectivamente, sin embargo, en el mes de septiembre fue de 18,18°C. Por otro lado, en el punto de monitoreo de Huambocancha Baja se registró valores de 18,94; 15,48 y 14,41°C para septiembre, diciembre y mayo, respectivamente”.

Figura 17

Temperatura en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs-para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Los valores de la temperatura en la época de lluvias se encuentran dentro de los LMPs del ECA para agua categoría 3 D1: riego de vegetales y D2: agua para bebida de animales según D.S. N°004-2017-MINAM.

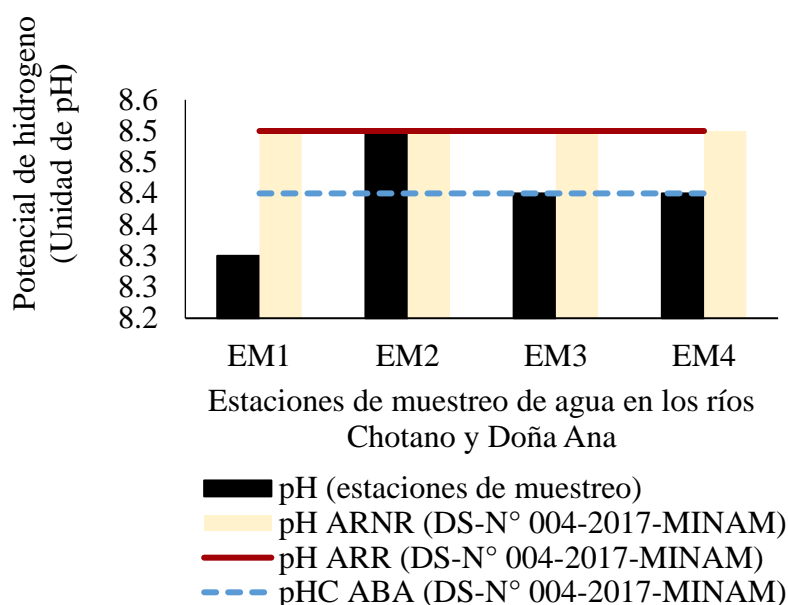
Potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 18 se presenta los resultados del potencial de hidrógeno (pH) en cada uno de los puntos de muestreo para la época de lluvias. En ese sentido, fue determinado que los valores del pH en la estación EM2 superó a los valores establecidos por el D.S. N° 004-2017-MINAM para la bebida de animales. No obstante, el agua en las estaciones EM1, EM3 y EM4 pueden ser utilizados tanto para riego restringido y no restringido, así como para bebida de animales. Al respecto, Paredes et al. (2004) mencionan que, en agua dulce, un pH con un valor de 6,5 a 8,5 es adecuado para el desarrollo y sobrevivencia de los organismos acuáticos.

“Con esto, se puede inferir que, en esta época no hay factores como desechos de agricultura, los drenajes ácidos de minería y las emisiones de combustibles fósiles, como el dióxido de carbono que pueden ocasionar variación en el pH de un río” (García et al., 2019).

Figura 18

Potencial de hidrógeno en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA agua para bebida de animales.

Conductividad eléctrica

Los valores de la Ce registrados en las cuatro estaciones EM1 (340 $\mu\text{S}/\text{cm}$), EM2 (383 $\mu\text{S}/\text{cm}$), EM3 (312 $\mu\text{S}/\text{cm}$), EM4 (362 $\mu\text{S}/\text{cm}$) están dentro de los valores establecidos por la normativa de la calidad de agua para bebida de animales y riego de vegetales inscritos en la categoría 3 del D.S. N° 004-2017-MINAM. (Figura 19).

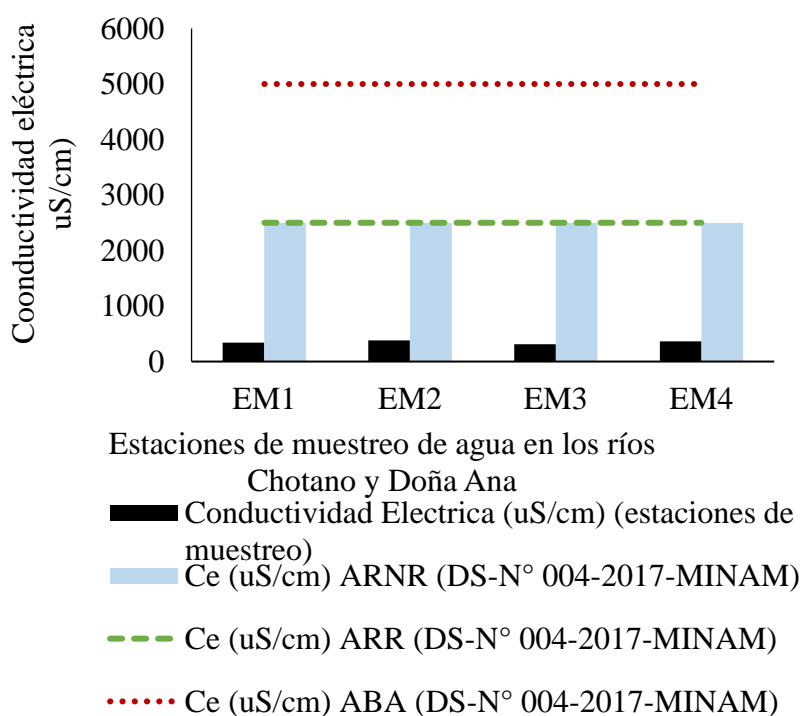
De otro lado, se observa que la Ce en las estaciones EM2 y EM4 los valores fueron superiores a las otras estaciones. Esto demuestra que, el impacto de la contaminación en la calidad del agua de los cuerpos receptores se observa en los valores elevados de la conductividad eléctrica en las EM2 y EM4, como resultado del incremento de los sólidos totales.

“En tal sentido la conductividad eléctrica es el parámetro más usado para determinar la calidad del agua, esto se debe a la rapidez de su medición y al ser una representación total de soluciones disueltas totales, permite descubrir variaciones en la composición química de los

componentes del agua; tal es la importancia en los seguimientos de controles de calidad para la toma de medidas correctivas y preventivas” (Fernández-Rodríguez et al., 2018).

Figura 19

Conductividad eléctrica en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA agua para bebida de animales.

Coliformes Termotolerantes

Las concentraciones más altas de Coliformes Termotolerantes se presenta en la estación EM2 con un valor de 2200NMP/100ml, probablemente debido a la contaminación causadas por las descargas de aguas negras de la quebrada San Mateo, vertimiento de residuos sólidos y la crianza de animales y sembrío de cultivos (figura 20).

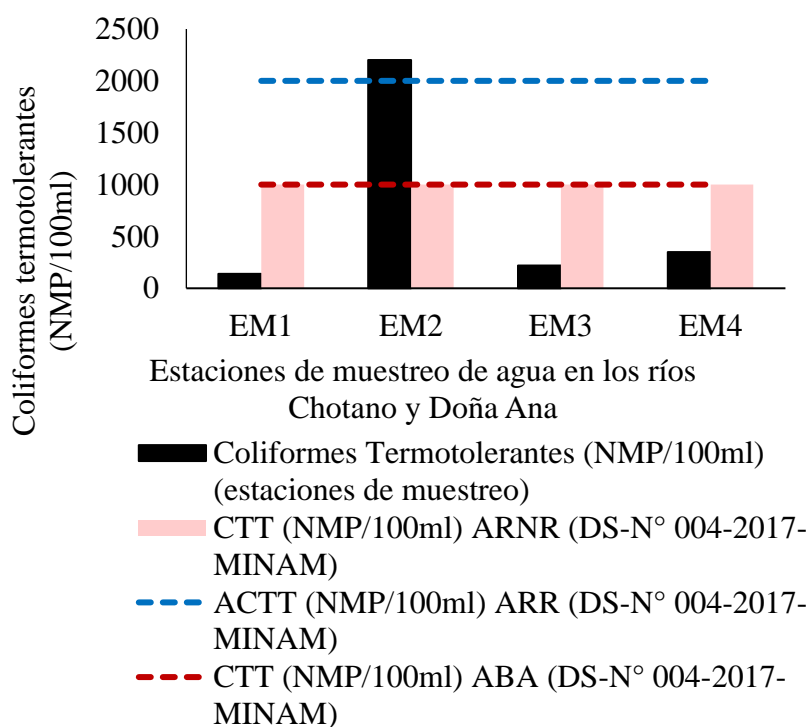
En la EM2 el valor de 2200NMP/100ml de coliformes termotolerantes supera a los valores establecidos por la normativa de la calidad de agua para riego de vegetales y bebida de animales para la categoría 3 del D.S. N° 004-2017-MINAM. En tanto los valores de las

estaciones de muestreo EM1, EM3 y EM4 están por debajo de lo establecido en la normativa de calidad de agua para la categoría 3.

La concentración más baja de CTT se registró en la estación EM1 (140 NMP/100ml) este resultado indica que en esta zona existe menos contaminación a diferencia de la EM2, debido a la inexistencia de efluentes que contaminen al río, así mismo las actividades humanas son escasas debido al aumento del caudal en esta época del año.

Figura 20

Coliformes Termotolerantes en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA- agua para bebida de animales.

Demanda bioquímica de oxígeno

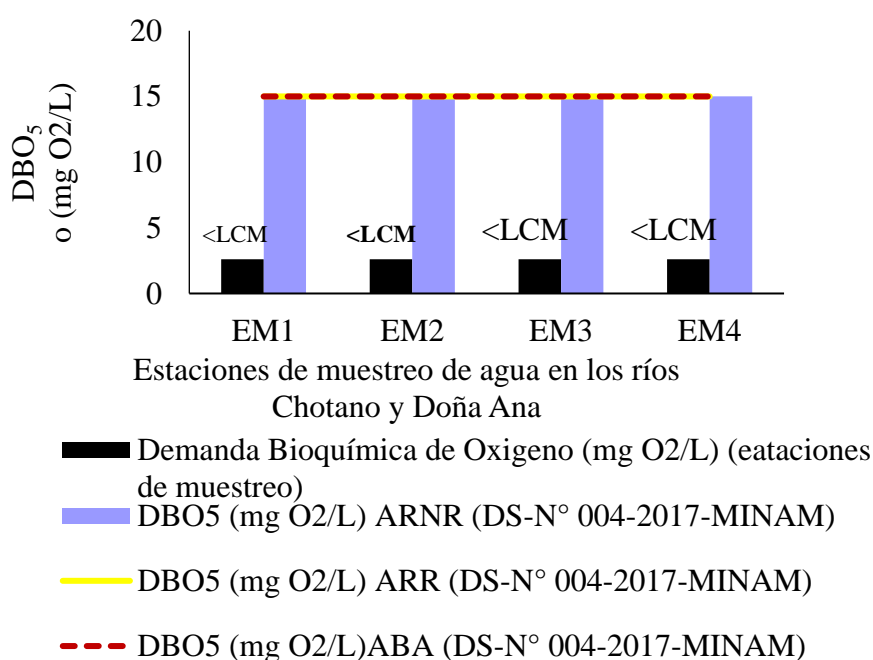
Los resultados de la DBO₅ en la época de lluvias en las 4 estaciones de muestreo se encuentran debajo de los límites de cuantificación (< LCM). Por otro lado, los valores se

encuentran dentro de los ECAs-para agua de la categoría 3 D1 y D2 específicos en el D.S. N° 004-2017-MINAM (Figura 21).

“Los resultados determinados en esta investigación indican que en la época de lluvias no hubo presencia de grandes cantidades de materia orgánica, por lo que la DBO no se incrementó. Lo contrario ocurre cuando existe alta demanda bioquímica de oxígeno, los niveles de oxígeno disuelto en el agua serán bajos ya que los microorganismos aerobios lo consumirán para degradar la materia orgánica, disminuyendo los medios de vida de otros organismos, ya sea peces o plantas” (Pérez, 2017).

Figura 21

DBO5 en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA- agua para bebida de animales.

Demanda química de oxígeno

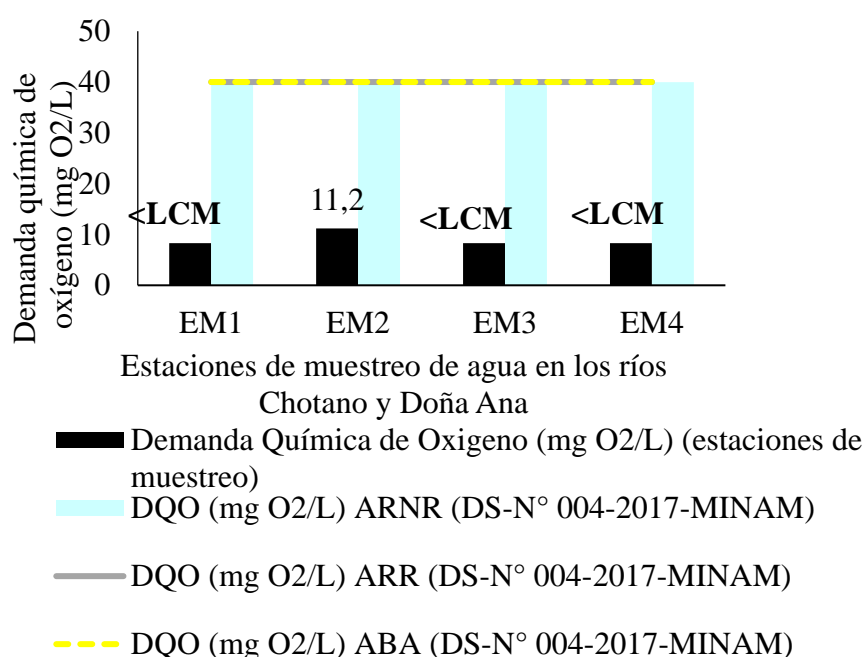
Los valores de la DQO en las estaciones EM1, EM3 y EM4, son menores al límite de cuantificación (< LCM), Sin embargo, en la estación EM2 presenta un valor de 11,2 mg/L,

superando al LCM. Probablemente esto se deba a la presencia de materia orgánica generado por la vegetación en los alrededores (Figura 22).

Por otro lado, los valores de la DQO en las estaciones de muestreo EM1, EM2, EM3 y EM4 se encuentran dentro de los ECAs- para agua categoría 3, según el D.S. N° 004-2017-MINAM. Por tanto, las aguas se pueden utilizar para bebidas de animales y para el riego de vegetales.

Figura 22

DQO en época de lluvias (febrero) en las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2 inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.



Nota. ARNR- agua para riego no restringido, ARR- agua para riego restringido y ABA- agua para bebida de animales.

4.4. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la época de estiaje y lluvias.

Turbidez

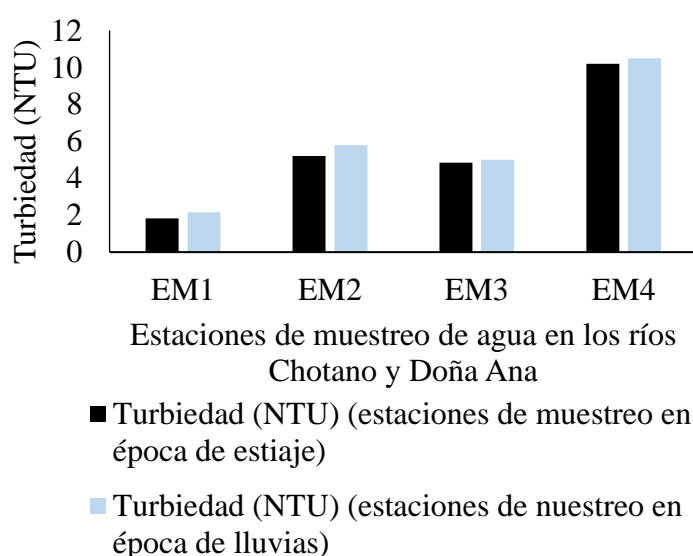
En la Figura 23 se presenta la comparación de los resultados de la turbidez para la época de estiaje (septiembre) y de lluvias (febrero). Los resultados muestran que en todas las

estaciones los valores fueron muy similares a excepción de la estación EM2 donde los valores de la época de lluvias fueron ligeramente superiores a la época de estiaje.

Muñoz. (2019) considera que el parámetro de la turbidez es de mucha importancia para determinar la calidad del agua, puesto que a mayor turbidez menos calidad de agua.

Figura 23

Turbidez en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero).

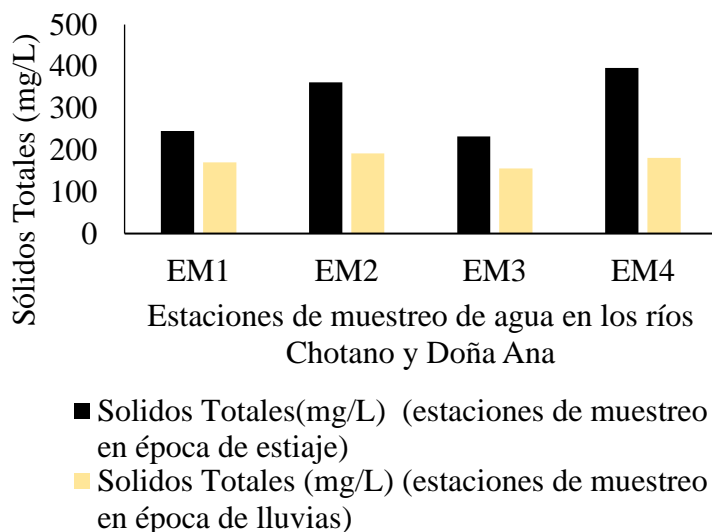


Sólidos totales

Fue determinado mayores valores de ST en todas las estaciones de muestreo en la época de estiaje (septiembre) en relación a la época de lluvias (febrero), estos resultados se deben a la incorporación de sedimentos y aguas residuales que provienen de las actividades domésticas a lo largo del curso de los ríos. Por el contrario, los valores menores en la época de lluvias, probablemente a las reducidas actividades antrópicas que realizan la población aledaña y además no existe afluentes que viertan sus aguas residuales a dirección de estas estación es de muestreo (figura 24).

Figura 24

Sólidos Totales en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)



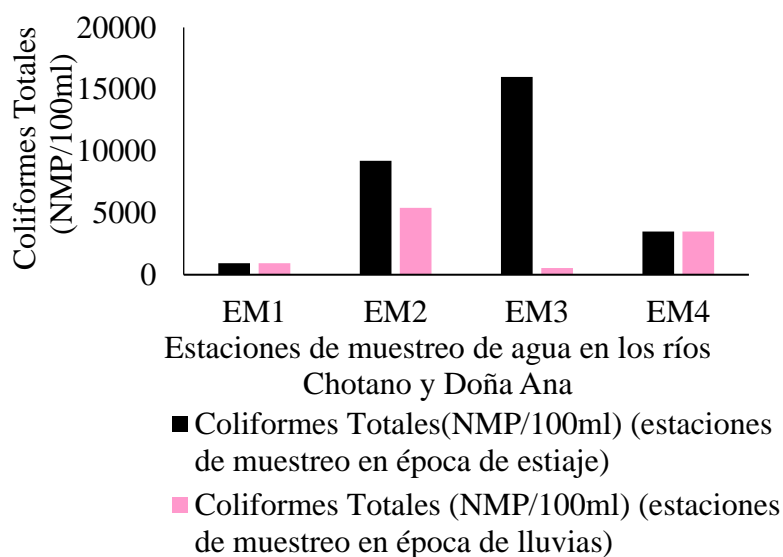
Coliformes totales

Los CT en la época de estiaje en la estación EM2 y EM3, fueron superior a los determinados en la época de lluvias. Entre tanto, en las otras estaciones EM1 y EM4 fueron verificados valores similares e inferiores a las estaciones EM2 y EM3 (Figura 25).

Los resultados indican que el agua está contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Estudios realizados en diferentes localidades reflejan valores similares Barrimi et al (2013) encontraron coliformes totales en la temporada seca 2800NMP/100mL y en época lluviosa 1400 NMP/100mL estudiando la calidad del agua del río San Lucas en Cajamarca.

Figura 25

Coliformes totales en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)



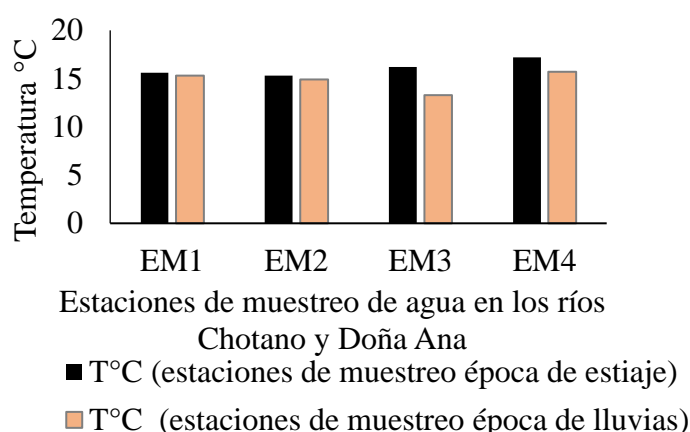
Temperatura

Los valores de temperatura fueron variando moderadamente en cada punto de muestreo y época, siendo los valores mayores de 17,2°C (estiaje) y 15,7°C (lluvia). Haciendo una comparación el valor más alto 17,2°C se presentó en estiaje. No obstante, los valores más bajos se presentan de 15,3°C y 13,3°C en estiaje y lluvia, siendo valor más bajo en la época de lluvias, estos resultados se deben probablemente a que al momento de coleccionar las muestras en la estación EM3 se presentó lluvias fuertes aumentando el caudal del río lo que dificultó la toma de las muestras (Figura 26).

En estiaje la temperatura del aire fue mayor debido a que la temperatura ambiente también fue superior llegando a valores de 25 °C. Lo contrario, ocurre en la época de lluvias donde la temperatura del aire disminuye llegando a valores de 22 °C en promedio.

Figura 26

Temperatura en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)



Potencial de hidrógeno (pH)

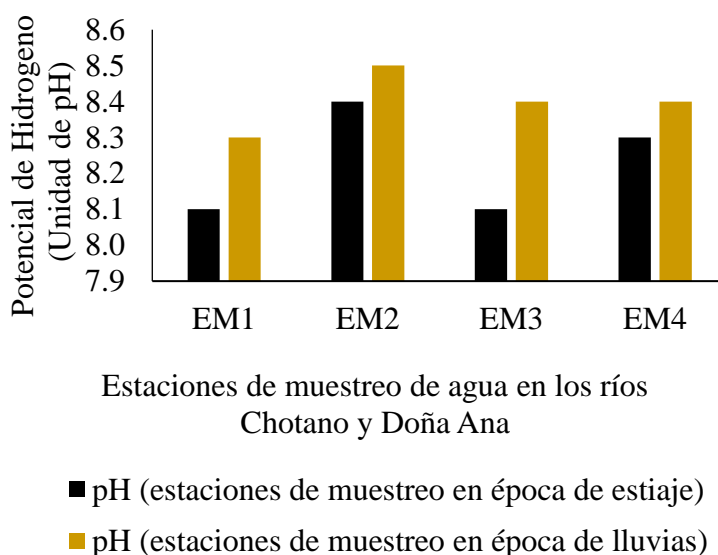
Los resultados de pH oscilaron entre 8,1 a 8,4 en estiaje y de 8,3 a 8,5 en lluvias, siendo ligeramente mayores en la época de lluvias, además el valor más alto se presenta en la estación EM2 y el inferior en la EM1, por otro lado, en estiaje el valor más alto se presenta en las estaciones EM2 y el más bajo en las estaciones EM1 y EM3 (Figura 27). No obstante, el agua en las estaciones EM1, EM2, EM3 y EM4 pueden ser utilizados tanto para riego restringido y no restringido, así como para bebida de animales. Al respecto, Paredes et al. (2004) mencionan que, en agua dulce, un pH con un valor de 6,5 a 8,5 es adecuado para el desarrollo y sobrevivencia de los organismos acuáticos. Por otro lado Tarrillo et al (2018) mencionan que

la escala de medida es de 0 al 14, las medidas por debajo del 7 son acidas y por arriba del 7 son alcalinas, de acuerdo a esta información podríamos decir que el agua de los ríos Chotano y Doña Ana para la época de estiaje e lluvias es alcalina siendo en la EM2 más alcalina con 8.4 (estiaje) y 8,5 (lluvias).

Con esto, se puede inferir que, que no existen factores como desechos de agricultura, vertido de aguas negras, drenajes ácidos de minería y las emisiones de combustibles fósiles, como el dióxido de carbono que pueden ocasionar variación en el pH de un río (García et al., 2019).

Figura 27

Potencial de hidrógeno en época estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)



Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica fue superior en la época de estiaje en todas las zonas de muestreo en relación a la época de lluvias (Figura 28). Estos resultados indican que las aguas de los puntos de muestreo no son apta para el consumo humano de forma directa, por lo que se debe realizar un tratamiento de desinfección antes de ser utilizadas. Al respecto, MINAM (2017) menciona que valor máximo de C_e para el consumo humano es de $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$.

De otro lado, se observa que la C_e en las estaciones EM2 y EM4 en estiaje y lluvias los valores fueron superiores a las otras estaciones. Esto demuestra que, en estos puntos de muestreo hubo mayores cantidades de sales que fueron provenientes de diferentes prácticas humanas situados de la provincia de Chota y los alrededores (Figura 9). Al respecto, Jurado et al. (2018) mencionan que uno de los elementos que ocasiona el aumento de la C_e es la presencia

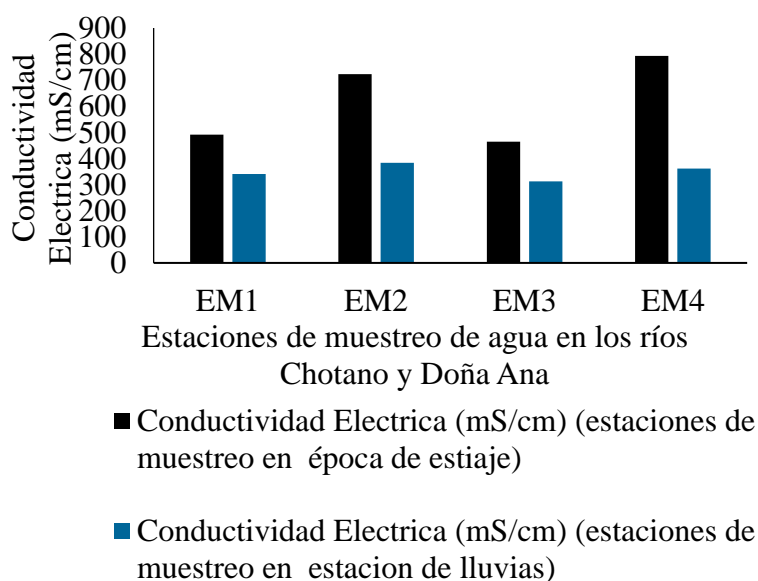
de los detergentes clásicos, pues estos contienen gran cantidad de fósforo y otras sales que causan la eutrofización del medio.

Otro de los factores a considerar para el aumento de la Ce es el uso de fertilizantes como urea, cloruro de potasio, fosfatos, etc. en la zona de estudio, puesto que, la falta de tecnologías de aplicación y estudios de los requerimientos nutricionales del cultivo, están haciendo que se use de manera inadecuada. En ese sentido, para evitar problemas futuros se recomienda el uso de abonos verdes (plantas de cobertura), abonos orgánicos, rotación de cultivos, entre otras prácticas de manejo amigables con el medio ambiente.

Por otro lado, los valores inferiores de Ce se presentaron en la estación EM3 en época de estiaje y lluvias, se puede decir que a este punto llega agua más natural porque la presencia de iones disueltos en el agua es baja.

Figura 28

Conductividad eléctrica en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)



Coliformes Termotolerantes

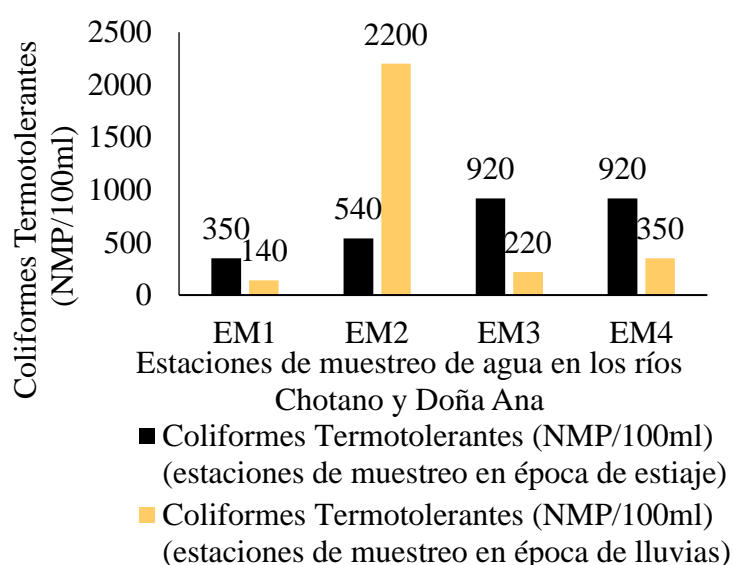
En relación a los coliformes termotolerantes en la EM2 se encontró valores superiores en la época de lluvias. Sin embargo, en las otras estaciones de muestreo, los resultados fueron inversos, es decir los resultados en la época de estiaje fueron superiores a los determinados en la época de lluvias (Figura 29). Estos resultados pueden ser debido a la desembocadura de la quebrada San Mateo con aguas de desagües de la provincial de Chota, materias vegetales y

suelos en descomposición que se observó al momento de la colecta de las muestras en las dos épocas estiaje y lluvias.

Al respecto, Gianoli et al. (2018) mencionan que “los coliformes totales y termotolerantes son indicadores de contaminación fecal y representan riesgo significativo para la salud de las personas y el medio ambiente”.

Figura 29

Coliformes termotolerantes en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)



Demanda Bioquímica de Oxígeno

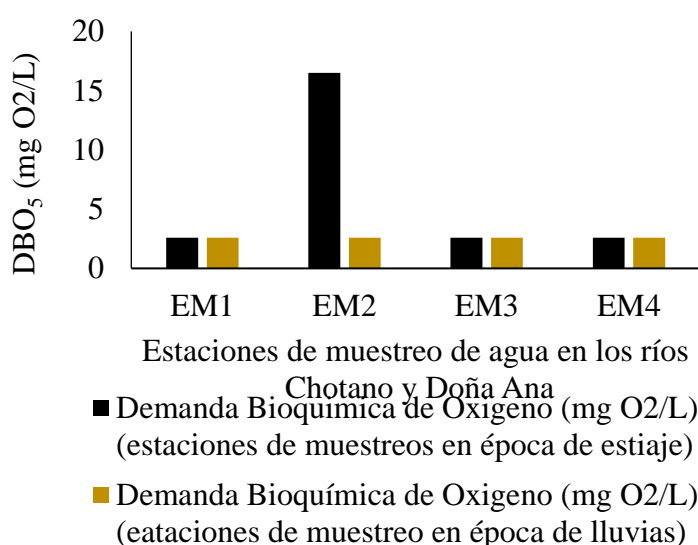
La zona de muestreo con mayor DBO_5 fue la EM2 (16,5 mg O_2/L) en la época de estiaje (septiembre). Entre tanto, en las otras zonas de muestreo los resultados fueron similares entre sí (Figura 30).

Los resultados obtenidos muestran que, en la estación EM2 hay mayor DBO_5 , que puede ser producto de la descomposición de los residuos orgánicos vertidos por la población, por lo tanto, hay una disminución de la cantidad de oxígeno disuelto y disminución de capacidad de albergar vida por la contaminación que existe en esta estación de muestreo. En ese sentido, “la presencia de restos orgánicos en la zona ocasiona el aumento de la actividad metabólica de los microorganismos presentes en agua para degradar la materia orgánica y por tanto se eleva la DBO_5 ” (Villanueva, 2019). Esto es un problema porque hay mayor gasto de oxígeno disuelto en el agua generando un empobrecimiento de la diversidad biológica.

Raffo y Ruiz (2014) para ser degradada la materia orgánica de un curso de agua se necesita de oxígeno. “El alto contenido de materia orgánica favorece el crecimiento de hongos y bacterias. El oxígeno se utiliza para la oxidación de la materia orgánica, que consume el oxígeno utilizado para el crecimiento de plantas y animales acuáticos. Entre los efectos sobre el ecosistema, vemos un cambio en la calidad del agua, y posible pH alto, provocando la desaparición de peces y plantas”.

Figura 30

DBO₅ en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)



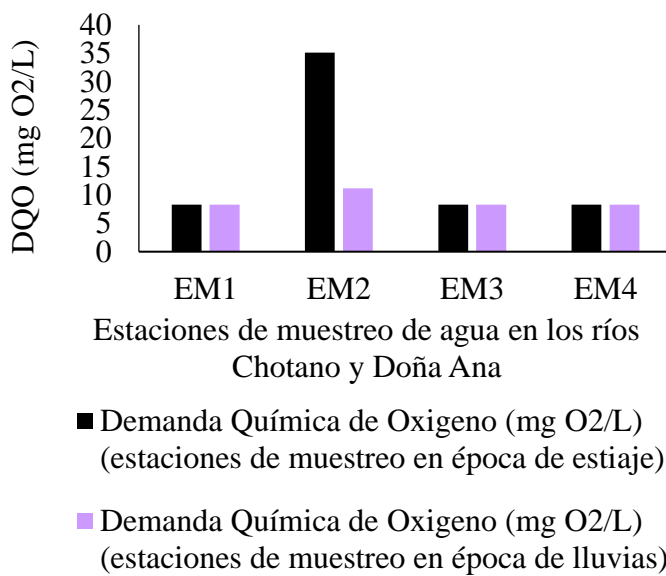
Demanda Química de Oxígeno

El valor más alto de la DQO se registró en la estación EM2 durante la época de estiaje (septiembre) (35,1 mg O₂/L), por el contrario, en las estaciones EM1, EM3 y EM4, se registraron valores menores al límite de cuantificación (< LCM), del mismo modo en el periodo de muestreo en lluvias (febrero) todas las estaciones de muestreo presentaron valores inferiores al límite de cuantificación (Figura 31). Sin embargo, en la estación existe más contaminación por materia orgánica oxidable estando condicionada por la actividad humana sobre estos cuerpos receptores, además de la contaminación que adquiere de forma natural.

“La demanda química de oxígeno se usa a menudo para medir los contaminantes en las aguas naturales y residuales y para evaluar la fuerza de desechos tales como aguas residuales municipales e industriales. Cuanto mayor es la demanda química de oxígeno, más contaminada está el agua” (Turpo, 2018).

Figura 31

DQO en época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero)



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En las cuatro estaciones de muestreo los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos todos no cumplen con lo establecido en la normativa para riego de vegetales y bebida de animales inscritos en el D.S. N° 004-2017-MINAM.

En época de estiaje (septiembre del 2020) las estaciones de muestreo EM2 y EM4 presentaron valores más altos de turbidez (5,2 NTU) EM2, (10,2 NTU) EM4, solidos totales (361,5 mg/L) EM2, (396,5 mg/L) EM4, potencial de hidrógeno (8,4) EM2, (8,3) EM4, conductividad eléctrica (723 μ S/cm) EM2, (793 μ S/cm) EM4, coliformes Termotolerantes (920 NMP/100ml) EM4, DBO₅ (16,5mg/L) EM2 y DQO (35.1mg/L) EM2.

En época de lluvias (febrero 2021) las estaciones EM2 y EM4 reportaron los valores más elevados de turbidez (5,8 NTU) EM2, (10,5 NTU) EM4, solidos totales (191,5 mg/L) EM2, (181 mg/L) EM4, potencial de hidrógeno 8,5 EM2, 8,4 EM4, conductividad eléctrica (383 μ S/cm) EM2, (362 μ S/cm) EM4, coliformes Termotolerantes (2200 NMP/100ml) EM2, (350 NMP/100ml) EM4 y DQO (11,2mg/L) EM2, dando referencia que las aguas de estos ríos están contaminadas probablemente por las diferentes actividades agrícolas, ganaderas de las poblaciones que viven a los alrededores y los desagües de la provincia de Chota, en tanto pueden causar enfermedades para la población que consumen las plantas (hortalizas, frutales, etc.) y la carne de los animales.

En época de lluvias (febrero 2021) los coliformes Termotolerantes en la EM2, sobrepasan el valor establecido en la normativa para la categoría 3 D1 y D2 según D.S. N° 004-2017-MINAM. Por otro lado, la DBO₅ en la época de estiaje (septiembre 2020) supera en la estación EM2 al límite 15 mg/L establecido por los ECAs. para agua de la categoría 3.

La turbidez, solidos totales y coliformes totales no se encuentran considerado por los estándares de calidad ambiental para agua de la categoría 3 D1 y D2 según D.S. N° 004-2017-MINAM. De ellos los valores más altos de solidos totales y coliformes totales se encontraron en la época de estiaje en todas las estaciones es de muestreo.

5.2. Recomendaciones

Seguir monitoreando la calidad de agua de los ríos Chotano y Doña Ana de tal manera que los resultados ayuden a formular políticas públicas para su cuidado y preservación por parte de las autoridades de la provincia de Chota.

Capacitar y sensibilizar a las personas sobre el manejo adecuado y disposición final de sus residuos domésticos y aguas servidas para que no sean vertidos en los cauces de los ríos.

Capacitar a los pobladores en manejo y almacenamiento de envases de fertilizantes químicos, insecticidas, detergentes, etc. Para evitar que estos terminen siendo arrojados en los ríos.

Involucrar a la Universidad Nacional Autónoma de Chota para que realice investigación en tecnologías de recuperación de las aguas de las zonas más contaminadas en los ríos Chotano y Doña Ana.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, O., & Navarro, B. (2018). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de LLañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017*. [http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/Tesis-Evaluación de la calidad de agua para consumo humano.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/Tesis-Evaluación%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Almerco, Z. (2019). Análisis del agua superficial de la naciente del Rio tingo relacionado a la inadecuada disposición de los residuos líquidos en la zona de Rumiallana. *Univercidad Alcidez Carrion*, 116. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>
- Amachi, A. (2017). Evaluación de los niveles de contaminación del agua del rio Ilave y sus tributarios. *Tesis UNA*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5302/Condori_Mamani_Meyner_Uriel_Ruelas_Yanque_Julio.pdf?sequence=1 http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2816/Luna_Mamani_Elizabeth.pdf?sequence=1
- ANA. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. In *Autoridad Nacional del Agua* (p. 92). <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>
- Aveiga, A. M., Noles, P., de la Cruz, A., Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE*, 10(3), 30–41. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000300030&lang=es <http://none/pdf/enfoqueute/v10n3/1390-6542-enfoqueute-10-03-00030.pdf>
- Bamigboye, C. O., & Amina, T. M. (2018). Physicochemical and Microbiological Assessments of Newly Dug Borehole Water Sources in Rafi Local Government, Minna, Niger State. *Annual Research & Review in Biology*, 29(4), 6–7. <https://doi.org/10.9734/arrb/2018/44646>
- Barrimi, M., Aalouane, R., Aarab, C., Hafidi, H., Baybay, H., Soughi, M., Tachfouti, N., Nejari, C., Mernissi, F. Z., Rammouz, I., & McKenzie, R. B. (2013). EIA del proyecto “programa de perforación de 05 pozos exploratorios y 04 Pozos confirmatorios en el lote 114.” *Encephale*, 53(1), 59–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>
- Casilla Quispe, S. (2014). Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del rio Suhez. *Universidad Nacional Del Antiplano*, 1. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1

- Chavez, G. A. (n.d.). “Evaluación de la calidad y cantidad de las aguas del rio el tingo – Hualgayoc en el primer año de explotación por minera la cima.” *Universidad de Cajamarca*.
- Connor, R., Coates, D., Uhlenbrook, S., & Koncagül, E. (2018). Soluciones Basadas En La Naturaleza Para La Gestión Del Agua. *ONU-Agua*.
http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/images/Presentaciones_Dia_Mundial_Agua_SJO_21032018_red1.pdf
- Cuellar, J. del C., Chinga Manrique, N., Llanos Huertas, N., Airahuacho Bautista, F. E., & Legua Cárdenas, J. A. (2019). Monitoreo químico –microbiológico del agua de la cuenca alta del río Huaura. *Infinitum...*, 9(1), 21–28. <https://doi.org/10.51431/infinitum.v9i1.527>
- Delgado, J. E. (2019). *Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018*. 0–182.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7027>
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Robledo, C., Casanoves, F., Gonzales, L., & Tablada, E. (2008). InfoStat Software manual del usuario. *FCA Universidad Nacional de Córdoba, November 2015*, 1–334.
- Diaz, L. A., Tarrillo, R. E., & Campos, A. J. (2018). *Caracterización y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo-Chota*. 1–67. <http://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/UNACH/49/1/Colpamayo.pdf>
- DIGESA. (2016). Parametros Organolepticos. *DIGESA*.
http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf
- Fajardo, V. (2018). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas en el Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla , región Callao , Perú*. 23.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7738>
- Ferguson, C. M., Coote, B. G., Ashbolt, N. J., & Stevenson, I. M. (1996). Relationships between indicators, pathogens and water quality in an estuarine system. *Water Research*, 30(9), 2045–2054. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(96\)00079-6](https://doi.org/10.1016/0043-1354(96)00079-6)
- Fernández-Rodríguez, M., Bicera, N. C., Rafael, G. L., & Almaguer, Y. C. (2018). Evaluación hidroquímica de las aguas del río Cayo Guam, Moa, Cuba. *Minería y Geología*, 34(3), 268–288.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=132932668&site=eds-live>
- Fernández, C. E. (2003). *Relacion Entre la Demanda Bioquimica de Oxígeno (DBO) y la*

- Demanda Química de Oxígeno (DQO) para la Sanguaza de Percado* (pp. 1–8).
- Frias, T., & Montilla, L. (2016). “Evaluación De Los Parámetros Físicos, Químicos Y Microbiológicos En El Sector Puerto De Productores Río Itaya, Loreto – Perú 2014 - 2015. *Psiquiatría Clínica, Publicado*, 19. <http://search.jamas.or.jp/link/ui/2016108104>
- García, J. F., Arenas, N. E., Abril, D. A., López, J. N., Pachón, D., & Moreno, V. (2017). Evaluación de la calidad del agua empleando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados acuáticos en el Río Batán Cundinamarca entre julio y agosto de 2017. *Revista De La Facultad De Ciencias Agropecuarias De La Universidad De Cundinamarca*, 4(1), 18–26. <https://folk.uio.no/ohammer/past/>
- García, S. L., Arguello, A., Parra, R., & Pincay, M. (2019). Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Research Journal*, 4(2), 59–71. <https://doi.org/10.33890/innova.v4.n2.2019.909>
- Gianoli, A., Hung, A., & Shiva, C. (2018). Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 6(2), 62. <https://doi.org/10.20453/stv.v6i2.3460>
- Gil, J. A., Vizacino, C., & Montaña, N. J. (2018). *Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela*. 79(1), 116–117.
file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaCalidadDelAguaSuperficialUtilizandoE-6480001 (2).pdf
- Godoy, V. M. (2018). Analisis comparativo de la disminucion de la turbidez en el proceso de floculacion utilizando un floculante comercial y la paleta de Tuna. *Ucv*, 0–116.
- Gualdrón, L. E. (2016). Evaluación de la calidad de agua de ríos de colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos. *Dinamica Ambiental*, 1, 84. <https://doi.org/10.18041/2590-6704/ambiental.1.2016.4593>
- Huanca, J. W., Butrón, S. B., Supo, L. A., & Supo, F. (2020). Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar – Puno, Perú. *Ciencia & Desarrollo*, 19(26), 88–96. <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.26.936>
- Iglesias, D. (2017). La valoración económica y mercantilización del agua de consumo humano en el Estado de México. Algunos determinantes determinantes. *Contexto*, 2(68), 221. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-05652017000100079%0Ahttps://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054
- INEI. (2021). *Estado de la Población en el año del Bicentenario, 2021*.

- Iticescu, C., Georgescu, L., Murario, G., Topa, C., Timofti, M., Pintilie, V., & Arseni, M. (2019). *Lower Danube Water Quality Quantified through WQI and Multivariate Analysis*. 1–20. <https://doi.org/10.3390/w11061305>
- Jurado, E. F., Sáenz, D. Y., Velásquez, M., Azáldegui, A., & Benavides Cavero, O. (2018). Riesgos del uso de detergentes domésticos en la calidad del agua en poblaciones en transición de lo rural a lo urbano: Churín 2017. *Alternativa Financiera*, 9(1), 1–19. <http://triplenlace.com/2012/09/27/eutrofizacion-causas-y->
- Loayza, J., & Cano, P. (2015). *Impacto de las Actividades Antrópicas sobre la Calidad del Agua de la Subcuenca del Río Shullcas-Huancayo-Junín*.
- Marín, T. D., & Arriojas, D. D. J. (2020). *Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (Cocos nucífera) a nivel de laboratorio*. 33(2), 99–110. <https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020008>
- Martínez, G., Fermín, I., Brito, F., Márquez, A., de la Cruz, R., Rodríguez, G., Hernández, D., Parra, E., González, M., & Márquez, A. (2013). Calidad De Las Agua Del Caño Mánamo, Delta Del Río Orinoco, Venezuela. *Boletín Del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 52(1).
- Masi, F., Rochereau, J., Troesch, S., Ruiz, I., & Soto, M. (2015). Wineries wastewater treatment by constructed wetlands: A review. *Water Science and Technology*, 71(8), 1113–1127. <https://doi.org/10.2166/wst.2015.061>
- Mencias, D. (2018). Validación de Métodos de Ensayo para la Determinación de Fósforo Total, Cromo Hexavalente y Sólidos Totales en Agua, en el Laboratorio Ambiental y Consultoría. *Gastrointestinal Endoscopy*, 10(1), 279–288. <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.05.023><https://doi.org/10.1016/j.gie.2018.04.013><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29451164><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5838726><http://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2013.07.022>
- MINAM. (2016). *Glosario de Términos: Sitios contaminados*. <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
- MINAM, M. del A. (2017). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM Aprueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. *El Peruano*, 6–9. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Minaya, R. (2017). Parámetros Físicos, Químicos, Microbiológicos, Para Determinar La

- Calidad Del Agua En La Laguna Moronacocha, Época De Transición Creciente-Vacante. Iquitos. Peru. 2016. *Universidad Nacional de La Amazonía Peruana*.
http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4690%0Ahttp://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA, 2017). (2017). *Informe de avances hacia el cumplimiento del Derecho Humano al Agua y al Saneamiento en Bolivia*.
<http://www.aacid.bo/portal/wp-content/uploads/2018/05/Informe-de-avances-hacia-el-cumplimiento-del-Derecho-Humano-al-Agua-y-al-Saneamiento-en-Bolivia.pdf>
- Montoya, Y., Patiño Zapata, E. Y., Ramírez Arango, E., & Yepes Osorio, E. R. (2019). Calidad biológica y fisicoquímica de tres fuentes de agua y su relación con el fenómeno de El Niño y La Niña. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1328>
- Morales, N., De La Torre, A., García, V., & Chávez, C. (2018). Estudio de la calidad bacteriológica y parámetros fisicoquímicos del agua del Distrito de Riego 023. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 9(1), 53–67. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-01-04>
- Muñoz, R. S. (2019). *Evaluación de la calidad de aguas de lluvias en los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar de Rancas – provincia de Pasco – 2016*. 1–85. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/629/1/T026_71393625_T.pdf
- Paredes, C., Ianacone, J., & Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Rev. per. Ent.*, 44(June 2014), 107–118.
- Peña, L. M. (2015). “Calidad del recurso hídrico de la laguna los milagros- José Crespo y Castillo.” *Facultad De Zootecnia*.
<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/650/T.FRS-268.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez-Castillo, A. G., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 1905–1918. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i4.5769>
- Perugachi, R. D. (2015). “Evaluación y propuesta de la demanda química de oxígeno (dco) y sólidos disueltos totales (tds) en las aguas residuales del baño de tintura en la empresa “textiles tornasol.”
- Puerta, L. (2019). *Determinación de la influencia de la descarga del río Mayo en la calidad de agua del río Huallaga, a través de los ICA - PE Tesis*.

- <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3460/AMBIENTAL - Cesia Yovani Puerta López.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014a). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Journal of the American Chemical Society*.
<https://doi.org/10.1021/ja00334a047>
- Raffo, E., & Ruiz, E. C. (2014b). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71.
<https://doi.org/10.15381/idata.v17i1.12035>
- Ramos, G. Juan C. (2019). *Determinación de la calidad de agua de las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín mediante indicadores químicos y biológicos*. 1–147.
http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/989/SP VALDEZ_AB.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Rivera, J. J., Pinilla, G., & Camacho, D. L. (2013). Macroinvertebrate trophic groups in an Andean wetland of Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 279–292.
- Rodriguez, C., & Silva, M. (2015). Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. *86 Revista Pensamiento Actual - Vol. 15 - No. 25, 2015 - Universidad de Costa Rica - Sede de Occidente.*, 15(25), 85–97.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/22597>
- Rodriguez, S. Y. (2019). “Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas del río Mashcón en Huambocancha baja y bella unión durante setiembre y diciembre del 2017 y mayo del 2018”. *Ucv*, 358.
- Rodríguez, V. A. (2019). *Río el Inglés, otra víctima de la inconciencia humana*. 61–71.
- Ruiz, S. M. (2021). Calidad de agua de la microcuenca Lluhca, Amazonas, Perú. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(3), 15.
<https://doi.org/10.25127/ucni.v3i3.631>
- Sanachez, V. (2017). Universidad Nacional De San. *Universidad Nacional de San Martín*, 1, 1–125. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/574>
- SENAMHI, S. N. de M. e H. del P. (2020). *Boletín Climáticodirección Zonal 2 Lambayeque*.
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03601SENA-96.pdf>
- Serrano, L; de la Varga, D; Díaz, M.A; Ruiz, I; Bondelle, R; Soto, M. (2009). treatment system for winery wastewater. Proceedings of the Fifth International Specialized Conference on Sustainable Viticulture: Vinery Waste and Ecologic Impacts. *HUSB-CW*, 317–234. <https://doi.org/10.1051/CTV/20203501001>
- Siamak, & Srikantaswamy, S. (2009). Statistical multivariate analysis in the assessment of

- river water quality in the vicinity of KRS Dam, Karnataka, India. *Natural Resources Research*, 18(3), 235–247. <https://doi.org/10.1007/s11053-009-9096-y>
- Suarez, Y., & Rosas, N. (2020). *Aplicación de superficie de respuesta en la eficiencia de remoción de turbidez de agua empleando almidón de Dioscorea bulbifera y Musa paradisiaca*. 1–303. papers2://publication/uuid/45D7E632-B571-4218-9E47-8B4457FEA9D3
- Tahmina, B., Sujan, D., Karabi, R., Hena, M. K. A., Amin, K. R., & Sharmin, S. (2018). Assessment of surface water quality of the Turag River in Bangladesh. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 22(2), 50–53.
- Tarrillo, J., Vilorio, M., & Herrera, R. (2018). *Índice de capacidad con perfiles lineales en el proceso de concentración y potencial de hidrógeno de fungicidas*. 9(1).
- Turpo, J. (2018). Evaluación De Parámetros Físico-Químicos Y Microbiológicos Del Agua Potable De La Planta De Tratamiento Aziruni, Puno 2017. *Universidad Privada San Carlos-Puno*, 1(051), 147.
http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/4399/Ronald_Baroni_CHECALL_A_CARBAJAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vargas, C. (2015). La actividad minera de Yanacocha y el impacto ambiental en áreas de influencia Yanacocha mining and sustainable development in their environment. *Rev. Del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG- UNMSM*, 18(36), 149–155.
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/document.pdf>
- Villanueva, J. H. (2019). *Materia orgánica en el agua superficial del río Chonta, los Baños del Inca 2018*. 53(9), 11–99.
- WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2017). The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. Paris, UNESCO. In *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, UNESCO (Vol. 53, Issue 9).
<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2017-wastewater-the-untapped-resource/#:~:text=La edición de 2017 del,esenciales para el desarrollo sostenible.>

CAPITULO VII: ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de los parámetros DBO₅, DQO₅, CT y CTT en el laboratorio Regional de Agua del Gobierno Regional de Cajamarca.

Figura 32

Resultados del análisis de los parámetros DBO₅, DQO, CT y CTT en el Laboratorio Regional de Agua de Cajamarca en época de estiaje.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N°LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0920405

ENSAYOS			FÍSICO - QUÍMICOS				
Código de la Muestra	Río chotano antes Colpa Mayo	Río chotano aguas abajo San Mateo	Río doña Ana antes Chotano	Río doña Ana con el río Chotano	-	-	-
Código Laboratorio	0920405-01	0920405-02	0920405-03	0920405-04	-	-	-
Matriz	NATURAL	NATURAL	NATURAL	NATURAL	-	-	-
Descripción	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-	-	-
Localización de la Muestra	Caserío Chinchin	Caserío Agropecuario	Caserío Yasavilca Bajo	Caserío El Paraíso	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	16.5	<LCM	<LCM	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	<LCM	35.1	<LCM	<LCM	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS				
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	920	92 x 10 ²	16 x 10 ³	35 x 10 ²	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	350	540	920	920	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1. significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020


Cajamarca, 02 de Octubre de 2020.

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO: 599000 anexo 1140.

Página: 2 de 2

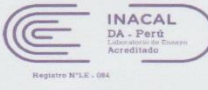
Figura 33

Resultados del análisis de los parámetros DBO5, DQO, CT y CTT en el Laboratorio Regional de Agua de Cajamarca en época de lluvia.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INACAL
DA - Perú
Organismo Peruano de Acreditación
Registro N° LE - 084

INFORME DE ENSAYO N° IE 0221063

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			Río Chotano antes de la confluencia con la Quebrada Collpamayo	Río Chotano aguas debajo de la confluencia con la quebrada San Mateo	Río Doña Ana antes de la confluencia con el Río Chotano	Río Doña Ana de la confluencia con el Río Chotano	-	-
Código Laboratorio			0221063-01	0221063-02	0221063-03	0221063-04	-	-
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	-	-
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	-	-
Localización de la Muestra			Caserío Chim Chim	Caserío Agropecuario	Caserío Yasavilca Bajo	Caserío El Paraiso	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6000	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3000	<LCM	11.3	<LCM	<LCM	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	920	54 x 10 ²	540	35 x 10 ²	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	140	22 x 10 ²	220	350	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1, significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE, valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz, que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe conciernen única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.


✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.


"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020


Cajamarca, 11 de febrero de 2021



Firmado digitalmente por ZULLUETA SANTA CRUZ Enver FAU
20453744168 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 11.02.2021 14:39:47 -05:00



Firmado digitalmente por COLINA VENEZAS Juan José FAU
20453744168 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 11.02.2021 14:41:46 -05:00



Firmado digitalmente por NEYRA JAIICO Edgar Miguel FAU
20453744168 soft
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 11.02.2021 14:47:22 -05:00


JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@lagua@hotmail.com FOND: 599000 anexo 1140.

Página: 2 de 2

Figura 35

Llenado de cadena de custodia en la recolección de las muestras de las cuatro estaciones de muestreo en época de lluvias (febrero).

SGC - LRA
 P-20-F01, Ver. 01



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

CADENA DE CUSTODIA

N° CC - 063 - 20

DATOS DEL CLIENTE					PARAMETROS																																																																																																																							
Nombre: <u>ELISA SARAVALA BARTISTA</u> Teléfono: <u>71104450</u> Solicitud de Cotización: <u>SC-073</u> e-mail: <u>71104450</u>					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <tr> <th colspan="10">Químicos</th> <th colspan="10">Biológicos</th> <th colspan="10">Campo</th> </tr> <tr> <td>Conductividad</td><td>Turbidez</td><td>Color</td><td>Olor</td><td>Sabor</td><td>Cloro Total</td><td>TDS</td><td>TSS</td><td>TS</td><td>SP</td><td>SV</td><td>Alcalinidad</td><td>Carbonatos</td><td>Bicarbonatos</td><td>Cloruros</td><td>Acidez</td><td>Aniones</td><td>Metales Totales</td><td>Molibdeno</td><td>Nitrato</td><td>Nitrógeno Total</td><td>Dureza Total</td><td>Dureza Calcio</td><td>Dureza Magnesio</td><td>Cloruro</td><td>Cloruro NO3</td><td>Cloruro NH4</td><td>Cloruro Libre</td><td>Sulfuro Coloidal</td><td>Sulfuro H2S</td><td>N. Amónico</td><td>N. Nitroso</td><td>N. Total</td><td>DO</td><td>DO2</td><td>Crmo VI</td><td>Materia Orgánica</td><td>Materia Orgánica Disuelta</td><td>Óxigeno Disuelto</td><td>PH</td><td>Detergentes</td><td>Bacterias</td><td>Coliformes Totales</td><td>Coliformes Fecales</td><td>E. Coli</td><td>Géneros Dominantes</td><td>Enterococos</td><td>Enterobacterias</td><td>H.Y.L.H.</td><td>Formas Parasitarias</td><td>Pr. Aseguradas</td><td>Vigil. Clostridia</td><td>Semillas</td><td>Semillas viables</td><td>Temperatura</td><td>Original</td><td>Duplicado</td><td>Conductividad</td><td>Coro Residual</td><td>Muestra Observada (*)</td> </tr> </table>																														Químicos										Biológicos										Campo										Conductividad	Turbidez	Color	Olor	Sabor	Cloro Total	TDS	TSS	TS	SP	SV	Alcalinidad	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Acidez	Aniones	Metales Totales	Molibdeno	Nitrato	Nitrógeno Total	Dureza Total	Dureza Calcio	Dureza Magnesio	Cloruro	Cloruro NO3	Cloruro NH4	Cloruro Libre	Sulfuro Coloidal	Sulfuro H2S	N. Amónico	N. Nitroso	N. Total	DO	DO2	Crmo VI	Materia Orgánica	Materia Orgánica Disuelta	Óxigeno Disuelto	PH	Detergentes	Bacterias	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	E. Coli	Géneros Dominantes	Enterococos	Enterobacterias	H.Y.L.H.	Formas Parasitarias	Pr. Aseguradas	Vigil. Clostridia	Semillas	Semillas viables	Temperatura	Original	Duplicado	Conductividad	Coro Residual	Muestra Observada (*)
Químicos										Biológicos										Campo																																																																																																								
Conductividad	Turbidez	Color	Olor	Sabor	Cloro Total	TDS	TSS	TS	SP	SV	Alcalinidad	Carbonatos	Bicarbonatos	Cloruros	Acidez	Aniones	Metales Totales	Molibdeno	Nitrato	Nitrógeno Total	Dureza Total	Dureza Calcio	Dureza Magnesio	Cloruro	Cloruro NO3	Cloruro NH4	Cloruro Libre	Sulfuro Coloidal	Sulfuro H2S	N. Amónico	N. Nitroso	N. Total	DO	DO2	Crmo VI	Materia Orgánica	Materia Orgánica Disuelta	Óxigeno Disuelto	PH	Detergentes	Bacterias	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	E. Coli	Géneros Dominantes	Enterococos	Enterobacterias	H.Y.L.H.	Formas Parasitarias	Pr. Aseguradas	Vigil. Clostridia	Semillas	Semillas viables	Temperatura	Original	Duplicado	Conductividad	Coro Residual	Muestra Observada (*)																																																																	
Procedencia de la muestra:																																																																																																																												
Matr. Agua	CODIGO DE MUESTRA	UBICACION DE LA MUESTRA	HORA	MATRIZ (*)																																																																																																																								
D1	RIO UCHICHO ANTES DE LA CONFLUENCIA CON LA MUESTRA DE LAS ESTACIONES	Cajero (Chim Chim)	06:50	AMR-R																																																																																																																								
D2	RIO UCHICHO AGUA ABUJO DE LA ESTACION CON LA MUESTRA	Cajero Agropurino	07:26	AMR-R																																																																																																																								
D3	RIO UCHICHO ANTES DE LA CONFLUENCIA DEL RIO UCHICHO	Cajero Yauvillo	07:52	AMR-R																																																																																																																								
D4	RIO UCHICHO ANTES DE LA CONFLUENCIA DEL RIO UCHICHO	Cajero El Yauvillo	08:21	AMR-R																																																																																																																								

DATOS DE MUESTREO

Toma de muestra realizada por	Cliente
Nombre de quien toma la muestra	Laboratorio
Fecha de muestreo	<u>02 de febrero 2017</u>
Firma de la persona que toma la muestra	<u>[Firma]</u>

RECEPCION DE LA MUESTRA (**)

Temperatura de recepción (1)	<u>18.2</u>
Recipiente apropiado (2)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Dentro del tiempo establecido (3)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Correctamente preservadas (4)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Cumplen con el volumen (5)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Nombre del recepcionista	<u>[Firma]</u>
Firma	<u>[Firma]</u>
Fecha y Hora	<u>02/02/17 08:21</u>

CONFORMIDAD DE LA MUESTRA

Conforme	
Las muestras cumplen con todos los requisitos establecidos por el método de ensayo	
Nombre y firma del que entrega la muestra <u>ELISA SARAVALA BARTISTA</u>	
No Conforme	
(La(s) muestra(s) no cumplen con uno o más requisitos establecidos por el método (**). Por lo tanto, queda fuera del alcance de acreditación.)	
Nombre y firma del que entrega la muestra	

OBSERVACIONES:
- INTERFERENCIA VISUAL

(*) Revisar en la cara posterior la Tabla N°02: NTP 214.042 2012 Calidad del Agua- Clasificación de Matriz Agua para Ensayos de Laboratorio
 (**) Revisar en la cara posterior la Tabla N°01: Requerimientos especiales para la toma y conservación de las muestras
 Este Documento no debe ser reproducido, distribuido, corregido o prestado, total o parcialmente, sin la previa autorización del Responsable del Laboratorio.

ANEXO 3. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para las 4 estaciones de muestreo en la época de estiaje (septiembre) y comparado con los ECAs categoría 3 D1y D2 según D.S. N° 004-2017-MINAM.

Tabla 6

Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs categoría 3 D1y D2 según D.S. N° 004-2017-MINAM en la época de estiaje (septiembre).

Parámetros	Unidad	Categoría 3 (DS-N° 004-2017-MINAM)		Estación es de muestreo			
		D1: riego de vegetales (ARR Y ARNR)	D2: bebida de animales	EM1	EM2	EM3	EM4
Turbidez	NTU	No considera	No considera	1,83	5,2	4,85	10,2
ST	mg/L	No considera	No considera	245,5	361,5	232,5	396,5
CT	NMP/100 ml	No considera	No considera	920	9200	16000	3500
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	15,6	15,3	16,2	17,2
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,1	8,4	8,1	8,3
Ce	(μS/cm)	2500	5000	491	723	465	793
CTT	NMP/100 ml	1000-2000	1000	350	540	920	920
DBO ₅	mg/L	15	15	< LCM	16,5	< LCM	< LCM
DQO	mg/L	40	40	< LCM	35,1	< LCM	< LCM

ANEXO 4. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para las 4 estación es de muestreo en la época de lluvias (febrero) y comparado con los ECAs categoría 3 D1y D2 según D.S. N° 004-2017-MINAM.

Tabla 7

Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las cuatro estaciones de muestreo comparado con los ECAs categoría 3 D1 y D2 según DS-N° 004-2017-MINAM en la época de lluvias (febrero).

Parámetros	Unidad	Categoría 3 (DS-N° 004-2017-MINAM)		Estación es de muestreo			
		D1: riego de vegetales (ARR Y ARNR)	D2: bebida de animales	EM1	EM2	EM3	EM4
Turbidez	NTU	No considera	No considera	2,15	5,8	5	10,5
ST	mg/L	No considera	No considera	170	191,5	156	181
CT	NMP/100 ml	No considera	No considera	920	5400	540	3500
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	15,3	14,9	13,3	15,7
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	6,5-8,4	8,3	8,5	8,4	8,4
Ce	(μS/cm)	2500	5000	340	383	312	362
CTT	NMP/100 ml	1000-2000	1000	140	2200	220	350
DBO ₅	mg/L	15	15	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM
DQO	mg/L	40	40	< LCM	11,2	< LCM	< LCM

ANEXO 5. Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para las 4 estaciones es de muestreo en la época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero).

Tabla 8

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para las 4 estaciones es de muestreo en la época de estiaje (septiembre) y época de lluvias (febrero).

Parámetros	Unidad	Época de estiaje				Época de lluvia			
		EM1	EM2	EM3	EM4	EM1	EM2	EM3	EM4
turbidez	NTU	1,83	5,2	4,85	10,2	2,15	5,8	5	10,5
ST	mg/L	245,5	361,5	232,5	396,5	170	191,5	156	181
CT	NMP/100 ml	920	9200	16000	3500	920	5400	540	3500
T°	°C	15,6	15,3	16,2	17,2	15,3	14,9	13,3	15,7
pH	Unidad de pH	8,1	8,4	8,1	8,3	8,3	8,5	8,4	8,4
Ce	(μ S/cm)	491	723	465	793	340	383	312	362
CTT	NMP/100 ml	350	540	920	920	140	2200	220	350
DBO5	mg/L	< LCM	16,5	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM
DQO	mg/L	< LCM	35,1	< LCM	< LCM	< LCM	11,2	< LCM	< LCM

ANEXO 6. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua según D. S. N° 004-2017 MINAM.

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Figura 36:

ECAs- para agua categoría 3 D1 y D2.

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	$\Delta 3$		$\Delta 3$
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	μ g/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	μ g/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	μ g/L	0,004		0,7
Clordano	μ g/L	0,006		7
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT)	μ g/L	0,001		30
Dieldrin	μ g/L	0,5		0,5
Endosulfán	μ g/L	0,01		0,01
Endrin	μ g/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	μ g/L	0,01		0,03
Lindano	μ g/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	μ g/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

ANEXO 7. Panel fotográfico de la investigación**Figura 37**

Toma de muestras en la estación EM1 en época de estiaje (septiembre).



Figura 38

Toma de muestras en la EM2 en época de estiaje (septiembre).



Figura 39

Toma de muestras en la estación EM3 en época de estiaje (septiembre).

**Figura 40**

Toma de muestras en la estación EM4 en época de estiaje (septiembre).



Figura 41

Toma de muestras en la estación EM1 en época de lluvias (febrero).



Figura 42

Toma de muestras en la estación EM2 en época de lluvias (febrero).



Figura 43

Toma de muestras en la estación EM3 en época de lluvias (febrero).

**Figura 44**

Toma de muestras en la estación EM4 en época de lluvias (febrero).



Figura 45: *Traslado de muestras al laboratorio de agua del gobierno regional de Cajamarca.*

