

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO “RUBÉN DARÍO”
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CARRERA: LICENCIATURA EN QUÍMICA AMBIENTAL
MONOGRAFÍA PARA OPTAR A TÍTULO “LICENCIATURA EN
QUÍMICA AMBIENTAL”



TÍTULO:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DE LA LAGUNA DE MOYUA, MATAGALPA (HUMEDAL RAMSAR NO.1980), PERIODO 2015-2016.

Autora:

Bra. Narriman Paola Madriz Flores

Tutora:

MSc. Thelma Salvatierra Suárez

Asesor:

MSc. Mauricio Lacayo

Managua, Diciembre del 2017

DEDICATORIA

A mi familia.

Por el apoyo incondicional brindado durante mis 24 años de vida. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien pero más que nada por su amor.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado salud para lograr mis objetivos, por su infinita bondad y amor.

A mis tías, Carmen Corea y Norma Corea, por todo el apoyo brindado en mi formación.

A los pobladores comunitarios de Moyua, Ciudad Darío-Matagalpa, sobre todo a don Narciso Moreno y a don Tomás Moreno por la dedicación y asistencia brindada en el transcurso de este trabajo investigativo.

A la maestra Thelma Salvatierra, investigadora del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN) de la UNAN-Managua por su gran apoyo, confianza y motivación depositada para la culminación de mis estudios profesionales y elaboración de esta tesis.

Al maestro Mauricio Lacayo por su apoyo y tiempo compartido en impulsar el desarrollo de este trabajo monográfico.

Al maestro Salvador Montenegro Guillén, fundador del CIRA/UNAN por haberme dado la oportunidad de participar con mi monografía en el Programa Agua, Clima y Desarrollo (PACyD) en el proyecto “Implementación del Plan de Gestión Integral en el Humedal de Importancia Internacional Ramsar 1980 (Sistema Lacustre Playitas-Moyúa-Tecomapa), Nicaragua”, auspiciado con el fondo de Global Water Partnership (GWP).

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Managua por darme las herramientas para ser un profesional y potenciar mi educación con maestros que han sido invaluable en esta etapa importante de mi vida.

AVAL DE TUTOR

Managua, 5 de diciembre del 2017

Carta de Aval del Tutora

Apreciados señores:

Por la presente certifico que conozco la propuesta de investigación titulada "Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No. 1980), Período 2015-2016" presentada por la bachiller Narriman Paola Madriz Flores, con carnet de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua No. 10074437.

En mi calidad de tutora de la investigación monográfica mencionada manifiesto mi aval como aprobación y constancia de seguimiento en el proceso investigativo. La bachiller ha desarrollado la investigación por dos años y ha incorporado las recomendaciones recibidas por su jurado el día 28 de Noviembre a las 10:30 am en el aula 1104.

Cordialmente,



MSc. Thelma Salvatierra

Investigadora CIRA/UNAN-Managua

Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua

RESUMEN

Esta investigación evalúa la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua durante el período de febrero-2015 a enero-2016 y permite verificar si es apta para consumo humano, riego y recreación. Durante los períodos muestreados, la laguna de Moyua fue la única del sistema lacustre (lagunas Playitas-Moyua-Tecomapa) que presentó suficiente recurso hídrico y propiedades organolépticas apropiadas para valorarse de esta manera.

Para esto fueron utilizadas normas e índices de calidad: para consumo humano las normas Canadiense, CAPRE y OMS; para irrigación: índices de la FAO; y para recreación: índices de la OMS. Los resultados indican que el agua superficial de la laguna y de los pozos monitoreados aledaños no es apta para irrigación, recreación sin contacto y consumo humano directo debido principalmente a sus concentraciones bacterianas.

Esta investigación da una visión de la calidad de agua de la laguna de Moyua beneficiando en primera instancia a la población de Moyua y en segunda instancia al INTUR y al MARENA con información importante que coopera al aprovechamiento y protección de humedales a nivel nacional incentivando a las autoridades concernientes a asegurar el mantenimiento y uso racional de aguas.

Palabras claves: Calidad del agua, Irrigación, laguna, Nicaragua.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AVAL DE TUTOR	iv
RESUMEN	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS	10
REFERENCIA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	13
CAPÍTULO I	14
1. Introducción	15
2. Planteamiento del Problema	16
3. Justificación	17
4. Objetivos de investigación	18
4.1. Objetivo General	18
4.2. Objetivos Específicos.....	18
CAPÍTULO II	19
5. Marco referencial	20
5.1. Antecedentes	20
5.2. Marco conceptual.....	21
5.2.1. Calidad del agua	21
5.2.2. Normas e Índices de Calidad del agua	22
5.2.3. Importancia de los estudios de calidad en cuerpos de agua superficial	28
5.2.4. Contexto hídrico en la zona de estudio.....	29
5.2.5. Humedales.....	33
6. Hipotesis	38
CAPÍTULO III	39
7. Diseño metodológico.....	40
7.1. Descripción del ámbito de estudio.	40
7.2. Tipo de estudio	42
7.3. Población y muestra	42
7.4. Variables y operacionalización	44

7.5. Materiales, equipos y métodos	46
CAPÍTULO IV.....	50
8. Análisis y discusión de resultados	51
8.1. Evaluación de la Calidad de Agua para riego	52
8.2. Evaluación de la Calidad del Agua para recreación (turismo rural comunitario).....	70
8.3. Evaluación de la Calidad de Agua para consumo humano.....	72
8.4. Categoría Trófica de la laguna de Moyua	98
9. Conclusiones	101
10. Recomendaciones.....	102
11. BIBLIOGRAFÍA	103
12. ANEXOS	106

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO.....	106
ANEXO 2. Datos de muestreo	110
Muestreo Año 2015.....	110
ANEXO 3. Correlación de variables en 2015 y 2016	117
ANEXO 4. Normas Canadienses para agua potable	122
ANEXO 5. Normas de calidad de agua potable CAPRE.....	129
ANEXO 6. Índices de calidad de agua para riego de la FAO.....	135
ANEXO 7. Valores guías de la OMS para agua potable.....	138
ANEXO 8. Peso miliequivalente de iones usados	142
ANEXO 9. Fotografías de la laguna de Moyua en 2015 y 2016	143
ANEXO 10. Normativa Ambiental Nacional	147
ANEXO 11. Política Nacional de Humedales Decreto No. 78-2003.	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Normas e Índices como herramienta para la Evaluación de la Calidad de Aguas	23
Tabla 2: Principales enfermedades transmitidas por microorganismos en el agua.	25
Tabla 3: Indicadores físicos y sus efectos provocados por la contaminación del agua.	26
Tabla 4: Indicadores químicos y sus efectos provocados por la contaminación del agua.	26
Tabla 5: Niveles permisibles en el agua de los indicadores biológicos para recreación.....	27
Tabla 6: Población de la Laguna de Moyua	31
Tabla 7: Coordenadas de los puntos de muestreo	43
Tabla 8: Operacionalización de variables.....	44
Tabla 9: Indicadores.....	46
Tabla 10: Datos de variables de la laguna de Moyua e Índice de calidad de agua de la FAO para cada una.	52
Tabla 11: Conversión de meq/L a mmol/L de SAR anual.....	59
Tabla 12: Conversión de $\mu\text{S}/\text{cm}$ a dS/m de Conductividad Eléctrica.....	59
Tabla 13. Datos de variables bacteriológicas para riego.....	68
Tabla 14: Datos de variables tomadas de bacterias en los años 2015 y 2016.....	70
Tabla 15: Datos de variables tomadas en la laguna de Moyua e Índices de calidad (CAPRE, Canadiense, OMS) de cada una.....	73
Tabla 16: Clasificación de dureza del agua. OMS (2017)	85
Tabla 17: Datos de variables tomadas en los Pozos aledaños a la laguna de Moyua e Índices de calidad (CAPRE, Canadiense, OMS) de cada una.	95
Tabla 18: Datos de variables tomadas en la laguna de Moyua de Fósforo Total y Fosfato.	98
Tabla 19: Datos de muestreo Año 2015 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo.	110
Tabla 20: Datos de muestreo Año 2016 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo.	113
Tabla 21: Correlación de variables del año 2015	117
Tabla 22: Correlación de variables del año 2016	118
Tabla 23: Terminología usada en Correlación de variables	119

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Precipitación media anual, período 1971-2000.....	29
Gráfico 2: Impactos ambientales de la Subcuenca de las lagunas Playitas-Moyua-Tecomapa	31
Gráfico 3: Impactos Ambientales acarreados a partir del Río Grande de Matagalpa	33
Gráfico 4: Humedales Ramsar de Nicaragua	35
Gráfico 5: Ubicación del ámbito de estudio	40
Gráfico: 6: Mapa de localización de Moyua.....	41
Gráfico 7: Imagen satelital de Moyua	41
Gráfico 8: Ubicación de puntos de muestreo.....	43
Gráfico 9: Relación inversamente proporcional de las variables independientes..	44
Gráfico 10: Comportamiento del pH en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO.....	54
Gráfico 11: Comportamiento de la Conductividad en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices de la FAO.....	55
Gráfico 12: Comportamiento de los Sólidos Totales Disueltos en el año 2015 y 2016 con respecto al Índice FAO	56
Gráfico 13: Comportamiento del Na ⁺ en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO.....	57
Gráfico 14: Tasa de infiltración de agua sobre el suelo, en función de su salinidad y sodicidad	60
Gráfico 15: Comportamiento del K ⁺ en el año 2015 y 2016 con respecto al Índice de la FAO	61
Gráfico 16: Comportamiento del Cl ⁻ en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO.....	61
Gráfico 17: Comportamiento del Ca ²⁺ en el año 2015 y 2016 con respecto al Índice de FAO	62
Gráfico 18: Comportamiento del Mg ²⁺ en el año 2015 y 2016 con respecto al Índice de la FAO	63
Gráfico 19: Comportamiento de NH ₄ ⁺ en el año 2015 y 2016 con respecto a las Índices FAO.....	63
Gráfico 20: Comportamiento del SO ₄ ⁻² en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO.....	64
Gráfico 21: Comportamiento del CO ₃ ²⁻ en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO.....	65
Gráfico 22: Comportamiento del HCO ₃ en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO.....	66
Gráfico 23: Comportamiento de la relación entre el pH y el HCO ₃ ⁻ en la laguna de Moyua.	66
Gráfico 24: Comportamiento del F ⁻ en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices de la FAO.....	67

Gráfico 25: Comparación de variables bacteriológicas de los años 2015 y 2016 con el índice guía de la EPA (1991).....	68
Gráfico 26: Comparación de las variables físicas y químicas con el índice guía de la FAO.	69
Gráfico 27: Comportamiento de pH en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE	75
Gráfico 28: Comportamiento de la Conductividad en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE.....	76
Gráfico 29: Comportamiento de los Sólidos Totales Disueltos en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE	77
Gráfico 30: Comportamiento de la Turbidez en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadienses y CAPRE	78
Gráfico 31: Comportamiento del Color Verdadero en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE	79
Gráfico 32: Comportamiento del Ca^{+2} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE	80
Gráfico 33: Comportamiento del Mg^{+2} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE y FAO	81
Gráfico 34: Comportamiento del Na^{+} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE	82
Gráfico 35: Comportamiento del K^{+} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE	83
Gráfico 36: Comportamiento Cl^{-} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE	84
Gráfico 37: Comportamiento de la Dureza Total en el año 2015 y 2016 respecto a la Normas CAPRE.....	85
Gráfico 38: Comportamiento del Amonio en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE	86
Gráfico 39: Ciclo del Nitrógeno en el agua.....	87
Gráfico 40: Comportamiento NO_2^{-} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE	88
Gráfico 41: Comportamiento del SO_4^{2-} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE.....	89
Gráfico 42: Comportamiento del F^{-} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE	90
Gráfico 43: Comportamiento del Fe Total en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE	90
Gráfico 44: Comportamiento de las Coliformes totales en cada uno de los puntos de muestreo en el año 2015 y 2016.....	92
Gráfico 45: Comparación de variables investigadas (físicas, químicas y bacteriológicas) con la índices guías de la Norma CAPRE para consumo humano.	93
Gráfico 46: Correlación de $[\text{Cl}^{-}]$ y $[\text{STD}]$ en la laguna de Moyua en el año 2015.	120

Gráfico 47: Correlación de [Cl ⁻] y [TH] en la laguna de Moyua en el año 2015. ...	120
Gráfico 48: Correlación de [Mg ²⁺] y [TH] en la laguna de Moyua en el año 2015. ...	121
Gráfico 49: Correlación del [Fe ²⁺] y [F ⁻] en la laguna de Moyua en el año 2015. ...	121
Gráfico 50: Inicio de jornada de muestreo en febrero del año 2015.	143
Gráfico 51: Toma de parámetros in-situ de los pozos aledaños a la laguna de Moyua	143
Gráfico 52: Laguna de Moyua seca a inicios de Mayo 2015.	144
Gráfico 53: Laguna de Moyua seca a inicio del mes de Mayo 2015.	144
Gráfico 54: Presentación a los pobladores cercanos a la laguna de Moyua los avances de esta investigación.....	145
Gráfico 55: Invasión de cultivos a la laguna de Moyua.	145
Gráfico 56: Realización de encuesta a los pobladores de la laguna de Moyua...	145
Gráfico 57: Laguna de Moyua en el mes de enero del año 2016.	146
Gráfico 58: Muestreo de enero del año 2016 en la laguna de Moyua.	146

REFERENCIA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

AND	Analizado, No Detectado
CAPRE	Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana
CIRA/UNAN	Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua de la UNAN-Managua
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAREM	Facultad Regional Multidisciplinaria
FIR	Ficha Informativa de los humedales Ramsar
GWP	Global Water Partnership
HUD	Secretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de los EEUU
INTUR	Instituto Nicaragüense de Turismo
MARENA	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
mg	miligramos
OCDE	Organización de la Cooperación y Desarrollo Económico
OIM	Organización Mundial de Migraciones
OMS	Organización Mundial de la Salud
PACyD	Proyecto Agua, Clima y Desarrollo.
pH	Potencial de hidrógeno
PIMCHAS	Programa Integral de Manejo de Cuencas Hidrográficas Agua y Saneamiento
PNUD/PPD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / Programa de Pequeñas Donaciones
UNAN-Managua	Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua
UNEP-GEMS/WATER	United Nations Environment Programme - Global Environmental Monitoring System/Water

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La presente monografía describe la calidad de agua de la laguna de Moyua. Esta se encuentra en el municipio de Ciudad Darío, con precipitación pluvial anual promedio de 797 mm, considerándose como una de las zonas más secas del país. Sin embargo, a pesar de encontrarse en el corredor seco de Nicaragua, la laguna de Moyua perteneciente al sistema lacustre Playitas-Moyua-Tecomapa es la única que presenta agua a lo largo del año y he ahí su importancia.

El sistema lagunar Playitas-Moyúa-Tecomapa presenta una amplia diversidad de privilegios, entre ellos: la contribución que éste representa para la mantención de procesos existentes en el ecosistema natural, reserva genética de ciertas especies, fuente de recursos naturales, entre otros. Como agregado, es el Humedal Ramsar N° 1980, 9no humedal de importancia internacional para el país en esta convención.

La población nicaragüense que habita alrededor de la laguna de Moyua depende de esta para su subsistencia. Los residuos de detergentes de uso doméstico y residuos de plaguicidas/fertilizantes de uso agrícola son algunos de los desechos que impactan negativamente este recurso hídrico. Esto y la extracción por riego sin ningún tipo de regulación corresponden a una negligencia humana.

El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), en el período 2015-2016. El método utilizado es de carácter hipotético-deductivo; se utiliza como metodología de muestreo el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; se empleó metodología analítica para cada indicador y debido a que no existe método estandarizado, armonizado ni normado mundialmente para evaluar calidad de agua se propone una ruta guía para procesar e interpretar datos.

Esta será una contribución para la protección y el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos locales y nacionales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La laguna de Moyua se encuentra hidrográficamente ubicada en el sistema lacustre Playitas-Moyua-Tecomapa (Humedal Ramsar No.1980) y en la unidad hidrográfica No. 55-95189. Está situada geográficamente en el corredor seco de Nicaragua, una de las zonas más vulnerables del país a los efectos del cambio climático (Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua) representando su conservación como una pieza clave en el desarrollo integral de dicho territorio.

La población adyacente a la laguna de Moyua contiene 52 familias que engloba a 251 personas viviendo alrededor de ella. Entre las actividades que estas desarrollan se encuentran: actividades domésticas; comercios pequeños; agricultura intensiva a pequeña escala de granos básicos (maíz, frijoles, sorgo), cucurbitáceas (sandía) y hortalizas (pepino, ayote, pipían, tomate); y ganadería extensiva sin manejo silvopastoril.

La vulnerable ubicación de la laguna y las actividades humanas no reguladas en ella podrían situarla en un proceso de degradación ambiental (mala calidad de agua y eutrofización) afectando la biodiversidad, las funciones que desarrolla a escala ecológica e impidiendo el principal beneficio para el hombre: suministro de agua para consumo y riego, trayendo como consecuencia la disminución de la producción local.

Adicionalmente, es importante mencionar que la problemática medioambiental nacional ha residido en dos factores: el poco cumplimiento de la normativa ambiental vigente (véase Anexo 10) referente a políticas de conservación, gestión y uso racional de recursos naturales; y la inconstancia en las evaluaciones ambientales que permitan la caracterización y monitoreo de las Áreas Naturales Protegidas del país, incluidas en estas, los Humedales Ramsar. Sirviendo este último como punto de apertura del primer factor.

3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación pretende ser un aporte más a los esfuerzos dirigidos hacia la gestión integrada del recurso hídrico por la UNAN-Managua, a través del CIRA/UNAN y actualmente con la participación de la FAREM-Matagalpa; por la cooperación del PNUD/PPD y de GWP; por el gobierno municipal y algunas instituciones del estado entre ellas el MARENA, INTUR-Matagalpa y central, y finalmente, por la Junta Directiva de la Asociación de pobladores de Moyua a través de la organización y ejecución de proyectos ambientales para la protección y conservación de la laguna.

Esta última (Asociación de pobladores de Moyua) ha sido involucrada en esta monografía desde el 2015 mediante la presentación de resultados encontrados facilitando información para la toma de decisiones locales respecto al uso y conservación del recurso.

La laguna de Moyua es parte del Humedal Ramsar No. 1980 y es importante añadir que la Convención Ramsar en su capítulo 3,2 estipula que de producirse una modificación en las características ecológicas en el sitio Ramsar, el país del Sitio debe informar sin demora a la convención y solicitar asesoramiento y/o apoyo a la misma para solucionar el problema. Por consiguiente, la evaluación de la calidad de agua y su debida distribución podrían fortalecer estos procesos. **(Ramsar, 2014)**

Esta investigación fue seleccionada debido principalmente a la facilidad de acceso, posibilidad de financiamiento a través del PACyD de GWP y la fuerte organización comunitaria. Finalmente, su realización tuvo por objetivo principal la evaluación de la calidad de agua en la laguna de Moyua pretendiendo ser un aporte sustancial de datos actualizados de calidad de agua en dicho territorio.

4. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad física, química, así como calidad bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), en el período 2015-2016.

4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar la calidad física, química, así como bacteriológica del agua superficial de la laguna de Moyua para uso de irrigación, consumo humano, asimismo para recreación utilizando valores guías de la FAO, Normas Canadienses, CAPRE y OMS.
2. Estimar la calidad física, química, así como bacteriológica del agua de los pozos monitoreados de la laguna de Moyua para consumo humano, utilizando valores guías de las Normas CAPRE y OMS.
3. Delimitar la categoría trófica de la laguna de Moyua a partir del Índice de Toledo *et al*, (1984).

CAPÍTULO II

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. ANTECEDENTES

Salvatierra, CIRA/UNAN (2001-2003). Evaluación de impacto ambiental en la subcuenca de las lagunas de Moyua, Playitas y Tecomapa concluyendo que la laguna de Moyua, en este período, no tenía problemas de deterioro ambiental y se encontraba en condiciones ecológicamente saludables en cuanto a la calidad de sus aguas debido a la presencia de organismos pertenecientes al grupo de cladóceros, útiles indicadores biológicos de calidad.

Sin embargo, la concentración de hierro fue reportada por encima de las normas CAPRE y OMS con [0,3] mg/L; la concentración de diferentes formas de fósforo estuvieron por arriba de los valores promedios con [0,01-0,05] mg/L; y encontraron presencia de Coliformes totales y E. coli. Sus aguas fueron del tipo hidroquímico bicarbonatadas cálcicas (HCO₃-Ca).

Salvatierra (2003). Plan de gestión y desarrollo integral de la subcuenca las Playitas, Moyua, Tecomapa (parte de la cuenca del Río Grande de Matagalpa) en el municipio de Ciudad Darío, logrando concluir que esta se dirigía a una progresiva destrucción ambiental. Fueron encontradas concentraciones mayores a las permitidas en las normas de calidad de agua de Hierro total y las diferentes formas de fósforo (total, disuelto y ortofosfato) evidenciando un proceso de eutrofización.

Se han realizado esfuerzos para fortalecer el desarrollo rural del territorio estudiado con la finalidad de favorecer la conservación de los recursos hídricos:

- Salvatierra (2005-2006). Desarrollo social y económico comunitario en Ciudad Darío (Nicaragua) mediante rehabilitación ambiental: Plan de gestión integral del sistema lacustre Playitas-Moyua-Tecomapa. Pretendiendo a corto, mediano y largo plazo, contribuir a la recuperación de los caudales en los ríos y lagunas.
- Salvatierra (2008-2009). Desarrollo de turismo rural comunitario en el sistema lacustre de Moyua. Ciudad Darío, Matagalpa.
- Salvatierra (2011-2012). Fortalecimiento de turismo rural comunitario en el sistema lacustre de Moyua.

5.2. MARCO CONCEPTUAL

5.2.1. Calidad del agua

La calidad del agua puede ser pensada como una medida de la idoneidad de agua para un uso particular seleccionado basado en características físicas, químicas y biológicas. Para determinar la calidad del agua, los científicos primero miden y analizan estas características y luego son comparadas con las normas y directrices numéricas para concluir si el agua es apta para un uso particular. (Cordy, 2001)

La calidad del agua está relacionada al uso que se propone y a la concentración de sustancias extrañas que contenga. La calidad del agua queda definida por su composición y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de los elementos que contiene o el conjunto de todos ellos. (Custodio & Llamas, 2001).

Una manera práctica de evaluar la calidad del agua es utilizar esas propiedades para inferir sobre la condición de un determinado cuerpo de agua.

Los Indicadores de calidad del agua pueden ser medidas, números, hechos, opiniones o percepciones que señalen condiciones o situaciones específicas del grado de alteración de los ecosistemas acuáticos. Los indicadores más utilizados para evaluar la calidad del agua son los físicos, químicos y biológicos.

Fueron estudiadas tres calidades del agua: física, química y bacteriológica; valorando 30 variables de calidad para irrigación, recreación (turismo rural comunitario) y consumo humano. Dentro de la calidad química se estudiaron aspectos muy específicos como la dureza del agua, salinidad, sodicidad y categoría trófica del agua.

5.2.1.1. Calidad Física

La calidad física del agua es estudiada para conocer si las propiedades físicas del agua son apropiadas para su uso. Para evaluar la calidad física del agua son tomadas en cuenta variables físicas y estas no afectan la composición química del cuerpo de agua. Las variables físicas estudiadas en esta investigación son: Color Verdadero, pH, Sólidos Totales Disueltos y

Turbidez. Para conocer las definiciones de las variables de calidad física. Véase Anexo 1 Glosario.

5.2.1.2. Calidad Química

La calidad química del agua es estudiada para conocer si una fuente contaminante está modificando la composición química del recurso hídrico. Para evaluar la calidad química del agua fueron tomadas en cuenta variables químicas como: Conductividad, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruros, Amonio, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos, Dureza Total, Fluoruros, Fósforo Total, ortofosfato, Nitrógeno Total, Hierro Total, compuestos organoclorados, compuestos organofosforados, herbicidas. Para conocer las definiciones de las variables de calidad química. Véase Anexo 1 Glosario.

5.2.1.3. Calidad Bacteriológica

Las variables microbiológicas o específicamente bacteriológicas son estudiadas porque limitan el uso del recurso hídrico, entre ellos, el consumo humano causando enfermedades gastrointestinales. Para evaluar la calidad bacteriológica del agua fueron estudiadas variables bacteriológicas como: Coliformes Totales, Coliformes Termotolentantes, Enterococos, Streptococos y E. coli. Para conocer las definiciones de las variables de calidad bacteriológica. Véase Anexo 1 Glosario.

5.2.2. Normas e Índices de Calidad del agua

Las normas e índices de calidad son herramientas que permiten asignar un valor de calidad al medio a partir del análisis de diferentes parámetros. Su combinación da una visión más precisa del estado ecológico y el estado del medio biológico. (MVOTMA-DINAMA, 2010)

Las ventajas y desventajas de usar una Norma o Índice de calidad como herramienta para evaluar la calidad de agua, se menciona a continuación:

Tabla 1: Normas e Índices como herramienta para la Evaluación de la Calidad de Aguas

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio.• Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.• Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos.• Pueden identificar tendencias de la calidad de agua en áreas problemáticas.• Permiten priorizar para evaluaciones de calidad de agua más detalladas.• Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad de agua.	<ul style="list-style-type: none">• Proporcionan un resumen de los datos.• No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.• No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.• Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.• No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.• Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal.• Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología.

Fuente: (Lanza-Espino & Hernández Pulido).

La evaluación de la calidad del agua se basa en la comparación de los resultados de los análisis de la calidad del agua con los valores de referencia. Un valor de referencia es la concentración de un componente que no supera el riesgo tolerable para la salud del consumidor durante el consumo vitalicio de agua. Los valores de referencia de algunos contaminantes químicos (por ejemplo, el plomo y el nitrato) se fijan de modo que protejan a los grupos de población vulnerables. Estos valores protegen también a la población general que consume el agua durante toda la vida.

La superación de un valor de referencia no implica necesariamente un riesgo significativo para la salud. Por lo tanto, la existencia en el agua, tanto a corto como a largo plazo, de concentraciones de sustancias superiores a los valores de referencia no implica necesariamente que esta no sea apta para el consumo. La magnitud de la desviación con respecto al valor de referencia y el tiempo durante el que puede mantenerse sin que afecte a la salud pública depende de la sustancia específica de que se trate. No obstante, la superación del valor de referencia debe ser una señal:

- Como mínimo, para investigar la causa con vistas a aplicar las medidas correctoras pertinentes.

- Para consultar a la autoridad responsable de la salud pública y solicitar asesoramiento de la misma.

Cuando se supera un valor de referencia, se recomienda consultar a la autoridad responsable de la salud pública para obtener asesoramiento acerca de las medidas oportunas que hay que adoptar, teniendo en cuenta la ingesta de la sustancia procedente de fuentes distintas al agua de bebida, su toxicidad, la probabilidad y la naturaleza de los posibles efectos adversos, y la eficacia de las medidas correctoras. Al aplicar los valores de referencia, un factor importante que hay que tener presente es que, salvo que se disponga de suministros alternativos adecuados, es prioritario mantener un suministro suficiente de agua.

Es importante que la aplicación de los valores de referencia recomendados sea práctica y factible, así como que proteja la salud pública. Además, los valores de referencia se establecen teniendo en cuenta las técnicas disponibles para controlar, eliminar o reducir la concentración del contaminante para alcanzar el nivel deseado. Por lo tanto, en algunos casos se han fijado valores de referencia provisionales para contaminantes para los que existe cierta incertidumbre respecto a la información disponible o para los que no es posible lograr en la práctica los niveles de referencia calculados.

Las Normas de Calidad del Agua establecen los requisitos básicos, a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para todo uso doméstico, independientemente de su estado, origen o después de su tratamiento. **(CAPRE, 1993)**

Las normas e índices de calidad de agua utilizados en esta investigación fueron:

- Normas canadienses para agua potable.
- Normas CAPRE de calidad de agua potable.
- Índices de la FAO para calidad de agua para riego.
- Valores guías de la OMS para agua potable.
- Índice de Toledo *et al*, 1984 para las categorías tróficas.

5.2.2.1. Normas Canadienses para agua potable

Las normas Canadienses son normas con amplio margen de uso (consumo, recreación, agricultura, ganadería, pesca, entre otros), por lo que se ha usado ampliamente en Latinoamérica porque envuelve diferentes aplicaciones. No obstante esta norma fue creada a 15°C de temperatura, dato que debe tenerse presente al usarla.

La norma canadiense en esta investigación se utilizó para evaluar agua potable. Véase Anexo 4, Norma Canadienses para agua potable.

5.2.2.2. Normas CAPRE de calidad de agua potable

Las Normas CAPRE son normas regulatorias de agua potable del Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana. Véase Anexo 5, Normas de calidad de agua potable CAPRE.

Los países miembros de CAPRE se sujetan a las Normas de Calidad que contienen los valores para los parámetros físicos, químicos, biológicos en sus aspectos estéticos, organolépticos y de significado para la salud establecida.

La importancia de usar las Normas CAPRE consiste en que se encuentra contextualizada a las necesidades centroamericanas y del caribe sobre el uso de agua para consumo humano. En la siguiente tabla se muestran las principales enfermedades transmitidas por los microorganismos en el agua.

Tabla 2: Principales enfermedades transmitidas por microorganismos en el agua.

AGENTE	ENFERMEDAD
Vibrio cholerae	Cólera
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenteritis
Salmonella spp	Salmonellosis
Campylobacter spp	Gastroenteritis
Shigella spp	Shigellosis

PROTOZOARIO	ENFERMEDAD
Giardia lamblia	Giardiasis
Cryptosporidium parvum	Cryptosporidiosis

Entamoeba histolytica	Amebiasis o desintería
Trichuris trichura	Tricuriasis
Ascaris lumbricoides	Ascariasis

Fuente: Madigan *et al.* (2000)

Los efectos provocados por concentraciones mayores de las permitidas en indicadores físicos son mencionados a continuación:

Tabla 3: Indicadores físicos y sus efectos provocados por la contaminación del agua.

PARÁMETROS	EFEECTO
pH	pH ácidos indican contaminación por vertidos mineros o industriales.
Turbidez	Indican erosión y la presencia de materia suspendida.
Conductividad	Indican la presencia de iones disueltos.
Sólidos suspensos	Indican contaminación por descarga de aguas residuales, domésticas e industriales y erosión.
Oxígeno Disuelto	Niveles bajos de OD indican contaminación por materia orgánica, septicización, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida.

Fuente: (OMS 1984 & Rodier, 1981)

Los efectos provocados por concentraciones mayores de las permitidas en indicadores químicos son mencionados a continuación:

Tabla 4: Indicadores químicos y sus efectos provocados por la contaminación del agua.

PARÁMETRO	EFEECTO
Nitrógeno Total	Su presencia en las aguas en exceso es causa de eutrofización.
Nitratos	Indican contaminación agrícola y actividad bacteriológica.
Nitritos	Indican detergentes y fertilizantes.
Amonio	Indican contaminación con fertilizantes y heces fecales.
Fósforo Total	Su exceso en el agua provoca eutrofización.
Cloruros	Indican salinidad y actividad bacteriológica.

Fuente: (OMS, 1984 & Rodier, 1981)

5.2.2.3. Índice de calidad de agua para riego de la FAO

El índice de calidad de agua para irrigación más usado en el mundo es el índice de la Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y Agricultura (FAO) debido a que FAO es una de las instituciones mundialmente conocidas por su compromiso con el uso apropiado de los recursos e investigaciones al respecto. Véase Anexo 6, Índice de calidad de agua para riego de la FAO.

Los parámetros más comunes resultantes del uso del agua para riego se relacionan con salinidad, alcalinidad, infiltración del agua en el suelo, toxicidad de iones presentes en ella, combinaciones de los anteriores y efectos causados por sólidos en suspensión, metales pesados, corrosividad, etc. (Álvaro & García O., 2012)

5.2.2.4. Valores guía de la OMS para agua potable

Los valores guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) son estrictamente usados para valorar agua de consumo humano. Ofrece dirección en temas cruciales para la salud humana, participa en alianzas cuando se requiera actuaciones conjuntas y promueve el mejoramiento de las normas de enseñanza sobre agua y saneamiento, y adiestra. Véase Anexo 7, Valores guías de la OMS para agua potable.

Los niveles permisibles de las variables bacteriológicas en el agua para consumo humano son rigurosas (no permite la presencia de bacterias), a diferencia de las normas para uso de recreación.

Tabla 5: Niveles permisibles en el agua de los indicadores biológicos para recreación.

Parámetro	Unidad	Niveles permisibles de agua para Recreación
Coliformes Totales	NMP/100mL	1000 Coliformes Totales NMP/100mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	200 Coliformes Termotolerantes NMP/100mL
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100 <i>E. Coli</i> NMP/100mL

Fuente: EQGs, 2003; EPA, 1994; OMS, 1987

5.2.2.5. Índice de Toledo *et al*, 1984 para Categoría trófica

El Índice de Toledo *et al*, 1984, fue escogido entre un sin número de índices para categoría trófica debido a las variables de esta investigación que promueven la eutrofización: Nitrógeno total y Fósforo Total. Toledo fue modificado de Carlson, 1977, este último es para ambientes templados y Toledo lo modifíco para el trópico.

Las siguientes ecuaciones son utilizadas para definir la categoría trófica de un cuerpo hídrico.

$$IET(SD) = 10x \left(6 - \frac{0,64 + \ln SD}{\ln 2} \right) \quad 5.1$$

$$IET(PT) = 10x \left(6 - \frac{\ln 80,32}{\ln 2} \frac{PT}{PT} \right) \quad 5.2$$

$$IET(PO_4^{-3}) = 10x \left(6 - \frac{\ln 21,67}{\ln 2} \frac{PO_4^{-3}}{PO_4^{-3}} \right) \quad 5.3$$

IET: Índice de Estado Trófico

SD: Disco Secchi

PT: Fósforo Total

PO4-3: Fosfato

ln: Logaritmo natural

Ultraoligotrófico se: $IET \leq 24$

Oligotrófico se: $24 \leq IET \leq 44$

Mesotrófico se: $44 \leq IET \leq 54$

Eutrófico se: $54 \leq IET \leq 74$

Hipereutrófico se: $IET \leq 74$

5.2.3. Importancia de los estudios de calidad en cuerpos de agua superficial

La importancia de realizar estudios de calidad a los cuerpos de agua trasciende en la significancia que esta representa para la supervivencia de los seres vivos que a partir de ella se desarrollan.

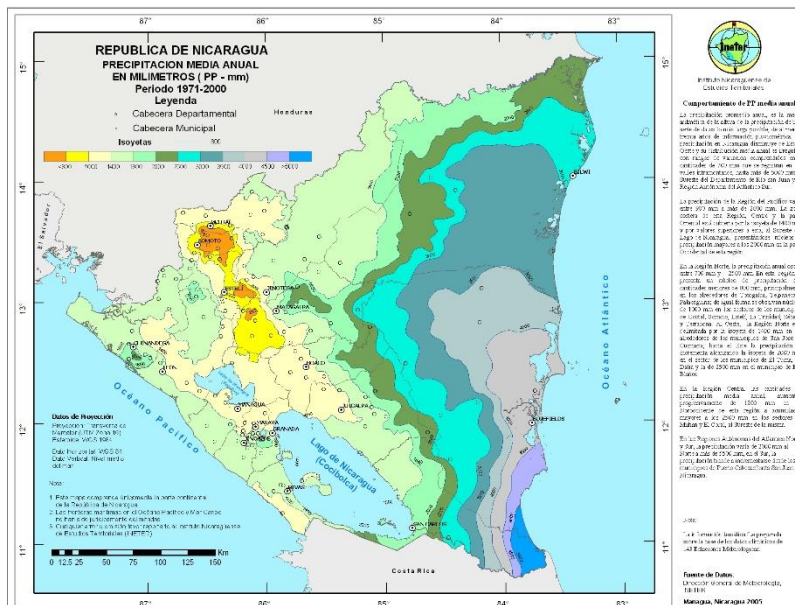
Al hablar de agua existen muchos aspectos a nivel microscópicos que no son tomados en cuenta en muchas ocasiones para su uso diario y es a partir de los estudios de calidad que podemos saber si pueden o no ser usados de la manera en la que lo hemos estado haciendo.

5.2.4. Contexto hídrico en la zona de estudio

Nicaragua es un país especialmente privilegiado en recursos hídricos, conteniendo aproximadamente 27056 m³ por habitante al año, (FAO-Aquastat, 2014) lo que posiciona al país por encima del promedio de Centroamérica. El Sistema de Índices de Desempeño Ambiental (YCEL&P, 2010) (Water UNEP-GEMS/WATER) ha evaluado a Nicaragua con el nivel óptimo mundialmente con 0% del territorio bajo estrés hídrico (situación de escasez en el territorio) y con un puntaje de 42,3 en la categoría calidad de agua ubicándola en la posición 136 de los 163 países evaluados.

Aun conociendo que Nicaragua no posee en promedio territorio bajo estrés hídrico, la laguna de Moyua se encuentra en el corredor seco de Nicaragua (precipitación pluvial anual promedio de 797 mm, véase Gráfico 1) y esta, es una de las zonas más vulnerables al cambio climático del planeta. Esta investigación estuvo inicialmente proyectada a evaluar la temporada de verano e invierno del año 2015, lo cual fue impracticable debido al declive de la columna de agua en la temporada de invierno de ese año (Véase Gráfico 52 en Anexo 9) afectando su capacidad de reservorio.

Gráfico 1: Precipitación media anual, período 1971-2000.



Fuente: INETER

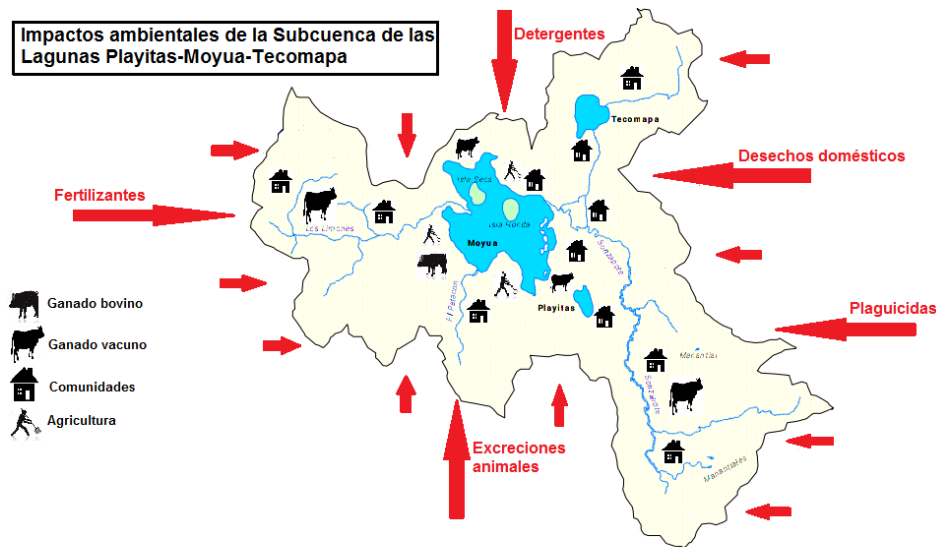
Por otra parte, dado que la laguna de Moyua se encuentra en uno de los municipios más secos del país, la simple presencia de agua (en ella) a lo largo del año establece una enorme importancia. El ecosistema hídrico investigado contiene “alto valor escénico, potencial para pesca recreativa y artesanal, potencial ecoturístico con énfasis en canotaje, ciclismo, centro de reproducción de la biodiversidad, observación de la avifauna migratoria y yacimientos arqueológicos indígenas”. (Salvatierra, 2003).

Sin embargo, existe un potencial riesgo de contaminación por actividades antropogénicas en el Sistema Lacustre de Lagunas Playitas-Moyua-Tecomapa, las cuales ya han venido manifestándose y siguen en constante avance debido a una serie de fuentes contaminantes tanto puntuales como no puntuales. Prueba de ello, es la pérdida en gran medida de las lagunas Las Playitas y Tecomapa.

La laguna de Moyua es la única del Sistema Lacustre con una profundidad alrededor de 5 metros y agua durante todo el año. La cual, se ha notado grandemente impactada por el descontrol en la extracción de agua para riego con bombas extractivas. Es preocupante el desinterés de las autoridades y los locales por este consumo desmedido. Consecuentemente, ha asumido períodos de extrema sequía. Véase Anexo 10: Normativa Ambiental Nacional

En resumen, la contaminación en la laguna de Moyua no es puntual. En ella son desechados: residuos domésticos, excreciones animales, efluentes del uso de detergente, fertilizantes y plaguicidas, entre otros.

Gráfico 2: Impactos ambientales de la Subcuenca de las lagunas Playitas-Moyua-Tecomapa



Fuente: Elaboración propia (ArcGis).

La población de la Laguna de Moyua comprende 52 familias, 251 personas distribuidas en la Comunidad Puertas Viejas, El Papayal, Sector 1, Sector 2 y Los Castros.

Tabla 6: Población de la Laguna de Moyua

COMUNIDAD	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES	NO. FAMILIAS
Puertas Viejas	125	63	62	26
El Papayal – Puertas Viejas	40	23	17	10
Playas de Moyua, Sector 1y2	29	16	13	7
Playas de Moyua, Los Castros	57	26	31	9
TOTALES	251	128	123	52

Fuente: (Salvatierra, 2015)

En el sector 1 y 2 de Moyua fue donde se recolectaron las muestras en dos pozos. Se trabajó solamente en esos pozos del sector de Moyua porque sus pobladores toman agua de los mismos, el MINSA en el año 2017 tomó

medidas preventivas de no utilizar el pozo del sector 2 de Moyua por tener alta conductividad eléctrica (contaminación de sales); y porque el presupuesto sólo permitía cubrir dos fuentes subterráneas (pozos).

Los alrededores de Moyua, en Puertas Viejas y el Papayal consumen agua que llega por tubería. Las actividades agrícolas en las zonas adyacentes al humedal comprenden el cultivo de: granos básicos (maíz, frijoles, sorgo), cucurbitáceas (sandía), hortalizas (pepino, ayote, pipían, tomate); y ganadería extensiva sin manejo silvopastoril.

5.2.4.1. Hidroquímica del río de influencia en la zona de estudio, el río Grande de Matagalpa

La cuenca hidrográfica del Río Grande de Nicaragua presenta una extensión en territorio de 18,856.55 km² que acumula su desagüe en el río principal “Río Grande de Matagalpa” y vierte en el Mar Caribe. (ANA),

La hidroquímica es la rama de la Hidrogeología que estudia la química de las aguas subterráneas, aunque también es aplicable para las aguas superficiales.

La composición hidroquímica del agua subterránea de la zona monitoreada en el 2013 por Delgado; fue predominantemente bicarbonatada-cálcica, seguida de los tipos: bicarbonatada-sódico, bicarbonatada-cálcica-sódica y bicarbonatada-magnésica; los cuales no difieren mucho con los monitoreados por González en el 2004 que reportó bicarbonatada-cálcica, seguida por bicarbonatada-sódica y bicarbonatada-magnésica.

En cuanto a la hidroquímica propia del Río Grande de Matagalpa, estas son del tipo bicarbonata-cálcica, que se corresponde con las reportadas por González (2004).

El tipo de agua bicarbonatada-cálcica corresponde a aguas de recarga, que en el Valle de Sébaco proceden de las zonas montañosas aledañas y de la infiltración del agua de los ríos Viejo y Grande de Matagalpa. (Delgado Quezada, 2014)

Gráfico 3: Impactos Ambientales acarreados a partir del Río Grande de Matagalpa



Fuente: MARENA

5.2.5. Humedales

Se conoce a los humedales como toda zona de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente. Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

5.2.5.1. Humedal Ramsar

Según la Convención de Ramsar en 1990, un humedal Ramsar es: "Extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Convención de Ramsar, 1990)".

5.2.5.2. Convención de Ramsar

La Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves acuáticas, conocida también como la Convención sobre los Humedales o Convención de Ramsar, por el lugar donde fue adoptada en Irán en 1971, es un tratado intergubernamental que ofrece un marco de referencia para la cooperación internacional en pro de la conservación y uso racional de los humedales. (Frazier, 1996).

Bajo la Convención, los países tienen la obligación de desarrollar políticas nacionales relativas a los humedales e incluir consideraciones sobre la conservación de estos ambientes en sus políticas del uso de la tierra. Los países se comprometen a cuidar el cuerpo de agua, y la evaluación de la calidad garantiza un paso adelante para su debida gestión.

Otra obligación es que cada país miembro de la Convención debe incluir por lo menos un sitio en la Lista de Humedales de Importancia Internacional. Actualmente existen 168 países miembros de la Convención que protegen a 2208 humedales y casi 211 millones de ha.

5.2.5.3. Humedales Ramsar en Nicaragua

Nicaragua posee actualmente 9 sitios designados como Humedales de Importancia Internacional (sitios Ramsar), con una superficie de 406,852 hectáreas. Véase Anexo 11. Política Nacional de Humedales Decreto No. 78-2003.

Gráfico 4: Humedales Ramsar de Nicaragua



- Reserva de Vida Silvestre Los Guatusos
- Humedal Ramsar No. 915



- Cayos Miskitos y fraja costanera inmediata
- Humedal Ramsar No. 1135



- Deltas del Estero Real y Llanos de Apacunca
- Humedal Ramsar No. 1136



- Lago de Apanás-Asturias
- Humedal Ramsar No. 1137



- Refugio de Vida Silvestre Río San Juan
- Humedal Ramsar No. 1138



- Sistema de Humedales de la Bahía de Bluefields
- Humedal Ramsar No. 1139



- Sistema de Humedales de San Miguelito
- Humedal Ramsar No. 1140



- Sistema lagunar de Tisma
- Humedal Ramsar No. 1141



- Sistema Lacustre Playitas-Moyua-Tecomapa
- Humedal Ramsar No. 1980

Fuente: Elaboración propia, extraído de MARENA.

Con información de la tesis de maestría de Salvatierra, y con fondos SAREC a través de un proyecto de investigación de la UNAN-Managua se inició el proceso de inclusión de sitios Ramsar a la Convención Ramsar iniciando con el llenado de la FIR (Ficha Informativa de los humedales Ramsar) para entregarse a MARENA en 2005, actualización en el período 2008-2009

para su asignación como humedal Ramsar No. 1980, finalmente en 2011 como "Sistema Lacustre Playitas-Moyua-Tecomapa,".

5.2.5.4. ¿Qué beneficios proporcionan los Humedales?

Los humedales son generalmente ecosistemas altamente productivos, que proveen de variados e importantes beneficios a la sociedad. Estos beneficios pueden ser descritos como "valores y servicios ambientales", funciones (recarga de acuíferos, control de inundaciones), el uso del humedal o sus productos (sitios para la colecta de especies o de investigación), o atributos del humedal (componentes estéticos, paisajes, religiosos, culturales). **Tabilo-Valdivieso, E. (1997)a.** Son enumerados a continuación:

- Suministro de agua.
- Regulador de Flujo (control primario de inundaciones).
- Prevención del ingreso de agua salada.
- Protección contra las fuerzas de la naturaleza.
- Retención de sedimentos, nutrimentos y tóxicos.
- Fuente de productos naturales.
- Producción de energía (hidroeléctrica, carbón y leña).
- Transporte.
- Banco genético.
- Significancia para la conservación.
- Recreación y turismo.
- Significancia socio-cultural.
- Significancia para la investigación y la educación.
- Contribución para la mantención de procesos existentes en ecosistemas naturales.

5.2.5.5. Retos ambientales de los Humedales a nivel nacional.

Estos problemas relacionados con la contaminación, eutrofización, salinización del agua y la alteración de los hábitats y ecosistemas de aguas continentales, son de tal magnitud (Reynolds, 1998; Montes & Antúnez, 1999) que han pasado a ser objeto de atención prioritaria no solo de limnólogos sino de los gobiernos y gestores. La Directiva Marco de Agua (DOCE, 2000), generada en el marco de la Unión Europea, es la prueba más evidente de la primacía de los gobiernos europeos de gestionar correctamente para conservar los ecosistemas de aguas continentales (Grande *et al.*, 2001).

La principal fuente de contaminación no puntual normalmente es la agricultura mientras que las fuentes puntuales son las aguas negras y los desechos industriales (Albert, 1997). Los contaminantes pueden entrar al agua a través de la liberación no intencional, como en el desarrollo de las actividades humanas (operaciones en la minería, hundimientos de barcos, etc.) y por la disposición de desechos (efluentes industriales, aguas negras, entre otros).

La contaminación biológica continuamente esta contaminación se debe a deficiencias en los servicios de saneamiento básico como drenajes, falta o inadecuados sistemas de tratamiento de aguas, bajo nivel de educación de la población o hábitos higiénicos incorrectos. (Albert, 1997)

Los principales contaminantes biológicos en el agua son los agentes patógenos (bacterias, virus, protozoarios y parásitos) que llegan a los cursos de agua a través de las descargas de aguas residuales sin tratar o con tratamiento deficiente, drenaje de lluvias y las escorrentías que fluyen por los corrales de ganado. También la práctica de la defecación al aire libre en las zonas rurales, constituye una fuente de contaminación de las aguas superficiales. La contaminación de tipo bacteriológico es debida fundamentalmente a los desechos humanos y animales de sangre caliente, ya que los agentes patógenos se encuentran en las heces, orina y fluidos corporales y son origen de muchas enfermedades hídricas (Orozco *et al.* 2004).

6. HIPOTESIS

La evaluación de la calidad física, química y bacteriológica de la laguna de Moyua (parte del Sistema Lacustre Playitas-Moyua-Tecomapa, Humedal Ramsar N°1980) en Matagalpa en el año 2015-2016, permitirá verificar si el agua de la laguna es apta para consumo humano, riego y recreación.

CAPÍTULO III

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. DESCRIPCION DEL AMBITO DE ESTUDIO.

Este estudio se lleva a cabo en la laguna de Moyua, hidrográficamente ubicada en el sistema lacustre Playitas-Moyua-Tecomapa (Humedal Ramsar No.1980), unidad hidrográfica del Río Grande de Matagalpa¹ No. 55-95189 y geográficamente ubicada en Ciudad Darío, Municipio del Departamento de Matagalpa, Nicaragua.

Gráfico 5: Ubicación del ámbito de estudio



Fuente: INETER (original); modificado por autora (ArcGis).

¹ El Río Grande de Matagalpa es la cuenca hidrográfica N°55 según el Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA) de 1972 y unidad hidrográfica N° 9518 según el método Otto Pfafstetter delimitado en Nicaragua en el año 2014. El Sistema lagunar Playitas-Moyua-Tecomapa es la unidad hidrográfica N°55- 95189. (INETER, 2014)

La laguna de Moyua es situada a 70 Km al norte de Managua recorriendo la carretera Panamericana, frente al Restaurante “Pescafrito Maritza” (referencia local) y unos kilómetros antes del municipio de Ciudad Darío, Matagalpa.

Gráfico: 6: Mapa de localización de Moyua



Fuente: Google Maps, modificado por autora.

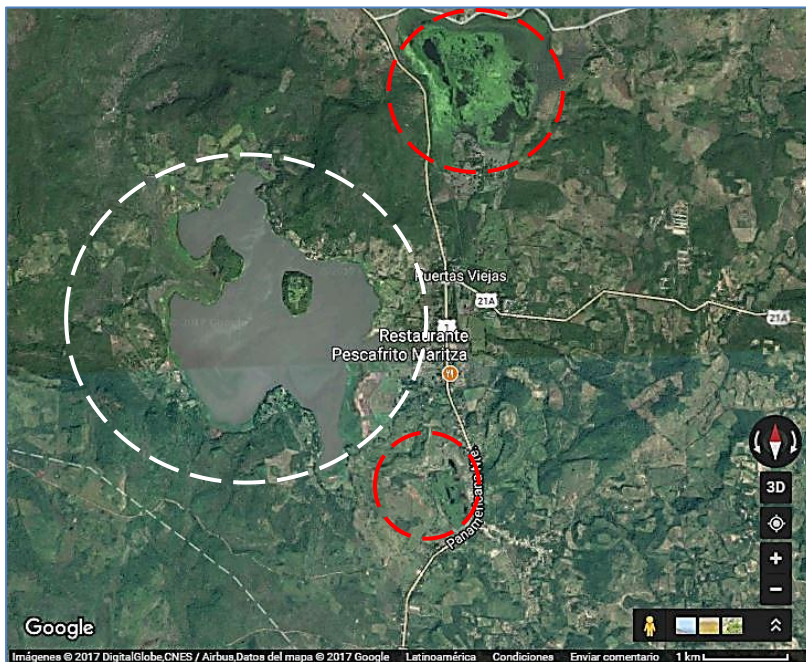


Gráfico 7: Imagen satelital de Moyua

En la imagen satelital a la izquierda se puede observar la laguna de Moyua (punteada en blanco), única laguna apreciable debido al estado trófico presente en la laguna Las Playitas y Tecomapa (punteadas en rojo).

Fuente: Google Earth Pro, modificado por autora.

7.2. TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio por el nivel de investigación alcanzado es experimental, descriptivo, correlacional y de corte transversal, porque permite detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de sus variables; permite conocer cómo se comporta una variable en relación a otra; y porque la incidencia de algunos factores ambientales, físicos y químicos en la calidad del agua superficial (laguna de Moyua) y agua subterránea en pozos seleccionados en el área de estudio, se realiza en un periodo determinado.

7.3. POBLACION Y MUESTRA

7.3.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población de estudio es abarcada los 5,5 Km² de territorio que comprende la laguna de Moyua (incluyendo las zonas adyacentes a la misma); la cual es parte del sistema lagunar Playitas-Moyua-Tecomapa, (Humedal Ramsar No.1980), unidad hidrográfica del Río Grande de Matagalpa No. 55-95189 en el Municipio de Ciudad Darío.

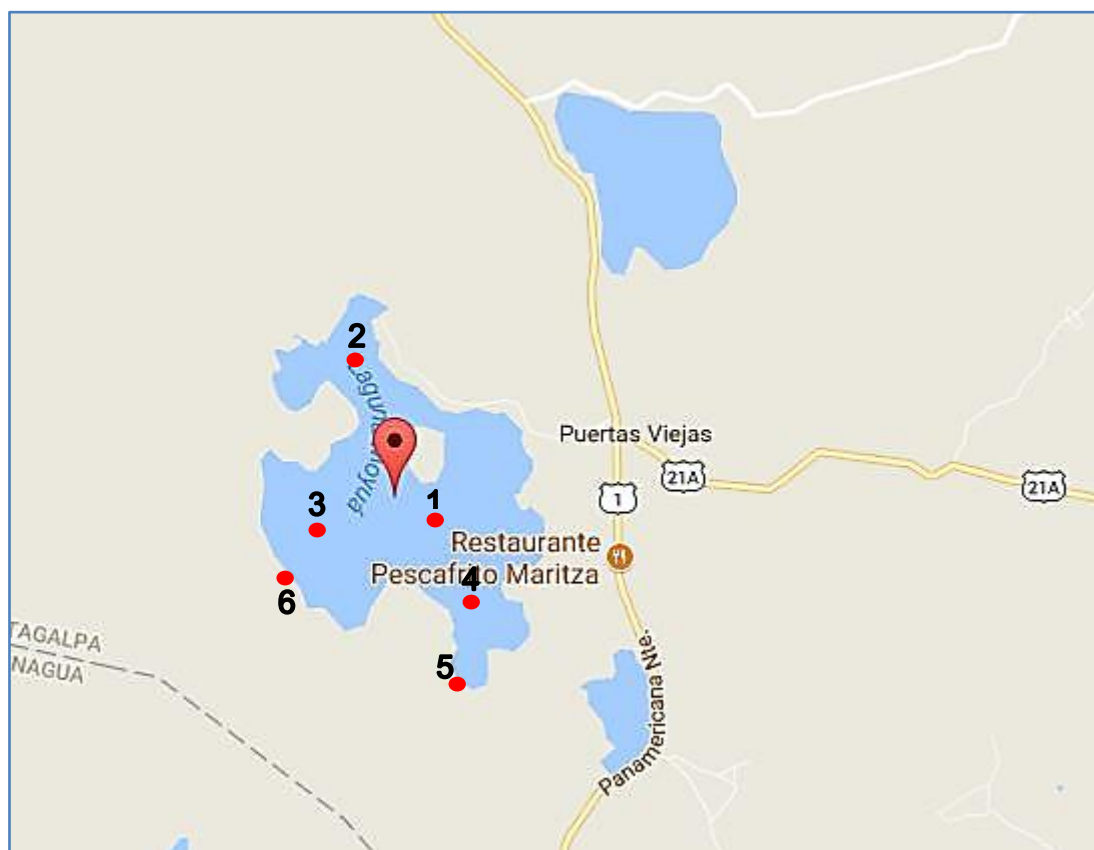
7.3.2 MUESTRA DE ESTUDIO

La muestra del estudio es no probabilística, el procedimiento no fue mecánico, obedece a los criterios de la investigadora y busca la representatividad de la población. Criterios: dimensiones de la laguna; accesibilidad al sitio; agua en movimiento; puntos de contaminación; uso actual de la laguna: uso agrícola, recreación (turismo rural comunitario) y consumo humano; costo, duración y entrega de análisis. Criterios para pozos: cercanía a la Laguna, uso del pozo, tipo de pozos (perforado o excavado) y costo de los análisis.

Basado en estos criterios de selección se opta por investigar a la laguna de Moyua sobre las dos restantes del Sistema lacustre (Las Playitas y Tecomapa) y se muestrea durante la temporada de verano (febrero y enero, respectivamente) de los años 2015 y 2016; esto debido a la escasa pluviosidad en invierno del año 2015.

En la siguiente Gráfico 8, se observa la ubicación de los puntos de muestreo de esta investigación en el territorio de la laguna de Moyua y en la Tabla 7, sus coordenadas.

Gráfico 8: Ubicación de puntos de muestreo



Fuente: Google Maps, modificado por autora.

Tabla 7: Coordenadas de los puntos de muestreo

Clave en el Mapa	Identificación de puntos de muestreo	Coordenadas			
		2015		2016	
		Este	Norte	Este	Norte
1	Laguna Moyua 1 (Entrada Muelle)	602782	1392107	602570	1392101
2	Laguna Moyua 2 (Fernando Rayo)	602589	1391337	602501	1391321
3	Laguna Moyua 3 (Los Castros)	601441	1393757	601499	1393264
4	Laguna Moyua 4 (Tomás Moreno)	600634	1392200	600623	1392398
5	PP-Moyua 1 (Comarca Playas de Moyua)	602193	1391158	602193	1391158
6	PE -Moyua 2 (Sector Moreno)	600378	1392015	600378	1392015

Fuente: Elaboración propia (Excel).

7.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Las variables utilizadas en esta investigación fueron independientes y dependientes:

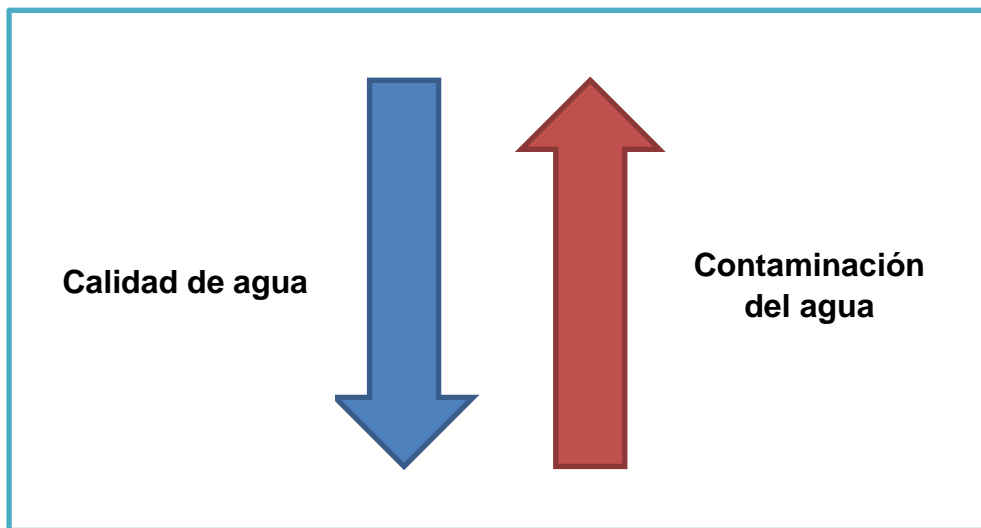
7.4.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

La variable independiente en esta investigación es la contaminación del agua.

7.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES

La variable dependiente de la presente investigación es la calidad de agua. Siendo inversamente proporcional una de la otra: la calidad del agua depende de la contaminación; si la contaminación aumenta, a calidad disminuye.

Gráfico 9: Relación inversamente proporcional de las variables independientes



Fuente: Elaboración propia.

7.4.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Las operaciones (procedimientos) que las variables necesitan para ser obtenidas son mencionadas a continuación:

Tabla 8: Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	OPERACIÓN (MÉTODO ANALÍTICO)	REFERENCIA	UNIDAD DE MEDIDA
Contaminación del agua	Calidad del agua	pH	Met. Potenciométrico	4500-H.B ¹	Unidades de pH
		Conductividad	Conductivímetro	2510.B ²	μS/cm
		Turbidez	Met. Nefelométrico	2130.B ²	UNT
		Color Verdadero	Met. de comparación Visual	2120.B ²	mg/L Pt-Co

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

	Sólidos Totales Disueltos	Met. Secado de sólidos totales disueltos a 180°C	2540.C ²	mg/L ST
	Ca ²⁺	Met. Cromatografía de iones	ICS-900 ³	mg/L CaCO ₃
	Mg ²⁺		ICS-900 ³	mg/L CaCO ₃
	Na ⁺		ICS-900 ³	mg/L Na
	K ⁺		ICS-900 ³	mg/L
	Cl ⁻	Cromatografía iónica	4110.B ²	mg/L
	NH ₄ ⁺	Met. Del Fenato	4500-NH ₃ .F ²	mg/L N-NH ₃
	NO ₃ ⁻	Cromatografía iónica	4110.B ²	mg/L NO ₃
	NO ₂ ⁻	Met. Colorimétrico	4500-NO ₂ .B ²	mg/L NO ₂ -N
	SO ₄ ²⁻	Met. Electrodo de ión selectivo	4110.B ²	mg/L
	CO ₃ ²⁻	Titulación	2320.B ²	mg/L
	HCO ₃ ⁻	Titulación	2320.B ²	mg/L
	Dureza Total	Met. Cromatografía de iones	ICS-900 ³	mg/L CaCO ₃
	F ⁻	Spands	4500-F.D ²	mg/L
	Fósforo Total	Ácido Ascórbico	4500-P.B:E ²	mg/L
	Ortofosfato	Ácido Ascórbico	4500-P.E ²	mg/L
	Nitrógeno Total	Met. 2da Derivada	Segunda derivada ⁴	mg/L NT
	Hierro Total	Met. Fenantrolina	3500-Fe.B ²	mg/L
	Compuestos organoclorados	Cromatografía de gases y/o líquida de alta presión	C. Schlett. (1991) ⁶	µg/L
	Compuestos organofosforados		C. Schlett. (1991) ⁶	µg/L
	Herbicidas		Hewlet Packard (1994) ⁵	µg/L
	Coliformes Totales	Tubos múltiples de Fermentación	9221 ² 9222 ²	NMP/100mL
	Coliformes Termotolerantes		9221 ² 9222 ²	NMP/100mL
	<i>Escherichia coli</i>		9221 ²	NMP/100mL
	Estreptococos		9221 ²	NMP/100mL
	Enterococos		9221 ²	NMP/100mL

Fuente: Elaboración propia (Excel).

¹American Public Health Association (APHA). (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th. Ed. Washington: APHA.

²American Public Health Association (APHA). (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th. Ed. Washington: APHA.

³Thermo Fisher Scientific. (2012). Dionex ICS – 900 ion Chromatography System Operator's Manual. Rev. 03. U.S.A.

⁴Crumpton, W.G., T.M. Isenhardt & P.D. Mitchell. (1992). Nitrate an organic N analysis with second-derivative spectroscopy. *Limnology & Oceanography* 31:907-913.

⁵Hewlet Packard, Water Analysis, Organic Micropollutants. (1994). Triazine Herbicides, pag 231-237.

⁶C. Schlett. (1991). Multi-residue-analysis of pesticides by HPLC after solid phase extraction, *Fresenius J. Anal Chem* 339:344 – 347.

Los indicadores se dividen en: variables físicas, variables química y variables bacteriológicas.

Tabla 9: Indicadores

VARIABLES FÍSICAS	VARIABLES QUÍMICAS	VARIABLES BACTERIOLÓGICAS
pH	Ca ²⁺	Coliformes totales
Conductividad	Mg ²⁺	Coliformes termotolerantes
Turbidez	Na ⁺	<i>Escherichia coli</i>
Color Verdadero	K ⁺	Estreptococos
Sólidos Totales Disueltos	Cl ⁻	Enterococos
	NH ₄ ⁺	
	NO ₃ ⁻	
	NO ₂ ⁻	
	SO ₄ ²⁻	
	CO ₃ ²⁻	
	HCO ₃ ⁻	
	Dureza Total	
	F ⁻	
	Fósforo Total	
	Ortofosfato	
	Nitrógeno Total	
	Hierro Total	
	Compuestos organoclorados	
	Compuestos organofosforados	
	Herbicidas	

Fuente: Elaboración propia (Excel).

7.5. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

7.5.1. MATERIALES

Los materiales utilizados se dividen en: materiales para recolectar la información y materiales para procesar la información.

7.5.1.1. MATERIALES PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN

- Fichas de contenido
- Matrices
- Formato de custodia
- Recipientes de muestreo
- Computadora
- Libros
- Fotografías del área de estudio
- Formato de recolecta de muestra

7.5.1.2. MATERIALES PARA PROCESAR INFORMACIÓN

- Microsoft Office
- ArcGis
- R Program
- Tablas
- MatLab
- Google map Pro
- Gráficos

7.5.2. EQUIPOS

Son utilizados equipos de muestreo como: pHmetro, conductivímetro y draga.

7.5.3. MÉTODOS

El método que se utiliza en esta investigación es el deductivo, debido a que por medio de observaciones y análisis, se formula una hipótesis y esta, se comprueba mediante interpretación de los datos de los análisis antes mencionados.

Los metodología utilizada se subdivide en: metodología de muestreo, metodología analítica de cada indicador, metodología para procesas datos, metodología para interpretar datos, metodología para garantizar la calidad de esta investigación.

7.5.3.1. Metodología de muestreo

De manera general la metodología utilizada para todos los muestreos de agua es el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20 edición e ISO 5667 adoptada por el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos de Nicaragua donde se realizaron los análisis.

7.5.2.2. Metodología de cada análisis

El método analítico usado es diferente para cada indicador de calidad de agua y contaminación de agua. Véase Tabla 8: Operacionalización de variables.

7.5.2.3. Metodología de interpretación de datos

No existe método estandarizado, armonizado ni normado mundialmente para evaluar calidad de agua. Se decide seguir la siguiente ruta guía como técnica:

- Recolectar las muestras de agua a la laguna de Moyua, en los sitios seleccionados con personal técnico especializado del CIRA/UNAN y con la supervisión de la tutora para salvaguardar e instruir de la tesista.
- Entregar los de formatos y muestras a la Unidad de Ventas de servicios del CIRA/UNAN.
- Analizar las muestras de agua para la determinación de las variables de campo: conductividad, pH, temperatura; con el propósito de verificar los datos obtenidos en campo.
- Esperar el reporte de resultados e interpretar 30 variables entre físicas, químicas (incluyendo plaguicidas organoclorados, organofosforados, herbicidas, nitrógeno total y fósforo total) y bacteriológicas para conocer su comportamiento en ambos años.
- Caracterizar la Hidroquímica de las agua de la laguna de Moyua.
- Tabular la correlación de estas variables para conocer su relación lineal y de proporcionalidad. Véase Anexo 3: Correlación de variables en 2015 y 2016.
- Comparar las concentraciones encontradas con el Índice de calidad de agua para irrigación de la FAO.
- Calcular SAR (Sodium Absorption Ratio) para facilitar la evaluación de calidad de agua para irrigación.
- Interpretar brevemente para fines recreativos (turismo rural comunitario), las variables encontradas en el agua superficial de la laguna de Moyua fundamentando con calidad bacteriológica.
- Comparar las concentraciones encontradas de la laguna de Moyua y de los pozos aledaños con los valores guías de las Normas CAPRE, Canadiense y OMS para agua potable.
- Utilizar el Índice de Toledo *et al*, (1984), para determinar la categoría trófica de la laguna de Moyua.

- Resumir la información encontrada en los pasos anteriores y desarrollar la evaluación de calidad del agua para consumo, recreación (turismo rural comunitario) e irrigación de la laguna de Moyua.

7.5.2.3.1. Criterios para garantizar la calidad de los datos

- La base de datos debía ser suficientemente amplia para abarcar todos los posibles criterios de valoración física, química y bacteriológica de interés.
- Se impuso sólo aquellos requisitos que estuviesen justificados por el ámbito de aplicación en la investigación.
- En lo que respecta a las sustancias inorgánicas, se tuvo en cuenta en alguna medida la especiación en el agua de consumo.
- Existe una homogeneidad razonable en la investigación: el criterio de valoración y el estudio empleado no contradicen el conjunto de las pruebas.

CAPÍTULO IV

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En 5,5 Km correspondientes al territorio de la laguna de Moyua viven aproximadamente 251 personas, las cuales subsisten del agua superficial de la laguna y del agua subterránea (pozos) que la comunidad posee.

Fueron seleccionados seis puntos de muestreo: cuatro en agua superficial y dos en agua subterránea, para los cuales se describirá sus posibles fuentes de contaminación:

Punto de muestreo 1) Laguna Moyua 1 (Entrada Muelle): Se encuentra frente a la entrada del muelle, zona de alta actividad agrícola.

Punto de muestreo 2) Laguna Moyua 2 (Fernando Rayo): Se encuentra en un estrecho de la laguna, cercano a viviendas de pobladores y suelos agrícolas.

Punto de muestreo 3) Laguna Moyua 3 (Los Castros): Se encuentra cercano a viviendas de pobladores y a terrenos agrícolas.

Punto de muestreo 4) Laguna Moyua 4 (Tomás Moreno): Se encuentra muy cerca de viviendas de pobladores.

Punto de muestreo 5) Pozo Perforado-Moyua 1 (Comarca Playas de Moyua): Es usado por 5 familias, 25 personas, se encuentra en el Sector 2. Hay baños cercanos al pozo que se encuentran en una construcción cerrada, no hay basureros ni ganado ni cultivos cercanos al pozo. En el 2017, el MINSA cerró el pozo debido a su alta conductividad.

Punto de muestreo 6) Pozo Excavado-Moyua 2 (Sector Moreno): Es usado por 10 familias, 60 personas, se encuentra en la zona Los Castros, San Martín. No hay letrinas ni basureros ni corrales de animales cercanos al pozo, sí hay pequeñas camas de cultivos. Véase Anexo 9, Gráfico 51.

En los sectores donde fueron seleccionados los pozos para ser analizados (sector 2 y San Martín) no hay agua por conducción, no hay acueductos cerrados de tuberías. Estos sectores no cuentan con los servicios

básicos, no tienen acceso a electricidad ni al agua potable, son áreas en las que consume más agua subterránea.

Los resultados de la presente investigación serán retribuidos a la UNAN-Managua, CIRA/UNAN, FAREM-Matagalpa, MARENA Matagalpa, Alcaldía de Ciudad Darío, comunidad de la laguna de Moyua, entre otros, durante los meses posteriores a su defensa.

8.1. Evaluación de la Calidad de Agua para riego

En esta sección se ha evaluado el comportamiento de las variables que pudiesen afectar la irrigación a partir del agua superficial de la Laguna de Moyua en la temporada de verano de los años 2015 y 2016. Para esto se han utilizado los índices guías de agua para irrigación de la FAO (1985) y el índice guía de la EPA (1991). Se ha estudiado: la calidad física, la calidad química, la concentración de sales, la Relación de Adsorción de Sodio (SAR), la concentración de elementos tóxicos para los cultivos como sodio y la hidroquímica de sus aguas.

La siguiente tabla muestra los datos de muestreo en ambos años con respecto a los índices guías de la FAO para cada uno.

Tabla 10: Datos de variables de la laguna de Moyua e Índice de calidad de agua de la FAO para cada una.

Variables	Muestreros	Puntos de muestreo				Índice de calidad de agua para irrigación	Unidades
		1	2	3	4	FAO	
pH	2015	8,41	8,39	8,43	8,37	6,5-8,4	pH
	2016	8,65	8,65	8,67	8,68		
Conductividad	2015	403,00	406,00	405,00	404,00	3000	μS/cm
	2016	719,00	721,00	723,00	721,00		
STD	2015	249,43	242,43	244,05	244,00	2000	mg/L
	2016	443,80	445,34	443,78	444,69		
Na ⁺	2015	24,07	21,95	22,05	23,08	920	mg/L
	2016	50,70	51,15	50,90	51,30		
K ⁺	2015	11,32	9,93	10,41	10,96	2	mg/L
	2016	18,32	17,92	17,92	17,92		
Cl ⁻	2015	15,82	14,58	14,93	14,69	142	mg/L
	2016	44,02	43,90	43,42	44,17		
Ca ²⁺	2015	44,23	41,69	41,86	43,65	400	mg/L

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

	2016	80,16	80,96	80,16	80,16		
Mg²⁺	2015	10,12	9,01	9,26	9,79	60,75	mg/L
	2016	17,01	18,47	17,01	17,01		
NH₄⁺	2015	0,03	0,02	0,03	0,03	5	mg/L
	2016	0,03	0,04	0,04	0,09		
NO₃⁻	2015	0,25	0,25	0,25	0,25	10	mg/L
	2016	0,25	0,25	0,25	0,25		
SO₄²⁻	2015	5,02	4,84	4,87	4,91	142	mg/L
	2016	13,59	13,56	13,19	13,13		
CO₃²⁻	2015	6,00	9,60	9,60	12,00	30	mg/L
	2016	45,60	45,60	48,00	48,00		
HCO₃⁻	2015	217,23	212,35	212,35	200,15	610	mg/L
	2016	300,20	300,22	297,78	297,78		
F⁻	2015	0,39	0,39	0,44	0,39	1,5	mg/L
	2016	0,57	0,58	0,62	0,62		

Fuente: Elaboración propia (Excel).

El agua de la laguna de Moyua fue evaluada para irrigación debido a que este es el mayor uso que se le da y se seleccionaron las variables a estudiar considerando las prácticas agrícolas locales y el uso de suelo en las laderas de la laguna.

Observando detalladamente la Tabla 9: Datos de variables de la laguna de Moyua e Índice de calidad de agua de la FAO para cada una, encontraremos que las concentraciones de las variables, excepto NH₄⁺ y NO₃⁻, son mayores en el 2016 que las encontradas en el 2015. Comportamiento resultante del arrastre de sedimentos tras las temporadas lluviosas de años anteriores a las fechas de muestreo. La temporada lluviosa del 2015 se retrasó recargando a la Laguna de Moyua previo al muestreo en verano del 2016; fenómenos que no pasó en el 2014, en el que se registró una sequía histórica. (INETER, 2014)

Los muestreos se realizaron entre las 9:45 y las 13:10 horas del 12 de febrero del año 2015; y entre las 10:20 y las 16:00 horas del 19 de enero del año 2016. Ambos en temporada de verano con temperaturas que oscilaban entre los 24,4 y 27,7 °C.

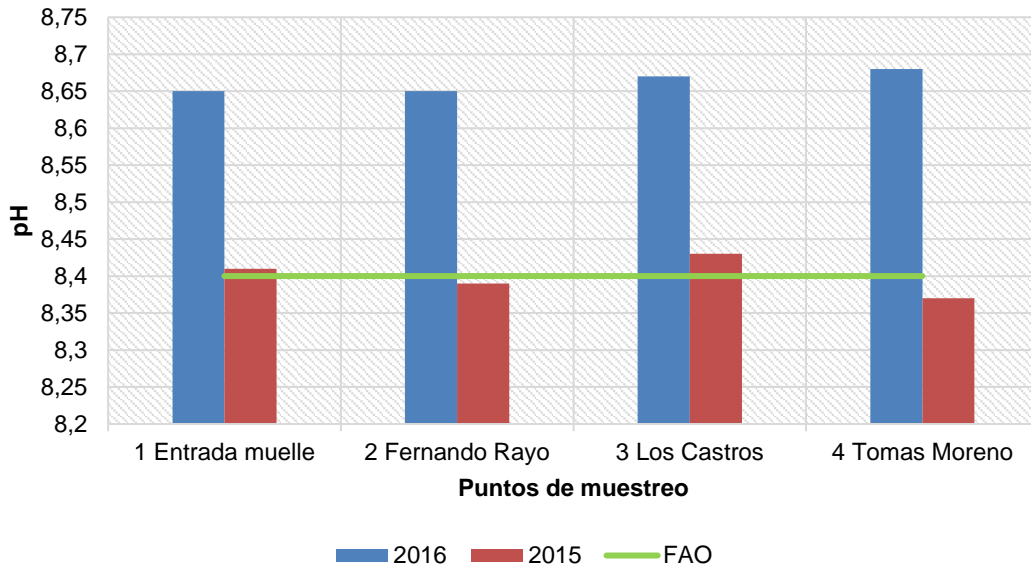
8.1.1. Calidad Física

La calidad física del agua para irrigación responde al comportamiento de las variables: pH, conductividad y sólidos totales disueltos.

8.1.1.1. pH

Las concentraciones de pH tomadas en el año 2016 y el tercer punto de muestreo del año 2015 (Los Castros) superaron el límite guía superior permitido por la FAO de [8,4] pH para aguas de irrigación.

Gráfico 10: Comportamiento del pH en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO



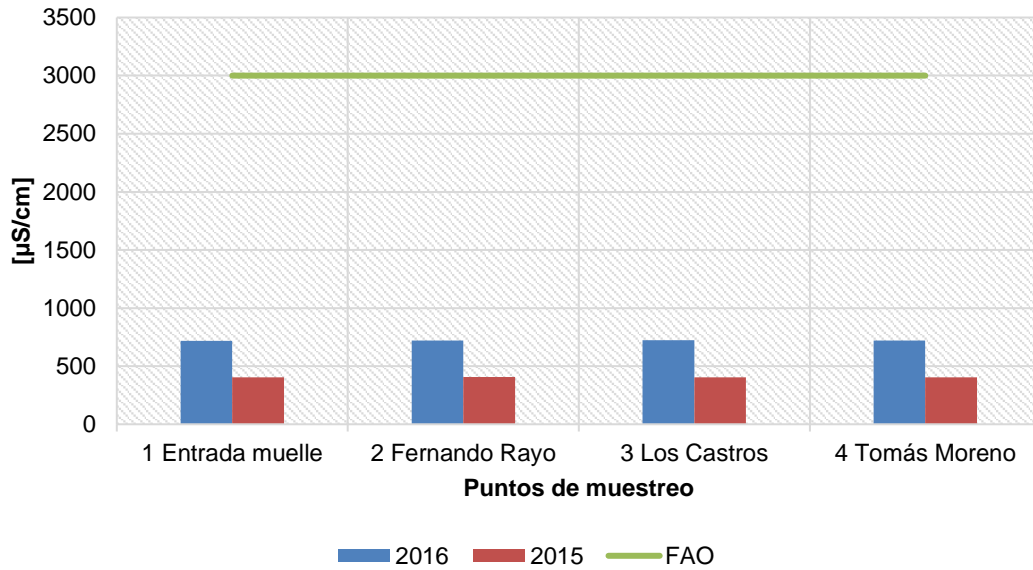
Fuente: Elaboración propia (Excel).

El pH es una variable importante a estudiar en el agua debido a que condiciona otras variables, las caracteriza y las hace especialmente útiles para determinados usos. En el caso de los cultivos, el pH puede determinar el éxito de una cosecha, los iones de hidrogeno participan en la mayoría de las reacciones químicas del agua y del suelo, e influyen en la solubilidad de los fertilizantes, la disponibilidad de nutrientes en las plantas, entre otros. El agua con valores de pH fuera del valor recomendado puede ocasionar deficiencia o incremento de nutrientes aproximándose a la toxicidad alterando el desarrollo de la planta.

8.1.1.2. Conductividad

Las concentraciones de conductividad encontradas no superaron el límite guía de [3000] $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicando que el agua durante estos años se encontró en apropiada condición para este uso con respecto a esta variable.

Gráfico 11: Comportamiento de la Conductividad en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices de la FAO



Fuente: Elaboración propia (Excel).

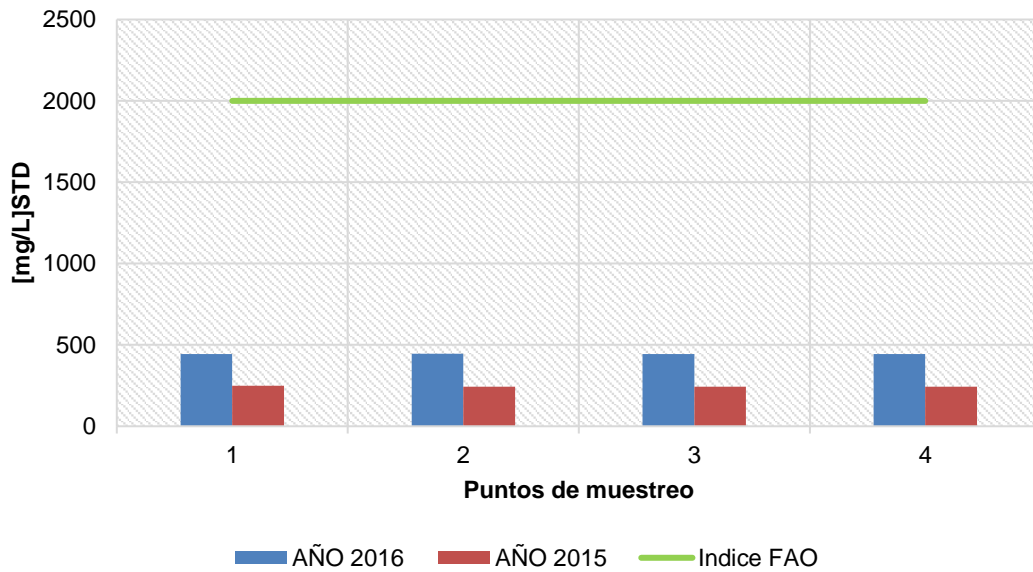
La laguna presentó concentraciones que oscilaron entre [403] a [723] $\mu\text{S/cm}$, concentraciones bajas y apropiadas para cultivos resistentes a la conductividad eléctrica, como lo son la mayoría de hortalizas y frutas.

Constantemente las concentraciones superiores a los límites permitidos de conductividad limitan el crecimiento de los cultivos y disminuye el rendimiento de las plantas.

8.1.1.3. Sólidos Totales Disueltos

Las concentraciones de Sólidos Totales Disueltos (STD) encontradas en verano de ambos años se encontraron por debajo del límite guía permitido de [2000] mg/L STD, no afectando de manera negativa la calidad de agua para este uso. Las concentraciones elevadas de STD en el agua se acumulan en los surcos de riego provocando serios problemas de infiltración en el suelo.

Gráfico 12: Comportamiento de los Sólidos Totales Disueltos en el año 2015 y 2016 con respecto al Índice FAO



Fuente: Elaboración propia (Excel).

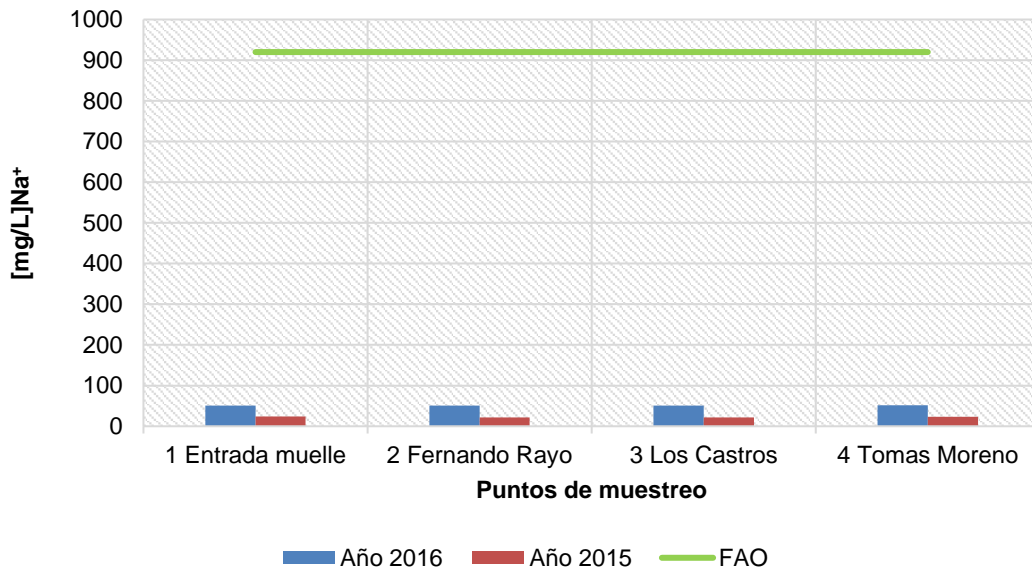
8.1.2. Calidad Química

La calidad química del agua para irrigación responde al comportamiento de las variables: Na^+ , Relación de Adsorción de Sodio (SAR), K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- y F^- .

8.1.2.1. Na^+

Las concentraciones del Na^+ encontradas en febrero de ambos años ingresaron dentro del límite guía permitido por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [920] mg/L Na^+ , indicando que el agua durante este período del año fue apta para irrigación con respecto a esta variable.

Gráfico 13: Comportamiento del Na⁺ en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO



Fuente: Elaboración propia (Excel).

Se obtuvieron resultados favorables para la irrigación de los años estudiados debido a que el sodio es una sal perjudicial para las plantas. Una concentración alta de sales tiene como resultado potencial osmótico alto de la solución del suelo, por lo que la planta tiene que utilizar más energía para absorber el agua. Bajo condiciones extremas de salinidad, la planta no puede absorber el agua y se marchita incluso cuando el suelo alrededor de las raíces se siente mojado al tacto.

Entre los síntomas visuales que pueden aparecer están las puntas y bordes de las hojas quemadas, deformaciones de las fruta, entre otras. También, los suelos que contienen altos niveles de sodio, tienen una permeabilidad reducida y una capacidad de infiltración del agua muy baja.

8.1.2.2. SAR

La concentración relativa de sodio o Relación de Adsorción de Sodio (SAR), puede usarse como “índice de sodio” o “peligro de sodificación²” que presenta un agua de riego. El peligro de sodificación que entraña el uso de un agua de riego queda determinado por las concentraciones absolutas y relativas

² Incremento de sales hidrosolubles en el suelo, incluyendo potasio, magnesio, calcio, cloruro, sulfato, carbonato y bicarbonato (salinización) o alto contenido en sodio (sodificación). Afecta negativamente al crecimiento vegetal, reduce los rendimientos agrícolas y puede hacer los suelos improductivos. **FAO. (1985).**

de los cationes. Si la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación y, al contrario, si predominan el calcio y el magnesio, el peligro es menor.

Los suelos sódicos, igualmente, se forman por acumulación de sodio intercambiable (a través de agua con concentraciones elevadas de sodio) y con frecuencia, se caracterizan por su baja permeabilidad y difícil manejo.

El cálculo de SAR se calcula a partir de las concentraciones de los iones en miliequivalentes y se ha desglosado para el año 2015 y 2016 (Véase Anexo 8: Peso miliequivalentes de iones usados):

Año 2015

$$Na^+ = 22,7875 \frac{mg}{L} \times 0,0434 = 0,9889775 \text{ meq/L}$$

$$Ca^{+2} = 42,8575 \frac{mg}{L} \times 0,0499 = 2,13858925 \text{ meq/L}$$

$$Mg^{+2} = 9,545 \frac{mg}{L} \times 0,0822 = 0,784599 \text{ meq/L}$$

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

$$\begin{aligned} SAR &= \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} = \frac{0,9889775 \text{ meq/L}}{\sqrt{\frac{2,13858925 \frac{meq}{L} + 0,784599 \text{ meq/L}}{2}}} = \frac{0,9889775 \text{ meq/L}}{\sqrt{\frac{2,92318825}{2}}} \\ &= \frac{0,9889775 \text{ meq/L}}{\sqrt{1,461594125}} = \frac{0,9889775 \text{ meq/L}}{1,208964071} = 0,8180371309 \end{aligned}$$

Año 2016

$$Na^+ = 51,0125 \frac{mg}{L} \times 0,0434 = 2,2139425 \text{ meq/L}$$

$$Ca^{+2} = 80,36 \frac{mg}{L} \times 0,0499 = 4,009964 \text{ meq/L}$$

$$Mg^{+2} = 17,375 \frac{mg}{L} \times 0,0822 = 1,428225 \text{ meq/L}$$

$$\begin{aligned}
 SAR &= \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} = \frac{2,2139425 \text{ meq/L}}{\sqrt{\frac{4,009964 \frac{\text{meq}}{L} + 1,428225 \text{ meq/L}}{2}}} = \frac{2,2139425 \text{ meq/L}}{\sqrt{\frac{5,438189}{2}}} \\
 &= \frac{2,2139425 \text{ meq/L}}{\sqrt{2,7190945}} = \frac{2,2139425 \text{ meq/L}}{1,648967707} = 1,342623321
 \end{aligned}$$

Ambos años el SAR se encontró entre el rango de 0-3 lo que señala que el agua de la laguna de Moyua durante la temporada de verano del año 2015 y 2016 no se encontró en peligro de sodificación, no afectando su permeabilidad y manejo.

Tasa de afectación en la infiltración de agua sobre el suelo, usando SAR y Conductividad Eléctrica:

Para evaluar la calidad del agua de riego en función de la salinidad y sodicidad se presentan medidas de conductividad eléctrica y de relación de adsorción de sodio (SAR) en el Gráfico 14. La SAR se utiliza en unidades mmol/L y la conductividad en dS/m.

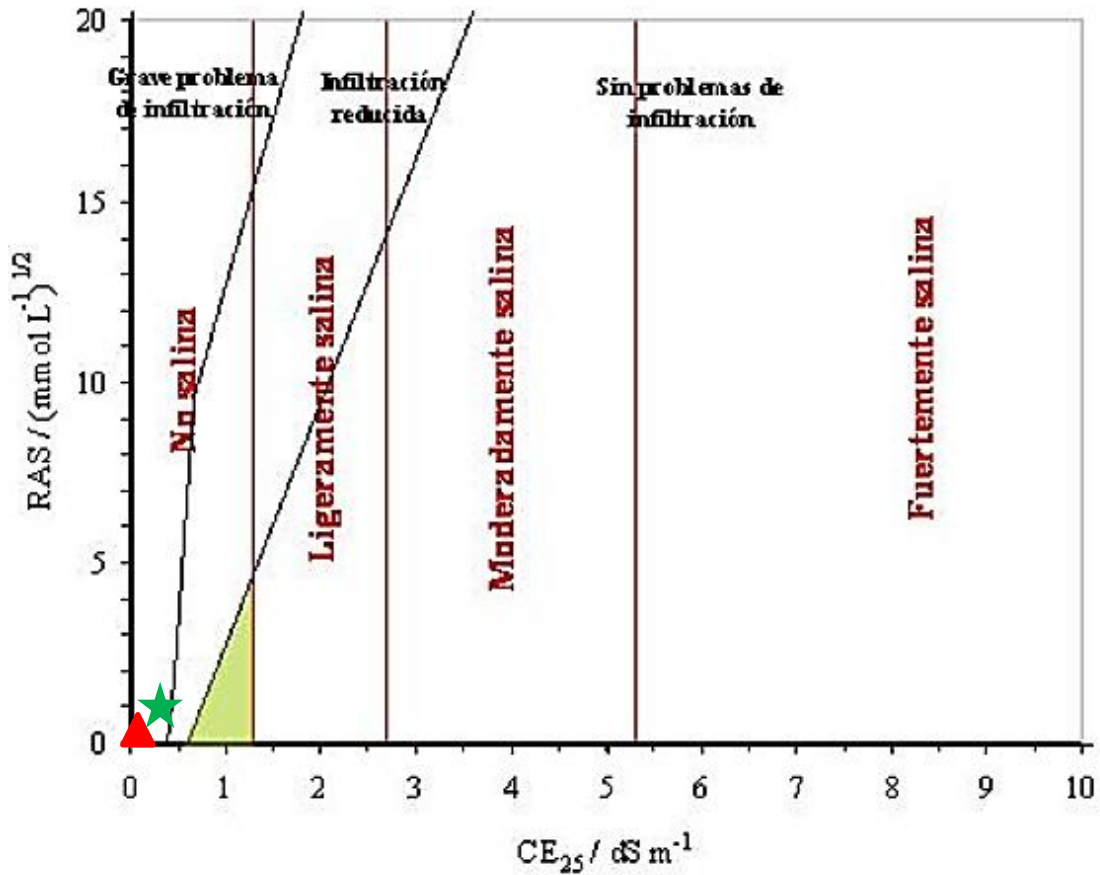
Tabla 11: Conversión de meq/L a mmol/L de SAR anual

SAR	meq/L	mmol/L
2015	0,82	0,82
2016	1,34	1,34

Tabla 12: Conversión de $\mu\text{S/cm}$ a dS/m de Conductividad Eléctrica

Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	dS/m
2015	404,5	0,405
2016	721,0	0,721

Gráfico 14: Tasa de infiltración de agua sobre el suelo, en función de su salinidad y



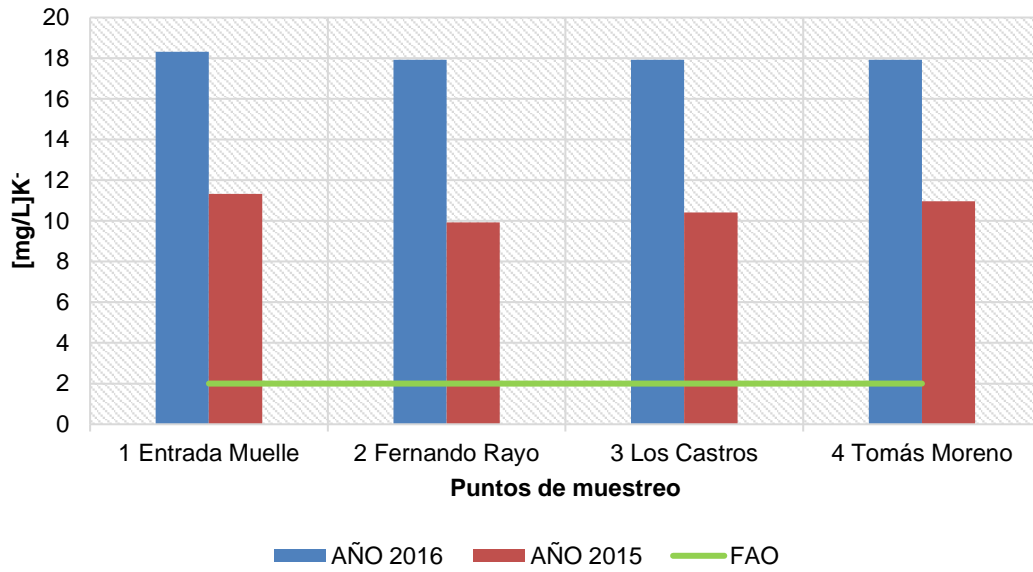
- ▲ 2015
- ★ 2016

Las agua de la laguna de Moyua son de baja salinidad (menos de [1.3] dS/m) y valores bajos de RAS (menos de [3] mmol/L). Las aguas con mejor calidad para ser utilizadas para riego se sitúan en el triángulo verde mostrado en la parte inferior de gráfico 14.

8.1.2.3. K^+

Las concentraciones de K^+ encontradas en febrero del ambos años superaron el límite guía permitido por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [2] mg/L K^+ , indicando que el agua durante este período del año no fue apta para irrigación con respecto a esta variable.

Gráfico 15: Comportamiento del K⁺ en el año 2015 y 2016 con respecto al Índice de la FAO

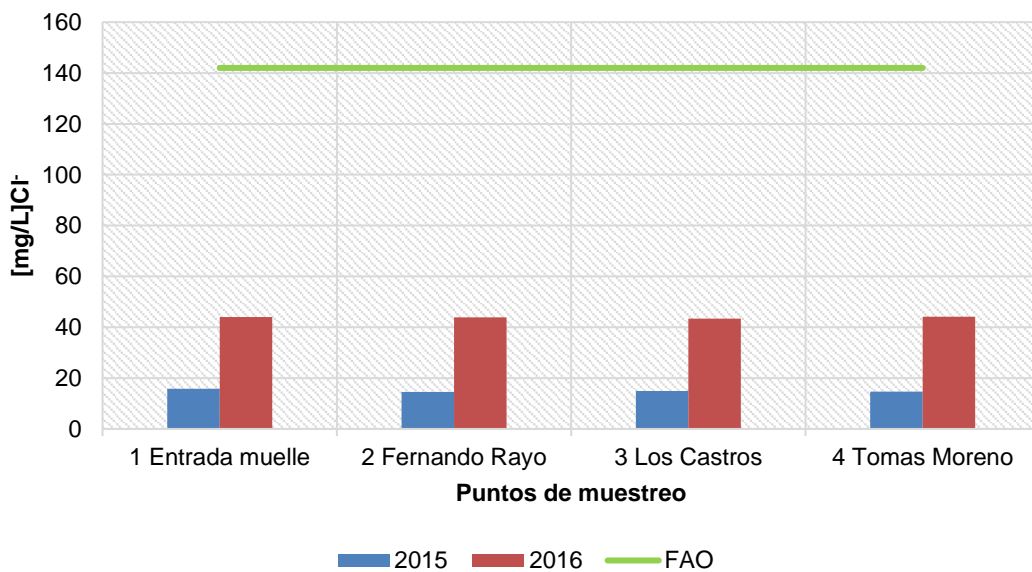


Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.1.2.4. Cl⁻

Las concentraciones del Cl⁻ encontradas en febrero de ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [142] mg/L Cl⁻, indicando que el agua durante este período del año fue apta para irrigación con respecto a esta variable.

Gráfico 16: Comportamiento del Cl⁻ en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO



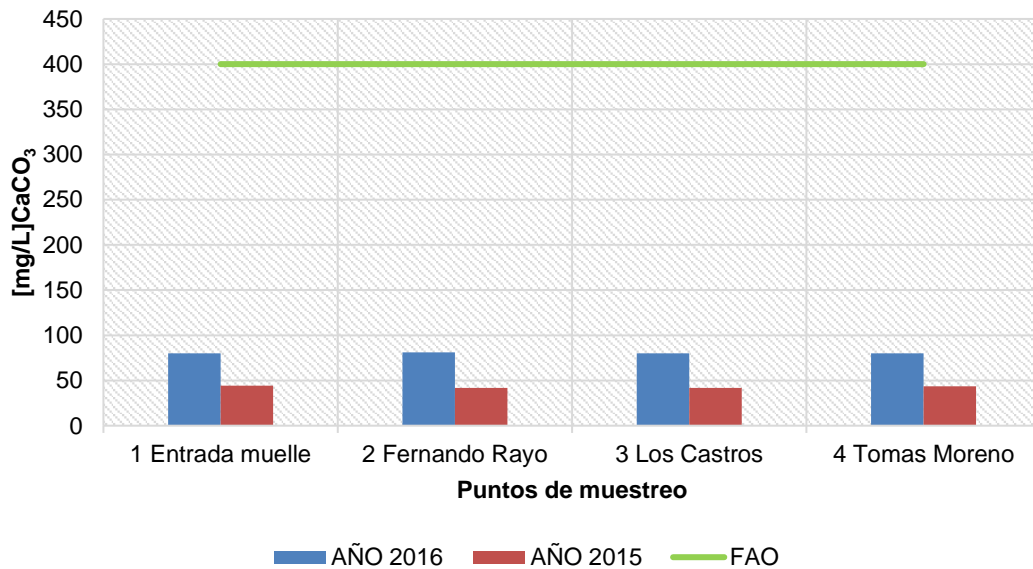
Fuente: Elaboración propia (Excel).

La acumulación de sales en el suelo, provenientes del agua de riego, afecta la disponibilidad del agua para los cultivos.

8.1.2.5. Ca²⁺

Las concentraciones del Ca²⁺ encontradas en verano del ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos de [400] mg/L CaCO₃, indicando que el agua con respecto a esta variable es apta para irrigación.

Gráfico 17: Comportamiento del Ca²⁺ en el año 2015 y 2016 con respecto al Índice de FAO

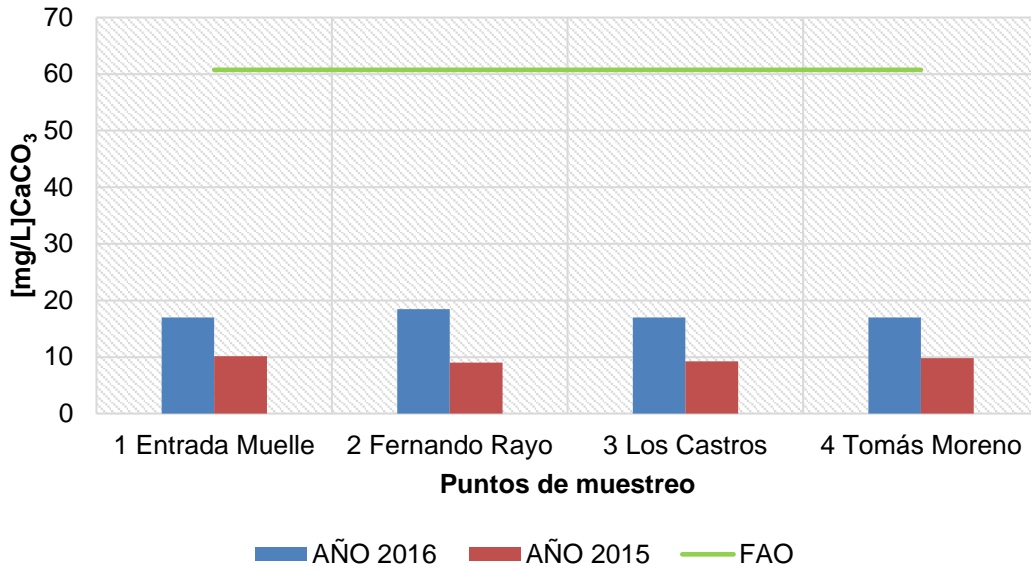


Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.1.2.6. Mg²⁺

Las concentraciones de Mg²⁺ encontradas en verano de ambos años (2015 y 2016) superaron los límites guías permitidos por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [5] mg/L CaCO₃, indicando que el agua durante este período del año no fue apta para irrigación.

Gráfico 18: Comportamiento del Mg^{2+} en el año 2015 y 2016 con respecto al Índice de la FAO

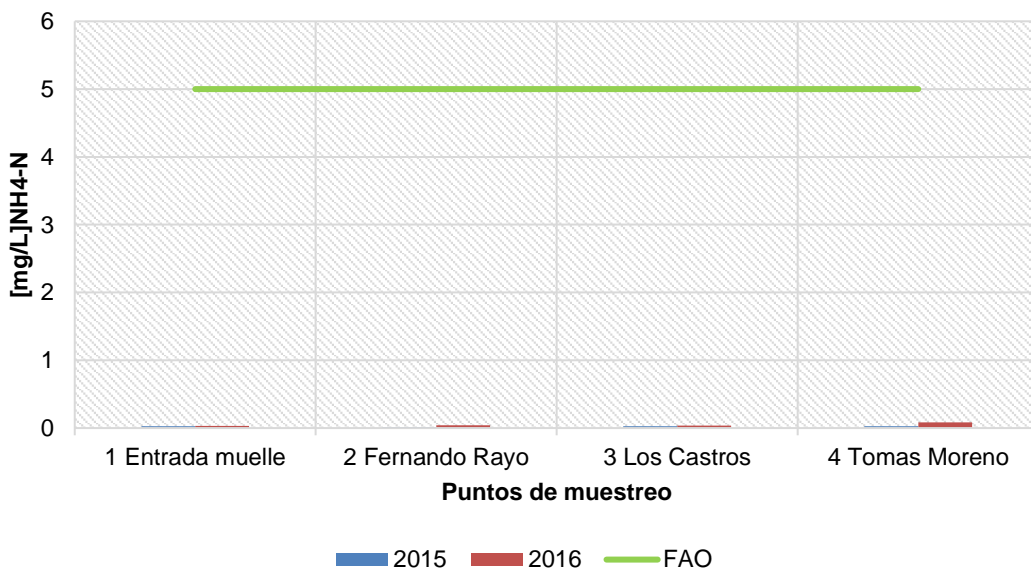


Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.1.2.7. NH_4^+

Las concentraciones de NH_4^+ encontradas en febrero de ambos años ingresaron dentro los límites guías permitidos por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [5] $mg/L NH_4-N$, indicando que el agua durante este período del año fue apta para irrigación con respecto a este parámetro.

Gráfico 19: Comportamiento de NH_4^+ en el año 2015 y 2016 con respecto a las Índices FAO



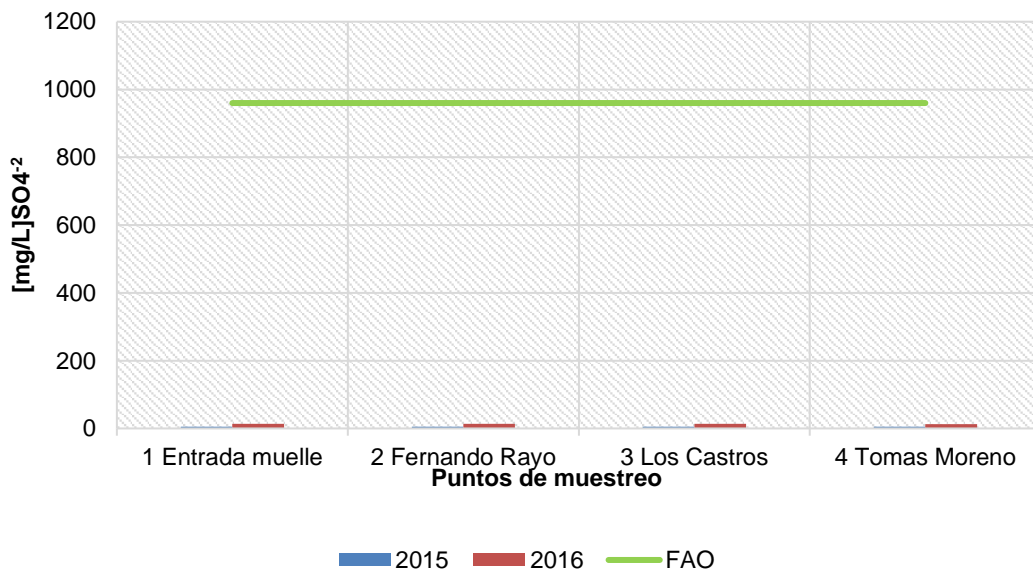
Fuente: Elaboración propia (Excel).

De igual manera, las concentraciones de NH_4^+ encontradas ingresaron dentro del Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [5] mg/L NH_4^+ , indicando que el agua fue apta para irrigación durante este período del año y con respecto a este parámetro.

8.1.2.8. SO_4^{2-}

Las concentraciones del SO_4^{2-} encontradas en febrero de ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [960] mg/L SO_4^{2-} , indicando que el agua durante este período del año fue apta para irrigación con respecto a esta variable.

Gráfico 20: Comportamiento del SO_4^{2-} en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO

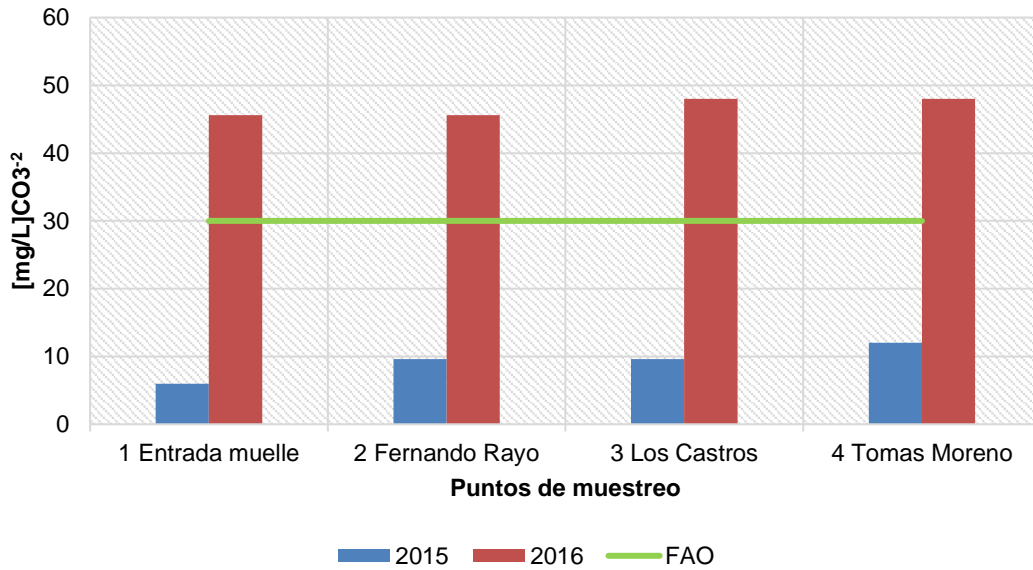


Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.1.2.9. CO_3^{2-}

En el año 2016, el comportamiento del CO_3^{2-} mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos casos), y superiores al límite de calidad de agua de la FAO de [30] mg/L CO_3^{2-} .

Gráfico 21: Comportamiento del CO_3^{2-} en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO



Fuente: Elaboración propia (Excel).

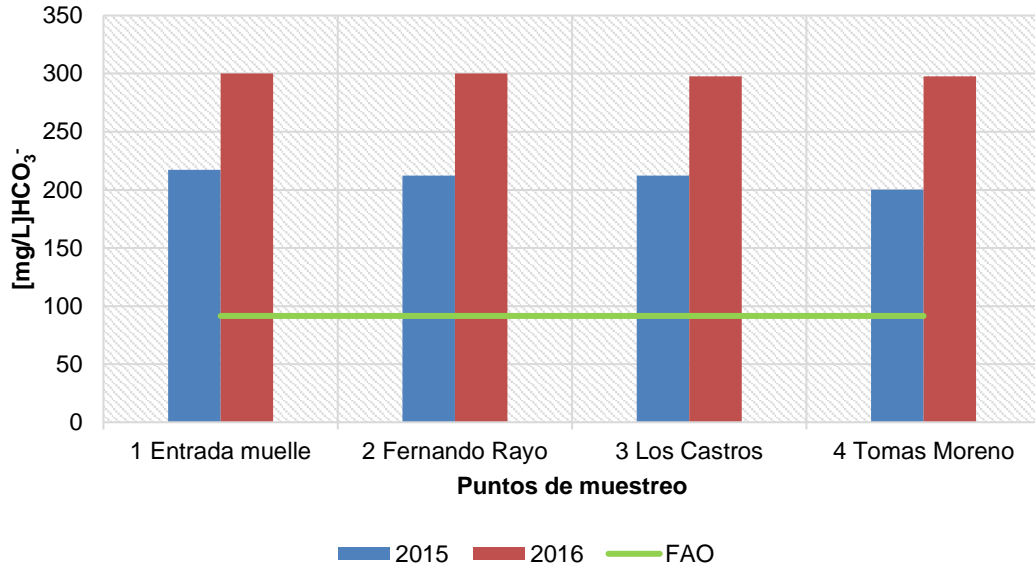
Las concentraciones del CO_3^{2-} encontradas en febrero del año 2016 superaron los límites guías permitidos por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [30] mg/L CO_3^{2-} , indicando que el agua a inicios del año 2016 no fue apta para irrigación según esta variable.

Sin embargo, los valores tomados en febrero del año 2015 ingresaron dentro de los límites guías permitidos por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO, indicando que el agua a inicios del año 2015 sí fue apta para irrigación según el análisis de esta variable.

8.1.2.10. HCO_3^-

Las concentraciones del HCO_3^- encontradas en febrero de ambos años superaron los límites guías permitidos por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de [91,5] mg/L HCO_3^- , indicando que el agua durante este período del año no fue apta para irrigación con respecto a esta variable.

Gráfico 22: Comportamiento del HCO_3^- en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices FAO

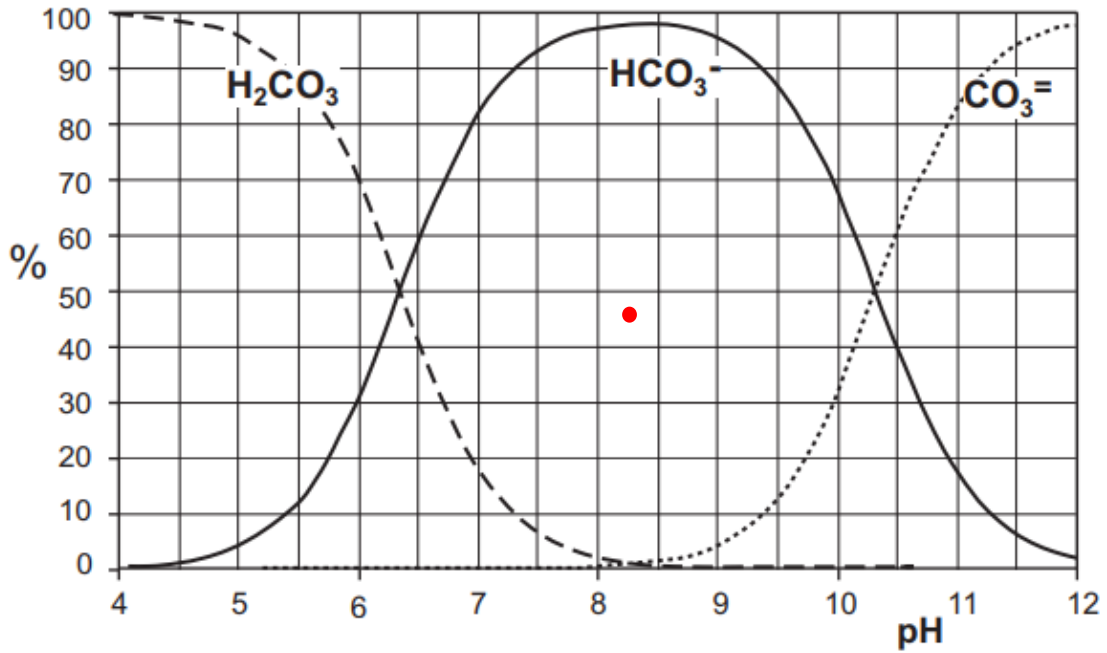


Fuente: Elaboración propia (Excel).

En el año 2016, el comportamiento del HCO_3^- mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos casos).

La relación entre el pH y el HCO_3^-

Gráfico 23: Comportamiento de la relación entre el pH y el HCO_3^- en la laguna de Moyua.



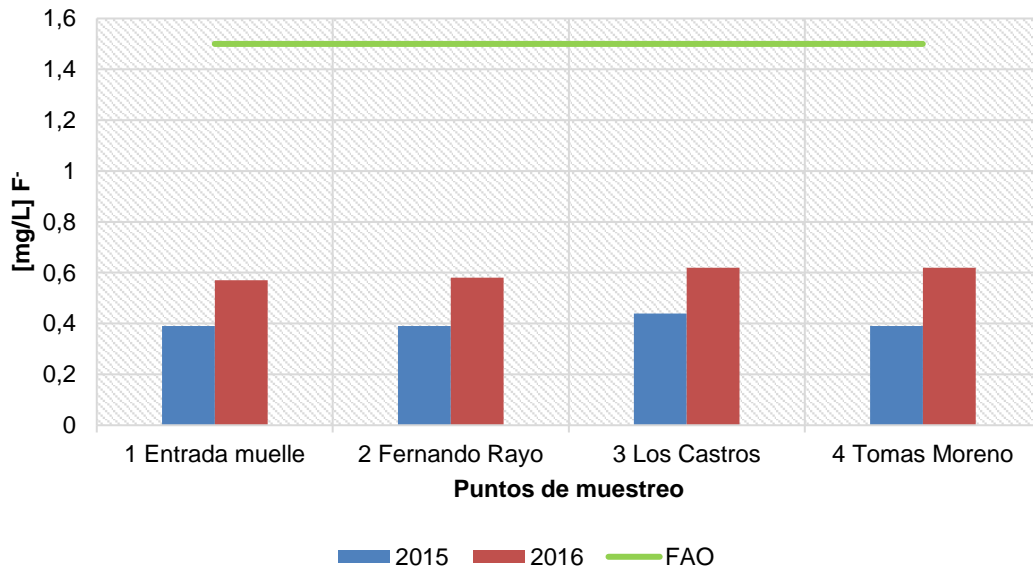
Fuente: Extracción de la FAO.

El pH tiende a determinar la especie de CO_3^{2-} encontrada en el agua, en esta investigación la mayor cantidad de los iones están en fase de hidratación HCO_3^{-1} .

8.1.2.11. F^-

Las concentraciones de F^- encontradas en febrero de ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos por el Índice de calidad de agua para riego de la FAO (1985) de $[1,5]$ mg/L F^- , indicando que el agua durante este período del año fue apta para irrigación con respecto a esta variable.

Gráfico 24: Comportamiento del F^- en el año 2015 y 2016 con respecto a los Índices de la FAO



Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.1.3. Calidad Bacteriológica

La calidad bacteriológica del agua para irrigación responde al comportamiento de las variables: Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, Streptococos Fecales, Enterococos Fecales y *Escherichia coli*.

Se utilizó el valor de referencia de la EPA (1991) de 200 bacterias por cada 100 mL de agua analizada. En el 2016, el punto de muestreo 4 (Tomás Moreno) superó el Índice guía de la EPA. El agua sólo podría ser utilizada para riego de cultivos de tallo largo o bien, cultivos que son hervidos previo a su uso.

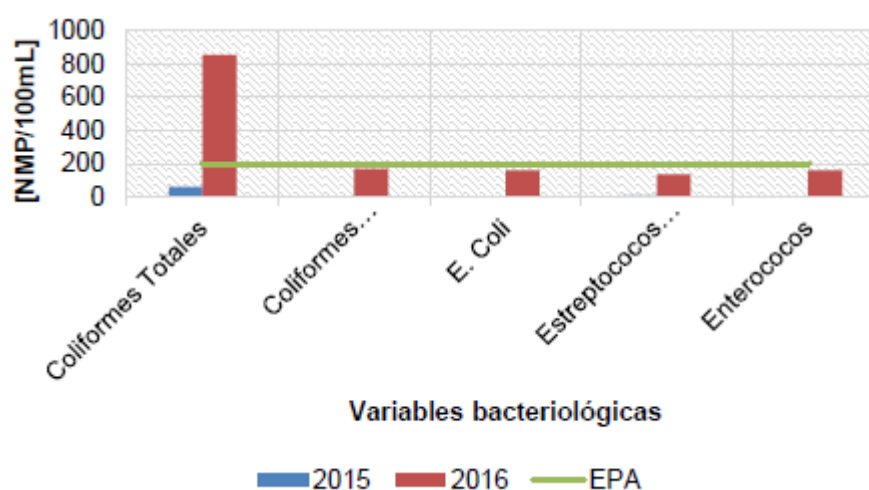
Tabla 13. Datos de variables bacteriológicas para riego.

Variables	Muestras	Puntos de muestreo				Normas de calidad de agua potable
		1	2	3	4	EPA
Coliformes Totales	2015	130,00	23,00	49,00	49,00	200/100mL
	2016	170,00	130,00	130,00	1700,00	
Coliformes Termotolerantes	2015	2,00	2,00	6,80	6,80	200/100mL
	2016	49,00	22,00	130,00	490,00	
Estreptococos Fecales	2015	4,50	4,50	13,00	23,00	200/100mL
	2016	23,00	7,80	33,00	490,00	
Enterococos Fecales	2015	1,80	4,50	4,50	13,00	200/100mL
	2016	4,50	2,00	7,80	49,00	
Escherichia coli	2015	2,00	1,80	6,80	4,50	200/100mL
	2016	22,00	14,00	130,00	490,00	

Fuente: Elaboración propia (Excel).

Sin embargo, los cultivos sembrados cerca al punto de muestreo 4 (Tomás Moreno), específicamente, son: maíz, frijoles, sorgo, pepino, ayote, pipián y tomate; cultivos que en su mayoría son de tallo corto o que se comen crudos, representando una posible repercusión a la salud de los locales debido al poco manejo adecuado del agua en la zona.

Gráfico 25: Comparación de variables bacteriológicas de los años 2015 y 2016 con el índice guía de la EPA (1991).



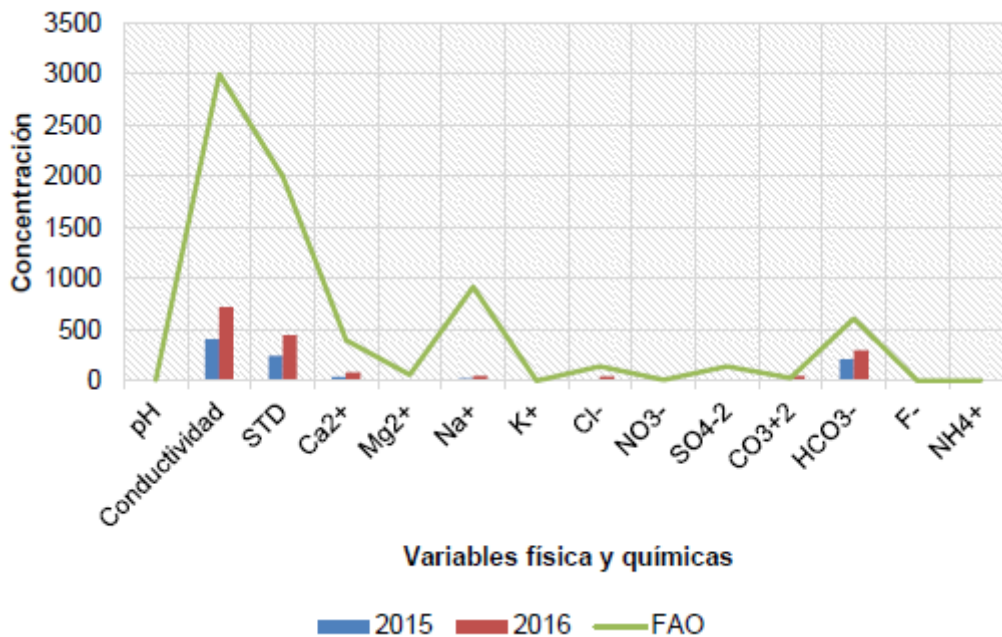
8.1.4. Hidroquímica

El agua de la laguna de Moyua se caracteriza por ser bicarbonatada cálcica con concentraciones que en media oscilan por los [250] mg/L HCO_3^- y [60] mg/L Ca^{+2} , en verano de los años 2015 y 2016. La hidroquímica de la cuenca del Río Grande de Matagalpa, a la que pertenece la laguna de Moyua, es igualmente bicarbonatada cálcica, según monitoreos de González Tapia, R. en el 2004 y Delgado Quezada, V. en el 2013.

8.1.5. ¿El agua de la laguna de Moyúa es apta para riego?

El agua de la laguna de Moyua no es apta para irrigación de todo tipo de cultivos debido a que contiene diversas cepas bacterianas. Tiene buena calidad física y química según el Índice de la FAO (1985), sin embargo tiene mala calidad bacteriológica en uno de sus puntos monitoreados según el Índice de la EPA (1991).

Gráfico 26: Comparación de las variables físicas y químicas con el índice guía de la FAO.



En la laguna de Moyua son sembrados diferentes tipos de cultivos y debe limitarse el uso del agua en ellos si estos cultivos requieren ser hervidos previamente a ser consumidos.

La laguna no mostró deterioro ambiental y se encuentra en condiciones ecológicamente saludables en cuanto a la calidad de sus aguas, tal cual señaló la investigación del CIRA/UNAN en el período 2001-2003. Las concentraciones de

hierro reportadas en el período 2015-2016 también fueron superiores a las recomendadas por CAPRE. La hidroquímica de las aguas siguen siendo bicarbonatadas cálcicas (HCO₃-Ca).

8.2. Evaluación de la Calidad del Agua para recreación (turismo rural comunitario).

En esta sección brevemente se evalúa si el agua superficial de la laguna de Moyua puede ser utilizada para fines recreativos (o Turismo Rural Comunitario, según INTUR). Habitualmente este es uno de los usos que se le da a la laguna, como tránsito a través de ella.

Al hablar de agua para uso recreativo, específicamente sin contacto, los lineamientos guías no son rígidos como al hablar de Consumo humano e Irrigación de cultivos. Esto es así, porque todo cuerpo de agua a cielo abierto puede contener bacterias debido a que los pobladores tienden a lavar ropa en sus aguas, a bañarse en ella o a criar animales alrededor de ella.

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones de bacterias encontradas en la laguna de Moyua durante la temporada de verano de los años 2015 y 2016, en comparación a la referencia de 100 NMP/100mL (EPA que no limita la existencia de bacterias en cuerpos de agua utilizados para recreación, pero la regula.

Tabla 14: Datos de variables tomadas de bacterias en los años 2015 y 2016.

Variables	Muestreros	Puntos de muestreo				Referencia
		1	2	3	4	
Coliformes Totales	2015	130,00	23,00	49,00	49,00	100 NMP/100mL
	2016	170,00	130,00	130,00	1700,00	
Coliformes Termotolerantes	2015	2,00	2,00	6,80	6,80	100 NMP/100mL
	2016	49,00	22,00	130,00	490,00	
Estreptococos Fecales	2015	4,50	4,50	13,00	23,00	100 NMP/100mL
	2016	23,00	7,80	33,00	490,00	
Enterococos Fecales	2015	1,80	4,50	4,50	13,00	100 NMP/100mL
	2016	4,50	2,00	7,80	49,00	
<i>Escherichia coli</i>	2015	2,00	1,80	6,80	4,50	100 NMP/100mL
	2016	22,00	14,00	130,00	490,00	

Fuente: Elaboración propia (Excel). - NMP/100mL (Número Más Probable en 100 mililitros de muestra analizada)

Tomando en cuenta lo antes mencionado, se puede resumir que el agua superficial de la laguna de Moyua debe ser sometida a una mayor vigilancia si desea utilizarse para recreación puesto que en el muestro del año 2016 fueron encontradas concentraciones muy superiores a las que hemos valorado como permisivas dentro de esta investigación.

Las concentraciones superiores fueron encontradas en los sitios de muestreo 3 y 4, correspondientes a “Los Castros” y “Tomás Moreno”, respectivamente, siendo aún mayores en el último. Estos sitios de muestreo se encuentran muy cercanos a viviendas de pobladores.

8.3. Evaluación de la Calidad de Agua para consumo humano

En esta evaluación se cuantificó e interpretó el comportamiento de las variables físicas, químicas y bacteriológicas que pudieran afectar el consumo humano del agua de la laguna de Moyua y de dos de sus pozos aledaños.

8.3.1. Laguna de Moyua

Actualmente la laguna de Moyua no está siendo utilizada para consumo humano. Fue evaluada para este fin debido a lo siguiente:

1. Las lagunas/lagos figuran como una potencial fuente de agua para consumo humano en este territorio y en el resto del mundo debido al incremento de los impactos del fenómeno del niño (influenciado grandemente por el cambio climático) manifestando menor precipitación pluvial y como consecuencia el descenso en los niveles del acuífero (observado tras la necesidad de construir pozos más profundos en la zona) y descenso de los niveles de la misma laguna.
2. La cercanía de los pozos de la comunidad muestreados a la laguna y la semejanza entre sus calidad de agua hacen suponer que pueda tratarse de agua retenida del mismo reservorio de la laguna, es decir, del mismo origen, siendo consecuentemente utilizada de varias maneras.

Se seleccionaron las variables a estudiar considerando las prácticas agrícolas y domesticas usadas en el territorio cercano a la laguna y se colectaron 4 puntos de muestreo en la temporada de verano del año 2015 y del año 2016. Véase Gráfico 6: Ubicación de puntos de muestreo.

Se realizó la evaluación utilizando como referente los valores guías de las Normas CAPRE, Canadiense y OMS de agua para consumo humano.

La siguiente tabla muestra en resumen los datos de muestreo en ambos años tabulados con respecto a los valores guías de las Normas antes mencionadas.

Tabla 15: Datos de variables tomadas en la laguna de Moyua e Índices de calidad (CAPRE, Canadiense, OMS) de cada una.

Variables	Muestreros	Puntos de muestreo				Normas de calidad de agua potable		
		1	2	3	4	CAPRE	Canadiense	OMS
pH	2015	8,41	8,39	8,43	8,37	8,5	6,5-8,5	
	2016	8,65	8,65	8,67	8,68			
Conductividad	2015	403,00	406,00	405,00	404,00	400		
	2016	719,00	721,00	723,00	721,00			
Turbidez	2015	37,20	47,60	33,40	31,80	5	1	
	2016	188,00	220,00	156,00	171,00			
Color Verdadero	2015	35,00	40,00	40,00	35,00	1-15	15	
	2016	30,00	30,00	30,00	30,00			
STD	2015	249,43	242,43	244,05	244,00	1000	500	
	2016	443,80	445,34	443,78	44,69			
Ca ²⁺	2015	44,23	41,69	41,86	43,65	100	400	
	2016	80,16	80,96	80,16	80,16			
Mg ²⁺	2015	10,12	9,01	9,26	9,79	50	60	
	2016	17,01	18,47	17,01	17,01			
Na ⁺	2015	24,07	21,95	22,05	23,08	200	200	
	2016	50,70	51,15	50,90	51,30			
K ⁺	2015	11,32	9,93	10,41	10,96	10		
	2016	18,32	17,92	17,92	17,92			
Cl ⁻	2015	15,82	14,58	14,93	14,69	250	250	
	2016	44,02	43,90	43,42	44,17			
NH ₄ ⁺	2015	0,03	0,02	0,03	0,03	0,05		
	2016	0,03	0,04	0,04	0,09			
NO ₃ ⁻	2015	0,25	0,25	0,25	0,25	50	45	
	2016	0,25	0,25	0,25	0,25			
NO ₂ ⁻	2015	0,02	0,02	0,01	0,01	0,1		
	2016	0,01	0,01	0,01	0,01			
SO ₄ ²⁻	2015	5,02	4,84	4,87	4,91	250	500	
	2016	13,59	13,56	13,19	13,13			
Dureza Total	2015	152,00	141,05	142,55	149,15	400		
	2016	270,00	278,00	270,00	270,00			
F ⁻	2015	0,39	0,39	0,44	0,39	0,7	1,5	
	2016	0,57	0,58	0,62	0,62			
Fe Total	2015	2,30	2,12	1,81	2,10	0,3		
	2016	11,09	19,36	10,40	9,79			
Herbicidas	2015	AND	AND	AND	AND			0,001
	2016	AND	AND	AND	AND			
Coliformes Totales	2015	130,00	23,00	49,00	49,00	0	0	
	2016	170,00	130,00	130,00	1700,00			

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

Coliformes Termotolerantes	2015	2,00	2,00	6,80	6,80	0		
	2016	49,00	22,00	130,00	490,00			
Estreptococos Fecales	2015	4,50	4,50	13,00	23,00	0		
	2016	23,00	7,80	33,00	490,00			
Enterococos Fecales	2015	1,80	4,50	4,50	13,00	0		
	2016	4,50	2,00	7,80	49,00			
<i>Escherichia coli</i>	2015	2,00	1,80	6,80	4,50	0	0	
	2016	22,00	14,00	130,00	490,00			

Fuente: Elaboración propia (Excel). - AND: Analizado, No Detectado

Los muestreos se realizaron entre las 9:45 y las 13:10 horas del 12 de febrero del año 2015; y entre las 10:20 y las 16:00 horas del 19 de enero del año 2016. Ambos en temporada de verano. Las mediciones de temperatura del agua manifestaron de 24,4 a 27,8 °C en febrero del 2015 y de 23,6 a 28,2 °C en enero del 2016, influenciada principalmente por el aumento de la radiación solar en el transcurso de las horas del día durante el muestreo.

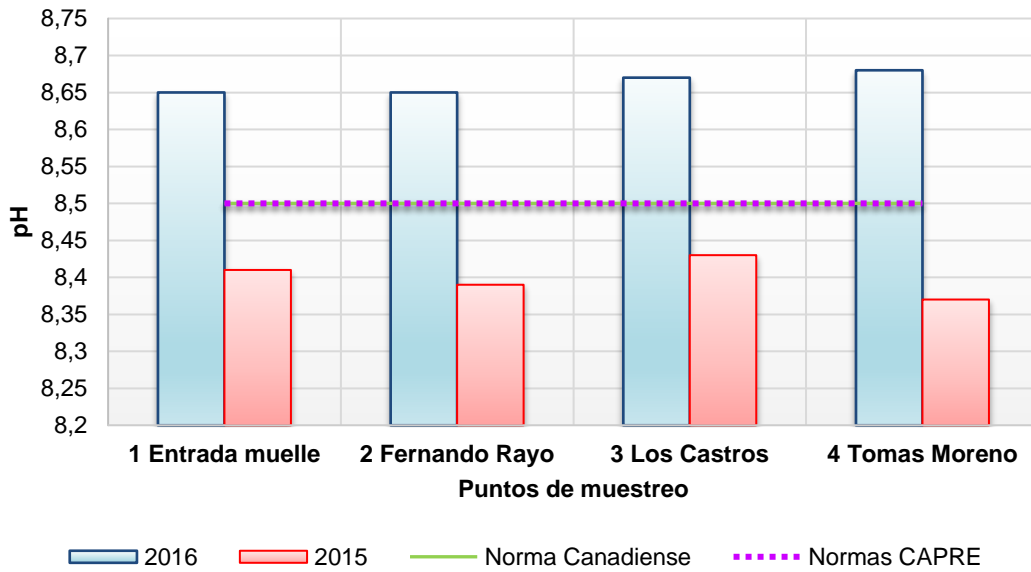
8.3.1.1. Calidad Física

La calidad física del agua para consumo humano responde al comportamiento de las variables: pH, conductividad, Sólidos Totales Disueltos, turbidez y color verdadero.

8.3.1.1.1. pH

La laguna de Moyua tiene un pH levemente básico superando ligeramente en verano del 2016 el límite guía máximo permitido por la Norma CAPRE y la Norma canadiense de calidad de [8,5] pH para agua potable.

Gráfico 27: Comportamiento de pH en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE³



Fuente: Elaboración propia (Excel).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [8,41], [8,39], [8,67], [8,43] pH, siendo superior el tercer punto de muestreo correspondiente al muelle de la familia Los Castros; y para el año 2016 los valores registrados fueron [8,65], [8,65], [8,67], [8,68] pH, siendo superior el cuarto punto de muestreo correspondiente al muelle de la familia de Tomás Moreno, quien cultiva en una parcela pequeña tomate y otras hortalizas.

El consumo durante períodos prolongados de agua alcalina puede producir problemas a la salud humana así como tener deficiencias nutricionales. En términos generales el pH está dentro de los parámetros operativos más importantes de calidad del agua.

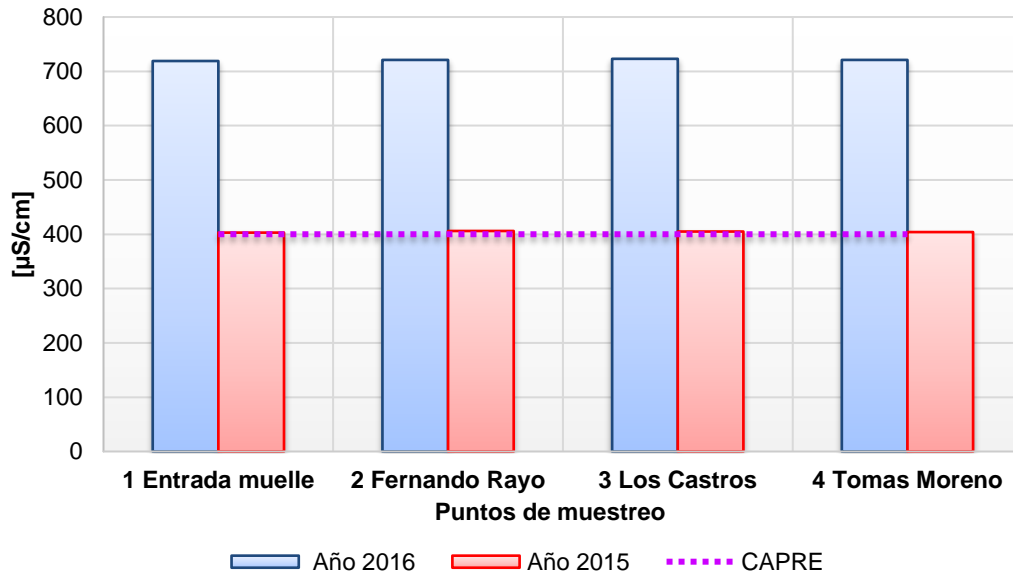
8.3.1.1.2. Conductividad

En verano de ambos años la conductividad presentó concentraciones superiores al límite guía permitido de [400] $\mu\text{S}/\text{cm}$ por la Norma CAPRE para agua potable. Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 (ligeramente superiores al valor guía) fueron [403], [406], [405], [404]

³ En la Gráfico 6, se graficó solamente el límite guía superior de [8,5] pH para ambas Normas con la finalidad de facilitar la demostración dado que ningún valor fue menor al límite guía inferior de [6,5] pH.

$\mu\text{S/cm}$, siendo superior el segundo punto de muestreo correspondiente al muelle de Fernando Rayo; y para el año 2016 los valores registrados fueron [719], [721], [723], [721] $\mu\text{S/cm}$, siendo superior el tercer punto de muestreo correspondiente al muelle Los Castros, familia que cultiva a pequeña escala.

Gráfico 28: Comportamiento de la Conductividad en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE



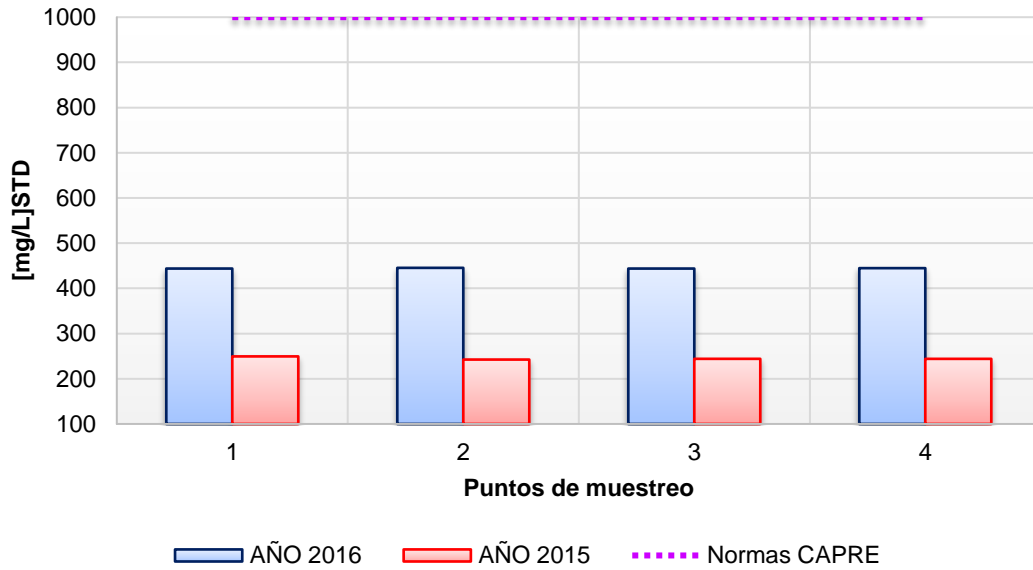
Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.3.1.1.3. Sólidos Totales Disueltos

La determinación de Sólidos Totales Disueltos (STD) es una medida primaria de la calidad del agua que permite evaluar y dictaminar riesgos para diferentes tipos y usos de agua. En el año 2016, el comportamiento de los STD mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (verano en ambos casos).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [249,43], [242,43], [244,05], [244] mg/L STD, siendo superior el primer punto de muestreo correspondiente a Entrada Muelle; y para el año 2016 los valores registrados fueron [443,8], [445,34], [443,78], [444,69] mg/L STD, siendo superior el segundo punto de muestreo correspondiente al muelle de Fernando Rayo.

Gráfico 29: Comportamiento de los Sólidos Totales Disueltos en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE



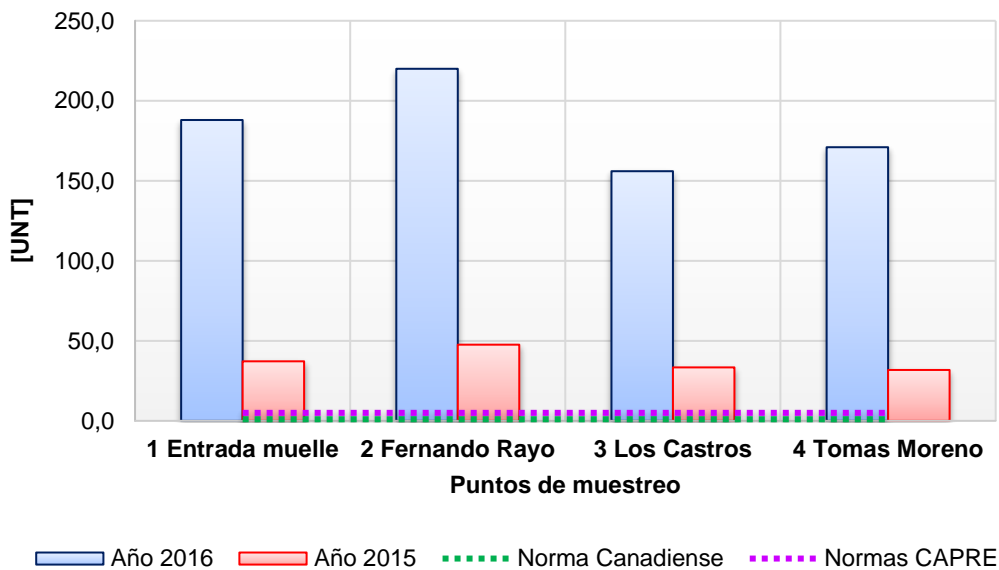
Fuente: Elaboración propia (Excel).

Las concentraciones de STD encontradas en verano de ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de [1000] mg/L STD de calidad para agua potable, mostrándose en óptimas condiciones con respecto a esta variable.

8.3.1.1.4. Turbidez

En el año 2016, el comportamiento de la turbidez mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (verano en ambos casos). Las concentraciones de turbidez encontradas en ambos años superaron los límites guías permitidos por la Norma CAPRE [5] UNT y la Norma canadiense [1] UNT de calidad para agua potable, indicando que el agua durante este período del año no fue apta para consumo humano.

Gráfico 30: Comportamiento de la Turbidez en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadienses y CAPRE



Fuente: Elaboración propia (Excel).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [37,2], [47,6], [33,4], [31,8] UNT y para el año 2016 fueron [188], [220], [156], [171] UNT. En ambos años, la concentración más alta fue en el segundo punto de muestreo correspondiente al muelle de Fernando Rayo, probablemente como consecuencia de los lixiviados de estos suelos de gran actividad agrícola en comparación a zonas aledañas al resto de puntos de muestreo.

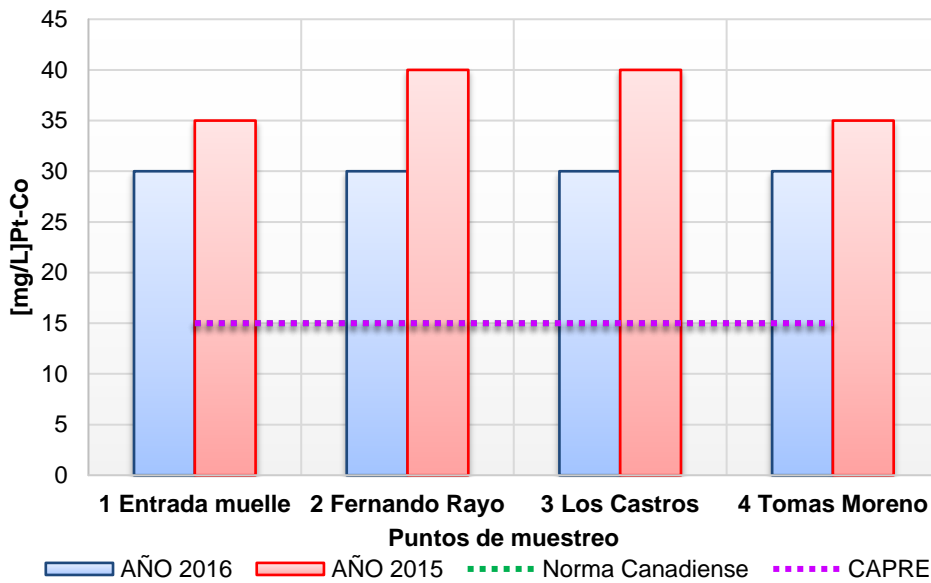
Consumir durante períodos prolongados agua con concentraciones de turbidez mayores a las sugeridas puede producir problemas a la salud humana dada su estrecha relación causal con las bacterias y los sólidos suspendidos.

8.3.1.1.5. Color Verdadero

El Color Verdadero está relacionado con las colonias de bacterias y algunos iones como el hierro. Las concentraciones de la variable Color Verdadero encontradas en verano de ambos años superaron los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de [15] mg/L Pt-Co y por la Norma canadiense de calidad para agua potable de [15] mg/L Pt-Co, indicando que el agua durante este período del año no fue apta para consumo humano con respecto a esta variable.

El comportamiento de la variable Color Verdadero en el 2015 reportó concentraciones mayores que en el año 2016. Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [35], [40], [40], [35] mg/L Pt-Co y para el año 2016 las concentraciones fueron de [30] mg/L Pt-Co en todos los puntos de muestreo.

Gráfico 31: Comportamiento del Color Verdadero en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE



Fuente: Elaboración propia (Excel).

Es sumamente necesario monitorear constantemente los cuerpos de agua nacionales ya que consumir agua con valores mayores a los recomendados por las normas durante largos periodos de tiempos puede ser muy perjudicial para la salud y para los cultivos que eventualmente consumimos.

8.3.1.2. Calidad Química

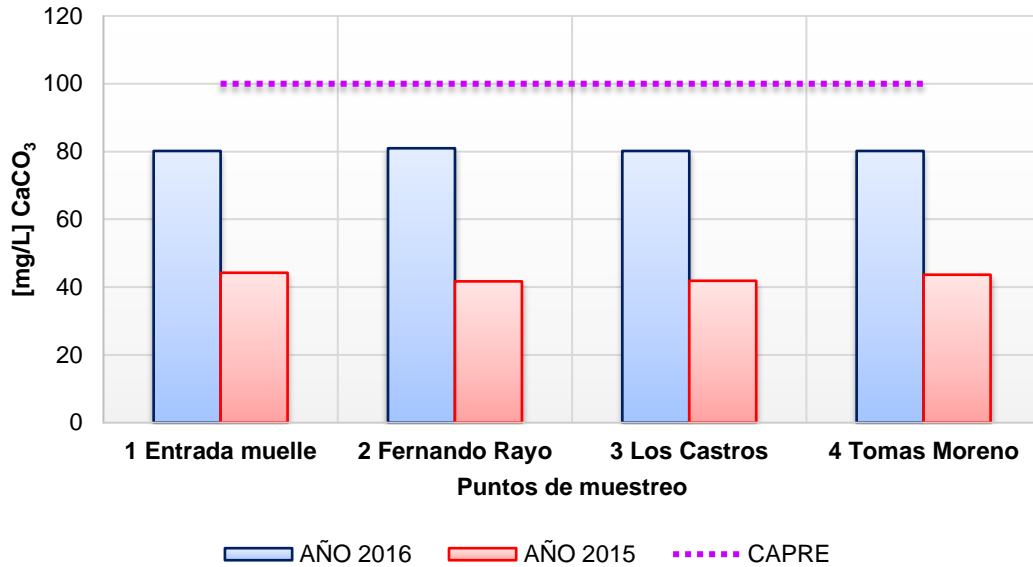
La calidad química del agua para consumo humano responde al comportamiento de las variables: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , Dureza Total, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , F-, Fe Total y Herbicidas.

8.3.1.2.1. Ca^{2+}

En el año 2016, el comportamiento del Ca^{2+} mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (verano en ambos casos). Las concentraciones

del Ca^{2+} encontradas en ambos años superaron el límite guía permitido por la Norma CAPRE de [100] mg/L CaCO_3 indicando que el agua durante este período del año no fue apta para consumo humano. Consumir durante períodos prolongados agua cálcica puede producir problemas digestivos a la salud humana.

Gráfico 32: Comportamiento del Ca^{2+} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE



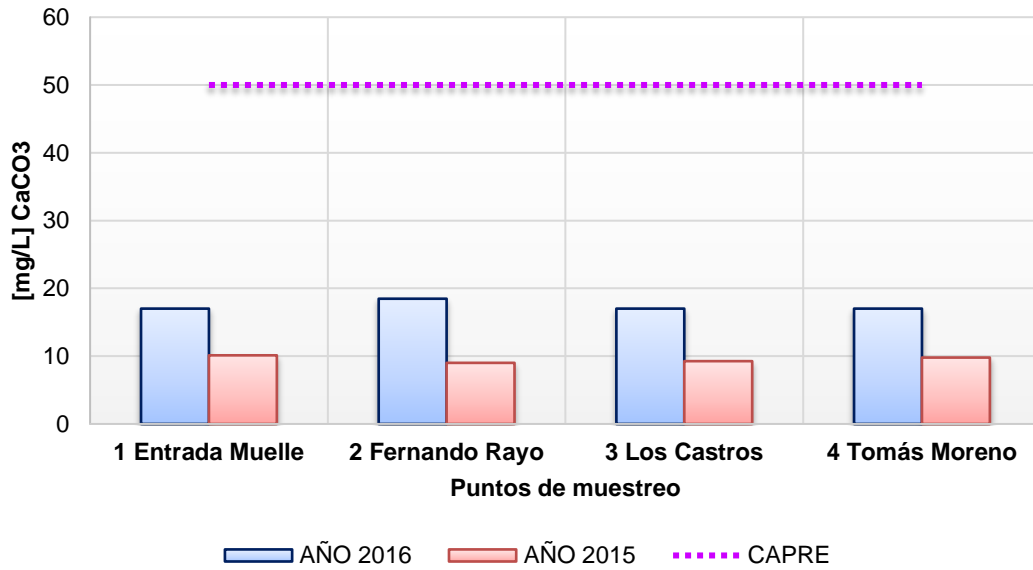
Fuente: Elaboración propia (Excel).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [44,23], [41,69], [41,86], [43,65] mg/L CaCO_3 , siendo superior el primer punto de muestreo correspondiente a la Entrada Muelle; y para el año 2016 los valores registrados fueron [80,16], [80,96], [80,16], [80,16] mg/L CaCO_3 , siendo ligeramente superior el segundo punto de muestreo correspondiente al muelle de Fernando Rayo.

8.3.1.2.2. Mg^{2+}

En el año 2016, el comportamiento del Mg^{2+} mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (verano en ambos casos). Las concentraciones de Mg^{2+} encontrados en febrero del año 2016 ingresaron dentro de los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de calidad de agua potable de [50] mg/L CaCO_3 indicando que el agua fue apta para consumo humano con respecto a esta variable.

Gráfico 33: Comportamiento del Mg^{+2} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE y FAO



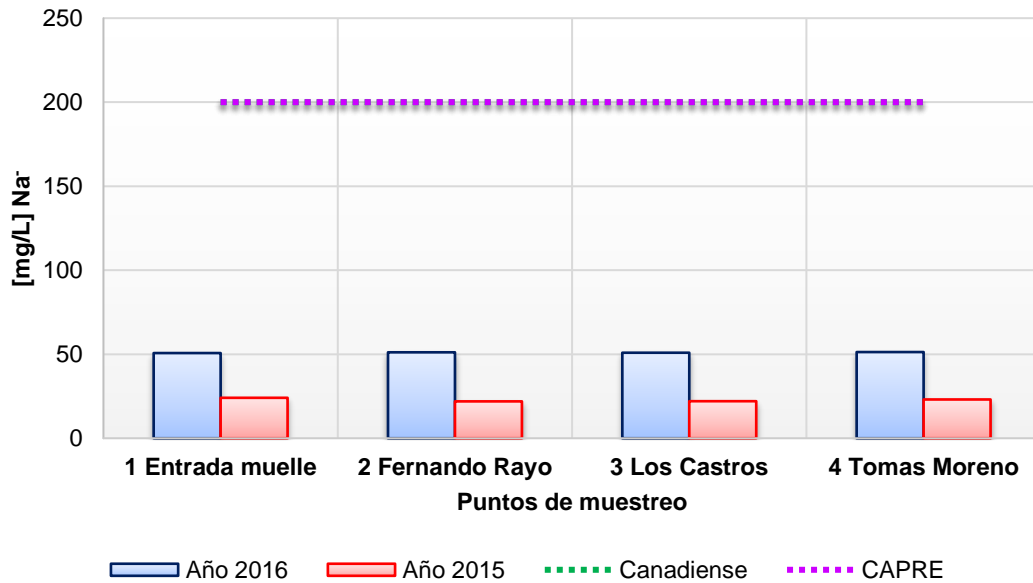
Fuente: Elaboración propia (Excel).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [10,12], [9,01], [9,26], [9,79] mg/L CaCO₃, siendo ligeramente superior el primer punto de muestreo correspondiente a la Entrada Muelle; y para el año 2016 los valores registrados fueron [17,01], [18,47], [17,01], [17,01] mg/L CaCO₃, siendo ligeramente superior el segundo punto de muestreo correspondiente al muelle de Fernando Rayo.

8.3.1.2.3. Na⁺

En el año 2016, el comportamiento del Na⁺ mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (verano en ambos casos). Las concentraciones de Na⁺ encontradas en ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de [200] mg/L Na⁺ y la Norma canadiense de calidad de [200] mg/L Na⁺ para agua potable, indicando que el agua durante este período del año fue apta para consumo humano con respecto a esta variable.

Gráfico 34: Comportamiento del Na⁺ en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE



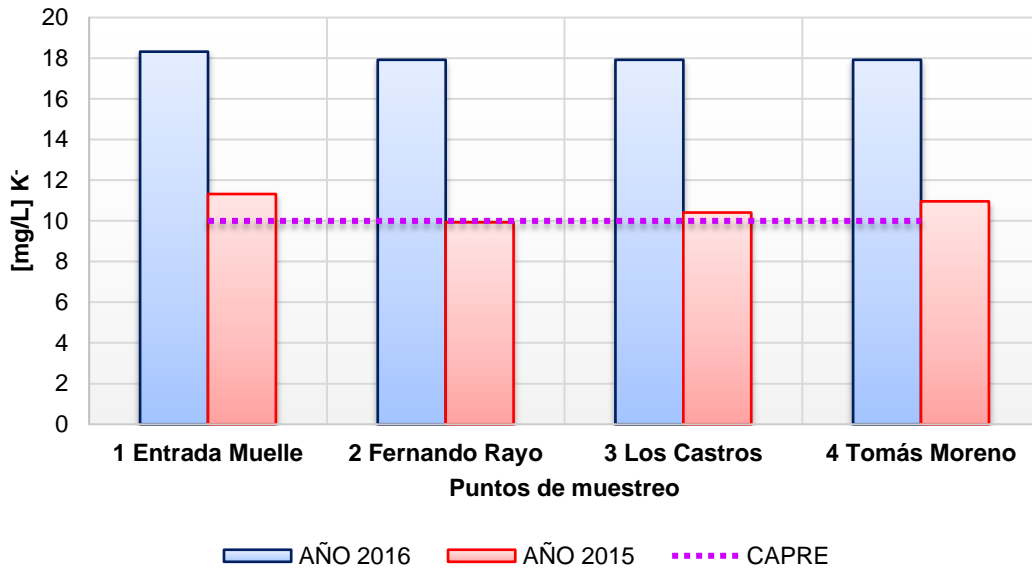
Fuente: Elaboración propia (Excel).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [24,07], [21,95], [22,05], [23,08] mg/L Na⁺, siendo superior el primer punto de muestreo correspondiente a la Entrada Muelle; y para el año 2016 los valores registrados fueron [50,70], [51,15], [50,9], [51,3] mg/L Na⁺, siendo ligeramente superior el cuarto punto de muestreo correspondiente al muelle de la familia de Tomás Moreno, quien cultiva en una parcela pequeña tomate y otras hortalizas.

8.3.1.2.4. K⁺

En el año 2016, el comportamiento del K⁺ mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (verano en ambos casos). Las concentraciones de K⁺ encontradas en febrero del año 2016 y casi todos los valores tomados en el 2015 (a excepción del segundo punto de muestreo, muelle de “Fernando Rayo”) superaron los límites guías permitidos por la Norma CAPRE para agua potable de [10] mg/L K⁺, indicando que el agua durante este período del año no fue apta para consumo humano.

Gráfico 35: Comportamiento del K⁺ en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE



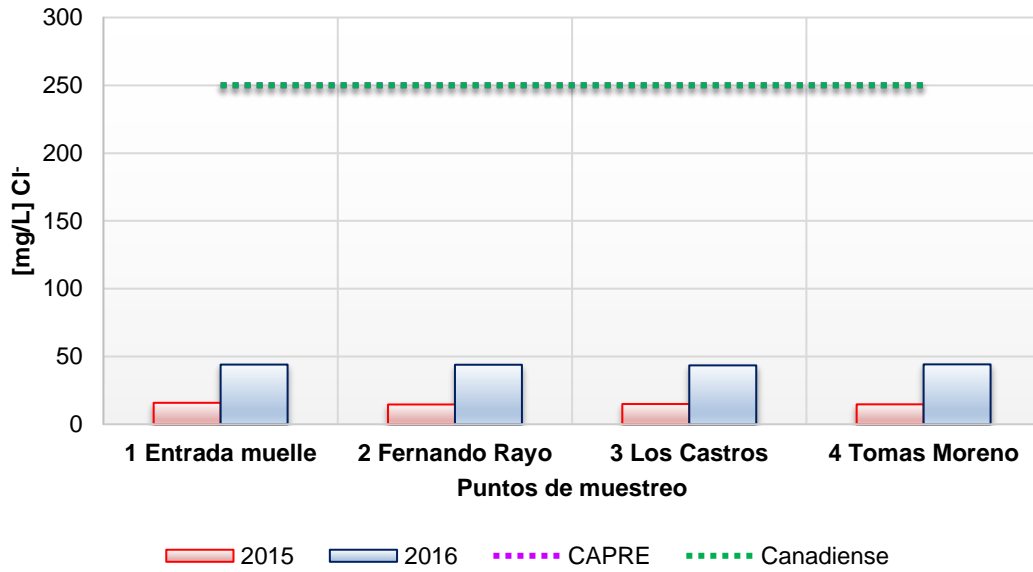
Fuente: Elaboración propia (Excel).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [11,32], [9,93], [10,41], [10,96] mg/L K⁺, siendo ligeramente superior el primer punto de muestreo correspondiente a la Entrada Muelle; y para el año 2016 los valores registrados fueron [18,32], [17,92], [17,92], [17,92] mg/L K⁺, siendo ligeramente superior el primer punto de muestreo correspondiente a la Entrada Muelle.

8.3.1.2.5. Cl⁻

En el año 2016, el comportamiento del Cl⁻ mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (verano en ambos casos). Las concentraciones del Cl⁻ encontradas en febrero de ambos años, ingresaron dentro de los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de [250] mg/L Cl⁻ y la Norma canadiense de calidad de [250] mg/L Cl⁻ para agua potable, indicando que el agua durante este período del año fue apta para consumo humano con respecto a esta variable.

Gráfico 36: Comportamiento Cl⁻ en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE



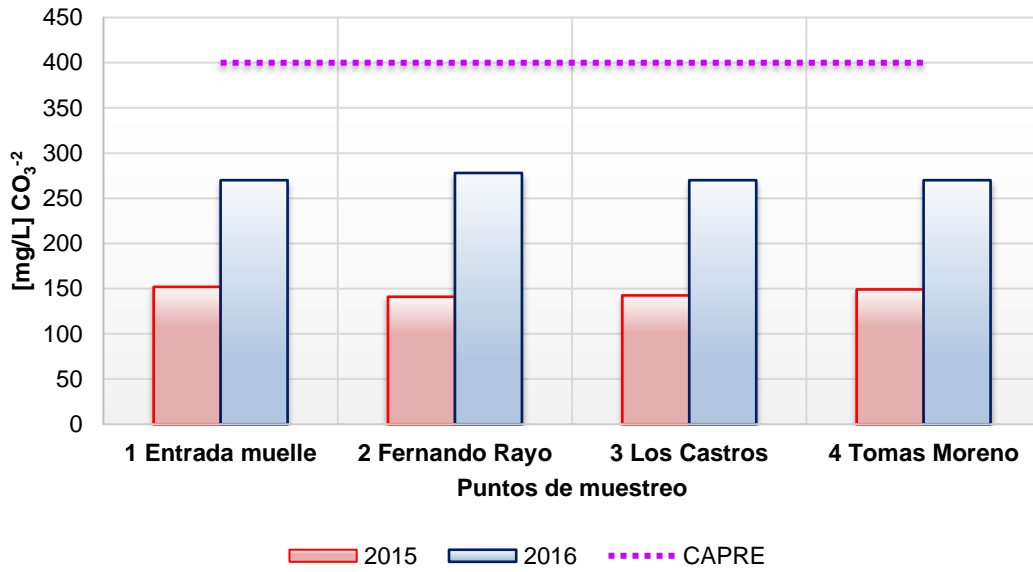
Fuente: Elaboración propia (Excel).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [15,82], [14,58], [14,93], [14,69] mg/L Cl⁻, siendo ligeramente superior el primer punto de muestreo correspondiente a la Entrada Muelle; y para el año 2016 los valores registrados fueron [44,02], [43,90], [43,42], [44,17] mg/L Cl⁻, siendo ligeramente superior el cuarto punto de muestreo correspondiente al muelle de la familia de Tomás Moreno.

8.3.1.2.6. Dureza Total

Las concentraciones de Dureza Total encontradas en verano de ambos años superaron los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de calidad para agua potable de [400] mg/L CO₃⁻², indicando que el agua durante este período del año fue apta para consumo humano según este parámetro.

Gráfico 37: Comportamiento de la Dureza Total en el año 2015 y 2016 respecto a la Normas CAPRE



Fuente: Elaboración propia (Excel).

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [152], [141,05], [142,55], [149,15] mg/L CO₃⁻², siendo superior el primer punto de muestreo correspondiente a la Entrada Muelle; y para el año 2016 los valores registrados fueron [270], [278], [270], [270] mg/L CO₃⁻², siendo superior el segundo punto de muestreo correspondiente al muelle de Fernando Rayo.

Clasificación de dureza:

Basándose en la clasificación tabulada a continuación, el agua superficial de la laguna de Moyua fue “Agua moderadamente dura” en la temporada de verano del año 2015 y “Agua muy dura” en la temporada de verano del año 2016.

Tabla 16: Clasificación de dureza del agua. OMS (2017)

Tipos de agua	mg/l
Agua blanda	≤17
Agua levemente dura	≤60
Agua moderadamente dura	≤120
Agua dura	≤180
Agua muy dura	>180

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2017)

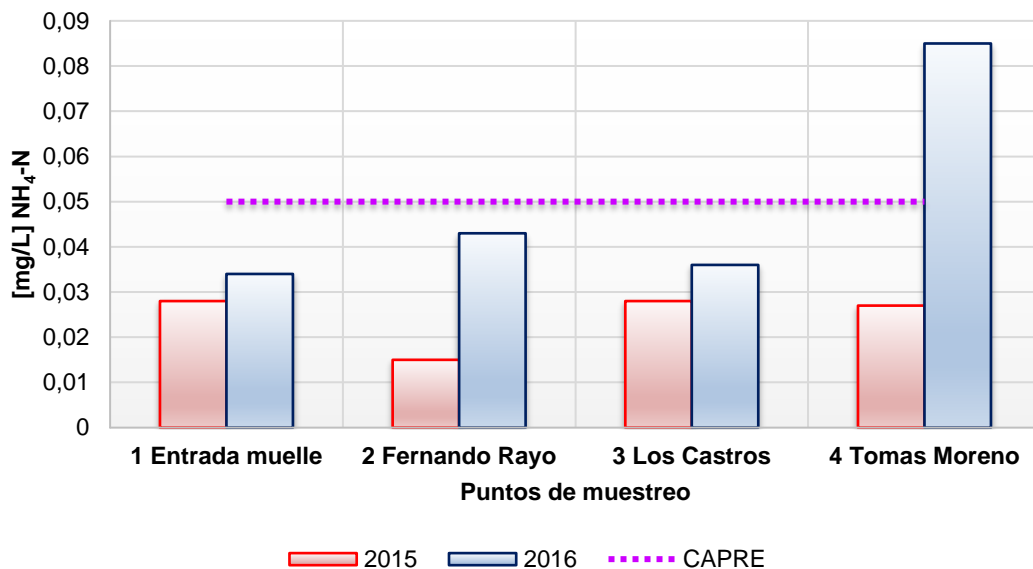
Aunque muchos autores consideran que el agua dura es aceptable para consumo humano, a nivel internacional existen algunos trabajos que reportan efectos negativos en la Salud humana relacionados con el consumo de aguas duras como la formación de cálculos en las vías urinarias; enfermedad que puede causar dolor, hemorragia, obstrucción del flujo de la orina o una infección.

8.3.1.2.7. NH_4^+

En el año 2016, el comportamiento del NH_4^+ mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos casos).

Las concentraciones del NH_4^+ encontradas en febrero de ambos años (2015 y 2016), a excepción del cuarto punto de muestreo del año 2016, superaron los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de $[0,05]$ mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$ para agua potable. Indicando que el agua específicamente frente al muelle de Tomás Moreno a inicios del año 2016 no fue apta para consumo humano dado que el amonio es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales.

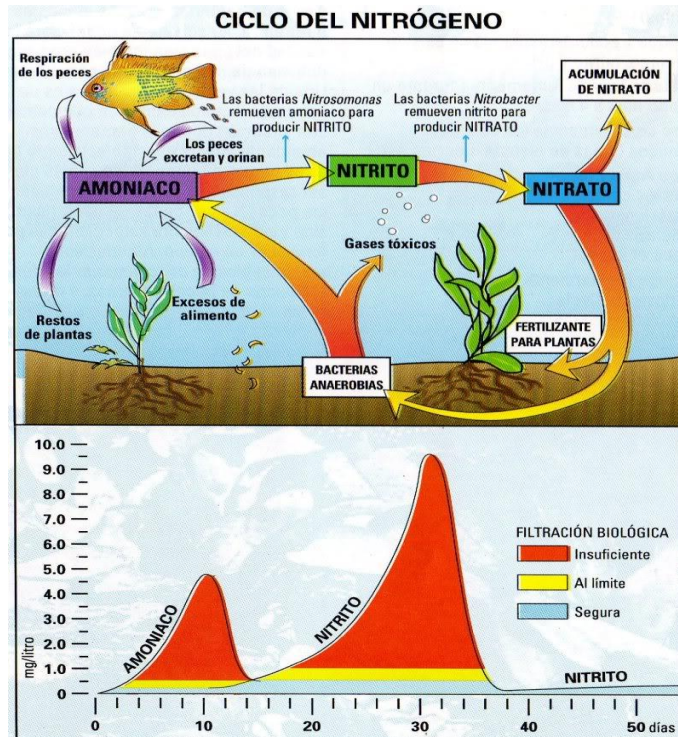
Gráfico 38: Comportamiento del Amonio en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE



Fuente: Elaboración propia (Excel).

Gráfico 39: Ciclo del Nitrógeno en el agua⁴

La presencia de amonio en el agua de consumo no tiene repercusiones inmediatas a la salud, sin embargo, es monitoreable dado que el N_2 se presenta como un molécula inestable en medios acuáticos, sus especies como el nitrito y amoníaco demuestran condiciones más tóxicas para el consumo humano, irrigación y la vida acuática.



Fuente: Extracción www.iib.usam.edu.ar

8.3.1.2.8. NO_3^-

En los muestreos de ambos años (febrero 2015 y 2016) las concentraciones encontradas del NO_3^- fueron más bajas que el límite de detección del análisis utilizado⁵ en el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) de [0,25] mg/L NO_3^- .

Por lo tanto, las concentraciones de NO_3^- encontradas ingresaron dentro los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de [50] mg/L NO_3^- y la Norma canadiense de agua potable de [10] mg/L NO_3^- , indicando que el agua fue apta para consumo humano durante este período y con respecto a este parámetro.

⁴ Filtración biológica: El proceso es realizado en condiciones aeróbicas y permite la eliminación completa de hierro, amoníaco, manganeso y compuestos orgánicos biodegradables por medio de etapas sucesivas de oxidación biológica utilizando bacterias especiales sobre lechos de arena.

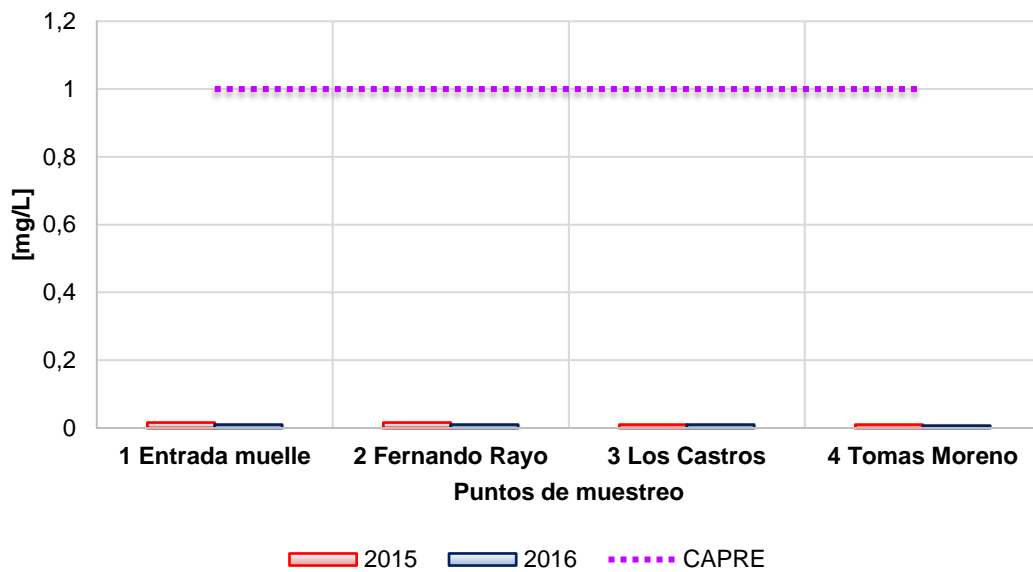
⁵ Los análisis utilizados en esta investigación fueron realizados en el Centro de Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA) de Nicaragua. Este en específico fue por el método de Cromatografía Iónica de la American Public Health Association (APHA) (1999), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th. Ed.

8.3.1.2.9. NO₂⁻

En el año 2015, el comportamiento del NO₂⁻ mostró concentraciones mayores que en el año 2016 (febrero en ambos casos).

Las concentraciones de NO₂⁻ encontradas en febrero de ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de [1] mg/L NO₂⁻ para agua potable, indicando que el agua durante este período del año fue apta para consumo humano con respecto a esta variable.

Gráfico 40: Comportamiento NO₂⁻ en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE



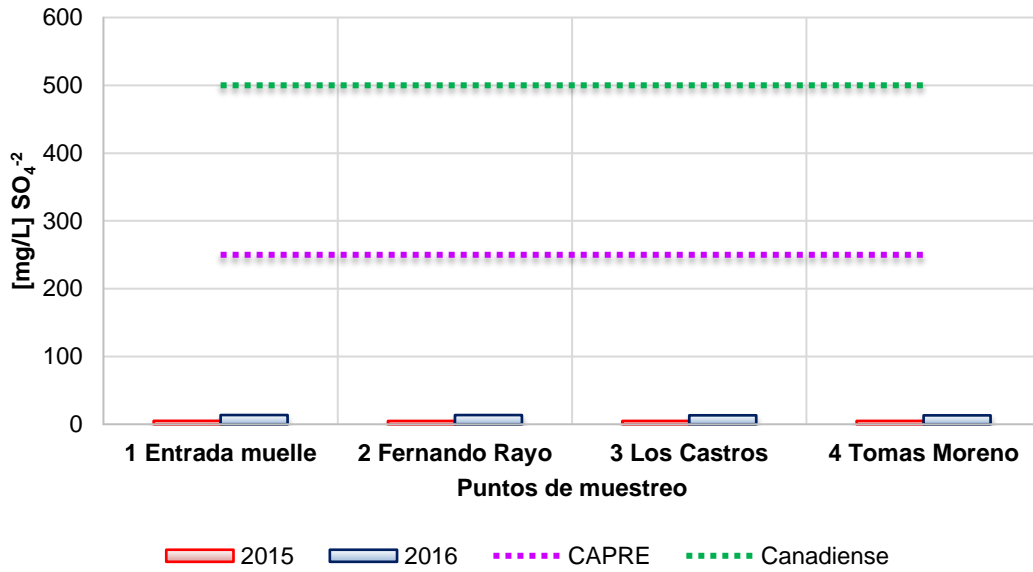
Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.3.1.2.10. SO₄²⁻

En el año 2016, el comportamiento del mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos casos) pero no mayores que los límites guías.

Las concentraciones de SO₄²⁻ encontrados en febrero de ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de [250]mg/L SO₄²⁻ y la Norma canadiense de calidad de [500]mg/L SO₄²⁻ para agua potable, indicando que el agua durante este período del año fue apta para consumo humano con respecto a esta variable.

Gráfico 41: Comportamiento del SO_4^{2-} en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE



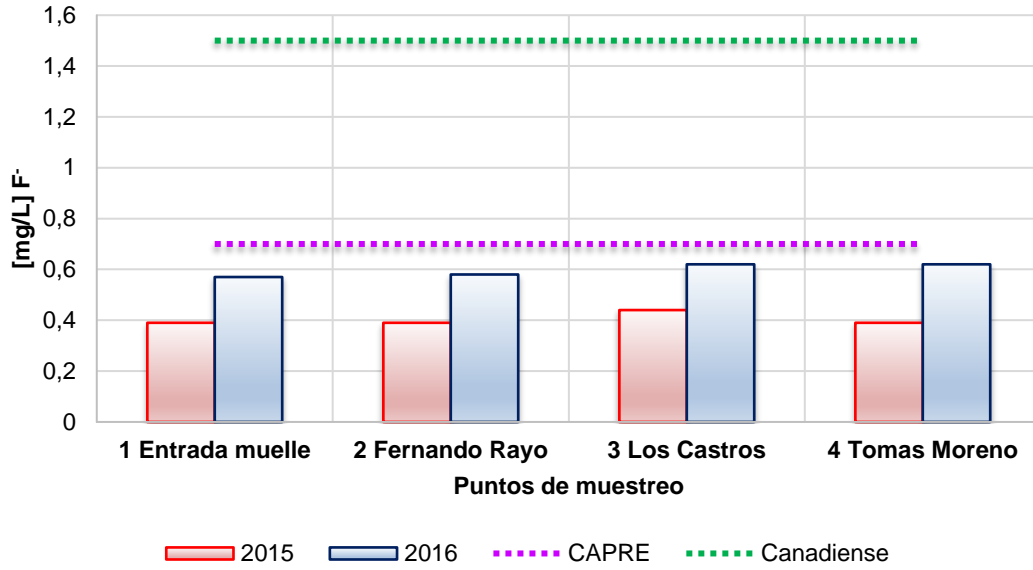
Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.3.1.2.11. F^-

En el año 2016, el comportamiento del F^- mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos casos).

Las concentraciones de F^- encontradas en febrero de ambos años ingresaron dentro de los límites guías permitidos por la Norma CAPRE de [0,7] mg/L F^- y la Norma canadiense de calidad para agua potable de [1,5] mg/L F^- , indicando que el agua durante este período del año fue apta para consumo humano con respecto a esta variable.

Gráfico 42: Comportamiento del F⁻ en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas Canadiense y CAPRE

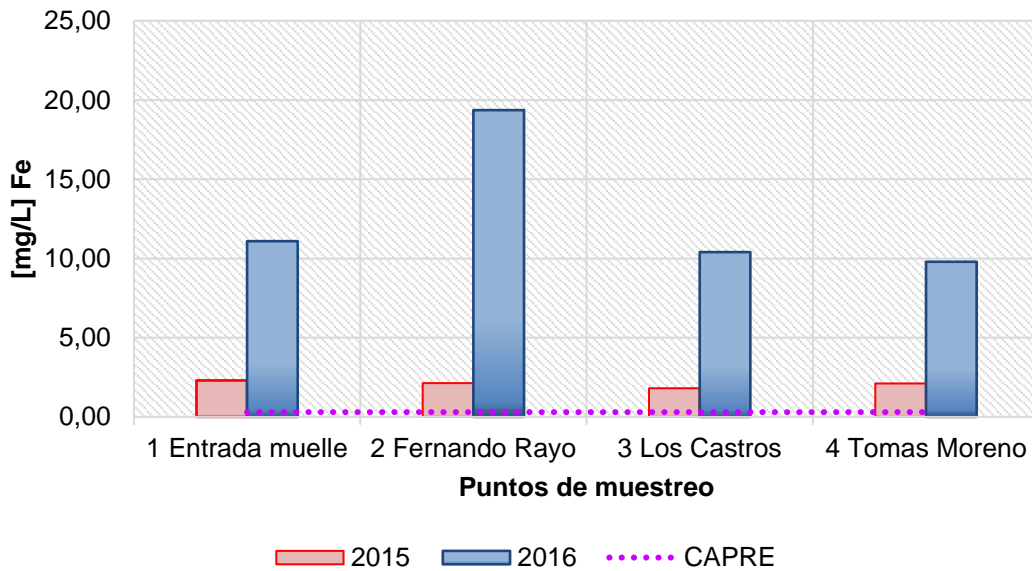


Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.3.1.2.12. Fe Total

En ambos años, 2015 y 2016, el comportamiento del Fe Total fue superior a las índices recomendados de [0,3] mg/L por las Normas CAPRE.

Gráfico 43: Comportamiento del Fe Total en el año 2015 y 2016 respecto a las Normas CAPRE



Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.3.1.2.13. Herbicidas

El agua de la laguna de Moyua fue analizada para conocer la concentración de Herbicidas y no fue detectada concentración alguna con los métodos utilizados.

8.3.1.3. Calidad Bacteriológica

La calidad bacteriológica del agua para consumo humano responde al comportamiento de las variables: Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, estreptococos fecales, Enterococos fecales y *Escherichia coli*.

8.3.1.3.1. Coliformes Totales

En el año 2016, el comportamiento de las Coliformes Totales mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (verano en ambos casos). Las concentraciones encontradas en ambos años fueron superiores al valor permitido por las Normas CAPRE y Normas Canadienses de [0] NMP/100mL anteponiendo una alerta a no consumir el recurso.

Los valores registrados en el agua de la laguna de Moyua para el año 2015 fueron [130], [23], [49], [49] NMP/100mL, siendo mayor la concentración encontrada en el primer punto de muestreo correspondiente a la Entrada Muelle; y para el año 2016 los valores registrados fueron [170], [130], [130], [1700] NMP/100mL, siendo superior la concentración encontrada en el cuarto punto de muestreo correspondiente al muelle de Tomás Moreno.

Gráfico 44: Comportamiento de las Coliformes totales en cada uno de los puntos de muestreo en el año 2015 y 2016



Fuente: Elaboración propia (Excel).

8.3.1.3.2. Coliformes Termotolerantes

En el año 2016, el comportamiento de las Coliformes Termotolerantes mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos casos), superiores en ambos años a los valores permitidos para consumo humano.

8.3.1.3.3. Estreptococos Fecales

En el año 2016, el comportamiento de los Estreptococos Fecales mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos casos), superiores en ambos años a los valores permitidos para consumo humano.

8.3.1.3.4. Enterococos Fecales

En el año 2016, el comportamiento de los Enterococos Fecales mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos casos), superiores en ambos años a los valores permitidos para consumo humano.

8.3.1.3.5. *Escherichia coli*

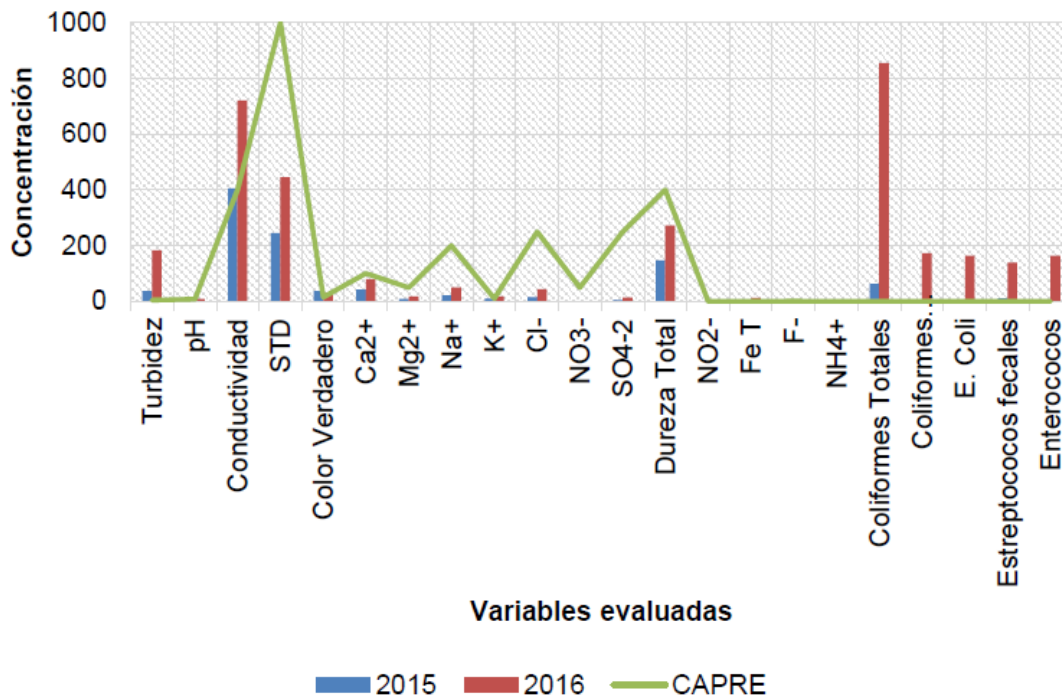
En el año 2016, el comportamiento de la bacteria *Escherichia coli* mostró concentraciones mayores que en el año 2015 (febrero en ambos

casos), superiores en ambos años a los valores permitidos para consumo humano. Para el año 2015 en promedio las bacterias de *Escherichia coli*⁶ se encontraron en [3,78] NMP/100mL y para el año 2016 en [164] NMP/100mL. Por lo tanto la laguna de Moyua durante la temporada de verano del año 2015 y 2016 no fueron aptas para consumo humano.

8.3.1.4. ¿El agua superficial de la laguna de Moyua es apta para consumo humano?

El agua superficial de la laguna de Moyua no es apta para consumo humano. El agua de la laguna contiene cepas bacterianas que exceden la norma CAPRE y Canadiense, por esto, será necesario un tratamiento bacteriológico previo a su consumo en casos extremos porque actualmente las familias consultadas no consumen esta agua.

Gráfico 45: Comparación de variables investigadas (físicas, químicas y bacteriológicas) con la índices guías de la Norma CAPRE para consumo humano.



⁶ Es una bacteria presente frecuentemente en el intestino distal de los organismos de sangre caliente. La mayoría de las cepas de E. coli son inocuas, pero algunas pueden causar graves intoxicaciones alimentarias.

La calidad química de la laguna ambos años fue buena, sin embargo la calidad física en el 2016 excedió la norma en algunas variables analizadas (turbidez y conductividad eléctrica).

Se encontraron altas concentraciones de turbidez y bacterias en una proporción 0,25 alcanzando hasta [1700] NMP/100mL amenazando la salud humana, de ser consumida. En este caso, las causas de contaminación microbiana no son puntuales dado que fueron encontradas bacterias en todos los puntos de muestreo en ambos años, pero claramente existe mayor afectación en el cuarto punto de muestreo.

Entre los factores de riesgo encontrados están el acceso de animales en un perímetro de 10 metros y letrinas a menos de 30 metros en pendientes positivas.

De igual manera, se encontraron concentraciones de hasta [0,085] mg/L NH₄-N de amonio en el cuarto punto de muestreo, siendo su límite de referencia [0,050] mg/L NH₄-N, relacionado también a ser un posible indicador de contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales.

Aunque la presencia de amonio en el agua de consumo no tiene repercusiones inmediatas a la salud, debe ser estrictamente monitoreable dado que el N₂ se presenta como una molécula inestable en medios acuáticos y sus especies como el nitrito y amoniaco demuestran condiciones aún más tóxicas para el consumo humano.

8.3.2. Pozos aledaños a la laguna de Moyua

En esta sección fueron evaluadas las variables físicas, químicas y bacteriológicas del agua subterránea de dos pozos aledaños a la laguna de Moyua durante la temporada de verano de los años 2015 y 2016 considerando los valores guías de las Normas CAPRE, Canadiense y OMS de agua para consumo humano.

La siguiente tabla muestra en resumen los datos de muestreo en ambos años tabulados con respecto a los valores guías de las Normas antes mencionadas.

Tabla 17: Datos de variables tomadas en los Pozos aledaños a la laguna de Moyua e Índices de calidad (CAPRE, Canadiense, OMS) de cada una.

Variables	Muestras	Puntos de muestreo		Normas de calidad de agua potable		
		Pozo Perforado	Pozo Excavado	CAPRE	Canadiense	OMS
pH	2015	7,42	7,70	8,5	6,5-8,5	
	2016	7,30	7,54			
Conductividad	2015	842	1682,0	400		
	2016	842	1305,5			
Turbidez	2015	0,5	0,9	5	1	
	2016	4	1			
Color Verdadero	2015	5	5	1-15	15	
	2016	5	5			
STD	2015	538,22	975,70	1000	500	
	2016	516,72	792,36			
Ca ²⁺	2015	96,07	75,50	100	400	
	2016	91,38	59,32			
Mg ²⁺	2015	20,03	8,26	50	60	
	2016	23,81	10,69			
Na ⁺	2015	69,88	279,92	200	200	
	2016	64,30	224,00			
K ⁺	2015	2,87	1,79	10		
	2016	3,05	1,34			
Cl ⁻	2015	20,12	191,94	250	250	
	2016	21,87	159,70			
NH ₄ ⁺	2015	0,012	AND	0,05		
	2016	0,0003	0,003			
NO ₃ ⁻	2015	19,13	2,53	50	45	
	2016	0,25	1,96			

NO2-	2015	85,52	AND	0,1		
	2016	0,007	0,003			
SO42-	2015	39,49	90,78	250	500	
	2016	20,83	55,85			
Dureza Total	2015	322,1	222,0	400		
	2016	326,0	192,0			
F-	2015	0,25	AND	0,7	1,5	
	2016	0,25	AND			
Coliformes Totales	2015	4,50	79,00	0	0	
	2016	AND	79,00			
Coliformes Termotolerantes	2015	1,80	11,00	0		
	2016	AND	23			
Estreptococos Fecales	2015	1,80	7,80	0		
	2016	AND	13,00			
Enterococos Fecales	2015	1,80	4,50	0		
	2016	AND	4,50			
<i>Escherichia coli</i>	2015	1,80	7,80	0	0	
	2016	AND	7,80			

Fuente: Elaboración propia (Excel). - AND: Analizado, No Detectado

El agua de los pozos monitoreados a la laguna de Moyua fue evaluada para consumo humano dado que este es el más grande propósito por el que es explotada. Véase ubicación de los pozos muestreado en la Gráfico 6, página 47.

Debido a que el muestreo en pozos consistió en 1 sola muestra por cada pozo en cada año (2015 y 2016), en esta valoración no fueron usadas herramientas gráficas.

8.3.2.1. Pozo Perforado

El pozo perforado, es un pozo público usado actualmente para consumo humano y para labores del hogar. Para ver Ubicación de puntos de muestreo Véase en Gráfico 6.

En este pozo fueron reportadas concentraciones superiores a las permitidas para consumo humano del NO₂⁻ y de todas las cepas bacterianas investigadas en el año 2015, lo que induce un riesgo alto a la salud por contaminación del agua a través del suelo por posible fuga de las letrinas cercanas o por defecación al aire libre de personas o animales, entre otros.

Para esto es de suma importancia aplicar medidas correctivas en el uso del agua del pozo perforado analizado, sugiriendo principalmente hervir el agua de 15 a 30 minutos como una económica y efectiva desinfección bacteriana evitando así afectaciones graves a la salud.

8.3.2.2. Pozo Excavado

El pozo excavado, es un pozo público usado actualmente para consumo humano y para labores del hogar. Para ver Ubicación de puntos de muestreo Véase en Gráfico 6.

En este pozo fueron reportadas concentraciones superiores a las permitidas para consumo humano de conductividad, del Na^+ y de todas las cepas bacterianas investigadas en ambos años, 2015 y 2016.

Concentraciones peligrosamente altas para la salud humana se encontraron en la conductividad de ambos años, puesto que estos rangos pueden ocasionar formación de cálculos en las vías urinarias durante un consumo relativamente corto de tiempo. Para esto se sugiere diseñar un filtro aplicable para la conductividad encontrada y de bajo costo para la necesidad actual del territorio estudiado.

El Na^+ en concentraciones superiores a las sugeridas por las Normas CAPRE en aguas para consumo puede desencadenar hipertensión arterial, problemas cardiovasculares y retención de líquidos teniendo repercusiones en el sistema digestivo, óseo, renal e incluso problemas estéticos, (FAO, 1985)

Las concentraciones en ambos años de cepas bacterianas fueron superiores a los límites permitidos y simbolizan un riesgo alto a la salud. De manera que se sugiere aplicar medidas correctivas en el uso del agua del pozo excavado analizado, primariamente hervir el agua de 15 a 30 minutos como una económica y efectiva desinfección bacteriana antes de ser usada.

8.4. Categoría Trófica de la laguna de Moyua

En esta sección se delimitará la categoría trófica de la laguna de Moyua basándonos en el Índice de Toledo *et al.* (1984) de categorías tróficas. Para esto, fueron analizadas con especial enfoque las concentraciones promedio anuales de los cuatro sitios de muestreo de Fósforo Total y Fosfato en unidades de [$\mu\text{g/L}$].

No es utilizado el Disco Secchi porque Moyua es una laguna tropical demasiado turbia debido a condiciones naturales y el resultado de transparencia en estas condiciones no podría ser confiable. También excedía el presupuesto económico.

Tabla 18: Datos de variables tomadas en la laguna de Moyua de Fósforo Total y Fosfato.

Variables	Muestreos	Puntos de muestreo			
		1	2	3	4
Fosforo Total	2015	83,5	88,0	87,0	86,0
	2016	102,4	150,0	172,0	133,6
Orto Fosfato	2015	72,1	69,4	69,7	69,1
	2016	100,2	104,2	105,2	97,6

Fuente: Elaboración propia (Excel).

Las siguientes ecuaciones las delimita el Índice de Toledo *et al.* (1984), el cual fue modificado a partir del Índice de Carlson (1977).

$$IET(PT) = 10x \left(6 - \frac{\frac{\ln 80,32}{PT}}{\ln 2} \right) \quad 5.2$$

$$IET(PO_4^{-3}) = 10x \left(6 - \frac{\frac{\ln 21,67}{PO_4^{-3}}}{\ln 2} \right) \quad 5.3$$

Ultraoligotrófico se: $IET \leq 24$

Oligotrófico se: $24 \leq IET \leq 44$

Mesotrófico se: $44 \leq IET \leq 54$

Eutrófico se: $54 \leq IET \leq 74$

Hipereutrófico se: $IET \leq 74$

Año 2015

$$IET(PT) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 80,32}{86,125}}{\ln 2} \right) = 59,26$$

Se utilizó el promedio de los cuatro sitios de muestreo.

$$IET(PO_4^{-3}) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 21,67}{70,075}}{\ln 2} \right) = 59,37$$

$$\text{Categoría Trófica} = \frac{59,26 + (59,37)}{2} = 59,31$$

Año 2016

$$IET(PT) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 80,32}{139,5}}{\ln 2} \right) = 59,55$$

$$IET(PO_4^{-3}) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 21,67}{101,8}}{\ln 2} \right) = 59,57$$

$$\text{Categoría Trófica} = \frac{59,55 + 59,57}{2} = 59,56$$

En febrero del año 2015 y enero del año 2016, la laguna de Moyua en promedio se encontró en la categoría eutrófica.

La eutrofización significa literalmente “el proceso de buena nutrición” (Parra, 1989). Se refiere a cambios físicos, químicos y biológicos debidos a una fertilización excesiva de la masa de agua de lagos y lagunas que reciben nutrientes enriqueciendo los ecosistemas acuáticos principalmente nitrógeno y fosforo, lo que provoca un alto crecimiento de fitoplancton (algas), las cuales al morir van al fondo, creando una acumulación de materia orgánica. (Roldán, 2008)

Las lagunas originalmente se encuentran en estado oligotrófico, es decir, que poseen poca cantidad de nutrientes en el agua, sin embargo de forma natural y a través de los años dicho estado puede variar, ocurriendo una

sucesión acuática del lago que lo convierte en pantano hasta desaparecer. **(Wright, 1999).**

Desde el punto de vista científico se relaciona más a la eutrofización con las causas que ocasionan dicho problema, es decir, con la excesiva nutrición de las aguas; y no tanto con sus efectos, como el florecimiento de plantas acuáticas y la disminución en la concentración de oxígeno disuelto. Sin embargo, también se ha descrito a la eutrofización como el proceso de envejecimiento de lagos y lagunas, enfatizándose más en los efectos que en las causas. **(Parra, 1989).**

La laguna de Moyua se encuentra en un proceso de eutrofización en el que hay enriquecimiento de nutrientes debido posiblemente a los sedimentos provenientes del uso de suelo adyacente a la laguna, estos en su mayoría son talados, quemados e intensamente agrícolas. Este enriquecimiento favorece el crecimiento y la multiplicación de fitoplancton lo que produce un aumento de la turbidez del agua, con lo que el agua tiende a oscurecerse y tornarse verdosa dificultando el paso de la luz necesaria para la fotosíntesis que realizan las plantas acuáticas. La pérdida de oxígeno disuelto se agrava debido al incremento de fitoplancton, el cual está compuesto de organismos fotosintéticos que también producen oxígeno.

Como el fitoplancton ocupa gran parte de la superficial de la masa de agua, esta se satura del gas escapando el exceso de oxígeno a la atmosfera. Se puede apreciar este suceso cuando se observan burbujas de oxígeno que son liberadas a la superficie después de quedar atrapadas en las algas filamentosas. Consecuentemente la fotosíntesis que realiza el fitoplancton no reabastece de oxígeno disuelto a la parte más profunda de los lagos y lagunas como lo hacen las plantas acuáticas al realizar la fotosíntesis. **(Wright, 1999)**

9. Conclusiones

El agua superficial de la laguna de Moyua tuvo buena calidad física y química en los años 2015-2016 para uso de irrigación, consumo humano y recreación según los valores guías de la FAO, Normas Canadienses y Normas CAPRE.

El agua superficial de la laguna de Moyua, específicamente en el punto de muestreo 4 (Tomás Moreno), no fue apta para irrigación en cultivos de uso inmediato, de tallo largo o que no requieran ser hervidos y su consumo humano, debido a deficiencias en su calidad bacteriológica.

Los pozos monitoreados aledaños a la laguna de Moyua se encontraron con buena calidad química sin embargo el “Punto de muestreo 6: Pozo Excavado-Moyua 2 (Sector Moreno)” se reveló deficiente calidad física correspondiendo a alta conductividad para consumo humano según las Normas CAPRE. Se encontró calidad bacteriológica deficiente encontrando cepas bacterias en el año 2015 en el “Punto de muestreo 5: Pozo Perforado” y en ambos años, 2015 y 2016, en el “Punto de muestreo 6: Pozo Excavado” limitando su consumo según los valores guías de las Normas CAPRE.

La categoría trófica de la laguna de Moyua a partir del Índice de Toledo *et al*, (1984) es eutrófica en las temporadas de verano de ambos años, 2015 y 2016, correspondiendo a un cuerpo hídrico con alta nutrición procedente de los sedimentos del uso de suelo adyacente.

10. Recomendaciones

Diseñar un plan de monitoreo para determinar las variaciones de calidad de las aguas en el tiempo en la laguna de Moyua, así como de los pozos ubicados alrededor, incluyendo los no estudiados.

Hervir o clorar el agua de la laguna de Moyua previo a su consumo.

A priori, el agua de la Laguna de Moyua debe ser exclusivamente usada para irrigación de cultivos que requieran ser hervidos.

Diseñar un sistema de filtración para el tratamiento de la conductividad eléctrica del “Punto de muestreo 6: Pozo Excavado-Moyua 2 (Sector Moreno)”, y después hervirla para eliminar las bacterias presentes para rehabilitar su consumo.

Realizar campañas de sensibilización y capacitación para los pobladores de los sectores aledaños, sobre calidad del agua, significado de las variables, efectos a la salud humana, entre otros.

Realizar un programa integral para fortalecer la gestión comunitaria sobre la sensibilización y capacitación de la calidad del agua, su manejo y proceso eutrófico.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Agência Nacional de Águas - ANA. (s.f.). *Portal da qualidade das Águas*.
Obtenido de INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO : <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>
- Albert, L., (1997). Contaminación Ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos.
En: Albert, L. (ed.) *Introducción a la toxicología Ambiental*. Organización Panamericana de la Salud y Gobierno del Estado de México, México.
- Álvaro, & García O., Á. (Junio de 2012). *Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua de riego*. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-laahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf)
- American Public Health Association (APHA). (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th. Ed. Washington: APHA.
- American Public Health Association (APHA). (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th. Ed. Washington: APHA.
- BBVA, F. (28 de Julio de 2016). *Fundéu BBVA - Asesorada por la Real Academia Española*. Obtenido de <http://www.fundeu.es/recomendacion/canotaje-o-piraguismo-claves-de-redaccion/>
- CAPRE, 1993. (Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana). *Normas de Calidad del Agua para Consumo Humano*. Primera edición. San José, Costa Rica.
- CIRA/UNAN, MARENA-PIMCHAS, Cooperación Canadiense (2008). *Estudio de calidad y disponibilidad de los recursos hídricos en la subcuenca del Río Viejo proveniente del Lago de Apanás (Humedal Ramsar No. 1137)*.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). (2007). *Intergovernmental Panel in Climate Change*. Obtenido de https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains1.html
- Crumpton, W.G., T.M. Isenhardt & P.D. Mitchell. (1992). *Nitrate an organic N analysis with second-derivative spectroscopy*. *Limnology & Oceanography* 31:907-913
- Decreto 33903-MINAE-S (2007). *Reglamento para Evaluación y Clasificación de Cuerpos de agua Superficiales*. La Uruca, San José, Costa Rica.
- FAO. (1985). *Depósito de los documentos de la FAO*. Obtenido de Capítulo 23: Enfermedades crónicas con implicaciones nutricionales.: <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0r.htm>

- INETER. (Noviembre de 2014). Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter. Managua, Managua, Nicaragua. Recuperado el 26 de Agosto de 2016, de http://proatas.org.ni/media/flatpages/Album_Cuencas_Nic_res_reduc.pdf
- INETER. (2014). *Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales*. Obtenido de http://www.ineter.gob.ni/PRIMER%20SUB%20PERIODO%20LLUVIOSO%202014_29%20ABRIL.pdf
- Lanza-Espino, G. d., & Hernández Pulido, S. (s.f.). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación*.
- Moreno, D., Quintero, J., & Lopez, A. (09 de Noviembre de 2010). (UAM, Ed.) Obtenido de Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia.: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n78ne/eutrofia2.pdf>
- MVOTMA-DINAMA. (Octubre de 2010). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Obtenido de Programa de formación iberoamericano en materia de agua: <http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PONENTES/Tema%203%20GRH%20Uruguay%20A%20Guarani/INDICES%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20SUPERFICIAL.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Organización Mundial de la Salud (OMS)*. Obtenido de <http://www.who.int/es/>
- Portal da qualidade das Águas. (s.f.). *INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO*. Obtenido de Agência Nacional de Águas - ANA: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>
- Ramsar . (2014). *The Ramsar Convention Secretariat ES*. Obtenido de www.ramsar.org
- Real Academia Española . (2006). *Diccionario de la Lengua Española*, 23.º edición. Obtenido de <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=cuantificad>
- Roldán, G. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Antioquía, Colombia: Universidad de Antioquía.
- Salvatierra (2001). *Evaluación de impacto ambiental en la subcuenca de las lagunas de Moyua, Playitas y Tecomapa*.
- Salvatierra (2003). *Plan de gestión y desarrollo integral dela subcuenca las Playitas, Moyua, Tecomapa en el municipio de Ciudad Darío*.
- Salvatierra, T. (2015). *Censo poblacional Moyua, Tesis doctoral*. Managua.
- Soto, J. (Septiembre de 2009). *La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias*.

Obtenido de Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad–Oaxaca. CIIDIR–Instituto Politécnico Nacional–Oaxaca.: <http://www.scielo.org.mx>

Wright, B. (1999). Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo Sostenible. México: Prentice Hall.

12. ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO

Amonio: Cation poliatómico cargado positivamente, NH_4^+ Tóxico para el ser humano.

Bicarbonatos: Sales ácidas derivadas del ácido carbónico.

Calcio: Elemento químico de núm. atóm. 20. Elemento muy abundante en la corteza terrestre, se encuentra principalmente en forma de carbonato, como la calcita, o de sulfato, como el yeso, y es un componente esencial de huesos, dientes, caparazones, arrecifes coralinos y estructuras vegetales. De color blanco o gris, blando y muy ligero, combinado con el oxígeno forma la cal y tiene gran importancia en el metabolismo celular.

Cambio Climático: Un cambio de clima que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera global y que es además de variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables. (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2007)

Canotaje: Deporte consistente en la competición de dos o más piraguas, movidas a remo por sendos piragüistas, que pueden ir sentados o de rodillas. (BBVA, 2016)

Carbonatos: Sales del ácido carbónico

Cloruros: Compuestos que llevan un átomo de cloro en estado de oxidación formal, siendo el estado de oxidación más bajo de este elemento.

Coliformes Termotolerantes: Los microorganismos que tienen las mismas propiedades de los Coliformes totales, a una temperatura de 44 ó 44.5°C. CAPRE, 1993.

Coliformes Totales: Bacilo gramnegativo no esporulado, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no tiene citocromooxidasa y fermenta la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35 ó 37°C, en un período de 24 a 48 horas. (CAPRE, 1993)

Color Verdadero: Color del agua de la cual la turbidez se ha eliminado. El color en el agua resulta de la presencia en solución de diferentes sustancias como iones metálicos, materia orgánica disuelta, entre otros.

Compuestos organoclorados: Compuesto por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual, algunos de los átomos de hidrógeno unidos al carbono, han sido reemplazados por átomos de cloro, unidos por enlaces covalentes al carbono.

Compuestos organofosforados Compuestos orgánicos que incluyen fósforo en su molécula. Son sustancias tóxicas con aplicaciones como plaguicidas.

Conductividad: Medida de la capacidad de una solución acuosa para llevar una corriente eléctrica.

Dureza Total: Suma de las concentraciones de calcio y magnesio.

E. coli: Son presuntos E.coli, las bacterias Coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44 ó 44.5°C con producto de gas, y que también producen indol a partir del triptófano. La confirmación de que en verdad se trata de E.coli se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo y la comprobación de la ausencia de síntesis de acetilmetilcarbinol y de que no se utiliza el citrato como única fuente de carbono. La E.coli es el indicador más preciso de contaminación fecal.

Enterococos: Enterococcus es un género de bacterias del ácido láctico del división Firmicutes. **CAPRE, 1993.**

Streptococ: Bacterias formado por cocos grampositivos pertenecientes al filo firmicutes y al grupo de las bacterias ácido lácticas. **CAPRE, 1993**

Eutrofización: “Eutrofización” es el enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes disponibles para las plantas. Si bien la eutrofización se produce en forma natural, normalmente está asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes. El “estado trófico” de los lagos o lagunas es un concepto fundamental en la gestión de los mismos. En él se describe la relación entre el

estado de nutrientes en un lago y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo. (Moreno, Quintero, & Lopez, 2010)

Evaluar: Estimar, apreciar, calcular el valor de algo. (Real Academia Española, 2006)

Fluoruros: Compuesto formado por el ión fluoruro.

Fosforo total: Concentración total de Fosforo.

Hierro Total: Es el primer elemento en el grupo VIII de la tabla periódica. Es un metal del grupo de los elementos de transición, de color blanco plateado, blando, dúctil, maleable, magnético y oxidable, que es muy abundante en la naturaleza formando compuestos.

Magnesio: Elemento químico de núm. atóm. 12. Metal muy abundante en la corteza terrestre, se encuentra en la magnesita, el talco, la serpentina y, en forma de cloruro, en el agua de mar, y entra en la composición de sustancias importantes en los vegetales, como las clorofilas. Maleable y poco tenaz, arde con luz clara y brillante y se usa en metalurgia, en pirotecnia, en medicina, en la fabricación de acumuladores eléctricos y aleado con aluminio, en la industria aeronáutica y la automoción.

Nitratos: Sal formada por combinación del ácido nítrico y una base; se emplea como oxidante. El nitrógeno es un nutriente fundamental para los organismos fotosintetizadores, pero si se encuentra en exceso puede provocar graves alteraciones en la calidad del agua.

Nitritos: Anión angular. Sal formada por combinación del ácido nitroso y una base. Se forman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

Nitrógeno total: Concentración total de nitrógeno.

Ortofosfatos: Fosforo asimilable por las plantas acuáticas.

pH: Potencial de hidrógeno. Concentración de iones hidrógeno en el agua.

Potasio: Elemento químico de núm. atóm. 19. Metal muy abundante en la corteza terrestre; se encuentra en forma de sales, generalmente silicatos, en muchos minerales y en el agua del mar. De color blanco argénteo, blando y con punto de fusión muy bajo, su hidróxido, la potasa, era conocido de antiguo como el álcali vegetal. Es un oligoelemento fundamental en el metabolismo celular, y algunos de sus derivados se usan como fertilizantes.

Sodio: Elemento químico de núm. atóm. 11. Metal muy abundante en la corteza terrestre, principalmente en forma de sales, como el cloruro sódico o sal común. De color blanco brillante, blando como la cera, muy ligero y con un punto de fusión muy bajo, es un elemento fundamental en el metabolismo celular, se usa en la fabricación de células fotoeléctricas, y aleado con plomo, como antidetonante de las gasolinas.

Sólidos Totales disueltos: Porción de lo sólidos totales disueltos en el agua, estos pueden ser: minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua, entre otros.

Sulfatos: Sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Las sales de sulfato contienen el anión SO_4^{2-} . Los niveles elevados de sulfato pueden conducir a una deshidratación temporal y tener efectos laxantes.

Turbidez: Expresión de la propiedad óptica que hace que la luz se disperse y se absorba en lugar de ser transmitida; es decir, es la medida del grado de transparencia que pierde el agua por la presencia de partículas en suspensión.

ANEXO 2. Datos de muestreo

Esta investigación contó con 2 muestreos, ambos en verano (febrero) de los años 2015 y 2016. En cada muestreo se muestreó 4 puntos, ubicados estratégicamente en zonas de gran influencia humana.

Muestreo Año 2015

En la siguiente tabla se muestran los datos de muestreo del año 2015 tanto en la laguna de Moyua como en 2 de sus pozos aledaños, en ella se incluye datos estadísticos como la media, la desviación estándar, el coeficiente de variación, el mínimo y el máximo.

Tabla 19: Datos de muestreo Año 2015 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo. (1)

	Turbidez [UNT]	pH	Conductividad [μS/cm]	STD [mg/L]	Color Verdadero [mg/L]Pt-Co	Ca ²⁺ [mg/L]CaCO ₃
1 Entrada muelle	37,2	8,41	403	249,43	35	44,23
2 Fernando Rayo	47,6	8,39	406	242,43	40	41,69
3 Los Castros	33,4	8,43	405	244,05	40	41,86
4 Tomas Moreno	31,8	8,37	404	244,00	35	43,65
Suma (laguna)	150,00	33,60	1618,00	979,91	150,00	171,43
Media	37,5	8,4	404,5	244,9775	37,5	42,8575
SD	7,10398949	0,02581989	1,290994449	3,0621493	2,88675135	1,27408464
CV	0,18943972	0,0030738	0,003191581	0,01249972	0,07698004	0,02972839
Mínimo	31,8	8,37	403	242,43	35	41,69
Máximo	47,2	8,43	406	249,43	40	44,23
PE Moyua 2	0,9	7,70	1682	975,70	5	75,35
PP Moyua 1	0,5	7,42	842	538,22	5	96,07

Tabla 20: Datos de muestreo Año 2015 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo. (2)

	Mg ⁺² [mg/L]CaCO ₃	Na ⁺ [mg/L]CaCO ₃	K ⁺ [mg/L]CaCO ₃	Cl ⁻ [mg/L]CaCO ₃	NO ₃ ⁻ [mg/L]	SO ₄ ²⁻ [mg/L]CaCO ₃	CO ₃ ²⁻ [mg/L]
1 Entrada muelle	10,12	24,07	11,32	15,82	0,25	5,02	6,0
2 Fernando Rayo	9,01	21,95	9,93	14,58	0,25	4,84	9,6
3 Los Castros	9,26	22,05	10,41	14,93	0,25	4,87	9,6
4 Tomas Moreno	9,79	23,08	10,96	14,69	0,25	4,91	12,0
Suma (laguna)	38,18	91,15	42,62	60,02	1,00	19,64	37,20
Media	9,545	22,7875	10,655	15,005	0,25	4,91	9,3
SD	0,50269275	0,99593758	0,61125554	0,56264257	0	0,07874008	2,47386338
CV	0,05266556	0,04370543	0,05736795	0,03749701	0	0,01603668	0,26600681
Mínimo	9,01	21,95	9,93	14,58	0,25	4,84	6
Máximo	10,12	24,07	11,32	15,82	0,25	5,02	12
PE Moyua 2	8,26	279,92	1,79	191,94	2,53	90,78	2
PP Moyua 1	20,03	69,88	2,87	20,12	19,13	39,49	2

	HCO ₃ ⁻ [mg/L]	Dureza Total [mg/L]CaCO ₃	Alcalinidad Total [mg/L]	NO ₂ ⁻ [mg/L]	Hierro Total [mg/L]
1 Entrada muelle	217,23	152,00	188	0,016	2,30
2 Fernando Rayo	212,35	141,05	190	0,016	2,12
3 Los Castros	212,35	142,55	190	0,010	1,81
4 Tomas Moreno	200,15	149,15	184	0,010	2,10
Suma (Laguna)	842,08	584,75	752,00	0,05	8,33
Media	210,52	146,1875	188	0,013	2,0825
SD	7,286032299	5,23408301	2,82842712	0,0034641	0,2027108
CV	0,034609692	0,0358039	0,01504483	0,26646936	0,09734012
Mínimo	200,15	141,05	184	0,01	1,81
Máximo	217,23	152	190	0,016	2,3
PE Moyua 2	580,84	222,0	476	0,013	0,07
PP Moyua 1	468,58	322,1	384	0,007	0,02

Tabla 21: Datos de muestreo Año 2015 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo. (3)

	F ⁻ [mg/L]	NH ₄ ⁺ [mg/L]	Nitrógeno Total [mg/L]	Balance Iónico	Fosforo Reactivo Disuelto (Ortofosfato) [mg/L]	Fosforo Total [mg/L]
1 Entrada muelle	0,39	0,028	0,791	0,76	0,721	0,835
2 Fernando Rayo	0,39	0,015	0,801	3,38	0,694	0,880
3 Los Castros	0,44	0,028	0,773	2,93	0,697	0,870
4 Tomas Moreno	0,39	0,027	0,801	0,84	0,691	0,860
Suma (laguna)	1,61	0,10	3,17	7,91	2,80	3,45
Media	0,4025	0,0245	0,7915	1,9775	0,70075	0,86125
SD	0,025	0,006350853	0,013203535	1,372403609	0,013720423	0,01931105
CV	0,062111801	0,259218488	0,016681661	0,69400941	0,019579626	0,022422119
Mínimo	0,39	0,015	0,773	0,76	0,691	0,835
Máximo	0,44	0,028	0,801	3,38	0,721	0,88
PE Moyua 2	x	0,035	x	0,61	x	x
PP Moyua 1	0,25	0,012	x	0,93	x	x

	Coliformes Totales [mg/L]	Coliformes Termotolerantes [mg/L]	<i>E. Coli</i> [NMP/100mL]	Estreptococos fecales [NMP/100mL]	Enterococos [NMP/100mL]
1 Entrada muelle	130,00	2,00	2,00	4,50	1,80
2 Fernando Rayo	23,00	2,00	1,80	4,50	4,50
3 Los Castros	49,00	6,80	6,80	13,00	4,50
4 Tomas Moreno	49,00	6,80	4,50	23,00	13,00
Suma (laguna)	251,00	17,60	15,10	45,00	23,80
Media	62,75	4,4	3,775	11,25	5,95
SD	46,47848965	2,771281292	2,361320252	8,798674143	4,86929153
CV	0,740693062	0,629836657	0,625515299	0,782104368	0,818368324
Mínimo	23,00	2,00	1,80	4,50	1,80
Máximo	130,00	6,80	6,80	4,50	4,50
PE Moyua 2	79,00	11,00	7,80	7,80	4,50
PP Moyua 1	4,50	1,80	1,80	1,80	1,80

Tabla 22: Datos de muestreo Año 2015 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo. (4)

	OD	Plaguicidas Organoclorados [µg/L]	Plaguicidas Organofosforados [µg/L]	Herbicidas [µg/L]
1 Entrada muelle	6,70	AND	AND	AND
2 Fernando Rayo	6,10	AND	AND	AND
3 Los Castros	5,20	AND	AND	AND
4 Tomas Moreno	4,90	AND	AND	AND
PE Moyua 2		AND	AND	AND
PP Moyua 1	4.0	AND	AND	AND

Fuente: Elaboración propia (Excel).

Muestreo Año 2016

En la siguiente tabla se muestran los datos de muestreo del año 2016 tanto en la laguna de Moyua como en 2 de sus pozos aledaños, en ella se incluye datos estadísticos como la media, la desviación estándar, el coeficiente de variación, el mínimo y el máximo.

Tabla 23: Datos de muestreo Año 2016 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo. (1)

	Turbidez [UNT]	pH	Conductividad [µS/cm]	STD [mg/L]	Color verdadero [mg/L] Pt-Co	Ca ²⁺ [mg/L] CaCO ₃
1 Entrada muelle	188	8,65	719	443,80	30	80,16
2 Fernando Rayo	220	8,65	721	445,34	30	80,96
3 Los Castros	156	8,67	723	443,78	30	80,16
4 Tomas Moreno	171	8,68	721	444,69	30	80,16
Suma (laguna)	735,00	34,65	2884,00	1777,61	120,00	321,44
Media	183,75	8,6625	721	444,4025	30	80,36
SD	27,47574688	4,333351282	1,632993162	0,755441372	0	0,4
CV	0,149527874	0,500242572	0,0022649	0,001699904	0	0,004977601
Mínimo	156	8,65	719	443,78	30	80,16
Máximo	220	8,68	723	445,34	30	80,96
PE Moyua 2	1	7,54	1305,5	792,36	5	59,32
PP Moyua 1	4	7,30	842	516,72	5	91,38

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

Tabla 24: Datos de muestreo Año 2016 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo. (2)

	Mg⁺² [mg/L] CaCO₃	Na⁺ [mg/L] CaCO₃	K⁺ [mg/L] CaCO₃	Cl⁻ [mg/L] CaCO₃	NO₃⁻ [mg/L]	SO₄⁻² [mg/L] CaCO₃	CO₃⁻² [mg/L]
1 Entrada muelle	17,01	50,70	18,32	44,02	0,25	13,59	45,6
2 Fernando Rayo	18,47	51,15	17,92	43,90	0,25	13,56	45,6
3 Los Castros	17,01	50,90	17,92	43,42	0,25	13,19	48,0
4 Tomas Moreno	17,01	51,30	17,92	44,17	0,25	13,13	48,0
Suma (laguna)	69,50	204,05	72,08	175,51	1,00	53,47	187,20
Media	17,375	51,0125	18,02	43,8775	0,25	13,3675	46,8
SD	0,73	0,265753645	0,2	0,324384032	0	0,241160389	1,385640646
CV	0,042014388	0,005209579	0,011098779	0,007392947	0	0,0180408	0,029607706
Mínimo	17,01	50,7	17,92	43,42	0,25	13,13	45,6
Máximo	18,47	51,3	18,32	44,17	0,25	13,59	48
PE Moyua 2	10,69	224	1,34	159,7	1,96	55,85	2
PP Moyua 1	23,81	64,3	3,05	21,87	0,25	20,83	2

	HCO₃⁻ [mg/L]	Dureza Total [mg/L] CaCO₃	Alcalinidad Total [mg/L]	NO₂⁻ [mg/L]	Hierro Total [mg/L]
1 Entrada muelle	300,20	270	322,00	0,010	11,09
2 Fernando Rayo	300,22	278	322,05	0,010	19,36
3 Los Castros	297,78	270	324,05	0,010	10,40
4 Tomas Moreno	297,78	270	324,05	0,007	9,79
Suma (laguna)	1195,98	1088,00	1292,15	0,04	50,64
Media	298,995	272	323,0375	0,00925	12,66
SD	1,402984913	4	1,169312476	0,0015	4,498125536
CV	0,004692336	0,014705882	0,003619742	0,162162162	0,355302175
Mínimo	297,78	270	322	0,007	9,79
Máximo	300,22	278	324,05	0,01	19,36
PE Moyua 2	485,72	192	398,05	0,003	0,02
PP Moyua 1	510,13	326	418,05	0,007	0,44

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

Tabla 25: Datos de muestreo Año 2016 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo. (3)

	F⁻ [mg/L]	NH₄⁺ [mg/L]	Nitrógeno Total [mg/L]	Balace Iónico	Fosforo Reactivo disuelto [mg/L]	Fosforo Total [mg/L]
1 Entrada muelle	0,57	0,034	1,667	0,68	1,002	1,024
2 Fernando Rayo	0,58	0,043	2,783	1,74	1,042	1,500
3 Los Castros	0,62	0,036	2,060	0,57	1,052	1,720
4 Tomas Moreno	0,62	0,085	2,505	0,56	0,976	1,336
Suma (laguna)	2,39	0,20	9,02	3,55	4,07	5,58
Media	0,5975	0,0495	2,25375	0,8875	1,018	1,395
SD	0,026299556	0,023979158	0,49161189	0,570927608	0,035364766	0,293127958
CV	0,044015994	0,484427427	0,218130622	0,643298713	0,034739456	0,210127569
Mínimo	0,57	0,034	1,667	0,56	0,976	1,024
Máximo	0,62	0,085	2,783	1,74	1,052	1,72
PE Moyua 2	x	0,003	x	0,16	x	x
PP Moyua 1	0,25	0,0003	x	0,1	x	x

	Coliformes Totales [NMP/100mL]	Coliformes Termotolerantes [NMP/100mL]	<i>E. Coli</i> [NMP/100mL]	Estreptococo s fecales [NMP/100mL]	Enterococos [NMP/100mL]
1 Entrada muelle	170,00	49,00	22,00	23,00	4,50
2 Fernando Rayo	130,00	22,00	14,00	7,80	2,00
3 Los Castros	130,00	130,00	130,00	33,00	7,80
4 Tomas Moreno	1700,00	490,00	490,00	490,00	49,00
Suma (laguna)	2130,00	691,00	656,00	553,80	63,30
Media	532,5	172,75	164	138,45	15,825
SD	778,561708	216,421464	223,67834	234,59556	22,2438568
CV	1,46208771	1,25280153	1,36389232	1,69444247	1,40561497
Mínimo	130	22	14	7,8	2
Máximo	1700	490	490	490	49
PE Moyua 2	79,00	23,00	7,80	13,00	4,50
PP Moyua 1	AND	AND	AND	AND	AND

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

Tabla 26: Datos de muestreo Año 2016 incluyendo media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo. (4)

	OD	Plaguicidas Organoclorados	Plaguicidas Organofosforados	Herbicidas [µg/L]
1 Entrada muelle	5,60	AND	AND	AND
2 Fernando Rayo	6,10	AND	AND	AND
3 Los Castros	5,20	AND	AND	AND
4 Tomas Moreno	6,20	AND	AND	AND
PE Moyua 2	2,20	AND	AND	AND
PP Moyua 1	1,8	AND	AND	AND

Fuente: Elaboración propia (Excel).

ANEXO 3. Correlación de variables en 2015 y 2016

Tabla 27: Correlación de variables del año 2015

	OD	Turbid	pH	Cond	STD	ColorV	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Cl-	NO3-	SO4-2	CO3-2	HCO3-	TH	AT	AF	SRD	NO2-	FeT	F-	NH4+	NT	BI	PRD	PT		
OD	1,000	0,588	0,234	-0,234	0,617	-0,105	0,244	0,247	0,438	0,167	0,670																		
Turbid	0,588	1,000	-0,102	0,596	-0,271	0,488	-0,465	-0,542	-0,353	-0,634	-0,203																		
pH	0,234	-0,102	1,000	0,000	0,301	0,447	-0,287	-0,123	-0,126	-0,055	0,450																		
Cond	-0,234	0,596	0,000	1,000	-0,883	0,894	-0,953	-0,991	-0,958	-0,997	-0,798																		
STD	0,617	-0,271	0,301	-0,883	1,000	-0,655	0,789	0,855	0,901	0,844	0,985																		
ColorV	-0,105	0,488	0,447	0,894	-0,655	1,000	-0,981	-0,942	-0,913	-0,916	-0,513																		
Ca+2	0,244	-0,465	-0,287	-0,953	0,789	-0,981	1,000	0,985	0,973	0,961	0,670																		
Mg+2	0,247	-0,542	-0,123	-0,991	0,855	-0,942	0,985	1,000	0,977	0,992	0,754																		
Na+	0,438	-0,353	-0,126	-0,958	0,901	-0,913	0,973	0,977	1,000	0,947	0,812																		
K+	0,167	-0,634	-0,055	-0,997	0,844	-0,916	0,961	0,992	0,947	1,000	0,749																		
Cl-	0,670	-0,203	0,450	-0,798	0,985	-0,513	0,670	0,754	0,812	0,749	1,000																		
NO3-																													
SO4-2	0,523	-0,343	0,098	-0,951	0,975	-0,807	0,906	0,944	0,974	0,926	0,921																		
CO3-2	-0,895	-0,239	-0,584	0,438	-0,809	0,140	-0,321	-0,397	-0,530	-0,386	-0,884																		
HCO3-	0,821	0,438	0,735	-0,043	0,503	0,290	-0,107	-0,017	0,124	-0,036	0,636																		
TH	0,247	-0,498	-0,218	-0,973	0,820	-0,968	0,997	0,995	0,979	0,978	0,709																		
AT	0,428	0,577	0,730	0,548	-0,117	0,816	-0,694	-0,614	-0,511	-0,609	0,054																		
AF	-0,895	-0,239	-0,584	0,438	-0,809	0,140	-0,321	-0,397	-0,530	-0,386	-0,884																		
SRD	-0,881	-0,222	-0,036	0,643	-0,854	0,559	-0,674	-0,668	-0,809	-0,596	-0,836																		
NO2-	0,943	0,796	0,000	0,000	0,359	0,000	0,093	0,046	0,258	-0,057	0,400																		
FeT	0,706	0,308	-0,439	-0,529	0,595	-0,669	0,697	0,612	0,749	0,510	0,515																		
F-	-0,424	-0,385	0,775	0,258	-0,202	0,577	-0,522	-0,378	-0,494	-0,287	-0,089																		
NH4+	-0,257	-0,928	0,325	-0,772	0,584	-0,545	0,593	0,701	0,558	0,783	0,545																		
NT	0,151	0,419	-0,919	0,020	-0,153	-0,394	0,281	0,112	0,198	0,009	-0,271																		
BI	-0,065	0,585	0,343	0,936	-0,695	0,991	-0,984	-0,967	-0,920	-0,956	-0,562																		
PRD	0,801	-0,011	0,423	-0,706	0,955	-0,442	0,604	0,673	0,769	0,648	0,981																		
PT	-0,462	0,409	-0,100	0,969	-0,967	0,822	-0,916	-0,959	-0,974	-0,948	-0,909																		

Tabla 28: Correlación de variables del año 2016

	OD	Turbid	pH	Cond	STD	ColorV	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Cl-	NO3-	SO4-2	CO3-2	HCO3-	TH	AT	AF	SRD	NO2-	FeT	F-	NH4+	NT	BI	PRD	PT
OD	1	0.5634	0.0598	-0.351	0.8455	-0.466	0.4664	0.4664	0.7728	-0.251	0.8178		0.0736	-0.186	0.189	0.4664	-0.179	-0.186	-0.678	-0.61	0.4039	-0.116	0.702	0.7193	0.448	-0.544	-0.276
Turbid	0.5634	1	-0.758	-0.475	0.7232	-0.88	0.8796	0.8796	0.1421	0.1031	0.3885		0.7987	-0.851	0.8538	0.8796	-0.843	-0.851	-0.733	0.3094	0.9049	-0.767	-0.192	0.4655	0.914	0.1352	-0.25
pH	0.0598	-0.758	1	0.5443	-0.113	0.5556	-0.556	-0.556	0.5331	-0.556	-0.026		-0.984	0.9623	-0.962	-0.556	0.9621	0.9623	0.1982	-0.778	-0.649	0.9606	0.737	0.1656	-0.63	-0.364	0.3586
Cond	-0.351	-0.475	0.5443	1	-0.011	0	0	0	0.3072	-0.816	-0.755		-0.677	0.7071	-0.704	0	0.7157	0.7071	-0.144	0	-0.063	0.7762	0.034	0.3264	-0.079	0.5772	0.9693
STD	0.8455	0.7232	-0.113	-0.011	1	-0.827	0.8273	0.8273	0.7802	-0.532	0.4137		0.1622	-0.256	0.2609	0.8273	-0.241	-0.256	-0.966	-0.254	0.766	-0.124	0.402	0.9357	0.794	-0.014	0.1546
ColorV	-0.466	0.8796	0.5556	0	-0.827	1	-1	1	-0.345	0.3333	-0.046		-0.532	0.5774	-0.582	-1	0.563	0.5774	0.9179	-0.333	-0.993	0.4436	0.181	-0.718	-0.995	-0.452	-0.239
Ca+2	0.4664	0.8796	-0.556	0	0.8273	-1	1	1	0.3449	-0.333	0.0462		0.5321	-0.577	0.5821	1	-0.563	-0.577	-0.918	0.3333	0.993	-0.444	-0.181	0.7177	0.995	0.4524	0.2388
Mg+2	0.4664	0.8796	-0.556	0	0.8273	-1	1	1	0.3449	-0.333	0.0462		0.5321	-0.577	0.5821	1	-0.563	-0.577	-0.918	0.3333	0.993	-0.444	-0.181	0.7177	0.995	0.4524	0.2388
Na+	0.7728	0.1421	0.5331	0.3072	0.7802	-0.345	0.3449	0.3449	1	-0.784	0.364		-0.475	0.3802	-0.376	0.3449	0.3922	0.3802	-0.689	-0.721	0.2345	0.4629	0.82	0.8934	0.272	-0.27	0.3288
K+	-0.251	0.1031	-0.556	-0.816	-0.532	0.3333	-0.333	-0.333	-0.784	1	0.2929		0.6151	-0.577	0.5726	-0.333	-0.592	-0.577	0.5977	0.3333	-0.233	-0.697	-0.431	-0.796	-0.242	-0.302	-0.844
Cl-	0.8178	0.3885	-0.026	-0.755	0.4137	-0.046	0.0462	0.364	0.2929	1			0.2036	-0.294	0.2928	0.0462	-0.296	-0.294	-0.176	-0.601	0.0278	-0.314	0.609	0.189	0.07	-0.86	-0.759
NO3-																											
SO4-2	0.0736	0.7987	-0.984	-0.677	0.1622	-0.532	0.5321	0.5321	-0.475	0.6151	0.2036		1	-0.994	0.9932	0.5321	-0.994	-0.994	-0.203	0.6565	0.6217	-0.989	-0.619	-0.152	0.61	0.1954	-0.5
CO3-2	-0.186	-0.851	0.9623	0.7071	-0.256	0.5774	-0.577	-0.577	0.3802	-0.577	-0.294		-0.994	1	-1	-0.577	0.9998	1	0.2773	-0.577	-0.658	0.9879	0.53	0.0675	-0.652	-0.131	0.5239
HCO3-	0.189	0.8538	-0.962	-0.704	0.2609	-0.582	0.5821	0.5821	-0.376	0.5726	0.2928		0.9932	-1	1	0.5821	-1	-1	-0.283	0.5773	0.6628	-0.987	-0.529	-0.062	0.657	0.1333	-0.52
TH	0.4664	0.8796	-0.556	0	0.8273	-1	1	1	0.3449	-0.333	0.0462		0.5321	-0.577	0.5821	1	-0.563	-0.577	-0.918	0.3333	0.993	-0.444	-0.181	0.7177	0.995	0.4524	0.2388
AT	-0.179	-0.843	0.9621	0.7157	-0.241	0.563	-0.563	-0.563	0.3922	-0.592	-0.296		-0.994	0.9998	-1	-0.563	1	0.9998	0.2611	-0.577	-0.645	0.9904	0.532	0.0837	-0.639	-0.123	0.5354
AF	-0.186	-0.851	0.9623	0.7071	-0.256	0.5774	-0.577	-0.577	0.3802	-0.577	-0.294		-0.994	1	-1	-0.577	0.9998	1	0.2773	-0.577	-0.658	0.9879	0.53	0.0675	-0.652	-0.131	0.5239
SRD	-0.678	-0.733	0.1992	-0.144	-0.966	0.9179	-0.918	-0.918	-0.689	-0.5977	-0.176		-0.203	0.2773	-0.283	-0.918	0.2611	0.2773	1	0.0427	-0.665	0.1299	-0.203	-0.933	-0.883	-0.247	-0.337
NO2-	-0.61	0.3094	-0.778	0	-0.254	-0.333	0.3333	0.3333	-0.721	0.3333	-0.601		0.6565	-0.577	0.5773	0.3333	-0.577	-0.577	0.0427	1	0.4254	-0.57	-0.987	-0.341	0.382	0.7917	0.1342
FeT	0.4039	0.9049	-0.649	-0.063	0.766	-0.993	0.993	0.993	0.2345	-0.233	0.0278		0.6217	-0.658	0.6628	0.993	-0.645	-0.658	-0.865	0.4254	1	-0.534	-0.28	0.6307	0.999	0.4812	0.1822
F-	-0.116	-0.767	0.9506	0.7762	-0.124	0.4436	-0.444	-0.444	0.4829	-0.697	-0.314		-0.989	0.9879	-0.987	-0.444	0.9904	0.9879	0.1299	-0.57	-0.534	1	0.547	0.2106	-0.527	-0.057	0.6205
NH4+	0.7017	-0.192	0.7368	0.0341	0.4022	0.1807	-0.181	-0.181	0.8199	-0.431	0.6087		-0.619	0.5297	-0.529	-0.181	0.5323	0.5297	-0.203	-0.987	-0.28	0.5471	1	0.4861	-0.235	-0.73	-0.067
NT	0.7193	0.4655	0.1656	0.3264	0.9357	-0.718	0.7177	0.7177	0.8934	-0.796	0.189		-0.152	0.0675	-0.062	0.7177	0.0837	0.0675	-0.933	-0.341	0.6307	0.2106	0.486	1	0.656	0.0949	0.4521
BI	0.4483	0.9139	-0.63	-0.079	0.7943	-0.995	0.9955	0.9955	0.2716	-0.242	0.0703		0.6103	-0.652	0.6567	0.9955	-0.639	-0.652	-0.883	0.3824	0.9988	-0.527	-0.235	0.6558	1	0.4415	0.1646
PRD	-0.544	0.1352	-0.364	0.5772	-0.014	-0.452	0.4524	0.4524	-0.27	-0.302	-0.86		0.1954	-0.131	0.1333	0.4524	-0.123	-0.131	-0.247	0.7917	0.4812	-0.057	-0.73	0.0949	0.441	1	0.7069
PT	-0.276	-0.25	0.3586	0.9693	0.1546	-0.239	0.2388	0.2388	0.3288	-0.844	-0.759		-0.5	0.5239	-0.52	0.2388	0.5354	0.5239	-0.337	0.1342	0.1822	0.6205	-0.067	0.4521	0.165	0.7069	1

Fuente: Elaboración propia (Excel).

La siguiente tabla muestra la terminología usada (debido a lo extensiva que fue se tuvieron que simplificar muchos indicadores) en las Tablas de correlación:

Tabla 29: Terminología usada en Correlación de variables

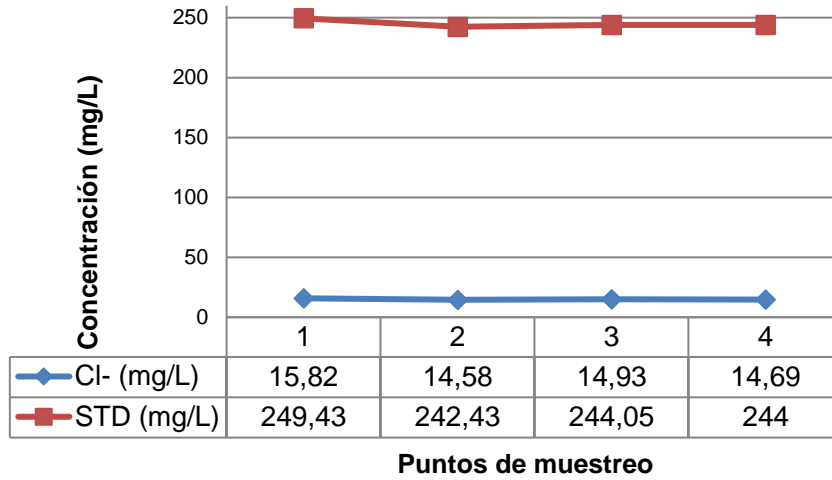
TÉRMINOS	DESCRIPCIÓN	TÉRMINOS	DESCRIPCIÓN
OD	Oxígeno Disuelto	HCO3-	Ion hidrocarbonato (más llamado HCO3-)
Turbid	Turbidez	TH	Total Hardness (Dureza Total)
pH	Potencial de Hidrógeno	AT	Alcalinidad Total
Cond	Conductividad	AF	Alcalinidad a la Fenolftaleina
STD	Sólidos Totales Disueltos	SRD	Sílice Reactiva Disuelta
ColorV	Color Verdadero	NO2-	NO2-
Ca⁺²	Ca ²⁺	FeT	Hierro Total
Mg⁺²	Mg ²⁺	F-	F-
Na⁺	Ion sodio	NH4+	NH4+
K⁺	K ⁺	NT	Nitrogeno Total
Cl⁻	Ion cloro	BI	Balance Iónico
NO₃⁻	NO3-	PRD	Fósforo Reactivo Disuelto
SO₄⁻²	SO4 ²⁻	PT	Fosforo Total
CO₃⁻²	CO3 ²⁻		

Fuente: Elaboración propia (Excel).

La Correlación de Pearson es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. Es utilizada en esta investigación porque es independiente de la escala de medida de las variables. Véase Anexo 2. Tabla de Correlación de variables.

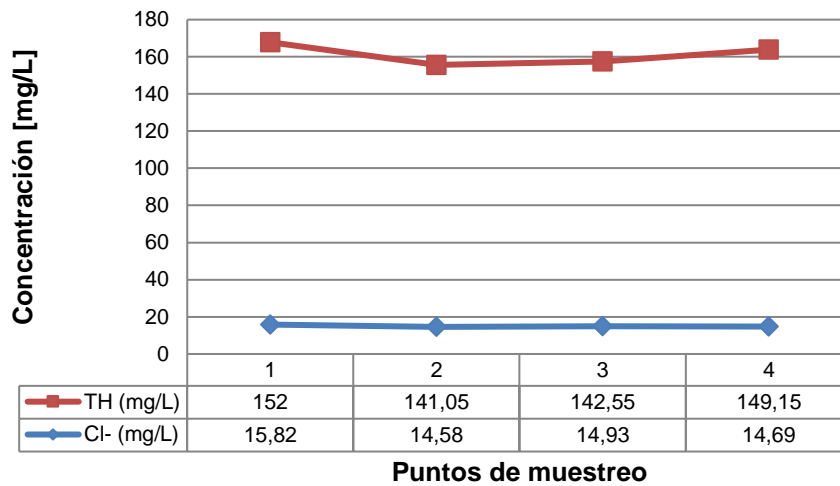
Se identificó correlación significativas entre los iones cloruro y los sólidos totales disueltos; Cl⁻ y dureza total; Mg²⁺ y dureza total; hierro total e ion flúor, entre otros. Esto porque química se conoce una estrecha relación de comportamiento. A continuación se muestran algunas correlaciones significativas ya mencionadas.

Gráfico 46: Correlación de [Cl⁻] y [STD] en la laguna de Moyua en el año 2015.



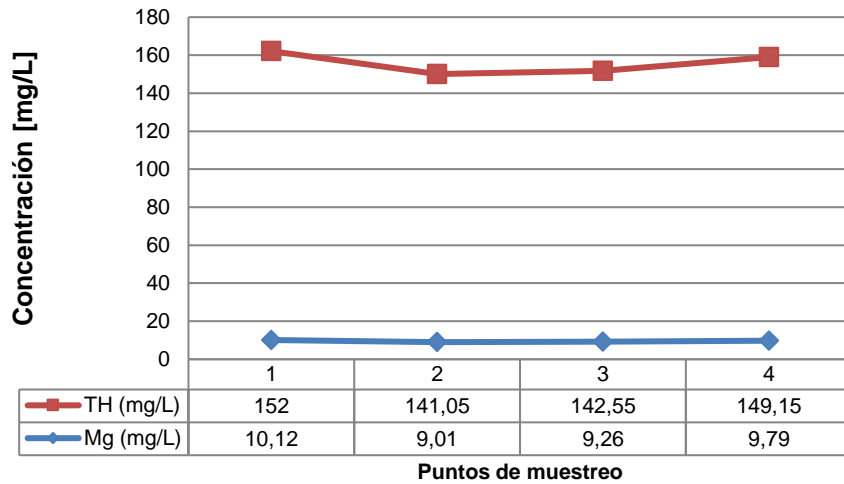
Fuente: Elaboración propia (Excel).

Gráfico 47: Correlación de [Cl⁻] y [TH] en la laguna de Moyua en el año 2015.



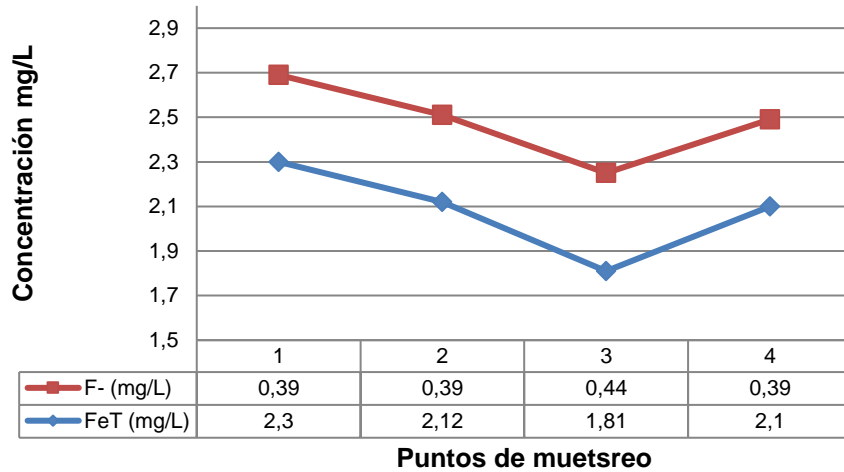
Fuente: Elaboración propia (Excel).

Gráfico 48: Correlación de [Mg] y [TH] en la laguna de Moyua en el año 2015.



Fuente: Elaboración propia (Excel).

Gráfico 49: Correlación del [FeT] y [F⁻] en la laguna de Moyua en el año 2015.



Fuente: Elaboración propia (Excel).

ANEXO 4. Normas Canadienses para agua potable

Recomendaciones para la calidad del agua potable en Canadá

(Información extraída del sitio web del Ministerio de Salud de Canadá, marzo de 2011)

Las Recomendaciones para la calidad del agua potable en Canadá son actualizadas regularmente por el Comité Federal-Provincial-Territorial sobre el Agua Potable. En la siguiente dirección Internet puede consultar la versión más reciente de las recomendaciones: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2010-sum_guide-res_recom/index-eng.php (enlace comprobado en marzo de 2011)

Cuadro 1: Recomendaciones nuevas y revisadas

Parámetro	Recomendación (mg/L)	Recomendación anterior (mg/L)	Aprobación del CSME*
Parámetros microbiológicos^a			
Bacteriológicos		0 coliformes/100 mL	
E.coli	0 por 100 mL		2006
Coliformes totales	0 por 100 mL		2006
Recuento de placas heterotróficas	Sin recomendación numérica		2006
Patógenos emergentes	Sin recomendación numérica		2006
Protozoos	Sin recomendación numérica	Ninguna	2004
Virus entéricos	Sin recomendación numérica	Ninguna	2004
Turbidez	0,3/1,0/0,1 NTU ^b	1,0 NTU	2004

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

Parámetros químicos y físicos			
Aluminio	0,1/0,2 ^c	Ninguna	1999
Antimonio	0,006	Ninguna	1997
Arsénico	0,01	0,025	2006
Benceno	0,005	0,005	2009
Bromato	0,01	Ninguna	1999
Clorato	1	Ninguna	2008
Cloro	Sin recomendación numérica	Ninguna	2009
Clorito	1	Ninguna	2008
Toxinas cianobacterianas–microcistina-LR	0,0015	Ninguna	2002
Fluoruro	1,5	1,5	1996

Parámetro	Recomendación (mg/L)	Recomendación anterior (mg/L)	Aprobación del CSME*
Formaldehído	Sin recomendación numérica	Ninguna	1998
Ácidos haloacéticos–Total (AHA)	0,08	Ninguna	2008
Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)	0,1	Ninguna	2010
Éter metil-terciario-butílico (MTBE)	0,015	Ninguna	2006
Tricloroetileno (TCE)	0,005	0,05	2005
Trihalometanos–Total (THM) ^d	0,1	0,1	2006
Uranio	0,02	0,1	2000
Parámetros radiológicos			
Cesio-137 (¹³⁷ Cs)	10 Bq/L	10 Bq/L	2009
Yodo-131 (¹³¹ I)	6 Bq/L	6 Bq/L	2009
Plomo-210 (²¹⁰ Pb)	0,2 Bq/L	0,1 Bq/L	2009
Radio-226 (²²⁶ Ra)	0,5 Bq/L	0,6 Bq/L	2009
Estroncio-90 (⁹⁰ Sr)	5 Bq/L	5 Bq/L	2009
Tritio (³ H)	7000 Bq/L	7000 Bq/L	2009

- ^a Véase la sección de las Recomendaciones relativa a los parámetros microbiológicos.
- ^b Basado en tratamiento convencional/filtración lenta con arena o filtración con tierra diatomea/filtración por membrana.
- ^c Se trata de un valor operacional recomendado, concebido para ser utilizado solamente en el caso de las plantas de tratamiento de agua potable que utilizan coagulantes a base de aluminio. El valor operacional recomendado de 0,1 mg/L se aplica a las plantas de tratamiento convencional, mientras que el valor 0,2 mg/L se aplica a otros tipos de sistemas de tratamiento.
- ^d La recomendación separada para el BDCM fue abolida teniendo en cuenta la publicación de nuevos estudios científicos. Véase el adenda al documento sobre los THM. En algunos casos, el Comité Federal-Provincial-Territorial sobre el Agua Potable puede decidir elaborar documentos de consejos: para los contaminantes que no reúnen los criterios establecidos para la elaboración de una recomendación, y para las cuestiones específicas para las que resultan necesarios consejos relativos a la operación o gestión.
- * CSME: Comité Federal-Provincial-Territorial sobre la Salud y el Medio Ambiente

Cuadro 2: Recomendaciones en materia de salud y de carácter estético para los parámetros químicos y físicos

Parámetro	CMP (mg/L)	OE [o VOR] (mg/L)	Año de aprobación (o de reafirmación)
Aldicarb	0,009		1994
Aldrina + dieldrina	0,0007		1994
Aluminio ^a		[0,1/0,2]	1998
*Antimonio ^b	0,006		1997
Arsénico	0,01		2006

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

Parámetro	CMP (mg/L)	OE [o VOR] (mg/L)	Año de aprobación (o de reafirmación)
*Atrazina + metabolitos	0,005		1993
Azinfos-metil	0,02		1989 (2005)
Bario	1		1990
Bendiocarbo	0,04		1990 (2005)
Benceno	0,005		2009
Benzo[a]pireno	0,00001		1988 (2005)
*Boro	5		1990
*Bromato	0,01		1998
*Bromoxinil	0,005		1989 (2005)
Cadmio	0,005		1986 (2005)
Carbaril	0,09		1991 (2005)
Carbofurano	0,09		1991 (2005)
Tetracloruro de carbono	0,005		1986
Cloraminas-total	3		1995
Clorato	1		2008
Cloruro		=250	1979 (2005)
Clorito	1		2008
Clorpirifos	0,09		1986
Cromio	0,05		1986
Color ^d		=15 UCV	1979 (2005)
Cobre ^b		=1,0	1992
*Cianazina	0,01		1986 (2005)
Cianuro	0,2		1991
Toxinas cianobacterianas- Microcistina-LR ^c	0,0015		2002
Diazinón	0,02		1986 (2005)
Dicamba	0,12		1987 (2005)
1,2-Diclorobenceno ^a	0,2	=0,003	1987

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

1,4-Diclorobenceno*	0,005	=0,001	1987
*1,2-Dicloroetano	0,005		1987
1,1-Dicloroetileno	0,014		1994
Diclorometano	0,05		1987
2,4-Diclorofenol	0,9	=0,0003	1987 (2005)
*Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4 -D)	0,1		1991
Diclofop-metil	0,009		1987 (2005)
*Dimetoato	0,02		1986 (2005)
Dinoseb	0,01		1991
Dicuat	0,07		1986 (2005)
Diurón	0,15		1987 (2005)
Etilbenceno		=0,0024	1986 (2005)
Fluoruro	1,5		1996
Parámetro	CMP (mg/L)	OE [o VOR] (mg/L)	Año de aprobación (o de reafirmación)
*Glifosato	0,28		1987 (2005)
Ácidos haloacéticos-Total (AHA)	0,08		2008
Hierro		=0,3	1978 (2005)
Plomo ^b	0,01		1992
Malatión	0,19		1986 (2005)
Manganeso		=0,05	1987
Mercurio	0,001		1986
Metoxicloro	0,9		1986 (2005)
Ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA)	0,1		2010
Éter metil-terciario-butílico (MTBE)		0,015	2006
*Metolaclor	0,05		1986
Metribuzín	0,08		1986 (2005)
Monoclorobenceno	0,08	=0,03	1987
Nitrato ^f	45		1987
Ácido nitriotriacético (NTA)	0,4		1990
Olor		Inofensivo	1979 (2005)
*Paraquat (como dicloruro) ^g	0,01		1986 (2005)
Paratión	0,05		1986
Pentaclorofenol	0,06	=0,030	1987 (2005)
pH ^h		6.5-8.5	1995
Forato	0,002		1986 (2005)
*Picloram	0,19		1988 (2005)
Selenio	0,01		1992
*Simazina	0,01		1986
Sodio ⁱ		=200	1992

Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua, Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.

Sulfato ^d		=500	1994
Sulfuro (como H ₂ S)		=0,05	1992
Sabor		Inofensivo	1979 (2005)
Temperatura		=15°C	1979 (2005)
*Terbufos	0,001		1987 (2005)
Tetracloroetileno	0,03		1995
2,3,4,6-Tetraclorofenol	0,1	=0,001	1987 (2005)
Tolueno		=0,024	1986 (2005)
Total de Sólidos Disueltos (TSD)		=500	1991
Tricloroetileno	0,005		2005
2,4,6-Triclorofenol	0,005	=0,002	1987 (2005)
*Trifluralina	0,045		1989 (2005)
Trihalometanos-total (THM)*	0,1		2006
Turbidez			2004
*Uranio	0,02		1999

Parámetro	CMP (mg/L)	OE [o VOR] (mg/L)	Año de aprobación (o de reafirmación)
Cloruro de vinilo	0,002		1992
Xilenos-total		=0,3	1986 (2005)
Cinc ^b		=5,0	1979 (2005)

^a Se trata de un valor operacional recomendado, concebido para ser utilizado solamente en el caso de las plantas de tratamiento de agua potable que utilizan coagulantes a base de aluminio. El valor operacional recomendado de 0,1 mg/L se aplica a las plantas de tratamiento convencional, mientras que el valor 0,2 mg/L se aplica a otros tipos de sistemas de tratamiento.

^b Se debe dejar correr abundantemente el agua del grifo antes de consumirla o analizarla.

^c Se considera que esta recomendación protege la salud humana contra la exposición a todas las microcistinas que puedan estar presentes en el agua.

^d UCV = Unidad de Color Verdadero.

^e En los casos en los que la concentración medida de diclorobencenos totales es superior al valor más riguroso (0,005 mg/L), debería establecerse la concentración de los isómeros individuales.

^f Equivale a 10 mg/L de nitrógeno nítrico. Cuando los nitratos y nitritos se determinan por separado, los niveles de nitrito no deberían superar 3,2 mg/L.

^g Equivale a 0,007 mg/L en el caso del ión paraquat.

^h Sin unidades.

- ⁱ Se recomienda incluir el sodio en los programas de vigilancia rutinaria, puesto que sus concentraciones pueden interesar a los médicos que desean prescribir a sus pacientes dietas bajas en sodio.
- ^j Puede aparecer un efecto laxativo en algunas personas cuando los niveles de sulfato son superiores a 500 mg/L.
- ^k Expresado como media móvil anual. Esta recomendación se basa en el riesgo asociado al cloroformo, el trihalometano que se encuentra con mayor frecuencia en el agua potable, y en la concentración más alta.
- ^l Para obtener información sobre los distintos procesos de tratamiento, consultar la sección de las Recomendaciones relativa a los parámetros microbiológicos.

ANEXO 5. Normas de calidad de agua potable CAPRE

Cuadro # 01. Parámetros bacteriológicos (a)

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el 95 % de las muestras anuales (c)
	Coliforme fecal	Neg	Neg	

- (a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *E. Coli*, definida en el artículo 4. La bacteria Coliforme Total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.
- (b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales. En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifica las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.
- (c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras, al año, el porcentaje de negatividad debe ser $\geq 90 \%$.

Cuadro # 02. Parámetros Organolépticos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C

Cuadro # 03. Parámetros Físico - Químicos

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones Hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	µS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCO ₃	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

- (a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos.
- (b) Cloro residual libre
- (c) 5 mg/l en base a evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor “residual” no afecta la salud. Por otro lado cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor.

Cuadro # 04. Parámetros para Sustancias no Deseadas

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Nitratos – NO ₃ ⁻¹	mg/l	25	50
Nitritos – NO ₂ ⁻¹	mg/l		(1)
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.1	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7 - 1.5 ⁽²⁾
Sulfuro Hidrógeno	mg/l		0.05

(1) Nitritos : Valor máximo admisible 0.1 ó 3.0.

Si se escoge el valor de 3.0 debe relacionarse el nitrato y nitrito por la fórmula:

$$\frac{[NO_3]}{V.R.NO_3} + \frac{[NO_2]}{V.R.NO_2} < 1$$

NOTA: V.R. = valor recomendado

(2) 1.5 mg/l T = 8-12°C
0.7 mg/L T = 25-30°C

Cuadro # 05. Parámetros para Sustancias Inorgánicas Significado para la Salud

Parámetro	Unidad	Valor máximo Admisible
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.05
Cianuro	mg/L	0.05
Cromo	mg/L	0.05
Mercurio	mg/L	0.001
Níquel	mg/L	0.05
Plomo	mg/L	0.01
Antimonio	mg/L	0.05
Selenio	mg/L	0.01

Cuadro # 06. Parámetros para Sustancias Orgánicas de Significado para la Salud, excepto Plaguicidas

Parámetro	Valor máximo admisible (µg/l)
Alcanos Clorados	
Tetracloruro de carbono	2
Diclorometano	20
1, 1-dicloroetano	-
1,2 –dicloroetano	30
1,1,1 –tricloroetano	2000
Etenos Clorados	
Cloruro de vinilo	5
1,1 –dicloroetano	30
1,2 –dicloroetano	50
Tricloroetano	70
Tetracloroetano	40
Hidrocarburos Aromáticos	
Tolueno	700
Xilenos	500
Etilbenceno	300
Estireno	20
Benzo – alfa-pireno	0.7
Bencenos Clorados	
Monoclorobenceno	300
1,2 –diclorobenceno	1000
1,3 –diclorobenceno	-
1,4 –diclorobenceno	300
Triclorobencenos	20
Otros Compuestos Orgánicos	
di (2-etilhexil) adipato	80
di (2-etilhexil) ftalato	8
Acrilamida	0.5
Epiclorohidrino	0.4
Hexaclorobutadieno	0.5
EDTA	200
Acido nitriloacético	200
Dialkitinos	-
Oxido de tributilestaño	2
Hidrocarburos policíclicos aromáticos totales	0.2
Bifenilos policlorados totales	0.5

Cuadro # 07. Parámetros para Pesticidas

Parámetro	Valor máximo admisible ($\mu\text{g/L}$)
Alacloro	20
Aldicarb	10
Aldrin/Dieldrin	0.03
Atracina	2
Bentazona	30
Carnofurano	5
Clordano	0.2
DDT	2
1, 2-dibromo-3,3-cloropropano	1
2,4-D	30
1,2-dicloropropano	20
1,3-dicloropropano	20
Heptacloro y Heptacloroepóxido	0.03
Isoproturon	9
Lindano	2
MCPA	2
Metoxicloro	20
Metolacloro	10
Molinat	6
Pendimetalina	20
Pentaclorofenol	9
Permitrina	20
Propanil	20
Pyridad	100
Simazin	2
Trifluranilo	20
Dicloroprop	100
2,4-DB	100
2,4,5-T	9
Silvex	9
Mecoprop	10

Cuadro # 08. Parámetros para Desinfectantes y Subproductos de la Desinfección

Parámetro	Valor máximo admisible (µg/L)
a-Desinfectantes	
Monocloramina	4000
b-Subproductos de la Desinfección	
Bromato	25
Clorito	200
Clorato	-
Clorofenoles	
2-clorofenol	-
2,4-diclorofenol	-
2,4,6-triclorofenol	200
Formaldehído	900
Trihalometanos	
Bromoformo	100
Dibromoclorometano	100
Bromodiclorometano	60
Cloroformo	200
Ácidos acético clorados	
ac. monocloroacético	-
ac. dicloroacético	50
ac. tricloroacético	100
tricloroacetaldehído/cloralhidrato	100
Cloropropanonas	-
Haloacetnitrilos	
Dicloroacetnitrilo	90
Dibromoacetnitrilo	100
Bromocloroacetnitrilo	-
Tricloroacetnitrilo	1
Cloruro de cianógeno (como CN ⁻)	70

ANEXO 6. Índices de calidad de agua para riego de la FAO

Table 1 GUIDELINES FOR INTERPRETATIONS OF WATER QUALITY FOR IRRIGATION¹

Potential Irrigation Problem		Units	Degree of Restriction	
			None	Slight to Moderate
Salinity (affects crop water availability) ²				
	EC_w	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0
	(or)			
	TDS	mg/l	< 450	450 – 2000
Infiltration (affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC _w and SAR together) ³				
SAR	= 0 – 3		> 0.7	0.7 – 0.2
	= 3 – 6		> 1.2	1.2 – 0.3
	= 6 – 12		> 1.9	1.9 – 0.5
	= 12 – 20		> 2.9	2.9 – 1.3
	= 20 – 40		> 5.0	5.0 – 2.9
Specific Ion Toxicity (affects sensitive crops)				
	Sodium (Na) ⁴			
	surface irrigation	SAR	< 3	3 – 9
	sprinkler irrigation	me/l	< 3	> 3
	Chloride (Cl) ⁴			
	surface irrigation	me/l	< 4	4 – 10
	sprinkler irrigation	me/l	< 3	> 3
	Boron (B) ⁵	mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0
	Trace Elements (see Table 21)			
Miscellaneous Effects (affects susceptible crops)				
	Nitrogen (NO₃ - N) ⁶	mg/l	< 5	5 – 30
	Bicarbonate (HCO₃)			
	(overhead sprinkling only)	me/l	< 1.5	1.5 – 8.5
	pH		Normal Range 6.5 – 8.4	

¹ Adapted from University of California Committee of Consultants 1974.

² EC_w means electrical conductivity, a measure of the water salinity, reported in deciSiemens per metre at 25°C (dS/m) or in units millimhos per centimetre (mmho/cm). EC_w is directly proportional to salinity. TDS means total dissolved solids, reported in milligrams per litre (mg/l).

³ SAR means sodium adsorption ratio. SAR is sometimes reported by the symbol RNa. See Figure 1 for the SAR calculation procedure. At a given SAR, infiltration rate increases as water salinity increases. Evaluate the potential infiltration problem by SAR as modified by EC_w. Adapted from Rhoades 1977, and Oster and Schroer 1979.

⁴ For surface irrigation, most tree crops and woody plants are sensitive to sodium and chloride; use the values shown. Most annual crops are not sensitive; use the salinity tolerance tables (Tables 4 and 5). For chloride tolerance of selected fruit crops, see Table 14. With overhead sprinkler irrigation and low humidity (< 30 percent), sodium and chloride are absorbed through the leaves of sensitive crops. For crop sensitivity to absorption, see Tables 18, 19 and 20.

⁵ For boron tolerances, see Tables 16 and 17.

⁶ NO₃ -N means nitrate nitrogen reported in terms of elemental nitrogen (NH₄ -N and Organic-N should be included when wastewater is being tested).

Table 2 LABORATORY DETERMINATIONS NEEDED TO EVALUATE COMMON IRRIGATION WATER QUALITY PROBLEMS

Water parameter	Symbol	Unit ¹	Usual range in irrigation water	
SALINITY				
<u>Salt Content</u>				
Electrical Conductivity	EC _w	dS/m	0 – 3	dS/m
(or)				
Total Dissolved Solids	TDS	mg/l	0 – 2000	mg/l
<u>Cations and Anions</u>				
Calcium	Ca ⁺⁺	me/l	0 – 20	me/l
Magnesium	Mg ⁺⁺	me/l	0 – 5	me/l
Sodium	Na ⁺	me/l	0 – 40	me/l
Carbonate	CO ₃ ⁻	me/l	0 – .1	me/l
Bicarbonate	HCO ₃ ⁻	me/l	0 – 10	me/l
Chloride	Cl ⁻	me/l	0 – 30	me/l
Sulphate	SO ₄ ⁻	me/l	0 – 20	me/l
NUTRIENTS²				
Nitrate-Nitrogen	NO ₃ -N	mg/l	0 – 10	mg/l
Ammonium-Nitrogen	NH ₄ -N	mg/l	0 – 5	mg/l
Phosphate-Phosphorus	PO ₄ -P	mg/l	0 – 2	mg/l
Potassium	K ⁺	mg/l	0 – 2	mg/l
MISCELLANEOUS				
Boron	B	mg/l	0 – 2	mg/l
Acid/Basicity	pH	1–14	6.0 – 8.5	
Sodium Adsorption Ratio ³	SAR	(me/l) ^{1, 2}	0 – 15	

¹ dS/m = deciSiemen/metre in S.I. units (equivalent to 1 mmho/cm = 1 millimho/centi-metre)

mg/l = milligram per litre \approx parts per million (ppm).

me/l = milliequivalent per litre (mg/l \div equivalent weight = me/l); in SI units, 1 me/l = 1 millimol/litre adjusted for electron charge

² NO₃ -N means the laboratory will analyse for NO₃ but will report the NO₃ in terms of chemically equivalent nitrogen. Similarly, for NH₄-N, the laboratory will analyse for NH₄ in terms of chemically equivalent elemental nitrogen. The total nitrogen available to the plant will be the sum of the equivalent elemental nitrogen. The same reporting method applies to phosphorus.

³ SAR is calculated from the Na, Ca and Mg reported in me/l (see Figure 1).

The Sodium Adsorption Ratio (SAR) can also be calculated using the following equation:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (1)$$

Where Na, Ca and Mg are sodium, calcium, and magnesium in me/l from the water analysis.

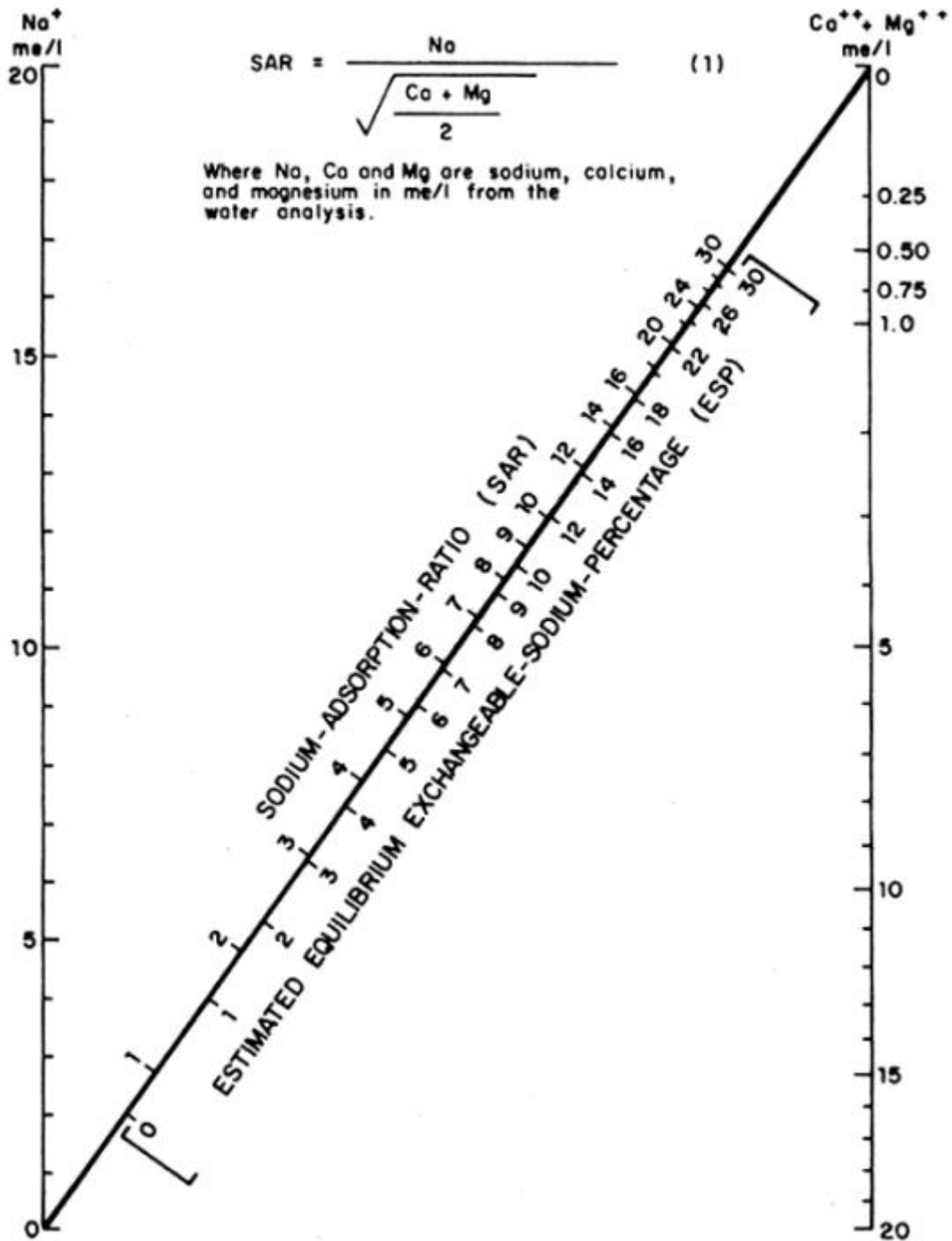


Fig. 1 Nomogram for determining the SAR value of irrigation water and for estimating the corresponding ESP value of a soil that is at equilibrium with the water (Richards 1954)

ANEXO 7. Valores guías de la OMS para agua potable

Cuadro A4.3 Valores de referencia correspondientes a sustancias químicas cuya presencia en el agua de consumo puede afectar a la salud

Sustancia	Valor de referencia ^a (mg/l)	Observaciones
Acrilamida	0,0005 ^b	
Alacloro	0,02 ^b	
Aldicarb	0,01	Aplicable al aldicarb sulfóxido y al aldicarb sulfona
Aldrin y dieldrin	0,00003	Aplicable a la suma de aldrin y dieldrin
Antimonio	0,02	
Arsénico	0,01 (P)	
Atrazina	0,002	
Bario	0,7	
Benceno	0,01 ^b	
Benzo[<i>a</i>]pireno	0,0007 ^b	
Boro	0,5 (T)	
Bromato	0,01 ^b (A, T)	
Bromodiclorometano	0,06 ^b	
Bromoformo	0,1	
Cadmio	0,003	
Carbofurán	0,007	
Tetracloruro de carbono	0,004	
Clorato	0,7 (D)	
Clordano	0,0002	
Cloro	5 (C)	Para que la desinfección sea eficaz, debe haber una concentración residual de cloro libre $\geq 0,5$ mg/l tras un tiempo de contacto de al menos 30 min a pH <8,0
Clorito	0,7 (D)	
Cloroformo	0,3	
Clorotolurón	0,03	
Clorpirifós	0,03	

**Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua,
Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.**

Cromo	0,05 (P)	Para cromo total
Cobre	2	El agua puede manchar la ropa y los aparatos sanitarios concentraciones menores que el valor de referencia.
Cianazina	0,0006	
Cianuro	0,07	
Cloruro de cianógeno	0,07	Para cianuro como total de compuestos cianógenos
2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético)	0,03	Aplicable al ácido libre
2,4-DB	0,09	
DDT y sus metabolitos	0,001	
Di(2-etilhexil)ftalato	0,008	
Dibromoacetónitrilo	0,07	
Dibromoclorometano	0,1	
1,2-Dibromo-3-cloropropano	0,001 ^b	
1,2-Dibromoetano	0,0004 ^b (P)	
Dicloroacetato	0,05 ^b (T, D)	
Dicloroacetónitrilo	0,02 (P)	
1,2-Diclorobenceno	1 (C)	
1,4-Diclorobenceno	0,3 (C)	
1,2-Dicloroetano	0,03 ^b	
1,2-Dicloroetano	0,05	
Diclorometano	0,02	
1,2-Dicloropropano (1,2-DCP)	0,04 (P)	
1,3-Dicloropropeno	0,02 ^b	
Dicloroprop	0,1	
Dimetoato	0,006	
1,4-Dioxano	0,05 ^b	
Ácido edético (EDTA)	0,6	Aplicable al ácido libre
Endrín	0,0006	
Epiclorhidrina	0,0004 (P)	
Etilbenceno	0,3 (C)	
Fenoprop	0,009	

**Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua,
Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.**

Fluoruro	1,5	Al fijar normas nacionales deben tenerse en cuenta el volumen de agua consumida y la ingesta de otras fuentes
Hexaclorobutadieno	0,0006	
Isoproturón	0,009	
Plomo	0,01	
Lindano	0,002	
Manganeso	0,4 (C)	
MCPA	0,002	
Mecoprop	0,01	
Mercurio	0,006	Para mercurio inorgánico
Metoxicloro	0,02	
Metolacloro	0,01	
Microcistina-LR	0,001 (P)	Para microcistina-LR total (suma de la libre y la intracelular)
Molinato	0,006	
Molibdeno	0,07	
Monocloramina	3	
Monocloroacetato	0,02	
Niquel	0,07	
Nitrato (como NO ₃ ⁻)	50	Exposición a corto plazo
Ácido nitrilotriacético (ANT)	0,2	
Nitrito (como NO ₂ ⁻)	3	Exposición breve
	0,2 (P)	Exposición prolongada
Pendimetalina	0,02	
Pentaclorofenol	0,009 ^b (P)	
Permetrina	0,3	Sólo cuando se utiliza como larvicida para fines de salud pública
Piriproxifeno	0,3	
Selenio	0,01	
Simazina	0,002	
Estireno	0,02 (C)	
2,4,5-T	0,009	
Terbutilazina	0,007	

**Evaluación de la calidad física, química y bacteriológica del agua de la laguna de Moyua,
Matagalpa (Humedal Ramsar No.1980), periodo 2015-2016.**

Tetracloroetano	0,04	
Tolueno	0,7 (C)	
Tricloroacetato	0,2	
Tricloroetano	0,02 (P)	
2,4,6-Triclorofenol	0,2 ^b (C)	
Trifluralina	0,02	
Trihalometanos		La suma de los cocientes de la concentración de cada uno y sus respectivos valores de referencia no debe ser mayor que 1.
Uranio	0,015 (P, T)	Sólo se abordan los aspectos químicos del uranio
Cloruro de vinilo	0,0003 ^b	
Xilenos	0,5 (C)	

^a P = valor de referencia provisional, dado que hay evidencia de que la sustancia es peligrosa, pero existe escasa información disponible relativa a sus efectos sobre la salud; T = valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado es menor que el que es posible alcanzar mediante métodos de tratamiento prácticos, protección de la fuente, etc.; A = valor de referencia provisional porque el valor de referencia calculado es menor que el límite de cuantificación alcanzable; D = valor de referencia provisional porque es probable que la desinfección ocasione la superación del valor de referencia; C = concentraciones de la sustancia iguales o menores que el valor de referencia basado en efectos sobre la salud pueden afectar al aspecto, sabor u olor del agua y dar lugar a reclamaciones de los consumidores.

^b El valor de referencia de las sustancias que se consideran cancerígenas es la concentración en el agua de consumo asociada a un valor máximo del riesgo adicional vitalicio de cáncer de 10^{-5} (un caso adicional de cáncer por cada 100 000 personas que ingieren agua de consumo con una concentración de la sustancia igual al valor de referencia durante 70 años). Las concentraciones asociadas con valores máximos del riesgo adicional vitalicio de cáncer de 10^{-4} y 10^{-6} pueden calcularse multiplicando y dividiendo, respectivamente, el valor de referencia por 10.

ANEXO 8. Peso miliequivalente de iones usados

Determinación	Símbolo	Valencia	Unidad de medida	Peso Atómico
Cationes				
Calcio	Ca	+2	me/L	40,1
Magnesio	Mg	+2	me/L	24,3
Sodio	Na	+1	me/L	23
Potasio	K	+1	me/L	39,1
Amonio	NH4	+1	me/L	18
Aniones				
Carbonato	CO ₃	-2	me/L	60
Bicarbonato	HCO ₃	-1	me/L	61
Sulfato	SO ₄	-2	me/L	96,1
Cloruro	Cl	-1	me/L	35,5
Nitrato	NO ₃	-1	me/L	62

$$[mg/L]Ca = \frac{\left[\frac{meq}{L}\right] Ca \times \text{Peso Atómico}}{\# \text{ valencia}}$$

$$\left[\frac{mg}{L}\right] Ca = \frac{[20 \text{ meq/L}] \times 40,1}{2} = 400mg/LCa$$

Cationes	Peso de un miliequivalente (en mg)	Aniones	Peso de un miliequivalente (en mg)
Ca ²⁺	20	SO ₄ ²⁻	48
Mg ²⁺	12	CO ₃ ²⁻	30
K ⁺	39,1	HCO ₃ ⁻	61
Na ⁺	23	Cl ⁻	35,45
H ⁺	1	NO ₃ ⁻	62
NH ₄ ⁺	18	HPO ₄ ²⁻	48

ANEXO 9. Fotografías de la laguna de Moyua en 2015 y 2016

Gráfico 50: Inicio de jornada de muestreo en febrero del año 2015.



Se puede observar a la derecha, una isla vegetal que caracteriza a la laguna de Moyua y la distancia que existe entre ella y el muelle. Esto nos da una idea de cómo sube y baja el espejo de agua a lo largo del año.

Gráfico 51: Toma de parámetros in-situ de los pozos aledaños a la laguna de Moyua



Se puede observar en la fotografía a la tésista finalizando la toma de parámetros in-situ del Pozo Excavado-Moyua 2 (Punto de muestreo 6). Este es usado por 10 familias, en total 60 personas y se encuentra en la zona Los Castros, San Martín. No hay letrinas ni basureros ni corrales de animales cercanos al pozo, sí hay pequeñas camas de cultivos.

Gráfico 52: Laguna de Moyua seca a inicios de Mayo 2015.



Fotografía viendo desde el muelle. Se puede observar una isla de cobertura vegetal que caracteriza a la laguna de Moyua. Así mismo, se observa cómo ha descendido la película de agua en Mayo-2015, pocos meses después de haber sido muestreada la laguna.

Gráfico 53: Laguna de Moyua seca a inicio del mes de Mayo 2015.



Foto tomada de la Entrada Muelle. Se observa saliendo de la esquina izquierda inferior, un canal de agua hecho por los pequeños agricultores de la zona para extraer constantemente el agua en temporadas de sequía con bomba de extracción.

Gráfico 54: Presentación a los pobladores cercanos a la laguna de Moyua los avances de esta investigación.



Presentación en el año 2016 de la tesista sobre la Evaluación de la calidad del agua del año 2015 a la Asociación de pobladores de Moyua.

Gráfico 55: Invasión de cultivos a la laguna de Moyua.



Invasión causada por los pequeños agricultores de la comunidad en territorio de la laguna de Moyua, aprovechando la sequía del 2015.

Gráfico 56: Realización de encuesta a los pobladores de la laguna de Moyua.



Encuesta y censo realizados en el 2016 de la cual resultaron insumos para esta investigación.

Gráfico 57: Laguna de Moyua en el mes de enero del año 2016.



Foto tomada en enero del año 2016, en la cual se observa a la laguna de Moyua con mayor volumen de agua.

Gráfico 58: Muestreo de enero del año 2016 en la laguna de Moyua.



Foto tomada en enero del año 2016 durante el segundo muestreo de esta tesis. Se observa en la primera imagen a la izquierda, el etiquetado de muestras; en la imagen del centro, el Pozo Excavado-Moyua 2 (Punto de muestreo 6); en la imagen de la derecha, el canal de extracción de agua hecho por los agricultores de la zona.

ANEXO 10. Normativa Ambiental Nacional

- Ley No. 217-96 “Ley General de Medio Ambiente y los Recursos Naturales”.
- Ley No. “Adiciones a la Ley No. 217 “Ley General de Medio Ambiente y los Recursos Naturales” “.
- Decreto No. 9-96- Reglamento de la Ley General de Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
- Ley que crea la comisión de desarrollo sostenible de la cuenca hídrica del lago Cocibolca y del Río San Juan.
- Código Penal de la República de Nicaragua.
- Política Ambiental de Nicaragua.
- Constitución Política de la República. En su artículo 60 define que: “Los nicaragüenses tienen derecho a habitar en un ambiente saludable; es obligación del Estado la preservación, conservación y rescate del medio ambiente y de los recursos naturales.” Y en su artículo 102 define que: “Los recursos naturales son patrimonio nacional. La preservación del ambiente y la conservación, desarrollo y explotación racional de los recursos naturales corresponden al Estado; éste podrá celebrar contratos de explotación racional de estos recursos, cuando el interés nacional lo requiera”.
- Ley No. 290-98 “Ley de Organización, Competencias y Procedimientos del Poder Ejecutivo” y su Reglamento (Decreto No. 71-98), definen en su Artículo 28 que el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales debe formular, proponer y dirigir la política nacional del ambiente y en coordinación con los ministerios sectoriales respectivos, el uso sostenible de los recursos naturales; según el Artículo 22 define que el Ministerio de Fomento, Industria y Comercio tiene funciones en materia de aprovechamiento de los recursos naturales del Estado.
- Ley No.40 y 261 “Ley de Municipios”, establece en su artículo 6, que los gobiernos municipales tienen competencia en materia que incida en el desarrollo socioeconómico y en la conservación del ambiente y los recursos naturales de su circunscripción territorial.
- Decreto 45-93 “Reglamento Forestal”.
- Resolución Ministerial No. 03-2000. Establece las disposiciones administrativas para el otorgamiento de permiso ambiental.
- Decreto No. 78-2003 “Política Nacional de Humedales”

ANEXO 11. Política Nacional de Humedales Decreto No. 78-2003.

Normas Jurídicas de Nicaragua
Materia: Medio Ambiente y Recursos Naturales
Rango: Decretos Ejecutivos

DE ESTABLECIMIENTO DE LA POLÍTICA NACIONAL DE HUMEDALES

DECRETO No. 78-2003. Aprobado el 10 de Noviembre del 2003.

Publicado en La Gaceta No. 220 del 19 de Noviembre del 2003.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE NICARAGUA,

CONSIDERANDO:

I

Que el artículo 150, numerales 4 y 13 de la Constitución Política de Nicaragua, establece que es facultad del Poder Ejecutivo, dictar Decretos Ejecutivos en materia administrativa, y determinar la política y el programa económico y social del país.

II

Que Nicaragua firmó la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional, conocida como Convención RAMSAR, el 18 de Febrero de 1996, la cual fue negociada en el año 1971, en la Ciudad Iraní de Ramsar, habiéndose Nicaragua adherido a dicha Convención, mediante Decreto No. 21-96, publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 206, del 31 de Octubre de 1996; en la cual se estipula que todas las Partes, deben promover las políticas en materia de Humedales de Importancia Internacional.

III

Que la Región Centroamericana promulgó su política Regional de Humedales, la cual presentó oficialmente en la VIII Conferencia de las Partes del Convenio Ramsar, Sevilla 2002, la cual debe ajustarse a los niveles nacionales, de acuerdo a las necesidades y realidades de cada Estado parte.

IV

Que los artículos 8 inciso d) y 11 del Convenio de Diversidad Biológica estipula que, los Estados partes deben promover la protección de ecosistemas y hábitat

naturales; así como, adoptar medidas económicas y socialmente idóneas que actúen como incentivos para la conservación y utilización sostenible.

V

Que los artículos 10, 11 y 15 del Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y protección de áreas silvestres prioritarias en América Central establece que, los Estados partes deben, tomar todas las medidas posibles para asegurar la conservación de los ecosistemas, y su uso sostenible, el desarrollo de sus componentes dentro de su jurisdicción nacional, debiendo cooperar en la medida de sus posibilidades en las acciones fronterizas regionales, así como, tomar las acciones pertinentes para incorporar a las respectivas políticas y planes de desarrollo, los lineamientos, el valor socioeconómico de la conservación de los recursos biológicos, integrar la conservación y el uso sostenible de los recursos biológicos en las políticas y programas relevantes de otros sectores.

VI

Que el artículo 28 de la Ley No. 290, Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo, establece que corresponde al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, formular, proponer y dirigir las políticas nacionales del ambiente y en coordinación con los Ministerios sectoriales respectivos, el uso sostenible de los recursos naturales.

VII

Que gran parte de la humanidad y especialmente, las comunidades que viven o dependen de los humedales, obteniendo de ellos la mayoría de los recursos que aseguran su existencia, ya sea en la forma de especímenes y productos de especies silvestres, o bien, por el aporte para las plantas cultivadas y los animales domésticos.

VIII

Que los humedales de Nicaragua, en su mayoría sustentan una importante diversidad biológica y que constituyen ecosistemas frágiles para especies en peligro o amenazadas de extinción; y, dada su alta productividad, [ALBERGAN](#) poblaciones muy numerosas de flora y fauna, así como, un gran potencial para la producción de agua potable, reproducción de crustáceos y peces de escamas, industrial, turístico y demás actividades productivas.

IX

Que para conservar y utilizar sosteniblemente los Humedales y los Bienes y Servicios que generan, es necesario establecer lineamientos de Política que permitan orientar las acciones del sector público y privado.

En uso de las facultades que le confiere la Constitución Política,

HA DICTADO:

El Siguiente:

DECRETO:

DE ESTABLECIMIENTO DE LA POLÍTICA NACIONAL DE HUMEDALES

CAPÍTULO I

Disposiciones Generales

Artículo 1.- Objeto. El presente Decreto tiene por objeto, establecer los objetivos, lineamientos y mecanismos que definen, la Política Nacional de Humedales, así como, su implementación y evaluación.

Artículo 2.- Ámbito de Aplicación. La Política Nacional de Humedales es aplicable a todos los entes Estatales y personas naturales o jurídicas nacionales y extranjeras, en todo el territorio nacional.

Artículo 3.- Principios. Sin perjuicio de los Principios de la Política Internacional y Nacional establecidos y vigentes adoptados por Nicaragua, la Política Nacional de Humedales tiene los siguientes principios rectores:

1. Soberanía. Los ecosistemas de humedales son patrimonio nacional y el Estado de Nicaragua ejerce derechos soberanos sobre su protección, conservación y utilización sostenible.

2. Responsabilidad Compartida. La gestión de los ecosistemas de humedales es global y transectorial, compartida por las distintas instituciones del gobierno, a los niveles internacionales, nacionales, regionales, municipales; y, de la sociedad civil.

3. Enfoque por Ecosistemas. La gestión de los ecosistemas de humedal debe tomar en cuenta los efectos reales o posibles de sus

actividades, comprender y gestionar el ecosistema en un contexto económico, manteniendo los bienes y servicios que presta, la conservación de la estructura, funcionamiento y límites de dicho funcionamiento, las escalas especiales, temporales apropiadas y los objetivos de largo plazo, debiendo reconocer que el cambio es inevitable, procurando el equilibrio apropiado entre la conservación y la utilización, tomando en cuenta todas las fuentes de información pertinentes, incluidos los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades científicas, indígenas y locales, debiendo intervenir todos los sectores de la sociedad y las disciplinas científicas pertinentes.

4. Participación pública. La protección, conservación y utilización sostenible de los humedales debe efectuarse con la debida participación pública de las comunidades locales, pueblos indígenas, organizaciones no gubernamentales con el propósito de cumplir con la política y legislación nacional e internacional relativa a ecosistemas de humedal.

5. Integración. La protección, conservación y utilización sostenible de los ecosistemas de humedal deberá ser integrada en las políticas, estrategias, planes, programas y leyes de desarrollo económico, social, educativo y cultural del país a todos los niveles.

6. Solidaridad. La protección, conservación, y uso sostenible de los ecosistemas de humedal se deberán ejecutar con responsabilidad intergeneracional y promover la solidaridad internacional, que implica; el deber de la cooperación internacional, en la medida de lo posible, el deber de informar recíprocamente, en caso de alguna situación relevante; y la buena vecindad.

7. Equidad de género. La gestión de ecosistemas de humedales, deberán incorporar a mujeres y hombres que habitan o dependen de los humedales, de tal forma que, en las políticas, estrategias, planes, programas, proyectos y legislación, sean diseñados, formulado y ejecutados con la concurrencia plena y balance de intereses.

8. Sostenibilidad. La sostenibilidad del manejo de los ecosistemas de humedales de Nicaragua requiere de la democracia, la paz, la erradicación de la pobreza, el respeto a los derechos y la cooperación internacional y la participación activa de los actores locales. Los humedales deben satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin menoscabar las de las generaciones futuras.

9. Precautoriedad. La falta de certeza científica o técnica es mérito suficiente para desaprobado actividades, obras o proyectos, ante la posibilidad de daño grave o irreversible en un ecosistema de humedales.

10. Distribución justa y equitativa. Las actividades que se realicen en los ecosistemas de humedales, deben mantener el equilibrio natural, las funciones ecológicas del ecosistema y armonizar los intereses de las

comunidades con la conservación de esos recursos contribuyendo a la distribución equitativa de sus beneficios.

11. Prevención. El desarrollo económico y social del país se sujetará al criterio de la prevención, el cual prevalecerá sobre cualquier otro en la gestión pública y privada de los humedales. No podrá alegarse la falta de una certeza científica absoluta como razón para no adoptar medidas preventivas en todas las actividades que impacten los humedales.

Artículo 4.- Definiciones.

Sin perjuicio de las definiciones contenidas en los instrumentos legales internacionales y nacionales de rango superior al presente instrumento, para efectos del presente Decreto, se entenderá por:

1. Sinergias: Es la suma de acciones en áreas de interés común que simplifican y armonizan los procedimientos y guías para alcanzar esas acciones, evitando la duplicación de esfuerzos y pérdidas de recursos, así como, el aumento de la cooperación en la aplicación de dichas acciones en el ámbito nacional y global.

2. Punto focal: Es la representación de una institución y por ende, del gobierno nacional ante un Tratado Internacional.

CAPÍTULO II

Objetivos de la Política

Artículo 5.- Objetivo general de la política. Promover mecanismos locales, nacionales, y regionales para conservar y usar sosteniblemente los humedales de Nicaragua en armonía con el ambiente, con equidad social y de género, respetando y potenciando los valores y prácticas culturales propias de las comunidades, contribuyendo a mejorar las condiciones de vida de la población en general.

Artículo 6.- Objetivos específicos de la política. Son objetivos específicos de la Política, los siguientes:

1. Promover la conservación y el uso sostenible de los humedales con enfoque por ecosistemas, considerando al humedal como ecosistema frágil, promoviendo la protección de sus funciones ecológicas, su diversidad genética y asegurando la no alteración o deterioro de su integridad.

2. Fortalecer la coordinación entre las diferentes dependencias del gobierno y con la sociedad civil (en especial con comunidades locales, pueblos indígenas y empresa privada), de forma que se considere la importancia económica, social y ambiental de los humedales en la toma de decisiones políticas y en la formulación de los planes y programas integrales de desarrollo, utilizando las cuencas hidrográficas como unidades de planificación.
3. Promover la cooperación internacional y la administración coordinada con los países vecinos, de los humedales en zonas fronterizas.
4. Alcanzar un mayor conocimiento de los ecosistemas de humedales, fomentando la investigación y promoviendo la capacitación y concienciación ciudadana.

CAPÍTULO III

Lineamientos de la Política

Artículo 7.- Lineamientos económicos. Son lineamientos económicos de la política los siguientes:

1. Gestionar financiamiento a nivel interno y externo para la conservación y utilización sostenible de los humedales, con énfasis en los humedales de importancia internacional reconocidos.
2. Destinar recursos financieros para la ejecución de planes, programas y proyectos derivados de la presente política, que permita la conservación y utilización sostenible de los humedales, tales como: el Fondo Nacional del Ambiente y el Presupuesto General de la República.
3. Impulsar la valoración económica de los bienes y servicios ambientales que prestan los ecosistemas de humedal.
4. Utilizar sosteniblemente los bienes y servicios que prestan los ecosistemas de humedal, que permita generar recursos financieros para elevar el nivel de vida de la población, destinando porcentajes apropiados para la conservación de los humedales.
5. Incorporar en la política económica y normativas jurídicas que regulan los aspectos fiscales, todos aquellos instrumentos y mecanismos apropiados que incentiven la conservación y utilización sostenible de los ecosistemas de humedal.

Artículo 8.- Lineamientos socio-culturales. Son lineamientos Socio-Culturales de la Política los siguientes:

1. Facilitar la participación ciudadana, comunitaria, experimentada, especializada y organizada para la asesoría, consulta y conformación de instancias de fortalecimiento institucional que permitan una gestión sostenible (desarrollo, protección, manejo y preservación) de los humedales, incluyendo la aplicación de la Convención Ramsar.
2. Impulsar la adecuación y complementariedad de las políticas del Estado con respecto a las políticas en el manejo y protección de los humedales, especial y prioritariamente la política de tierras y aguas.
3. Preservar, conservar y rescatar los conocimientos, prácticas e innovaciones de los pueblos indígenas y comunidades étnicas y locales, relacionadas con la conservación y utilización sostenible de los humedales.
4. Promover la conformación y fortalecimiento de las organizaciones de la sociedad civil para la conservación y utilización sostenible de los ecosistemas de humedal.

Artículo 9.- Lineamientos legales e institucionales. Son lineamientos legales e institucionales de la política los siguientes:

1. Conformar el Comité Nacional de Humedales que permita la realización de acciones conjuntas, intersectoriales, interinstitucionales y multidisciplinarias en materia de humedales.
2. Elaborar y aplicar un Plan de Sinergia con las diferentes Convenciones relacionadas con la Convención RAMSAR, con énfasis en la Convención de Desertificación, Sequía y Cambio Climático.
3. Elaborar e implementar un plan de adecuación y complementación con las políticas de tierra y recursos hídricos, aplicado al tema de humedales.
4. Impulsar la incorporación de disposiciones legales especiales que permitan la conservación y utilización sostenible de los humedales y sus recursos asociados en la Ley de Diversidad Biológica.
5. Establecer mecanismos de coordinación con otros instrumentos nacionales e internacionales, creando sinergias para la implementación de metas comunes y articuladas.
6. Integrar en las políticas nacionales pertinentes, lineamientos que permitan la conservación y utilización sostenible de los humedales.

CAPÍTULO IV

Implementación, Evaluación y Sinergias de la Política

Artículo 10.- Coordinación, implementación y evaluación de la política. La presente política deberá ser implementada por las Instituciones del Poder Ejecutivo, con la debida coordinación con los Gobiernos Regionales y Locales.

El MARENA es la autoridad competente para dirigir y coordinar la implementación y el proceso de evaluación de la política nacional de humedales, debiendo utilizar los mecanismos e instrumentos adecuados para tales fines.

Artículo 11.- Punto Focal. EL MARENA ejercerá la función de punto focal institucional de la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas.

En el ejercicio de las funciones de punto focal, el MARENA deberá coordinarse con el Ministerio de Relaciones Exteriores, y todas aquellas Instituciones relacionadas con la presente política.

Artículo 12.- Sinergias. El MARENA deberá coordinar con otras instituciones competentes en materia de humedales, la implementación de metas comunes y articuladas, derivadas de otras políticas nacionales vigentes.

EL MARENA, en el ejercicio de su función de punto focal de la Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas, deberá realizar todas las acciones pertinentes, para establecer sinergias con otras convenciones relacionadas, tales como: las Convenciones de Diversidad Biológica, Cambio Climático, Desertificación y Sequía, en el marco de las resoluciones y decisiones de las conferencias de las partes de dichas Convenciones.

CAPÍTULO V

Disposiciones Finales y Transitorias

Artículo 13.- Los procesos de planificación y ejecución de actividades, obras, proyectos e industrias que realizan acciones que implican el uso, goce y disfrute de un humedal deberán ajustarse a los objetivos y lineamientos de la presente Política Nacional.

Artículo 14.- Vigencia. El presente Decreto entrará en vigencia a partir de su publicación en La Gaceta, Diario Oficial.

Dado en la Ciudad de Managua, Casa Presidencial, el día diez de Noviembre del año dos mil tres.- **ENRIQUE BOLAÑOS GEYER.**- Presidente de la

República de Nicaragua.- **ARTURO HARDING LACAYO**.- Ministro del
Ambiente y de los Recursos Naturales.

-

**Asamblea Nacional de la República de Nicaragua.
Complejo Legislativo Carlos Núñez Téllez.
Avenida Peatonal General Augusto C. Sandino
Edificio Benjamin Zeledón, 7mo. Piso.**

Teléfono Directo: 22768460. Ext.: 281.

Enviar sus comentarios a: [División de Información Legislativa](#)

Nota: Cualquier Diferencia existente entre el Texto de la Ley impreso y el publicado aquí, solicitamos sea comunicado a la División de Información Legislativa de la Asamblea Nacional de Nicaragua.