

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental

TRABAJO DE TITULACION

**ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA DE
RIEGO CHAMBO – GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

Autor:

Lizeth Ivonne Ponce Tualombo

Tutora:

PhD. Omaira Márquez

Riobamba - Ecuador

Año 2019

CERTIFICACION DEL TRIBUNAL

Los miembros del Tribunal de Graduación el proyecto de investigación de título:
“ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO CHAMBO – GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”.
Presentado por: Lizeth Ivonne Ponce Tualombo, dirigida por: PhD. Omaira Márquez

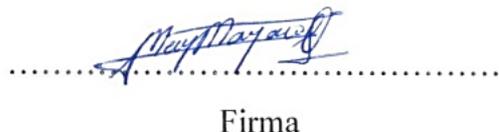
Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

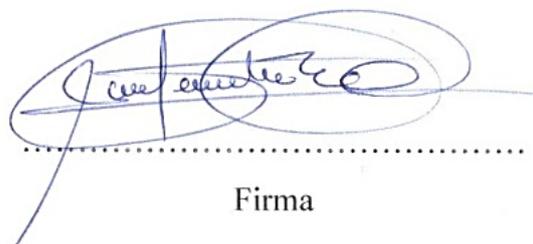
PhD. Omaira Márquez Pereira
Tutor del Proyecto de Investigación


Firma

Dra. Mery Manzano
Presidente del tribunal


Firma

PhD. María Fernanda Rivera Velásquez
Miembro del Tribunal


Firma

MSc. María Fernanda Rivera Castillo
Miembro del Tribunal


Firma

DECLARACION EXPRESA DE TUTORIA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de INGENIERIA AMBIENTAL, CONEL TEMA: **“ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO CHAMBO – GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**, ha sido elaborado por PONCE TUALOMBO LIZETH IVONNE, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apta para su presentación y defensa respectiva.

Es todo cuento puedo informar en honor la verdad.

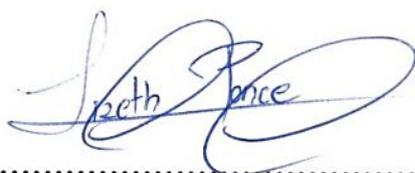
A handwritten signature in blue ink, reading "Omaira Márquez", is written over a horizontal dotted line.

PhD. Omaira Márquez

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Lizeth Ivonne Ponce Tualombo con cédula de identidad 060362670-6, hago referencia como autora del presente trabajo de investigación, titulado: **“ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO CHAMBO – GUANO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**, dirigida por la tutora del proyecto PhD. Omaira Márquez.

Manifiesto la originalidad en la conceptualización de ideas, obtención de datos, interpretación de resultados, con el sustento de autores que se han referenciado debidamente en el documento.



.....
Lizeth Ivonne Ponce Tualombo

C. I. 060362670-6

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a mis padres, hermanos quienes han sido mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme, guiarme y dando sus consejos para ser una mejor persona, superarme cada día más y cumplir con las metas que me proponga.

A la PhD. Omaira Márquez por haberme brindado la oportunidad de asesorarme y brindado sus conocimientos, tiempo durante el desarrollo del trabajo investigativo.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, a la carrera de Ingeniería Ambiental por formar parte de ella y a los docentes que con sus enseñanzas, fui adquiriendo conocimientos lo largo de la formación profesional y he puesto en práctica en el desarrollo del trabajo de investigación

Mi agradecimiento también va dirigido al Equipo Técnico de la Coordinación de Riego del Honorable Consejo Provincial de la Provincia de Chimborazo, por haber aceptado que se realice mí trabajo investigativo y por su apoyo y facilidades brindadas para el desarrollo de la misma.

DEDICATORIA

Mi presente trabajo de investigación se lo dedico con amor y cariño a las personas que amo, quiero y estuvieron a mi lado formando parte de mi vida, día tras día.

A mi padre Wilson quien fue el motor para el desarrollo de la misma que con su apoyo, tiempo, dedicación, me supo guiar y forjarme para la construcción de mi vida profesional, quien sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación.

A mi madre Yolanda quien me inculcó los valores de respeto, puntualidad, responsabilidad, humildad, perseverancia y amor de esta manera alcanzar las metas propuestas en la vida.

A mis hermanos Maribel, Danilo y a mi cuñado Christian Nonnen, por brindarme su apoyo, cariño, amor en todo instante de mi vida.

A Uds., que son las personas que me han brindado el cariño y la calidez de la familia a la cual amo y quiero con todo mi corazón.

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

CE: Conductividad Eléctrica

TDS: Solidos totales disueltos

RAS: Relación de Adsorción de Sodio

MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

pH: Potencial de hidrógeno

OD: Oxígeno Disuelto

Ca²⁺: Calcio

Mg²⁺: Magnesio

Na⁺: Sodio

K⁺: Potasio

HCO₃⁻: Bicarbonato

Cl⁻: Cloruro

SO₄⁻: Sulfato

NO₃⁻: Nitrato

CO₂: Dióxido carbono

CaCO₃: Carbonato de Calcio

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

PSI: Porcentaje de sodio intercambiable

CIC: Capacidad de Intercambio catiónico

UV: Radiación ultravioleta

LSA: Laboratorio de Servicios Ambientales

GPS: Sistema de posicionamiento global

JURECH: Junta de Riego Chambo – Guano Chingazos.

INERHI: Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos

H_2SO_4 : Ácido sulfúrico

Na_2SO_4 : Sulfato de sodio

CONTENIDO

CERTIFICACION DEL TRIBUNAL.....	i
DECLARACION EXPRESA DE TUTORIA	ii
AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCION.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
JUSTIFICACION.....	5
OBJETIVOS.....	6
1. General.....	6
2. Específicos.....	6
ESTADO DEL ARTE	7
1. Agua de riego.....	7
2. Agua de riego en el Ecuador.....	7
3. Sistema de riego	7
4. Sistema de Riego Chambo – Guano de la provincia de Chimborazo.....	7
5. Importancia del riego y drenaje	8
6. El uso de agua en la agricultura protegida.....	9
7. Calidad de las aguas con fines de riego.....	9
8. Efectos del agua de riego contaminada	10
9. Determinaciones de los parámetros necesarios (Fisicoquímico, Biológico).....	11
a) Conductividad eléctrica	11
b) Oxígeno Disuelto	11
c) Temperatura	11
d) Determinación de cationes y aniones.....	12
e) Total de sólidos disueltos (TSD)	12
f) Estimación del efecto del sodio (Uso de las RAS)	12
g) Coliformes totales	12

h)	Criterios para evaluar el agua de riego	13
i)	Hipótesis sobre las cuales se basan las guías para la evaluación de aguas según la FAO.....	13
j)	Efectos de las sales sobre las plantas	14
k)	Efecto del sodio sobre las propiedades físicas de los suelos	14
l)	La importancia de la desinfección del agua de riego.....	15
m)	Ventajas de desinfectar el agua de riego.....	15
n)	Criterios para la mejora de la productividad agrícola.....	16
METODOLOGIA.....		17
1.	Método de Investigación	17
2.	Procedimiento experimental	17
	Paso 1. Canal de Riego Chambo – Guano	17
	Paso 3. Determinación de los puntos de muestreo	19
	Paso 4. Toma de muestras	19
	Paso 5. Determinación de la metodología para muestras de agua de riego	19
	Paso 6. Análisis fisicoquímico	19
3.	Técnicas y metodologías de ensayos y parámetros físico-químicos y biológicos.	20
4.	Determinación de los parámetros	20
	a) Determinación de Temperatura, OD, Conductividad, pH, TDS.....	21
	b) Determinación de Sulfatos.....	21
	c) Determinación de Cloruros	21
	d) Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos.....	21
	e) Determinación de Nitratos	22
	f) Determinación de Calcio, Sodio, Magnesio, Potasio.....	22
	g) Determinación de Coliformes Totales	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		23
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		31
1.	Conclusiones.....	31
2.	Recomendaciones	33

BIBLIOGRAFIA	34
ANEXOS	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Calidad y efectos del agua regenerada en el uso agrícola.	10
Tabla 2. Criterios para evaluar el agua de riego	13
Tabla 3. Criterios para la mejora de la productividad agrícola	16
Tabla 4. Puntos de muestreo del canal de riego “Chambo – Guano”	19
Tabla 5. Técnicas y metodologías de ensayo y parámetros físico-químico y biológico analizados en el laboratorio	20
Tabla 6. Punto de referencia con su correspondiente lugar de muestreo	23
Tabla 7. Lectura del caudal de la Bocatoma.....	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema del canal de Riego Chambo - Guano.....	18
Figura 2. Valores de pH.....	23
Figura 3. Valores de Temperatura	24
Figura 4. Valores de Conductividad	24
Figura 5. Valores de Sólidos Totales Disueltos.....	25
Figura 6. Valores de Oxígeno Disuelto	25
Figura 7. Valores de Sulfatos	26
Figura 8. Valores de Nitratos.....	26
Figura 9. Valores de Cloruros.....	27
Figura 10. Valores de Bicarbonatos	27
Figura 11. Valores de Calcio	28
Figura 12. Valores de Sodio	28
Figura 13. Valores de Magnesio.....	29
Figura 14. Valores de Potasio.....	29
Figura 15. Valores del RAS.....	30
Figura 16. Valores de Coliformes Totales.....	30
Figura 18. Organigrama Estructural	46
Figura 19. Secciones canal de riego	47
Figura 20. Regleta para medir el caudal	48
Figura 21. Ubicación de puntos en el Google Earth.....	49

RESUMEN

La gestión de riego en el Ecuador implica una gran diversidad de actores ligados con el uso del recurso hídrico, según la información del Plan Nacional del Riego para el año 2002, la superficie potencial de riego es de 3,1 millones de has que representan el 30%. El objetivo de esta investigación fue realizar un estudio exploratorio de la calidad de agua del Sistema de Riego Chambo – Guano de la provincia de Chimborazo de aguas extraídas en 10 sitios localizados a lo largo del canal. Se realizaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos tales como: oxígeno disuelto, coliformes totales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, temperatura, sólidos totales disueltos, cationes y aniones. De las muestras analizadas la conductividad eléctrica vario $0,10 - 0,3 \text{ dSm}^{-1}$. La concentración de promedio de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+} fue de 0,20; 0,5; 1,0 y 0,02 cmol L^{-1} , respectivamente. No se detectó CO_3^{2-} , HCO_3^{-} promedio 10 cmol L^{-1} . La concentración de Cl^{-} 0,2 cmol L^{-1} , SO_4^{4-} 0,04 cmolL^{-1} y NO_3^{-} 0,008 cmol L^{-1} fueron muy bajas. Los valores de pH tienen un valor promedio de 7.0 y el RAS tiene un valor promedio de 5,5 excepto el punto de muestreo P1 Bocatoma-Ceceles que presento un valor de 15,5 de RAS. Todos estos valores están dentro de los valores permitidos por lo cual estas aguas se pueden clasificar como aptas para riego. Sin embargo, se recomienda cada uno o dos años realizar análisis en los suelos que están usando agua de este sistema de riego.

Palabras claves: calidad de agua, sistema de riego, estudio exploratorio.

Abstract

Irrigation management in Ecuador implies a great diversity of actors linked to the use of water resources, according to information from the National Irrigation Plan for 2002, the potential irrigation area is 3,1 million hectares representing 30%. The objective of this research was to carry out an exploratory study of the water quality of the Chambo - Guano Irrigation System of the Chimborazo province of extracted water at 10 sites located along the canal. Physicochemical and bacteriological analyzes such as: dissolved oxygen, total coliforms, pH, biochemical oxygen demand, nitrates, temperature, total dissolved solids, cations and anions were performed. From the samples analyzed, the electrical conductivity varied 0,10 – 0,3 dSm-1. The average concentration of Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} and K^{+} was 0.20; 0,5; 1,0 and 0,02 cmol L^{-1} , respectively. CO_3^{2-} , HCO_3^{-} average 10 cmol L^{-1} was not detected. The concentration of Cl^{-} 0,2 cmol L^{-1} , SO_4^{-} 0,04 cmolL^{-1} and NO_3^{-} 0,008 cmol L^{-1} was very low. The pH values have an average value of 7,0 and the RAS has an average value of 5,5 except for the P1 Bocatoma-Ceceles sampling point that has a value of 15,5 RAS. All these values are within the permitted values, for this reason these waters can be classified as suitable for irrigation. However, it is recommended to perform analyzes on soils that are using water from this irrigation system every one or two years.

Keywords: water quality, irrigation system, exploratory study.



Reviewed by: Armas Geovanny, Mgs.

Linguistic Competences Professor

INTRODUCCION

El agua es un recurso natural único e indispensable para la vida en la tierra; tiene funciones ecológicas fundamentales que influyen en el ciclo de vida de todos los seres vivos. Sus fuentes de provisión son escasas y su capacidad de renovación es limitada. Por ello hay que tener en cuenta que tan, solo un pequeño porcentaje (3%) del agua en la tierra está disponible para las actividades del ser humano (GADPCH, 2015).

Es decir el agua es uno de los factores de producción más importantes para la agricultura, ya que garantiza la soberanía alimentaria, comercialización y rentabilidad económica. De esta manera el 40% de los alimentos que consume la humanidad se producen bajo riego, siendo la mayor parte de estos, sistemas a gravedad con eficiencias bajas que no superan el 30% (GADPCH, 2015).

Este es el caso de la provincia de Chimborazo que los sistemas de riego en su mayoría son canales de conducción y distribución, los mismos que enfrentan problemas de carácter técnico y estructural los cuales inciden directamente en la calidad del agua. Por ello es de vital importancia conocer sus características, ya que influye en las propiedades edáficas, aumentando su salinidad y en consecuencia, afectando el rendimiento de los cultivos. (Masseroni, Aumassanne, Sartor, Zamora, & Fontanella, 2018).

En este sentido, la tolerancia a la sal es un rasgo agronómicamente importante que está recibiendo cada vez más atención entre diferentes grupos de investigación en el mundo. Por lo anteriormente planteado, el objetivo del presente trabajo de investigación es realizar un estudio exploratorio de la calidad de agua para uso en la agricultura del Sistema de Riego Chambo – Guano, en donde se consideró parámetros físico-químicos y microbiológicos (García, 2012).

Se levantaron 10 muestras de agua de del canal del Sistema de Riego Chambo - Guano de los parámetros físicos - químicos y microbiológicos que sirvieron para la valoración del RAS parámetro fundamental en la calidad de agua de riego. Los principales resultados evidencian concentraciones menores a lo que establece la norma para la determinaciones de laboratorio necesarias para evaluar la calidad del agua para riego, sin embargo existe un punto de muestreo denominado P1 Bocatoma - Ceceles que supera en un 4.67% el límite establecido del RAS.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el agua está teniendo graves afectaciones y su deterioro va en aumento debido al crecimiento poblacional y a las actividades que realizan en ella. Por ello la presente investigación se enfocó en un estudio exploratorio de la calidad de agua del Sistema de Riego Chambo – Guano, con el propósito de conocer su estado actual en el que se encuentra (MAGAP, 2012).

A través del recorrido del canal del Sistema de Riego Chambo Guano se evidenció tramos donde se produce deslizamientos continuos y presencia de materia orgánica (gallinaza), los mismos que por la presencia de lluvias son arrastrados e infiltrados al canal, modificando la calidad que ponen en riesgo el normal abastecimiento del agua para el sector. Esto se convierte en un grave problema que repercute en la calidad del suelo del cual es la base sustentable para el ciclo de las plantas (Acán, 2011).

Es decir estos contaminantes modifican la calidad del agua, por lo que el presente trabajo permitió mostrar la realidad y la alteración de la misma; debido a los contaminantes presentes, de esta manera permitió profundizar los conocimientos teóricos y prácticos, para poder implementar correctivos que nos permita mejorar la calidad de agua.

JUSTIFICACION

La gestión de riego en el Ecuador implica una gran diversidad de actores ligados con el uso del recurso hídrico, involucrando a instituciones públicas y privadas. El GADPCH a través de la Dirección de Riego propone, a la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Chimborazo, la realización de un estudio exploratorio de la calidad de agua del Sistema de Riego Chambo – Guano, con el objetivo de contribuir a la generación de datos de campo que permitirán corroborar el estado actual en que se encuentra el Sistema para la posterior toma de decisiones.

En este contexto, nace la presente investigación que pretende ser un aporte desde la UNACH hacia el GADPCH para el estudio del Sistema de Riego, teniendo en cuenta que este abastece a varios sectores de las diferentes zonas de producción agrícola de la provincia de Chimborazo, a fin de identificar de sus posibles zonas vulnerables, consideradas como aquellas que están directamente influenciadas por las actividades humanas, que se encuentran aledañas a lo largo del canal de riego, generando impactos ambientales negativos. En este sentido, los resultados interpretan aspectos de calidad de agua de riego a través del RAS (Relación de Adsorción de Sodio), y de la relación CE /TDS (Conductividad Eléctrica / sólidos totales disueltos) que especifica la cantidad de concentración de sales disueltas, que son características químicas del agua de riego, las mismas que causan una desventaja en el riego como consecuencia un bajo suministro de agua disponible para las plantas (García, 2012).

OBJETIVOS

1. General

- Realizar un estudio exploratorio de la calidad de agua del Sistema de Riego Chambo – Guano de la provincia de Chimborazo.

2. Específicos

- Caracterizar las diferentes zonas de estudio del canal del Sistema de Riego, para orientar la toma de muestras.
- Evaluar la calidad de agua de riego usando indicadores fisicoquímicos.

ESTADO DEL ARTE

1. Agua de riego

El agua para la irrigación en la agricultura se denomina “agua de riego” se obtiene de diferentes fuentes como ríos, lagos o corrientes continuas de aguas naturales y hasta por procesos de desalinización del agua de mar (JURECH, 2018).

2. Agua de riego en el Ecuador

La mayor parte del consumo de agua del Ecuador se destina al riego, estimándose su uso en un 80 % del consumo total; no obstante, las pérdidas en la captación, conducciones primarias, secundarias y terciarias y en el ámbito de parcela, hacen que las eficiencias varíen entre el 15 % y 25 % (Puyol & Razo, 2016).

Pese a que es poco lo que se conoce sobre el riego privado, estos sistemas cubrirían aproximadamente 460 000 ha (83 %), correspondiendo la diferencia, esto es 108 000 ha. a cultivos regados con sistemas públicos. Existe una desigual distribución de la tenencia del agua, que confirma la desigualdad en la distribución de la tenencia de la tierra: el 88 % de los beneficiarios del riego, minifundistas, disponen de entre el 6 y el 20 % de los caudales totales disponibles; en contraste, entre el 1 y 4% del número de beneficiarios, hacendados, disponen del 50 al 60 % de los caudales disponibles (Puyol & Razo, 2016).

3. Sistema de riego

“El sistema de riego es un conjunto de elementos de carácter técnico, social-institucional y ambiental en interacción dinámica que permite dinamizar un territorio rural, en su complejidad, y que contribuye a elevar las condiciones de vida de la población rural mejorando los sistemas de producción implementados” (MAGAP, 2012).

4. Sistema de Riego Chambo – Guano de la provincia de Chimborazo

El Sistema de Riego Chambo – Guano, es el principal proyecto de la provincia de Chimborazo por lo que es importante conocer su Línea Base (ver Anexo 1), siendo su conducción de una longitud de 55 km y traslada alrededor de 6 metros cúbicos de agua. Este sistema atraviesa varios sectores agrícolas de la provincia, que están divididas en 8 zonas, inicia con la Bocatoma ubicado en el río Chambo sector Cecel Grande y termina en Alacao sector Guano (ver Anexo 2). Para la legalización de este sistema fue primordial

obtener la sentencia de agua la misma que fue emitida por la Secretaria del Agua (ver Anexo 3).

Es primordial decir que existen algunas secciones a lo largo del canal estudiado (ver Anexo 4). Para la medición del caudal correspondiente al canal, se usa la regleta en la que se tomará las mediciones respectivas (ver Anexo 5); por lo tanto se realizó el control de lecturas del caudal del Sistema de riego Chambo – Guano, según la marcación de la regleta (ver Anexo 6).

El canal de Riego del Sistema Chambo Guano, cruza una topografía montañosa; pero la trayectoria de su canal es casi plana ya que tiene una pendiente que va del 1 al 4 por mil, terminando con un sifón sobre el río Guano con tubería de acero (P9-P10), cuyo desnivel es de más o menos de 170 m de profundidad (Villar, Pascual, Rufat, & Villar, 2015).

5. Importancia del riego y drenaje

Un primer aspecto que debe destacarse es que en general, el riego implica el consumo de elevados volúmenes de agua. Según el Banco Nacional de Autorizaciones de Agua, para el 2018, el total de los usos que cuentan con autorización del Estado, consuntivos y no consuntivos es de 100 - 101 autorizaciones. De este total el riego representa el 41,86 %. Si solo se considera los usos consuntivos del agua, el caudal autorizado es de 687 m³/s. El riego representa el 71,2 %, lo que le convierte en el uso de agua que más caudal consume en nuestro país, algo que en general se muestra como una tendencia en América Latina (SECRETARIA DEL AGUA, 2019).

Un segundo aspecto que merece ser destacado es el de las múltiples y diversas funciones que el riego cumple en el ámbito de la producción agrícola, del desarrollo territorial y de la economía agraria, de allí que un aspecto importante, en cualquier planificación del riego, es reconocer su carácter multifuncional (SECRETARIA DEL AGUA, 2019).

Pero también es cierto que el riego mal aplicado está asociado a problemas de erosión o salinización de suelos, y que el uso de aguas contaminadas es un problema ambiental y de salud pública, siendo este un tema que se ha complejizado en nuestro país durante los últimos años (SECRETARIA DEL AGUA, 2019).

6. El uso de agua en la agricultura protegida

El uso del agua para la agricultura protegida, está íntimamente relacionada con el concepto de fertirrigación, a través del parámetro de calidad que engloba aspectos químicos como: concentración de sales disueltas (CE), presencia relativa de sodio (RAS), contenido de carbonatos y bicarbonatos (lo que condiciona el pH), concentración de cloro, boro, hierro y manganeso. De igual manera el agua de riego, puede contener nutrientes como calcio, sulfatos; lo que determina el balance final en la aplicación de fertilizantes para la preparación de la solución nutritiva (Castellón, Bernal, & Hernández, 2015).

Estos parámetros son de utilidad para determinar el uso del agua para la agricultura. Así, un agua de buena calidad debe contener entre 0,7 y 1,5 dS.m⁻¹, es decir; entre 595 y 1275 mg.L⁻¹ de sales. El pH debe estar ubicado en un rango de 5.5 a 7.0 con la finalidad de favorecer la absorción de nutrientes. La RAS debe ubicarse hasta 15 [cmol L⁻¹]^{1/2}. (Castellón et al., 2015).

7. Calidad de las aguas con fines de riego

La calidad del agua obedece siempre a un objetivo de uso potencial que este recurso puede tener para la sociedad. Actualmente se utilizan diversos índices e indicadores agronómicos para evaluar la calidad de agua para riego, en los cuales se ponderan algunos parámetros fisicoquímicos medidos y calculados, tales como sólidos totales disueltos (STD), conductividad eléctrica (CE), bicarbonato (HCO₃⁻), cloruro (Cl⁻), pH, sodio (Na⁺), relación de adsorción de sodio (RAS) (Herrera et al., 2018).

Por lo que el agua natural es un sistema de cierta complejidad, no homogéneo, que puede estar constituido por una fase acuosa, una gaseosa y una o más fases sólidas. La composición química de este sistema en función del uso que se le da, recibe el nombre de calidad del agua. Existe una serie de normas que regulan las concentraciones permisibles que debe poseer cada elemento o indicador de calidad según los diferentes usos. Por tanto, en dependencia de la composición química de un agua ésta podrá encontrar distintos usos, se hace necesario tener en cuenta algunos aspectos a la hora de la toma, conservación y análisis de la muestra, los cuales podrían alterar el resultado dado (García, 2015).

8. Efectos del agua de riego contaminada

Las aguas residuales, procedentes de toda actividad humana, al ser vertidas al suelo y/o cuerpos de agua, generan un impacto negativo al ambiente, el uso de esta agua en la agricultura puede ocasionar la acumulación de metales pesados en los suelos, afectando de esta manera a los cultivos en su rendimiento y crecimiento, al actuar sobre las cadenas tróficas pueden perjudicar a la salud humana, debido a la ingestión de alimentos (Puyol & Razo, 2016).

Las aguas de riego en su mayoría tienen exceso de nitritos y nitratos debido a la utilización de abonos inorgánicos y orgánicos. Al utilizar cantidades excesivas de abonos, estos no son asimilados en su totalidad por los cultivos, siendo arrastrados a acuíferos y llegando así a las aguas de riego y a cultivos posteriores. El gran uso de pesticidas aumenta la predisposición para contraer plagas y provoca acumulación en las plantas, las mismas que eliminan estos excesos a través de los frutos (Puyol & Razo, 2016).

En la Tabla 1, se puede observar la calidad y efectos del agua regenerada en el uso agrícola.

Tabla 1. Calidad y efectos del agua regenerada en el uso agrícola.

Categoría	Componentes	Posibles efectos
Nutrientes y oligoelementos	Nitrógeno Fósforo Potasio Calcio Magnesio Sulfato	Positivo: Esenciales para el crecimiento de las plantas Menor necesidad de fertilizantes Negativo: Fitotóxicos en concentraciones excesivas Excesivo crecimiento foliar, retraso en la maduración, calidad deficiente del cultivo. Tóxicos para el ganado en altas concentraciones. Biopelículas en las tuberías.
Sólidos en suspensión	Partículas Algas en aguas residuales o su posterior crecimiento en el almacenamiento, producto de los nutrientes en el agua regenerada	Obstrucción de infraestructuras de riego, en especial en rociadores y goteadores.
Salinidad	Total de sólidos disueltos (conductividad eléctrica)	Estrés de los cultivos y reducción del crecimiento directamente a causa de riego o acumulación de sal en el suelo proveniente del agua de riego.
Sodicidad	Sodio (tasa de adsorción de sodio)	Impermeabilidad del suelo
Elementos tóxicos de iones específicos	Sodio (tasa de adsorción de sodio) Sodio Cloruro	Fitotoxicidad (daño a las hojas, enfermedades degenerativas, menor productividad)

Fuente: (FAO, 2013).

9. Determinaciones de los parámetros necesarios (Físico-químico, Microbiológico)

a) Conductividad eléctrica

Indica la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua, de forma que cuanto mayor sea el contenido de sales solubles ionizadas, mayor será el valor de C.E. Pero esta relación se altera en presencia de sales poco solubles, lo cual es el inconveniente principal de este índice como medida del riesgo de salinidad (Acosta & Salvadori, 2017).

La unidad de conductividad más usada en análisis de aguas era el mmho/cm (milimho por centímetro); sin embargo, por acuerdo general pasó a denominarse Siemens (S) en el sistema internacional de unidades de medida. La equivalencia entre ambas es:

1 mmho/cm = 1 dS/m (un milimho por centímetro equivale a un deciSiemens por metro) (Redondo, 2017).

b) Oxígeno Disuelto

Es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua debido a que se asocia a la contaminación orgánica. Tiene una relación directa con las concentraciones de temperatura y salinidad, además posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce. En condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitrato y fosfato. Una vez consumido todo el oxígeno presente se inicia la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno, entre otros gases (Puyol & Razo, 2016).

c) Temperatura

La temperatura del agua es otro factor que puede ocasionar problemas en el desarrollo de las plantas, en especial en las primeras etapas de desarrollo. Las aguas que proceden de una fuente fría, como las aguas de depósitos y cursos subterráneos, o las aguas de los estanques y torrentes de montaña cuando se usan para los primeros riegos de la temporada de cultivo, pueden caldearse en estanques de poca profundidad con exposición al sol o aprovechando el recorrido por acequias y canales. La temperatura es un factor poco estudiado y que consideramos de gran interés, pues bastan unos elementales conocimientos para comprender la gran importancia que tiene en la capacidad de disolución del agua. Se ha comprobado que un agua de riego a la temperatura ambiente es mucho más eficaz en el lavado del suelo que cuando se incorpora a éste, su temperatura es inferior a la del medio ambiente (De Aragón, 2012).

d) Determinación de cationes y aniones

En las aguas usadas para riego existen en forma predominante los cationes calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+) y potasio (K^+) y los aniones bicarbonato (HCO_3^-), cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^-), nitrato (NO_3^-) y carbonato (CO_3^-). (García, 2012).

e) Total de sólidos disueltos (TSD)

Los sólidos totales disueltos son moléculas e iones; que se encuentran diluidos en el agua. La concentración de sólidos disueltos en el agua se debe a la presencia de minerales, gases producto de descomposición de materia orgánica, metales y compuestos químicos orgánicos que dan olor, color, sabor y eventualmente toxicidad al agua que los contiene (Toasa, 2012).

Antes con este parámetro se demostraba la salinidad de las aguas de riego, y hoy se utiliza cuando no se dispone de un conductímetro. Para su determinación se procede a evaporar un volumen conocido de agua completamente. (García, 2012).

f) Estimación del efecto del sodio (Uso de las RAS)

Para la predicción de un problema potencial ocasionado por el sodio, se han usado criterios, tales como el carbonato de sodio residual (CSR) y el porcentaje de sodio posible (PSP), el uso de la relación de adsorción de sodio (RAS) cuya ecuación se presenta a continuación:

Dónde:

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

Na, Ca y Mg se expresan en cmol (+) l-1.

Esta relación da idea del peligro potencial debido a un exceso de Na sobre el Ca y el Mg (García, 2012).

La composición del agua de riego, el manejo del riego y el drenaje (fracción del lavado) y las características del suelo son los tres factores principales que afectan la RAS.

g) Coliformes totales

Los Coliformes, son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, suelo y los animales, incluyendo a los humanos. Los Coliformes totales

funcionan como un alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias. Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad (CYTED, 2016).

h) Criterios para evaluar el agua de riego

En la Tabla 2, se puede observar el rango usual de cada uno de los parámetros para evaluar el agua de riego.

Tabla 2. Criterios para evaluar el agua de riego

Parámetro	Símbolo	Unidad	Rango usual
Salinidad			
Conductividad Eléctrica	CEa	dS m ⁻¹	0 - 3
Total Sólidos disueltos	TSD	mg l ⁻¹	0 - 2000
Cationes y Aniones			
Calcio	Ca ⁺⁺	cmol L ⁻¹	0 - 20
Magnesio	Mg ⁺⁺	cmol L ⁻¹	0 - 5
Sodio	Na ⁺	cmol L ⁻¹	0 - 40
Potasio	K ⁺	cmol L ⁻¹	0 - 0,2
Carbonatos	CO ₃ ⁼	cmol L ⁻¹	0 - 0,1
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	cmol L ⁻¹	0 - 10
Cloruros	Cl ⁻	cmol L ⁻¹	0 - 30
Sulfatos	SO ₄ ⁺	cmol L ⁻¹	0 - 20
Nitratos	NO ₃ ⁻	cmol L ⁻¹	0 - 5
Misceláneos			
Reacción	pH		6 - 8,5
Relación de adsorción de sodio	RAS*	[cmol L ⁻¹] ^{1/2}	0 - 15
RAS= Na/[(Ca + Mg)/2] ^{1/2}			
Coliformes Totales	UFC/100 ml	UFC/100 ml	1000

Fuente: (García, 2012).

La utilización de estos criterios modernos para evaluación de la calidad del agua de riego, permite a productores manejar de forma más eficiente este recurso y tomar medidas preventivas que permitan aumentar los rendimientos agrícolas y la conservación de las mismas (García, 2015).

i) Hipótesis sobre las cuales se basan las guías para la evaluación de aguas según la FAO.

Se toman en consideración las siguientes condiciones:

- Suelos con buen drenaje interno.
- Clima seco donde la lluvia no juega un papel significativo en el suministro de agua a las plantas.

- Métodos de riego y manejo de los mismos mediante aplicación no periódica, sino cuando el cultivo ha utilizado una porción considerable del agua de suelo (50 % o más).
- Al menos 15 % del agua aplicada debe percolar por debajo de la zona radicular.

A pesar de que las plantas de cultivo tienen diferentes patrones de absorción de agua, se asumen condiciones fisicoquímicas del suelo que permiten un patrón de absorción del 40 % en el cuarto superior del sistema radicular, 30 % en el segundo, 20 % y 10 % en los subsiguientes. Estas hipótesis llevan a la conclusión de que la salinidad en la zona de raíces inferior del suelo es de poca importancia, siempre que se mantenga libre de sales y con buena humedad la zona radical activa (García, 2012).

j) Efectos de las sales sobre las plantas

El agua que ingresa al suelo a través de la práctica de riego, puede infiltrar en el mismo o ser retenida. Esta última parte, es la que contribuye sales al suelo, debido a la evaporación del agua y la extracción por parte de las raíces de las plantas. La magnitud de la acumulación de sales en el suelo depende de la calidad del agua, del manejo del riego y de la eficiencia del drenaje. La acumulación excesiva de sales en la zona radicular del suelo (proceso de salinización), afecta la absorción de agua por parte del cultivo mediante mecanismos osmóticos, aumentando el consumo de energía necesario para la extracción del agua y provocando pérdidas de rendimiento (Valles, Ojeda, Guerrero, Prieto, & Sánchez, 2017).

El aumento de la concentración de sales en el suelo aumenta el potencial osmótico del mismo e incrementa la fuerza de succión necesaria para que la planta absorba agua. Es importante resaltar que, además de la concentración de sales aportadas por el agua, se debe tener en cuenta también, las que presenta el abono. Por lo tanto si el agua utilizada para regar es clasificada como de mala calidad, se deben utilizar menores concentraciones de abonos y como consecuencia aplicaciones más frecuentes que con agua de mejor calidad (Valles et al., 2017).

k) Efecto del sodio sobre las propiedades físicas de los suelos

El agua puede causar una reducción severa en la permeabilidad de los suelos cuando su concentración de sales es muy baja ($< 0,5 \text{ dS m}^{-1}$) y, especialmente, cuando es menor de $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ porque es corrosiva y tiende a lavar la superficie dejándola libre de

minerales solubles y sales, especialmente de Ca reduciendo su influencia fuertemente estabilizadora sobre los agregados y sobre la estructura del suelo, facilitando su dispersión y la oclusión de los poros más finos (García, 2012).

Cuando en el agua de riego hay una alta concentración de sodio este elemento aumenta el contenido del mismo en la solución del suelo, y por ende, la saturación de Na intercambiable (PSI). Algunos factores de los cationes involucrados, pueden influenciar el equilibrio mencionado y hacer variar la relación. Generalmente, la acumulación de Na intercambiable en los suelos a niveles superiores al 10 % o 20 de la CIC (García, 2012).

l) La importancia de la desinfección del agua de riego

La decisión de desinfectar el agua de riego depende tanto de la fuente de agua, así como de la susceptibilidad del cultivo a los agentes patógenos que podrían ser transmitidos por el agua. Las aguas superficiales podrían contener patógenos de plantas e infectar las plantas con enfermedades. Agua de pozo podría contener bacterias, tales como bacterias de hierro, bacterias de azufre etc. Estas bacterias crecen en las líneas de riego y causar obstrucciones graves en los sistemas de riego (Puyol & Razo, 2016).

La recirculación y reutilización del agua son especialmente peligrosas porque podrían provocar la rápida propagación de las enfermedades de plantas. Varios métodos están disponibles para la desinfección del agua, incluyendo cloro, UV, filtración lenta en arena, ozono, entre otros (Puyol & Razo, 2016).

m) Ventajas de desinfectar el agua de riego

- Eficaz.- El cloro elimina la mayoría de los microorganismos, incluyendo la mayoría de las bacterias, virus y hongos (Puyol & Razo, 2016).
- Protección prolongada.- Cuando la desinfección del agua con cloro se realiza correctamente, un residual de cloro libre se queda en el agua, protegiéndolo de recontaminación. El residual de cloro libre también protege las líneas de riego de obstrucciones causadas por crecimiento de algas y de limo. Otros métodos dejan el agua expuesta a una nueva infección (Puyol & Razo, 2016).
- Principios Básicos de Desinfección con Cloro.- La diferencia entre el cloro combinado y cloro libre (residual) - al introducirlo en el agua, el cloro se combina con la materia orgánica, formando compuestos de muy baja eficiencia de desinfección. El cloro libre es la concentración del cloro residual en el agua, que es prácticamente el cloro activo.

Por esta razón, las mediciones de cloro libre son las más frecuentemente utilizadas para evaluar la eficacia de la desinfección. El cloro total es la suma del cloro combinado y el cloro libre. Medir el cloro total no es necesariamente un buen indicador de la eficiencia de desinfección (Puyol & Razo, 2016).

n) Criterios para la mejora de la productividad agrícola

En la Tabla 3, se muestran los criterios para la mejora de la productividad agrícola.

Tabla 3. Criterios para la mejora de la productividad agrícola

CATEGORIA	MEDIDA
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Nivelación de la tierra para aplicar el agua de manera uniforme. • Irrigación con bombeo para mejorar la distribución del agua. • Rociadores eficientes para suministrar agua de manera uniforme. • Rociadores de precisión y baja energía para evitar la evaporación y pérdidas por el viento. • Removimiento de tierra para promover infiltración del agua en el suelo y evitar pérdidas por escorrentía. • Regadío de goteo para cortar evaporación y otras pérdidas de agua e incrementar la producción de los cultivos.
Gestión	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor horario de regadío. • Mejora de lo operación de los canales para suministros temporales. • Aplicación de agua en momentos esenciales para la productividad. • Conservación del agua embalsada y métodos de preparación del campo. • Mejora del mantenimiento de canales y equipos. • Reciclaje de agua de drenaje y embalsada
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer organizaciones de usuarios del agua para involucrar en la toma de decisiones a agricultores y establecer un sistema de impuestos por mala o exceso utilización del agua. • Reducir los subsidios/ayudas por regadío e introducir medidas de conservación relacionados con el coste real del agua. • Establecer un marco legal para establecer mercados del agua justos y reales. • Establecer más infraestructura legal para el sector privado para la distribución de tecnología. • Mayor formación
Agronómica	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de variedades de cultivo adecuados para las condiciones particulares. • Cultivos para maximizar la mezcla y uso del suelo. • Cultivos adecuados en función de las condiciones climáticas y cantidad de agua disponible • Seleccionar cultivos resistentes a las condiciones secas cuando haya escasez de agua

Fuente: (De Aragón, 2012).

METODOLOGIA

1. Método de Investigación

Para esta investigación se llevó a cabo el método exploratorio donde se generará información mediante la toma de datos – puntos de monitoreo y su análisis para la respectiva toma de muestra físicoquímico y microbiológico, para la evaluación de la calidad de agua para el sistema de riego Chambo – Guano.

El trabajo de investigación es experimental por lo que se llevó a cabo en el Laboratorio de Servicios Ambientales (LSA) de la Universidad Nacional de Chimborazo, donde se preparó las respectivas muestras usadas en los correspondientes análisis de la misma. Por lo tanto este trabajo es descriptivo y explicativo, descriptivo debido a que se va a dar a conocer la evaluación de la calidad de agua del sistema de riego Chambo – Guano, mientras que explicativo debido a que está orientada en conocer el comportamiento de variables a estudiar (Puyol & Razo, 2016).

2. Procedimiento experimental

El procedimiento para la ejecución del proyecto de investigación se detalla a continuación:

Paso 1. Canal de Riego Chambo – Guano

El canal de riego nace en el río Chambo a 1 km aguas abajo de la unión de los ríos Cebadas y Guamate. En este sector se ubica la Bocatoma del Sistema de riego Chambo – Guano, el mismo que atraviesa por algunas comunidades correspondientes a las parroquias rurales de Riobamba y Guano, las cuales son las principales beneficiarias. El canal termina en el sector de Langos Panamericana y pasa por tubería de acero de Ø 900 mm., dicho sifón de 3 km, hasta Alacao sector Guano, dando el sistema una longitud total de 55 km (ver anexo 7) (Balmaseda & García, 2013).

Se realizaron salidas de campo, con el objetivo de observar la trayectoria y las condiciones que presenta el canal y sus alrededores (Puyol & Razo, 2016).

Paso 2. Elaboración de un mapa de zonificación

El objetivo de realizar un mapa de zonificación es con el fin de determinar los puntos vulnerables por la actividad humana y con ayuda de un GPS ubicamos la posición de

puntos en la trayectoria del canal, para la toma de distintas muestras del canal, se tomó en consideración en inicio de cada zona, empezando por la bocatoma hasta Alacao en el Cantón Guano. Se identificó distintas distancias de cada zona en relación al punto de muestreo. Indicando que existen 10 puntos de muestreo de interés para el proyecto, en su recorrido se evidenció que existen asentamientos humanos, actividades agrícolas, ganaderas, fabricación de productos lácteos, etc.

Para la ubicación de los puntos de muestreo se realizó un recorrido por el Sistema de Riego donde se ubicó y georreferenció cada uno de los sitios requeridos para la toma de muestras, considerando el inicio y el final de cada zona (Figura 1).

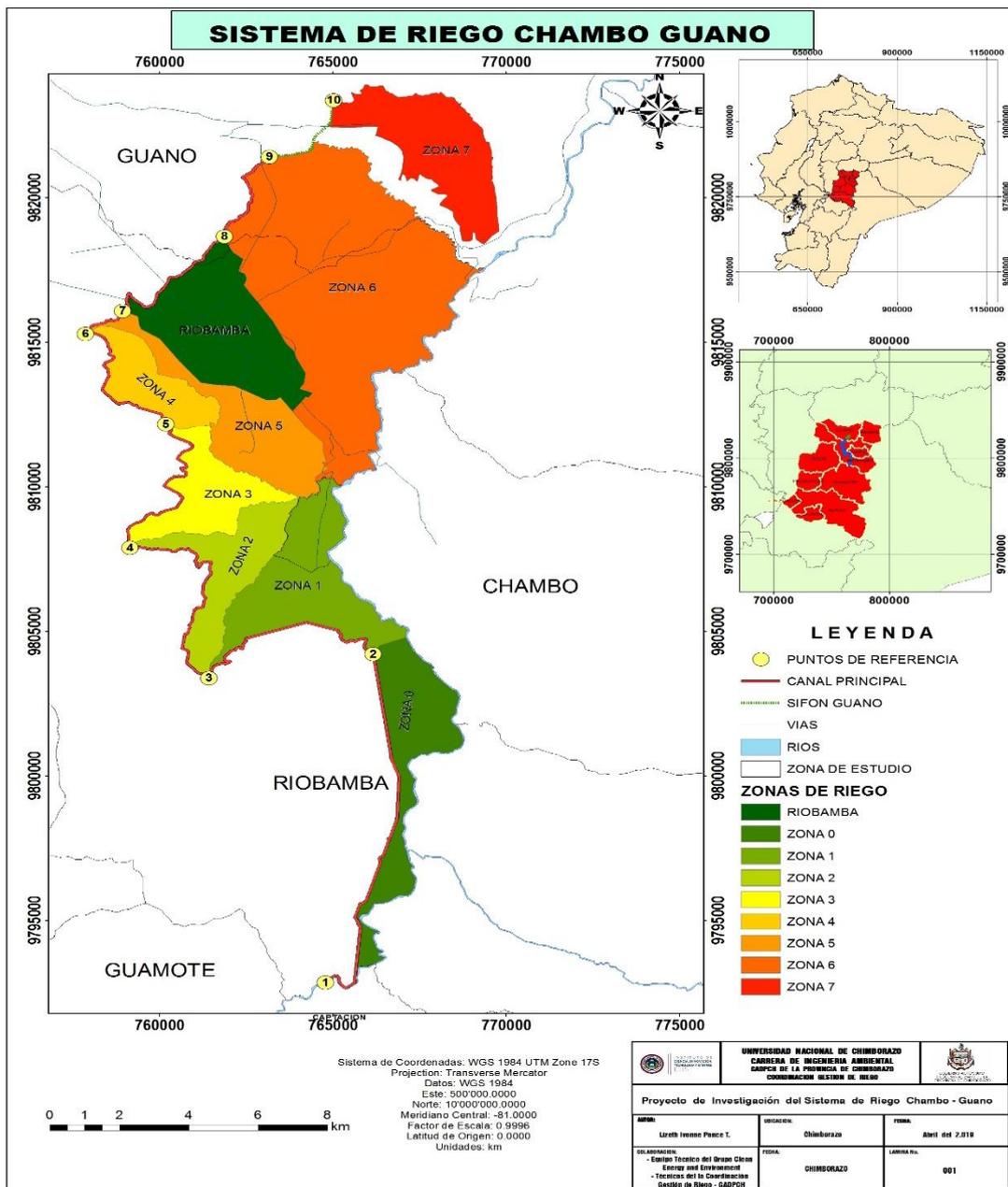


Figura 1. Sistema del canal de Riego Chambo - Guano
 Fuente: El autor

Paso 3. Determinación de los puntos de muestreo

Con la realización del mapa de zonificación se determinó los puntos de control para la determinación de la calidad de agua, en donde se toma en consideración las áreas vulnerables (Puyol & Razo, 2016).

Los puntos de muestreo, se detallan en la Tabla 4 con sus correspondientes coordenadas.

Tabla 4. Puntos de muestreo del canal de riego “Chambo – Guano”

N°	X (m)	Y (m)	PUNTOS DE MUESTREO
1	764786,367	9792846,729	Bocatoma – Ceceles
2	766155,711	9804215,218	Zona 1 – Licto-Molobog
3	761420,043	9803384,167	Zona 2 – Punín
4	759142,469	9807891,933	Zona 3 – Guaslán
5	760176,39	9812162,801	Zona 4 – Yaruquíes
6	757860,551	9815288,839	Zona 5 – San Vicente
7	758934,734	9816089,557	Zona Urbana – Riobamba
8	761875,256	9818667,418	Zona 6 – Riobamba-Guano
9	763171,868	9821417,11	Entrada sifón Guano – Guano
10	765024,383	9823372,504	Zona 7 – Guano

Fuente: El autor

Paso 4. Toma de muestras

Para la toma de muestras, se planificó un horario, en la que se determinó: la semana, los días y la hora. Se determinó que el muestreo se ejecute una vez, en las que se realizó en 1 meses, en 1 semana, 2 días en la mañana respectivamente.

A continuación se detalla los datos de horarios para la respectiva tomas de muestras: (Puyol & Razo, 2016).

- Mes de toma de muestras: Mayo
- Días de medición: 30/05/2019 y 31/05/2019
- Horario de medición: Horas en la mañana.

Paso 5. Determinación de la metodología para muestras de agua de riego

Se tomó en consideración las especificaciones para la toma de muestras de aguas, manejo y conservación en base a las NORMAS INEN (Normalizacion, 2013).

Paso 6. Análisis fisicoquímico

Los análisis de las muestras recolectadas se realizaron en el Laboratorio de Servicios Ambientales perteneciente a la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo, en la que el agua fue caracterizada con el fin de determinar los niveles de

contaminación que ésta posee al determinar los principales parámetros para la determinación de criterios modernos para la evaluación de la calidad de agua para riego (Puyol & Razo, 2016).

3. Técnicas y metodologías de ensayos y parámetros físico-químicos y microbiológicos.

En la Tabla 5 se muestran las técnicas y metodologías de ensayo y parámetros físico-químico y microbiológico que se analizaron en el laboratorio.

Tabla 5. Técnicas y metodologías de ensayo y parámetros físico-químico y microbiológico analizados en el laboratorio

PARAMETRO	UNIDAD	NORMA	METODO
Conductividad Eléctrica	μS/cm	STANDARD METHODS 2550 B	Potenciómetro
Temperatura	°C	STANDARD METHODS 2550 B	Potenciómetro
pH	[H ⁺]	STANDARD METHODS 4500 – H B	Potenciómetro
TDS	mg/l	STANDARD METHODS 2540-C	Potenciómetro
Sulfatos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 SO4-E mod	Fotometría UV
Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Cl-E mod	Titulación
Carbonatos	mg/l	STANDARD METHODS 2320-B	Titulación
Bicarbonatos	mg/l	STANDARD METHODS 2320-B	Titulación
Nitratos	mg/l	STANDARD METHODS 4500 NO3-E mod	Fotometría UV
Calcio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Ca 3111B	Absorción atómica
Sodio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Na - B	Absorción atómica
Magnesio	mg/l	STANDARD METHODS 3500 Mg – 3111B	Absorción atómica
Potasio	mg/l	STANDARD METHODS 4500 K - B	Absorción atómica
Coliformes Totales	NMP/100 ml	STANDARD METHODS 9221 - C	Petri film

Fuente: (Rice, Baird, & Eaton, 2017).

4. Determinación de los parámetros

Los parámetros anteriormente mencionados de los Criterios modernos para la evaluación del agua para riego se realizaron de la siguiente manera:

a) Determinación de Temperatura, OD, Conductividad, pH, TDS

Mediante el uso del multiparámetro se identificó estos parámetros, instalamos el equipo y procedemos a colocar directamente en el agua del canal del Sistema de Riego Chambo – Guano en los diferentes puntos de monitoreo con la que obtendremos directamente los datos correspondientes de cada uno (Carmenates, Hidalgo, Nurse, Mujica, & Paneque, 2013).

b) Determinación de Sulfatos

Se prepara la solución estandarizada de sulfato H_2SO_4 o de Na_2SO_4 para la curva de calibración para la correspondiente medición de absorbancia a una longitud de onda de 420 nm con lo que obtenemos los datos calibrados, luego procedemos a preparar las muestras con los diferentes reactivos, en la que agregamos 10 ml de la muestra en un vaso de precipitación y agregamos 1 ml de buffer y una pisco de cloruro de bario (Rice et al., 2017).

De esta manera realizamos en las muestras restantes, en el mismo vaso precipitación colocamos un magneto para la agitación de las mismas durante 1 min, luego dejamos reposar por 5 min para la respectiva medición de cada una de las muestras (Rice et al., 2017).

c) Determinación de Cloruros

Para la determinación de cloruros se tomaron 25 ml de muestra de agua en un Erlenmeyer, se colocó 3 gotas de indicador Cromato de Potasio en la que agitamos, tomando una coloración amarilla, procedemos a ubicar en el pico de la bureta la misma que esta con el titulante Nitrato de Plata 0,1 ml; en la que procedemos hacer caer gotas y agitamos hasta tener un color ladrillo y procedemos a medir la cantidad de volumen usado del titulante y de esta manera realizamos con las demás muestras (Rice et al., 2017).

d) Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos

Se colocó 25 ml de muestra de agua en un Erlenmeyer, en la que se coloca 5 gotas de indicador de fenolftaleína, agitamos para observar su coloración pero en este caso no cambio de color, se agregó 3 gotas del indicador de naranja de metilo se agito y tomo una coloración naranja en la misma que se deja caer gotas del titulante Ácido Sulfúrico a 0,02 N en la que agitamos hasta tener una coloración rosada y procedemos a medir la cantidad de volumen usado del titulante y de esta manera realizamos con las demás muestras (Rice et al., 2017).

e) Determinación de Nitratos

Se tiene la muestra filtrada 25 ml en un vaso de precipitación, la misma que homogeneizamos las celdas de 10 ml de blanco, en la que fueron colocadas en el espectrofotómetro en la que medirá absorbancia a una longitud de onda de 500 nm. Luego se preparan las muestras con el reactivo HACH Nitrato para cada una de ellas se prepara 2 muestras en la que se deja durante 1 min, agitamos y procedemos a colocar en las celdas, realizamos las respectivas lecturas. Este proceso seguimos en todas las muestras restantes (Rice et al., 2017).

f) Determinación de Calcio, Sodio, Magnesio, Potasio

Estos métodos se realizaron con la ayuda del espectrofotómetro de adsorción, Thermo ICE 3000, cuya metodología es ESTÁNDAR, en la que se usa la muestra teniendo muestras de aguas filtradas de 50 ml y se diluye con diluciones de 1 en 10, para cada una de ellas (Rice et al., 2017).

g) Determinación de Coliformes Totales

Se realizó en el laboratorio de Servicios Ambientales teniendo valores cuya unidad se mide en UFC/1000 (Rice et al., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Análisis de agua

Los resultados de los análisis realizados en los 10 puntos de muestreo a lo largo del canal de riego fueron tomados en: la bocatoma (Ceceles), Licto-Molobog, Punín, Guaslán, Yaruquies, San Vicente, Riobamba, Guano, éstos fueron comparados con la normativa vigente de la calidad de agua para riego para identificar que parámetros exceden en los límites permisibles los cuales se detallan en las siguientes figuras.

A continuación en la Tabla 6 se detalla los puntos de referencia con el respectivo lugar de muestreo.

Tabla 6. Punto de referencia con su correspondiente lugar de muestreo

PUNTO DE REFERENCIA	LUGAR DEL PUNTO DE MUESTREO
P1	Bocatoma – Ceceles
P2	Zona 1 – Licto-Molobog
P3	Zona 2 – Punín
P4	Zona 3 – Guaslán
P5	Zona 4 – Yaruquies
P6	Zona 5 – San Vicente
P7	Zona Urbana – Riobamba
P8	Zona 6 – Riobamba-Guano
P9	Entrada sifón Guano – Guano
P10	Zona 7 – Guano

Fuente: El autor

1.1. pH

Los valores de pH se muestran en la Figura 2, indicando que están dentro de los límites permisibles (6,0 – 8,5), siendo su valor mínimo 6,84 en el punto P10 correspondiente a la Zona 7 - Guano; y su valor máximo 7,07 en los puntos P1: Bocatoma – Ceceles, P2: Zona 1 – Licto-Molobog, siendo estos valores constantes a lo largo del canal.

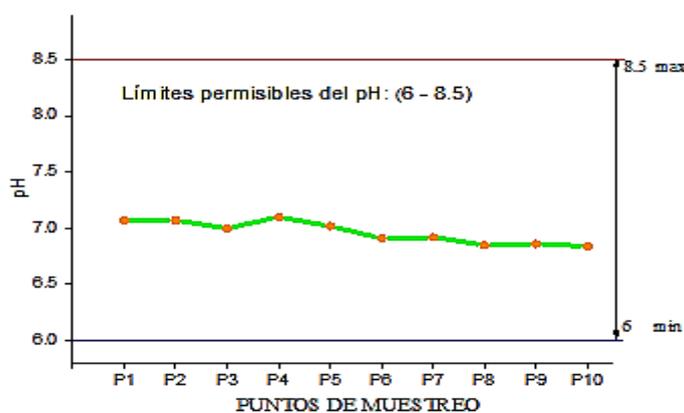


Figura 2. Valores de pH

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo –Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquies, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.2. Temperatura (°C)

En la Figura 3, se aprecia los valores obtenidos de temperatura lo que nos indica que está dentro de los límites permisibles lo que varían entre 5 y 15 °C, siendo su valor mínimo de 12,2 °C en P2 Zona 1 – Licto-Molobog y su valor máximo de 14,8 °C en el P10 Zona 7 - Guano (Sanchez, 2007).

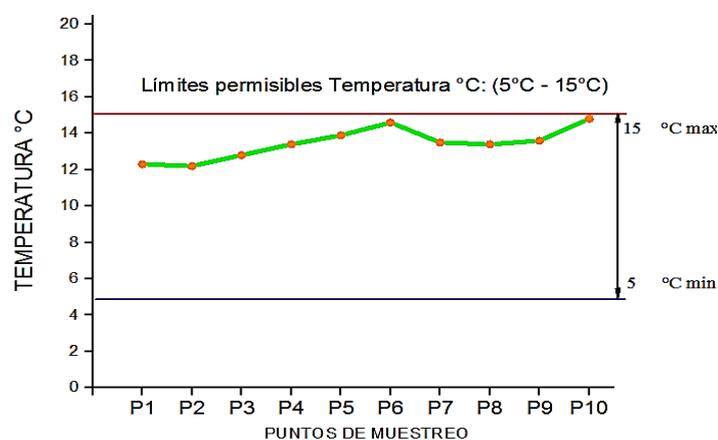


Figura 3. Valores de Temperatura

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.3. Conductividad eléctrica - CE (dS/m)

En la Figura 4, se aprecia los valores de CE lo que nos indica que están dentro de los límites permisibles (0 - 3) dS/m, siendo su valor mínimo 0,13 dS/m en el punto P6 correspondiente a la Zona 5 – San Vicente; y su valor máximo 0,18 dS/m en los puntos P7: Zona Urbana - Riobamba, P8: Zona 6 Riobamba - Guano, P9: Entrada sifón Guano – Guano, siendo estos valores constantes a lo largo del canal, esto significa que son aguas con las que se pueden usar para riego sin ningún problema de causar salinización, lo cual es importante para mantener rendimientos agrícolas adecuados.

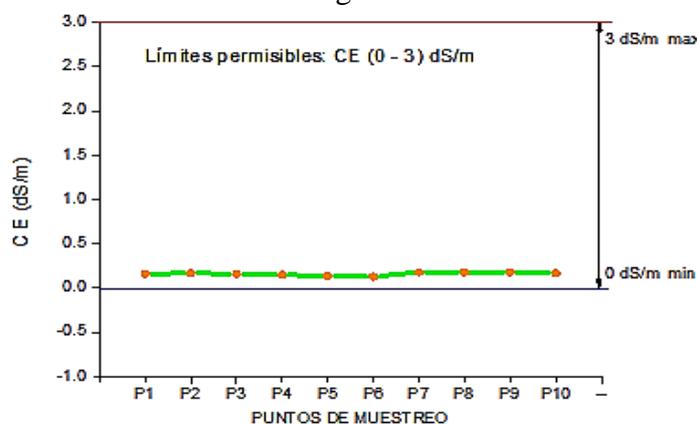


Figura 4. Valores de Conductividad

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.4. Sólidos Disueltos Totales - TSD (mg/l)

En la Figura 5, se aprecia los valores de TSD de los análisis realizados lo que nos indica que están dentro de los límites permisibles (0 - 2000) mg/l, contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo 72,1 mg/l en el punto P5 correspondiente a la Zona 4 – Yaruquíes; y su valor máximo 93,5 mg/l en el punto P7: Zona Urbana Riobamba Guano – Guano.

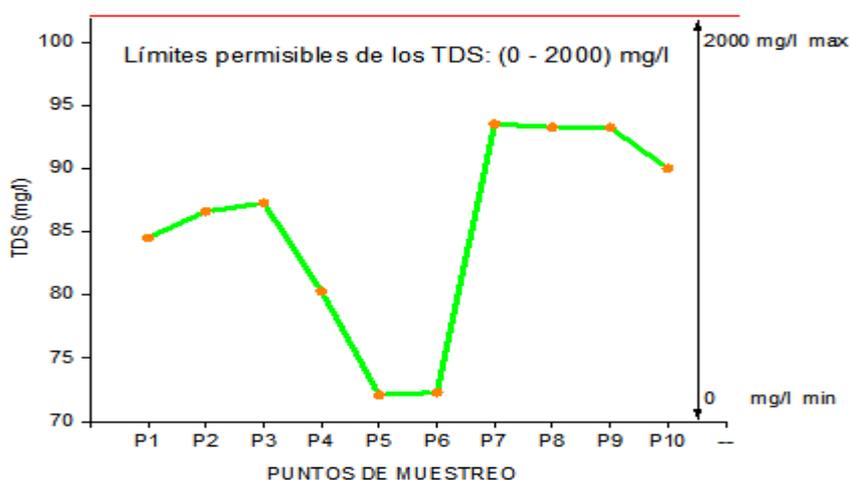


Figura 5. Valores de Sólidos Totales Disueltos

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo – Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.5. Oxígeno Disuelto - OD (mg/l)

En la Figura 6, se aprecia los valores de OD de los análisis realizados indicando que se encuentra dentro del límite máximo permisible según (Acuerdo Ministerial No. 097-A.Nov.2015.), por lo que estos son menores a 9 mg/l; siendo su valor mínimo 5,93 mg/l en P10 Zona 7 – Guano y su valor máximo 7,76 mg/l en P1 Bocatoma Ceceles.

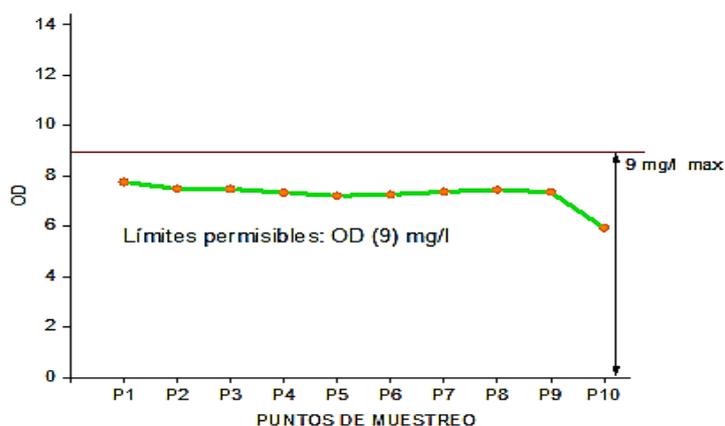


Figura 6. Valores de Oxígeno Disuelto

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.6. Sulfatos - SO_4^- (cmol L^{-1})

En la Figura 7, se aprecia que los valores de Sulfatos, están dentro de los límites permisibles (0 - 20) cmol L^{-1} , contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo 0,0028 cmol L^{-1} en el punto P10 correspondiente a la Zona 7 - Guano; y su valor máximo 0,0038 cmol L^{-1} en el punto P1: Bocatoma – Ceceles.

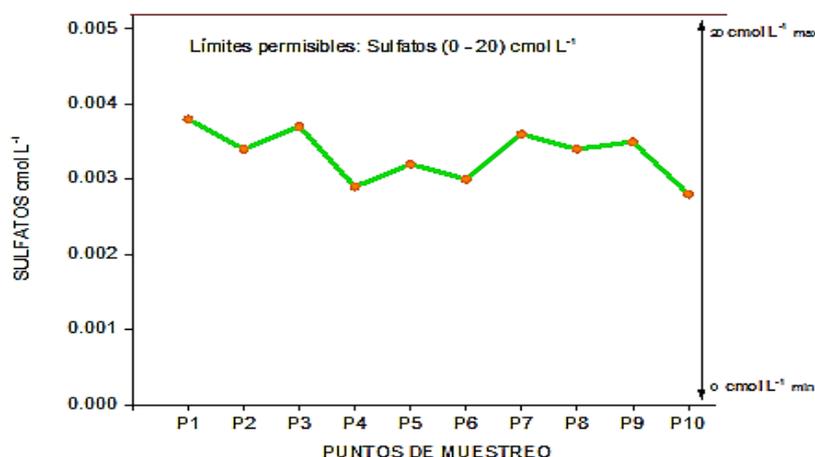


Figura 7. Valores de Sulfatos

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo – Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.7. Nitratos - NO_3^- (cmol L^{-1})

Se puede apreciar en la Figura 8, los valores de Nitratos lo que indica que están dentro de los límites permisibles (0 - 5) cmol L^{-1} , contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo 0,0048 cmol L^{-1} en el punto P1 correspondiente a la Bocatoma – Ceceles; y su valor máximo 0,0113 cmol L^{-1} en los puntos P9 Entrada sifón Guano – Guano y P10 Zona 7 – Guano cuyos valores son constantes.

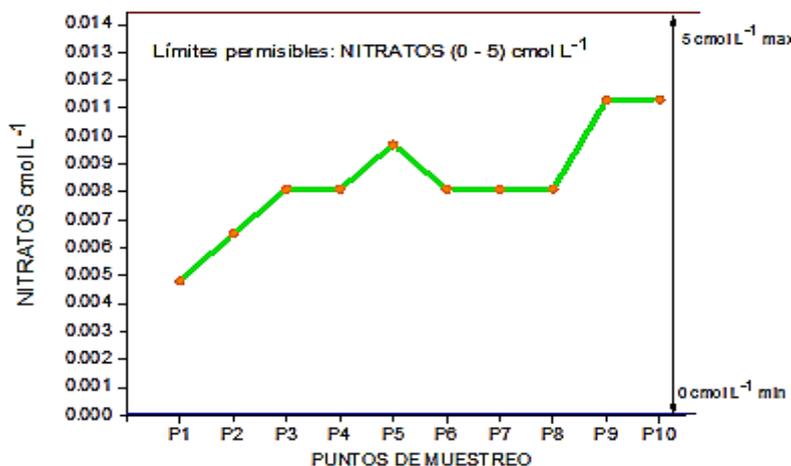


Figura 8. Valores de Nitratos

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.8. Cloruros - Cl⁻ (cmol L⁻¹)

En la Figura 9, se aprecia los valores de Cloruros lo que indica que están dentro de los límites permisibles (0 - 30) cmol L⁻¹, contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo 0,20 cmol L⁻¹ en los puntos P6 Zona 5 – San Vicente y P7 Zona Urbana – Riobamba; su valor máximo 0,27 cmol L⁻¹ en los puntos P2 Zona 1 – Licto-Molobog y P3 Zona 2 – Punín.

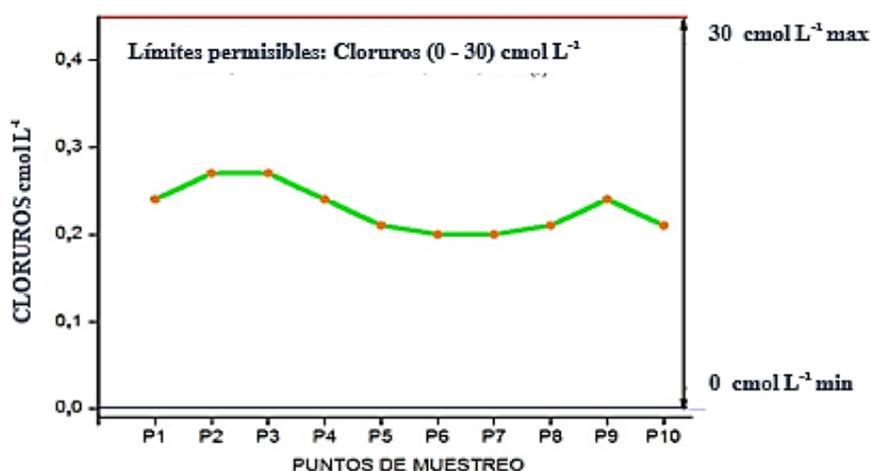


Figura 9. Valores de Cloruros

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo – Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.9. Bicarbonatos - HCO₃⁻ (cmol L⁻¹)

En la Figura 10, se aprecia los valores de Bicarbonatos, lo que indica que están dentro de los límites permisibles (0 - 10) cmol L⁻¹, contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo 1,28 cmol L⁻¹ en el punto P5 correspondiente a la Zona 4 – Yaruquíes, su valor máximo 1,80 cmol L⁻¹ en el punto P9 correspondiente a la entrada sifón Guano – Guano.

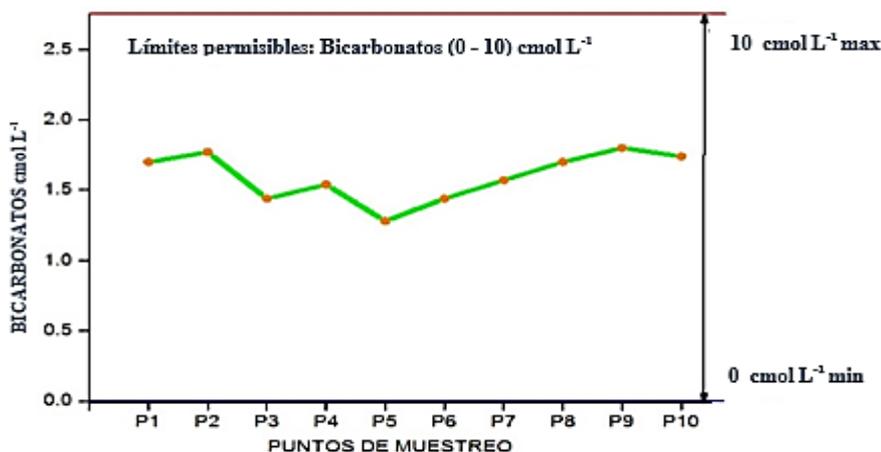


Figura 10. Valores de Bicarbonatos

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.10. Calcio - Ca^{++} (cmol L^{-1})

En la Figura 11, se aprecia los valores de Calcio lo que indica que están dentro de los límites permisibles ($0 - 20$) cmol L^{-1} , contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo $0,13\text{cmol L}^{-1}$ en el punto P4 correspondiente a la Zona 3 – Guaslán, su valor máximo $0,28\text{ cmol L}^{-1}$ en el punto P9 entrada sifón Guano – Guano.

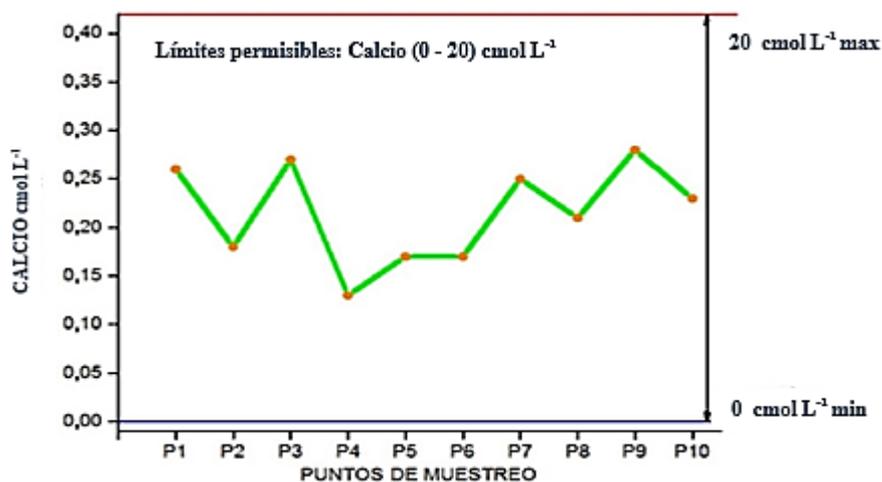


Figura 11. Valores de Calcio

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.11. Sodio - Na^+ (cmol L^{-1})

En la Figura 12, se aprecia los valores obtenidos de Sodio lo que indican que están dentro de los límites permisibles ($0 - 40$) cmol L^{-1} , contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo $0,70\text{ cmol L}^{-1}$ en los puntos P5 correspondiente a la Zona 4 – Yaruquíes y su valor máximo $3,0\text{ cmol L}^{-1}$ en el punto P1 Bocatoma – Ceceles.

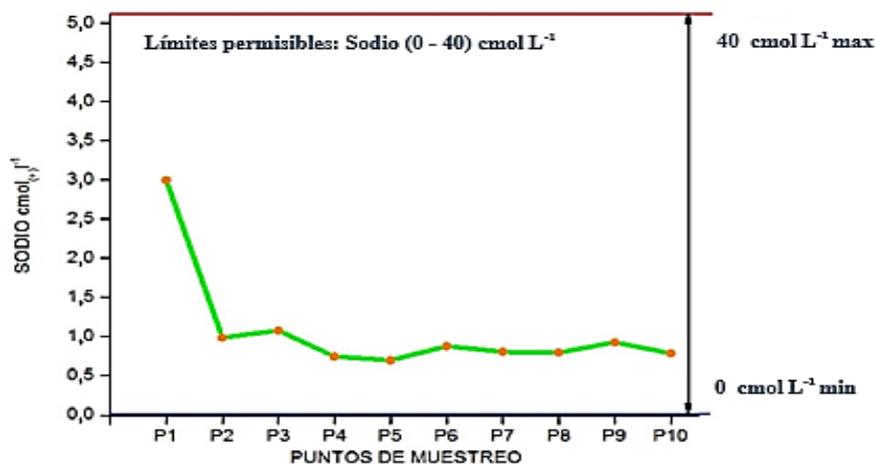


Figura 12. Valores de Sodio

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.12. Magnesio - Mg^{++} ($cmol L^{-1}$)

En la Figura 13, se aprecia los valores obtenidos de Magnesio lo que indican que están dentro de los límites permisibles ($0 - 5$) $cmol L^{-1}$, contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo $0,32$ $cmol L^{-1}$ en el punto P6 correspondiente a la Zona 5 – San Vicente y su valor máximo $0,55$ $cmol L^{-1}$ en el punto P3 Zona 2 – Punín.

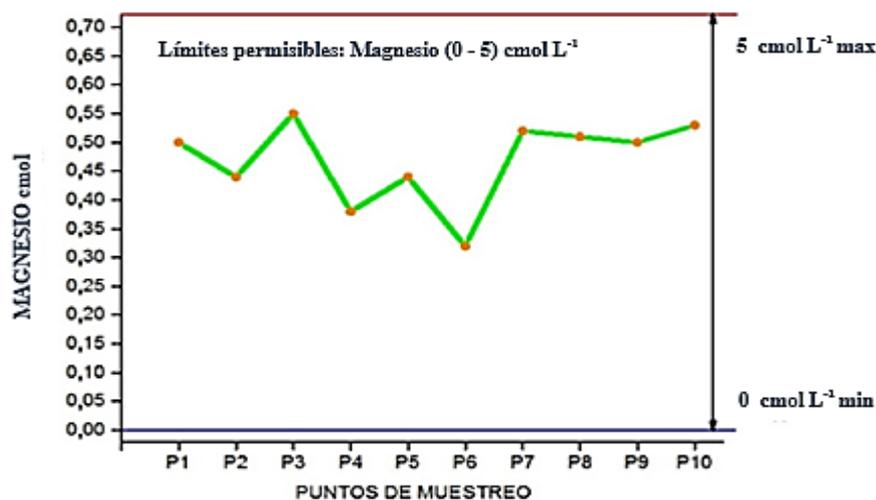


Figura 13. Valores de Magnesio

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.13. Potasio - K^{+} ($cmol L^{-1}$)

En la Figura 14, se aprecia los valores obtenidos de Potasio lo que indica que están dentro de los límites permisibles ($0 - 0,2$) $cmol L^{-1}$, contando con valores inferiores, siendo su valor mínimo $0,01$ $cmol L^{-1}$ en los puntos P4 Zona 3 – Guaslán, P6 Zona 5 – San Vicente, P8 Zona 6 – Riobamba-Guano, P9 Entrada sifón Guano – Guano y su valor máximo $0,03$ $cmol L^{-1}$ en el punto P7 Zona Urbana – Riobamba.

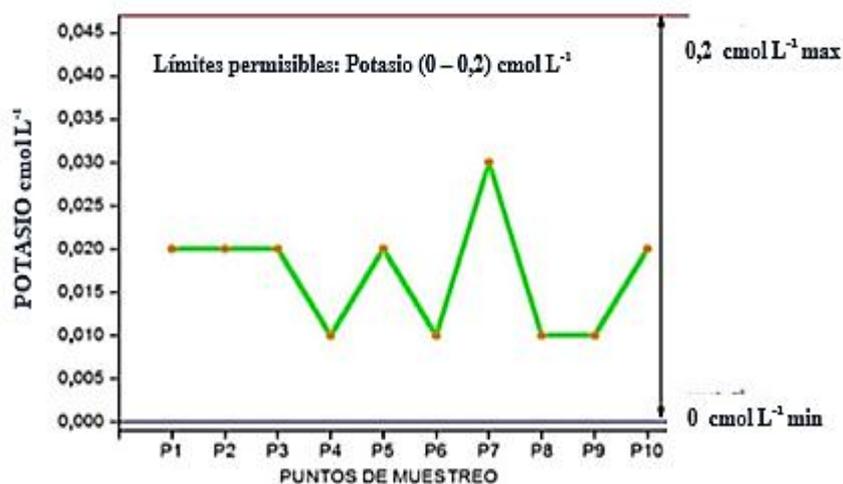


Figura 14. Valores de Potasio

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.14. RAS $[\text{cmol L}^{-1}]^{1/2}$

En la Figura 15, se aprecia los valores obtenidos del RAS en la zona de estudio el cual indica que todos están dentro de los límites permisibles (0 – 15) $[\text{cmol L}^{-1}]^{1/2}$; a excepción del punto P1 Bocatoma – Ceceles que mostro un valor de 15,7 $[\text{cmol L}^{-1}]^{1/2}$. Este ligero incremento se debe a la presencia de sales disueltas como el Sodio, Magnesio y Calcio, que a su vez ocasionan la disminución de la porosidad del suelo (García, 2015).

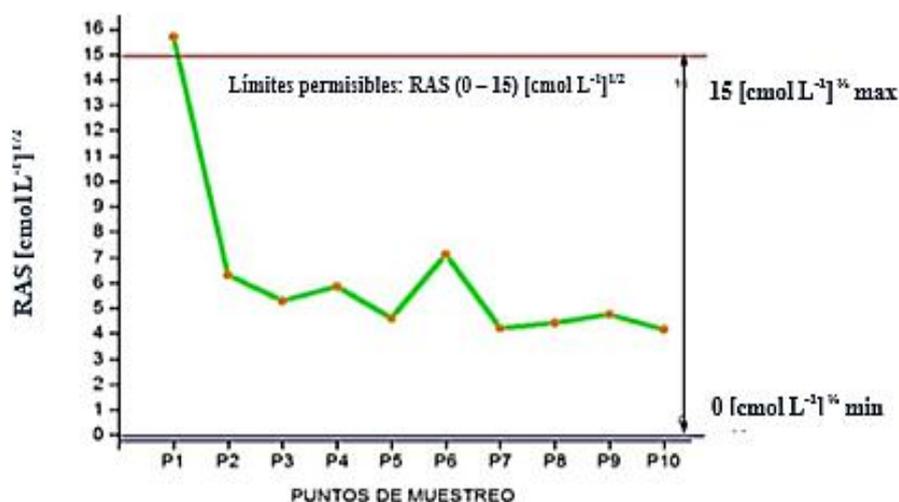


Figura 15. Valores del RAS

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo – Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

1.15. Coliformes Totales UFC/100ml

En la Figura 16, se aprecia los valores obtenidos de Coliformes Totales lo que indican que está dentro del límite permisible siendo su valor mínimo de 39UFC/100ml en P5 Zona 4 – Yaruquíes y su valor máximo 148 UFC/100ml en P1 Bocatoma – Ceceles.

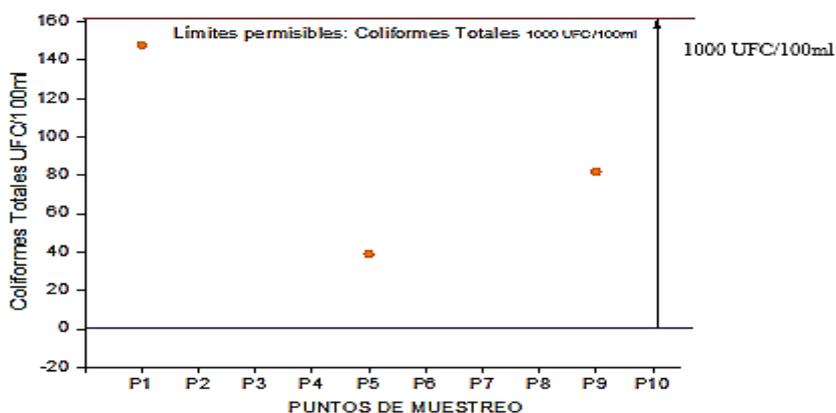


Figura 16. Valores de Coliformes Totales

En las diferentes zonas de muestreo del Sistema de Riego Chambo - Guano, correspondientes a los puntos: P1 Bocatoma - Ceceles, P2 Zona 1 – Licto Molobog, P3 Zona – Punín, P4 Zona 3 - Guaslán, P5 Zona 4 – Yaruquíes, P6 Zona 5 – San Vicente, P7 Zona Urbana – Riobamba, P8 Zona 6 – Riobamba - Guano, P9 Entrada sifón Guano - Guano y P10 Zona 7 – Guano. Fuente: El autor

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

El estudio exploratorio de la calidad de agua del Sistema de Riego Chambo – Guano, se desarrolló exitosamente mediante los criterios modernos para la evaluación del agua para riego, mediante un muestreo puntual por lo que no permite aseverar las condiciones del canal a lo largo del tiempo.

Los 10 puntos de monitoreo fueron establecidos mediante el recorrido del Sistema de Riego Chambo – Guano, considerando las diferentes Zonas que está dentro del Sistema de Riego y los puntos vulnerables, con la información impartida por los técnicos de la Coordinación de Riego

Los valores se mantuvieron dentro del rango de la normativa vigente de: pH (6 – 8,5), Conductividad Eléctrica (0 - 3) dS m⁻¹ en todos los puntos de muestreo.

En cuanto a los valores de la temperatura se puede decir que están dentro de los límites aceptables entre 5 °C – 15°C lo que corresponde a temperatura ambiente para agua de riego.

Los valores de Sólidos totales disueltos en todos los puntos de muestreo que fueron analizados están dentro de los límites (0 – 2000) mg l⁻¹ de la normativa vigente

Valores obtenidos y comparados con los correspondientes límites de: Sulfatos (0 – 20) cmol L⁻¹, Cloruros, (0 – 30) cmol L⁻¹, Bicarbonatos (0 - 10) cmol L⁻¹, y Nitratos, se puede decir que en todos los puntos de muestreo están dentro de la Normativa vigente.

El grupo de Cationes cuyos rangos de los límites permisibles son: Calcio (0 - 20) cmol L⁻¹, Magnesio (0 - 5) cmol L⁻¹, Sodio (0 - 40) cmol L⁻¹ y Potasio (0 – 0.2) cmol L⁻¹, indican que los valores obtenidos están dentro de la normativa vigente.

El valor del RAS se mantuvo dentro de los valores (0 - 15) [cmol L⁻¹]^{1/2}, excepto en el punto 1 que el valor del RAS fue de 15,7 [cmol L⁻¹]^{1/2} superando por 0.7 [cmol L⁻¹]^{1/2} correspondiente al valor permisible de 15.

Los valores de Coliformes Totales en los puntos de selección para muestreo están dentro de los límites permisibles contando con valores bajos en relación al rango usual de 1000 UFC/100 ml

Los valores analizados en la zona de estudio indican que en el punto P1 Bocatoma Ceceles es una de las zonas más vulnerables o contaminadas en comparación con los puntos restantes ya que presenta su valor más alto en el RAS.

Sin embargo el estudio ayuda a evidenciar posibles contaminaciones y el estado de agua de riego.

2. Recomendaciones

- Se propone a los entes encargados del Sistema de Riego Chambo Guano realizar un muestreo más detallado y continuo, para verificar si los resultados se mantienen o cambian.
- Se recomienda realizar un estudio espacial y temporal como un estudio mínimo de 5 años de la calidad de agua en la Subcuenca del río Chambo ya que de este nace el Sistema de Riego, de esta forma obtener datos que complementan con la calidad de agua y con ello una mayor certeza en cuanto a su calidad y cantidad, incluyendo estudios de suelos, caudal, etc.

BIBLIOGRAFIA

- Acán, A. (2011). Diseño de un Sistema de Tratamiento para la Disminución de Sólidos en el Sistema de Riego Chambo Guano. Sector Langos Panamericana La Capilla. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1672/1/96T00144.pdf>
- Acosta, J., & Salvadori, J. (2017). *Evaluación de la calidad de agua para riego mediante el empleo de criterios actualizados*.
- Acuerdo Ministerial No. 097-A.Nov.2015.
- Balmaseda, C., & García, Y. (2013). Calidad de las aguas de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas para el riego. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 68–73. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193228546011.pdf>
- Carmenates, D., Hidalgo, Y., Nurse, O., Mujica, A., & Paneque, P. (2013). *Influencia de la calidad del agua para el riego en las obturaciones de los emisores en Ciego de Ávila*. 22(1), 36–38. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v20n3/rcta03311.pdf>
- Castellón, J., Bernal, R., & Hernández, M. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39–50.
- CYTED. (2016). Indicadores de contaminación fecal en aguas - Cap. 20. *Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración Del Agua*, 224–229. Retrieved from http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
- De Aragón, G. (2012). *Calidad de agua de riego - Programa operativo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de Aragón, 2007–2013*.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* Retrieved from <http://www.fao.org/3/i1629s/i1629s.pdf>
- GADPCH. (2012). *Proyecto del Sistema de Riego Chambo - Guano de la provincia de Chimborazo*. Riobamba.
- GADPCH. (2015). Plan Provincial de Riego y Drenaje. *Journal of Pet Animal Nutrition*, 18(2), 117–120. https://doi.org/10.11266/jpan.18.2_117

- GADPCH. (2016). *Sistema de riego Riego Chambo - Guano*. Riobamba.
- García, A. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. *IAH*, 7, 27–36.
- García, Y. (2015). Calidad del agua con fines de riego. *Revista Digital de Medio Ambiente*, 35.
- Herrera, V., Gutiérrez, N., Córdova, S., Marín, J., Idelfonso, M., Flores, A., & Romero, L. (2018). Calidad del agua subterránea para el riego en el Oasis de Pica, norte de Chile. *IDESIA*, 32, 181–191.
- JURECH. (2018). *Junta de riego Chambo - Guano Chingazos*. Riobamba.
- MAGAP. (2012). Plan Nacional de Riego y Drenaje . Subsecretaría de Riego y Drenaje . Quito -Ecuador.
- Masseroni, M., Aumassanne, C., Sartor, P., Zamora, C., & Fontanella, D. (2018). *Calidad del agua para riego: Situación histórica y actual del río Colorado*. 40(2), 44–53.
- Normalizacion, I. E. (2013). INEN. Obtenido de INEN: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf>
- Ponce, W. (1982). *INERHI 1982-1.pdf*. Riobamba.
- Puyol, J., & Razo, A. (2016). *Determinación de la calidad de agua del Sistema de Riego “Chi-Pungales” y su incidencia en la producción de maíz de la comunidad Pungal Santa Marianita del cantón Guano*. UNACH.
- Redondo, M. . (2017). *Interpretación de un análisis de agua para riego*. Retrieved from <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>
- Rice, E., Baird, B., & Eaton, A. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.).
- Sanchez, G. (2007). *Diseño y Protección de un Sistema de tratamiento fisicoquímico y microbiológico para el agua del cantón Chambo*. Retrieved from <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/4305/1/20T00092.pdf>
- Secretaría del Agua. (2018). *Sentencia*. Riobamba.

- Toasa, F. (2012). Validación de los métodos de ensayo para fenoles, tensoactivos, sólidos suspendidos y total de sólidos disueltos(TDS). Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/894/1/T-UCE-0017-19.pdf>
- Valles, M., Ojeda, D., Guerrero, V., Prieto, J., & Sánchez, E. (2017). Calidad del agua para riego en una zona Nogalera del Estado de Chihuahua. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 33(1), 85–97. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.08>
- Villar, J., Pascual, M., Rufat, J., & Villar, P. (2015). El impacto del riego en la calidad del agua de drenaje en una nueva zona regable. *Ingeniería Del Agua*, 19(4), 241. <https://doi.org/10.4995/ia.2015.4113>

ANEXOS

Anexo 1. LÍNEA BASE

El sistema de riego nace en 1924, el proyecto arranca como iniciativa privada y es en 1930 cuando la ex Corporación de Fomento con el Municipio de Riobamba se involucran en el proyecto y generan una nueva administración (JURECH, 2018).

Los pocos avances realizados hasta ese entonces tomó vida en 1948 con la construcción de 11km, alcanzando hasta la parroquia Licto, luego de algunos años finalizó la primera etapa del canal principal, con 63.5 km de recorrido sin revestimiento (JURECH, 2018).

Es aquí, el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos, INERHI, creado en 1966 tiene entre sus finalidades determinadas en la ley de creación, el ejecutar el Plan Nacional de Riego y Saneamiento y actuar como el organismo rector de las políticas hídricas en el país (Ponce, 1982)

A lo largo de los años los beneficiarios han sido parte de una larga trayectoria en cuanto a los cambios en gestión de este sistema, en la actualidad en un contexto de transferencia de los roles es el Gobierno Provincial (Prefecto-Viceprefecta) en conjunto con los usuarios y los directivos de las más de 100 juntas locales quienes son los responsables del éxito del Sistema de Riego (JURECH, 2018).

Anexo 2. UBICACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO (GADPCH, 2012)

- Cantón: Riobamba, Guano.
- Parroquia: Licto, Punín, San Luis, Yaruquíes, Matriz del Cantón Riobamba y La matriz del cantón Guano.
- Unidad Hidrográfica: Río Pastaza
- Microcuenca: Dren del Río Chambo
- Subcuenca: Río Chambo
- Comunidades beneficiarias según zonas
 - Zona 0: Tzetzeñag, Guaruñaac, Shugchibu, Pungalbug.
 - Zona 1: Molobog, Tunshi San Miguel, Tunshi San Pedro, Tunshi San Javier, Tunshi La Politécnica, Tunshi San Nicolás, Pantus, Pantaño.
 - Zona 2: San Isidro, Santa Bárbara, Guaslán-Siguilan, Chuipe, Chuipe Pangualazo, Calle Sique, Pichipu, Pacunshi, Rumipamba Santa Bárbara, Corazón de Jesús, Monjas Tunshi, Punín.
 - Zona 3: Guaslán, San Antonio, San Vicente de Tiazo Candelaria, Tiazo Bajo.
 - Zona 4: María Auxiliadora, Sicao, Shuyo Santa Cruz, Shuyo Pedregal, Yaruquíes Tarazana, El Elen, Batan Chibunga, Santa Cruz, Shuyo, Batan.
 - Zona 5: Libertad San Luis, San Luis Colegio, Panecillo, La Inmaculada.
 - Zona 6: El Troje, San Gerardo, El Socorro, La Libertad, Magdalena-El Rosal, La Unión, La Victoria, La Florida, San Vicente de Lacas, Langos Panamericana, Olte San Francisco, Yuigan San Gerardo, Pisin San Francisco, Sauces Mirador, Yuigan Los Elenes, Jesús del Gran Poder, Olte San Pedro, San Martín de Veranillo, Porlon, Langos Chico, San Pedro de Langos, Langos San Miguel, San Clemente, Socorro Alto, Cubijíes.
 - Zona 7: Alacao, Ela, Miraflores-Tuncahuán.

Anexo 3. CAUDAL ADJUDICADO AL SISTEMA DE RIEGO CHAMBO – GUANO
(Secretaría del Agua, 2018).

SECRETARIA DEL AGUA. DEMARCACION HIDROGRAFICA DE PASTAZA.

CENTRO DE ATENCION AL CIUDADANO DE RIOBAMBA, Dentro del proceso No. 5788-2017-E.S.-A.O., a fs125.

Mediante la resolución administrativa de autorización de uso y aprovechamiento del recurso hídrico de fecha 13 de febrero de 2008, la Secretaría Nacional del Agua, Agencia Riobamba, dentro del proceso signado con el No 5788-2006, resolvió conceder el derecho de aprovechamiento en un caudal de 5000 l/s, de las vertientes provenientes del río Chambo, a favor de las Juntas de Usuarios del Sistema de Riego Chambo Guano para riego de 5.673 hectáreas, encargado al Abg. Mariano Curicama Guamán en calidad de prefecto de la Provincia de Chimborazo (Secretaría del Agua, 2018).

Dentro de las consideraciones de orden técnico recomienda: **SEPTIMO**.- Que a fs. 620 a 621vta., dentro del proceso signado con el número 5788-2006-C, consta la resolución administrativa de Segunda Instancia, emitida el 2 de Julio de 2009, en la que el numeral 5 de la parte resolutive se dispone: “Ampliar la resolución y autorizar el derecho de uso y aprovechamiento de las aguas del Río Chambo a favor de la Corporación de Juntas de Regantes del sistema de Riego Chambo, en el caudal de **5.898,4 l/s, para riego de 7.373 has, con una dosis promedio de riego de 0,80 l/s/ha** en atención a la diferente calidad de los suelos en las ocho zonas que comprende el sistema. 6.- Se debe entender que el caudal autorizado servirá para riego de las 5.673has que pertenecen a los regantes de la Corporación de Juntas de Regantes del Sistema de Riego Chambo: y a las 1.700 has que pertenecen a los regantes del Consorcio de Comunidades Chambo Guano...” (Secretaría del Agua, 2018).

a. Consejo Nacional de Competencias – Resolución 008-CNC-2011

Que la Constitución Política de la República crea una nueva organización político-administrativa del Estado ecuatoriano en el territorio con el objeto de consolidar un nuevo régimen de desarrollo, centrado en el buen vivir, que incremente las potencialidades, capacidades y vocaciones de los gobiernos autónomos descentralizados a través de la profundización de un modelo de autonomías y

descentralización que aporte en la construcción de un desarrollo justo y equilibrado de todo el país (GADPCH, 2016).

Que la transferencia de la competencia de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales consolida los principios de subsidiariedad, solidaridad, unidad, complementariedad, equidad interterritorial, participación ciudadana y, en especial, el de sustentabilidad del desarrollo, pues contribuye a la dinamización económico-productiva de los territorios y al fortalecimiento de su tejido social (Secretaría del Agua, 2018).

Que la Constitución de la República y el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización crearon el sistema nacional de competencias con el objeto de organizar las instituciones, planes, programas, políticas y actividades relacionadas con el ejercicio de las competencias que corresponden a cada nivel de gobierno guardando los principios de autonomía, coordinación, complementariedad y subsidiariedad. (Secretaría del Agua, 2018).

Que la Constitución de la República en su artículo 269, número 1, establece que el sistema nacional de competencias contará con un organismo técnico que tendrá la función de regular el procedimiento y el plazo máximo de transferencia de las competencias exclusivas, que de forma obligatoria y progresiva deberán asumir los gobiernos autónomos descentralizados (Secretaría del Agua, 2018).

Que la Constitución de la República en sus artículos 313 y 314, establece al recurso agua como sector estratégico y al Estado como responsable de la provisión del servicio público de riego, para lo cual garantizará que dicho servicio y su provisión respondan a principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad (Secretaría del Agua, 2018).

Que el artículo 117 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización -COOTAD- establece que el organismo técnico del Sistema Nacional de Competencias será el Consejo Nacional de Competencias.

Que el literal b) del artículo 119 del COOTAD I e atribuye al Consejo Nacional de Competencias la función de organizar e implementar el proceso de descentralización.

Que el artículo 105 del COOTAD define a la descentralización de la gestión del Estado como la transferencia obligatoria, progresiva y definitiva de competencias, con los respectivos talentos humanos y recursos financieros, materiales y tecnológicos. (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Arts. 119, literal j) del COOTAD, dispone monitorear y evaluar de manera sistemática, oportuna y permanente la gestión adecuada de las competencias transferidas.

Que el Art. 119, literal p) del COOTAD establece la necesidad realizar evaluaciones anuales de los resultados alcanzados en la descentralización de competencias a cada uno de los niveles de gobierno, así como balances globales del proceso, que serán socializados entre los diferentes niveles de gobierno y ciudadanía (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Art. 263, número 5, de la Constitución de la República, en concordancia con el literal e) del Art. 42 del COOTAD, dispone que es competencia exclusiva de los gobiernos provinciales planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego (Secretaría del Agua, 2018).

Que el artículo 128 del COOTAD establece que todas las competencias se gestionarán como un sistema integral que articula los distintos niveles de gobierno y por lo tanto serán responsabilidad del Estado en su conjunto.

Que el Art. 133 del COOTAD desarrolla con mayor detalle la competencia de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego, disponiendo que los gobiernos autónomos descentralizados provinciales elaboren y ejecuten planes de riego locales de conformidad con las políticas de desarrollo rural territorial y fomento productivo, agropecuario y acuícola que establezca la entidad rectora de esta materia y los lineamientos del plan nacional de riego y del plan de desarrollo del gobierno autónomo descentralizado respectivo, en coordinación con la autoridad única del agua, las organizaciones comunitarias involucradas en la gestión y uso de los recursos hídricos y los gobiernos parroquiales rurales; además establece que el plan de riego deberá cumplir con las políticas, disponibilidad hídrica y regulaciones técnicas emitidas por la autoridad única del agua, enmarcarse en el orden de prelación constitucional del uso del agua y ser acorde con la zonificación del uso del suelo del territorio y la estrategia nacional agropecuaria y acuícola (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Art. 133 del COOTAD, a partir de su inciso tercero, establece los lineamientos del modelo de gestión general de la competencia de riego, en ese sentido determina que el servicio de riego será prestado por personas jurídicas estatales o comunitarias, para lo cual los gobiernos autónomos descentralizados provinciales podrán delegar la gestión de mantenimiento y operación de los sistemas de riego al gobierno parroquial rural o a las organizaciones comunitarias, coordinarán con los sistemas comunitarios de riego y establecerán alianzas entre lo público y comunitario para fortalecer su gestión y funcionamiento. Para el caso de sistemas de riego que involucren a dos o más provincias, la competencia será gestionada por la autoridad única del agua, el ente rector de política agropecuaria y acuícola y la mancomunidad que deberá conformarse para el efecto; en caso de sistemas de riego binacionales, la responsabilidad de esta competencia será del gobierno central con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales de las circunscripciones involucradas y de conformidad con los convenios internacionales respectivos (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Artículo 267 de la Constitución de la República del Ecuador, señala en el numeral 6, que es una competencia exclusiva de los gobiernos parroquiales rurales el promover la organización de los ciudadanos de las comunas, recintos y demás asentamientos rurales, con carácter de organizaciones territoriales de base. (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Artículo 267 de la Constitución de la República del Ecuador, señala en el numeral 8, señala que es una competencia exclusiva de los gobiernos parroquiales rurales el vigilar la ejecución de las obras y la calidad de los servicios públicos (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Artículo 146 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, señala que en el ejercicio de las competencias de promoción de la organización ciudadana y vigilancia de la ejecución de obras y calidad de los servicios públicos los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales, promoverán la organización de recintos, comunidades, comités barriales, organizaciones ciudadanas y demás asentamientos rurales en todos los ejes temáticos de interés comunitario; y establecerán niveles de coordinación con las juntas administradoras de agua potable, de riego, cabildos y comunas (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Artículo 146 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, señala además que en el ejercicio de sus competencias exclusivas los gobiernos parroquiales rurales deberán promover la participación ciudadana en los procesos de consulta vinculados a estudios y evaluaciones de impacto ambiental; en la toma de decisiones y en la vigilancia sobre la gestión de los recursos naturales que puedan tener incidencia en las condiciones de salud de la población y de los ecosistemas de su respectiva circunscripción territorial (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Artículo 146 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, señala también que le corresponde al gobierno parroquia rural vigilar, supervisar y exigir que los planes, proyectos, obras y prestación de servicios a la comunidad que realicen organismos públicos y privados dentro de su circunscripción territorial, cumplan con las especificaciones técnicas de calidad y cantidad, así como el cumplimiento de los plazos establecidos en los respectivos convenios y contratos. El ejercicio de la vigilancia será implementada con la participación organizada de los usuarios y beneficiarios de los servicios. (Secretaría del Agua, 2018).

Que el artículo 125 del COOTAD establece que los gobiernos autónomos descentralizados son titulares de las nuevas competencias exclusivas constitucionales, las cuales se asumirán e implementarán de manera progresiva conforme lo determine el Consejo Nacional de Competencias (Secretaría del Agua, 2018).

Que el literal a) del artículo 154 del COOTAD determina que el proceso de transferencia progresiva de competencias iniciará con la elaboración de un informe del estado de situación de la ejecución y cumplimiento de la competencia a ser descentralizada, un informe de los recursos financieros existentes para la gestión de la competencia y un informe de capacidad operativa de los gobiernos autónomos descentralizados para asumir las nuevas competencias (Secretaría del Agua, 2018).

Que el literal b) del artículo 154 del COOTAD dispone que se integrará una comisión técnica de costeo de competencias que identificará los recursos necesarios correspondientes a las competencias y presentará un informe vinculante al Consejo Nacional de Competencias; informe que deberá considerar las diferencias de escala en los costos según las densidades de población, así como la cuantificación de los déficits financieros que servirán para definir las políticas y mecanismos para compensar los desequilibrios territoriales en el procesos de desarrollo (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Consejo Nacional de Competencias mediante resolución No. 00002-CNC-2011 de 24 de marzo de 2011, solicitó al Ministerio de Agricultura, Acuacultura y Pesca que elabore el informe del estado de situación de la ejecución y cumplimiento de la competencia de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego; al Consorcio de Consejos Provinciales del Ecuador que presente el informe de capacidad operativa de los Consejos Provinciales para planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego; y al Ministerio de Finanzas que presente el informe de recursos existentes para la gestión de la competencia de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego (Secretaría del Agua, 2018).

Que el Consejo Nacional de Competencias mediante resolución No. 0000S-CNC-2011 de 12 de mayo de 2011, y una vez que recibió los tres informes habilitantes detallados en el párrafo anterior, integró la comisión técnica sectorial de costeo para la transferencia de la competencia de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego a favor de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales de conformidad con lo dispuesto en el Art.123 del COOTAD (Secretaría del Agua, 2018).

Que la comisión técnica sectorial de costeo para la transferencia de la competencia de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego, entregó el informe de costeo de la competencia en mención.

En uso de sus facultades constitucionales y legales constantes en literal d) del Art. 154 y en el literal f) del artículo 119 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.

Resuelve

Art 29.- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo.- Transfiérase al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo lo siguiente:

1.- La rectoría local, la regulación, la planificación, el control y la gestión, en los sistemas Chambo – Guano y en los demás sistemas de Riego públicos que en el futuro se construyan (GADPCH, 2016).

La gestión comunitaria del riego en Chimborazo – JURECH

La sostenibilidad agrícola, tema de importancia mundial, debido a que en este sector se juega un papel vital en los suministros de alimentos, especialmente para las ciudades;

en la actualidad existe preocupación por la preservación de las condiciones ambientales y la creación de políticas de fomento a la agricultura. (JURECH, 2018)

b. LA JURECH

Marco legal - Normativa

La JURECH está regida por las siguientes leyes y normativas existentes en el país: Constitución de la República del Ecuador en su art. 12 que resalta el derecho humano al agua como fundamental e irrenunciable, así mismo como patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescindible, inembargable y esencial para la vida (JURECH, 2018).

Art. 318. El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias (JURECH, 2018).

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria de acuerdo con la ley (JURECH, 2018).

A su vez, la LEY ORGANICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL AGUA, en su Art. 47.- describe a las juntas de riego, como organizaciones comunitarias sin fines de lucro que tiene por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua (JURECH, 2018).

EL REGLAMENTO A LA LEY ORGÁNICA DE RECURSO HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL AGUA, en el Art. 40 también se refiere a las juntas de Riego las cuales deben reconocer y aplicar el derecho humano al agua de acuerdo como se regula en la Ley y su reglamento (JURECH, 2018).

De igual forma, en el CAPITULO II de este reglamento se habla sobre el INSTRUCTIVO PARA LA CONFORMACIÓN Y LEGALIZACIÓN DE JUNTAS DE RIEGO Y/O DRENAJE las cuales se conforman con un mínimo de cinco miembros, en base a la normativa vigente; la Secretaría del Agua promoverá e incentivará la asociatividad de beneficiarios (JURECH, 2018).

c. Organigrama Estructural

En la Figura 17, se observa el Organigrama estructural de la Asamblea General de la JURECH.

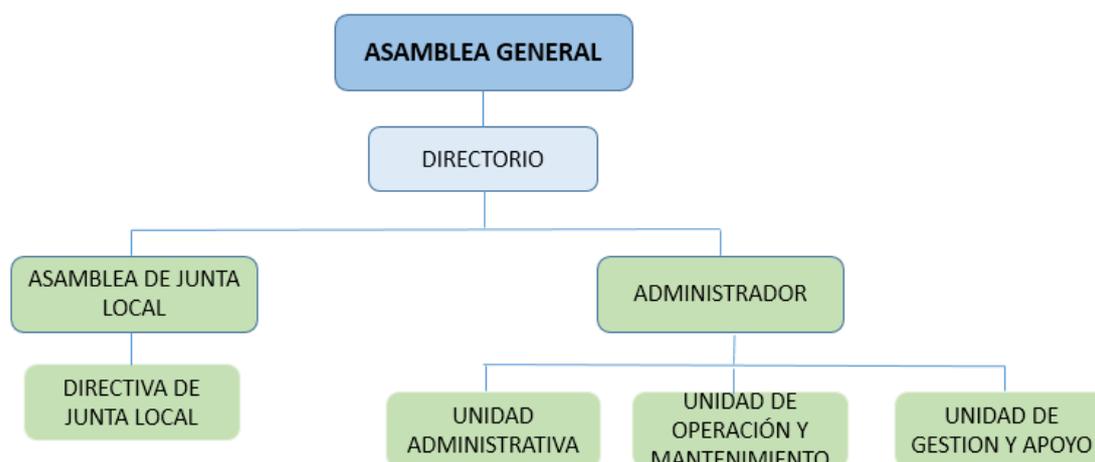


Figura 17. Organigrama Estructural
Fuente (JURECH, 2018).

Anexo 4. SECCIONES DEL CANAL

En LA Figura la 18, se muestra las diferentes secciones a lo largo del canal estudiado

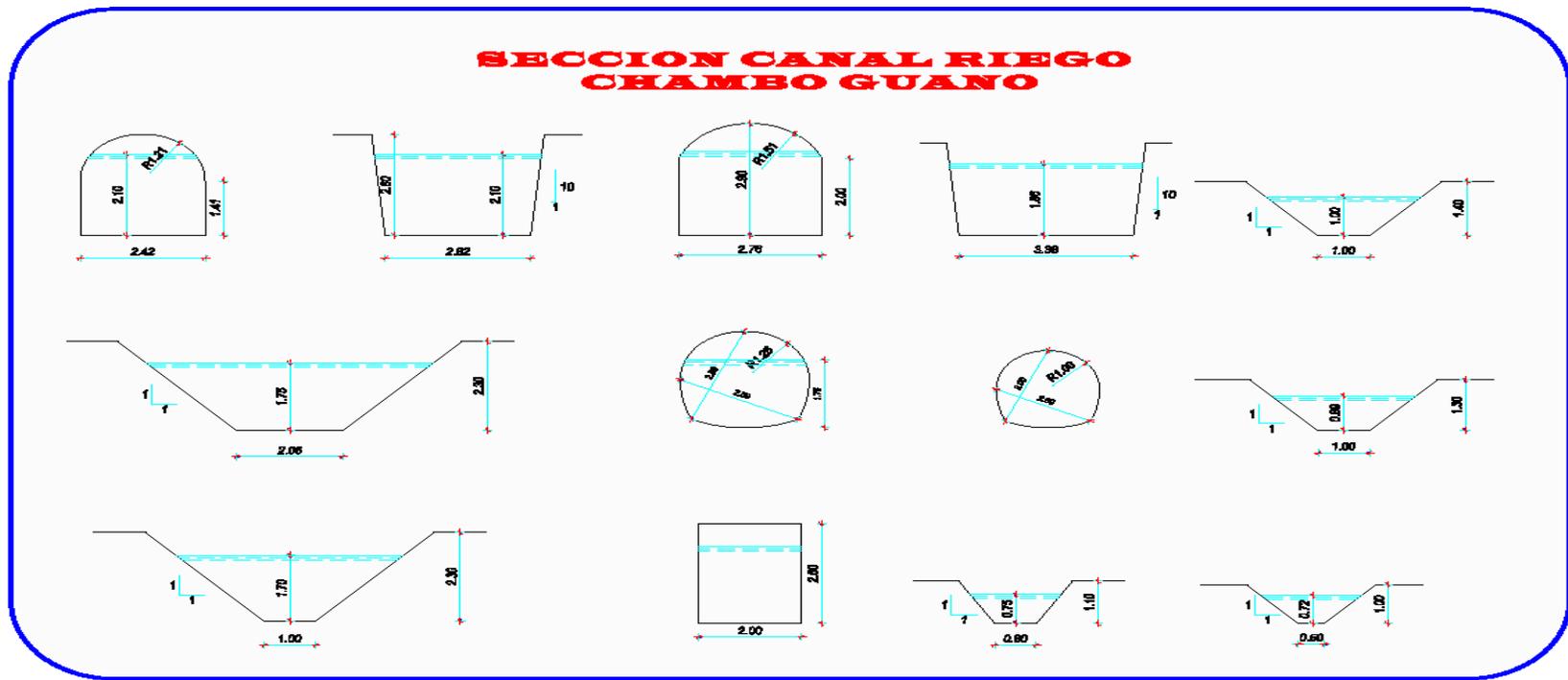


Figura 18. Secciones canal de riego
Fuente. El autor

Anexo 5. CAUDAL DE LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL DEL SISTEMA DE RIEGO CHAMBO – GUANO

Para la medición del caudal correspondiente al canal, se usa la regleta en la que se tomará las mediciones respectivas.

En la Figura 19, se observa la regleta para medir el caudal.



Figura 19. Regleta para medir el caudal
Fuente. El Autor

Anexo 6. CONTROL DE LECTURAS DEL CAUDAL DEL SISTEMA DE RIEGO CHAMBO – GUANO, SEGÚN LA MARCACIÓN DE LA REGLETA.

En la Tabla 7 se puede observar las lecturas del caudal de la Bocatoma

Tabla 7. Lectura del caudal de la Bocatoma

BOCATOMA CHAMBO GUANO			
LECTURA	CAUDAL		
3,0	3,37	m ³ /s	3368,49 l/s
3,5	3,61	m ³ /s	3606,04 l/s
4,0	3,85	m ³ /s	3847,58 l/s
4,5	4,09	m ³ /s	4093,53 l/s
5,0	4,34	m ³ /s	4343,16 l/s
5,5	4,60	m ³ /s	4596,38 l/s
6,0	4,85	m ³ /s	4852,83 l/s
6,5	5,11	m ³ /s	5112,02 l/s
7,0	5,37	m ³ /s	5373,66 l/s
7,5	5,64	m ³ /s	5635,65 l/s
8,0	5,90	m ³ /s	5898,92 l/s
8,5	6,16	m ³ /s	6159,23 l/s
9,0	6,42	m ³ /s	6419,01 l/s
9,5	6,66	m ³ /s	6662,87 l/s
10,0	6,90	m ³ /s	6902,84 l/s

Fuente. El Autor

Anexo 7. Toma de puntos del Canal del Sistema de Riego Chambo – Guano de la provincia de Chimborazo.

En la Figura 20, se observa la ubicación de los diferentes puntos de muestreo a lo largo del canal.

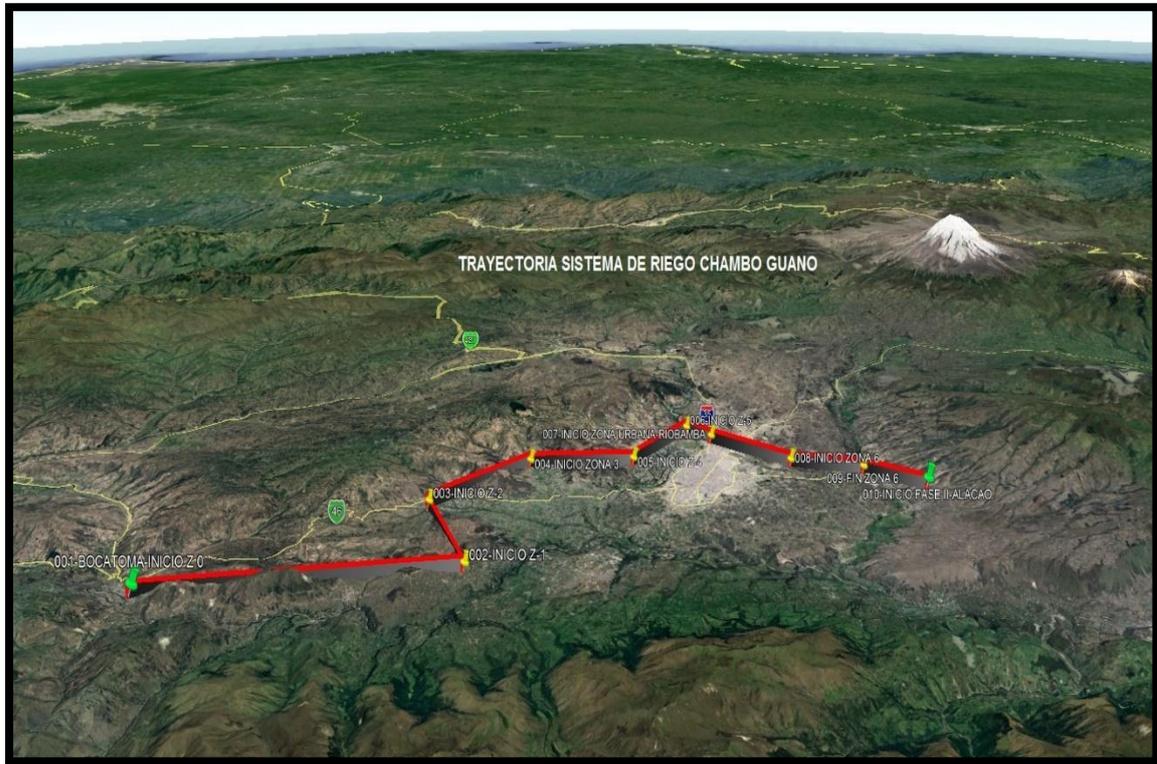


Figura 20. Ubicación de puntos en el Google Earth
Fuente: El autor

Anexo 8. ZONIFICACION, PUNTOS DE MUESTREO

ZONA 0 – SECTOR CECELES



a. Zona 0 – Sector Ceceles, Bocatoma del Sistema de Riego Chambo Guano de la Provincia de Chimborazo

Fuente: Autor



b. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona 0 del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

ZONA 1 – SECTOR LICTO MOLOBOG



c. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona 1 del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

ZONA 2 – SECTOR PUNÍN



d. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona 2 del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

ZONA 3 – SECTOR GUASLÁN



e. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona 3 del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

ZONA 4 – SECTOR YARUQUÍES



f. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona 4 del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

ZONA 5 – SECTOR SAN VICENTE



g. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona 5 del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

ZONA URBANA – RIOBAMBA



h. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona Urbana -
Riobamba del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

ZONA 6 - SECTOR RIOBAMBA GUANO



- i. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona 6 del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

ZONA 7 – SECTOR GUANO



- j. Recorrido, zonificación de puntos de muestreo del canal en la Zona 7 del Sistema de Riego Chambo - Guano

Fuente: Autor

Anexo 9. TOMA DE MUESTRAS

ZONA 0 – SECTOR CECELES



a. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Zona 0

Fuente: Autor

ZONA 1 – SECTOR LICTO MOLOBOG



b. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Zona 1

Fuente: Autor

ZONA 2 – SECTOR PUNIN



c. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Zona 2

Fuente: Autor

ZONA 3 – SECTOR GUASLAN



d. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Zona 3

Fuente: Autor

ZONA 4 – SECTOR YARUQUIES



e. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Zona 4

Fuente: Autor

ZONA 5 – SECTOR SAN VICENTE



f. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Zona 5

Fuente: Autor

ZONA URBANA RIOBAMBA



g. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Zona Urbana
Riobamba

Fuente: Autor

ZONA 6 – SECTOR RIOBAMBA GUANO



- h. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Zona6 Urbana
Riobamba

Fuente: Autor

ENTRADA SIFÓN GUANO – GUANO



- i. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Entrada sifón
Guano - Guano

Fuente: Autor

ZONA 7 – SECTOR GUANO



- j. Toma de muestra de agua del punto de muestreo del canal en la Entrada sifón
Guano - Guano

Fuente: Autor

Anexo 10. ANALISIS DE LAS MUESTRAS IN SITU Y EN EL LABORATORIO



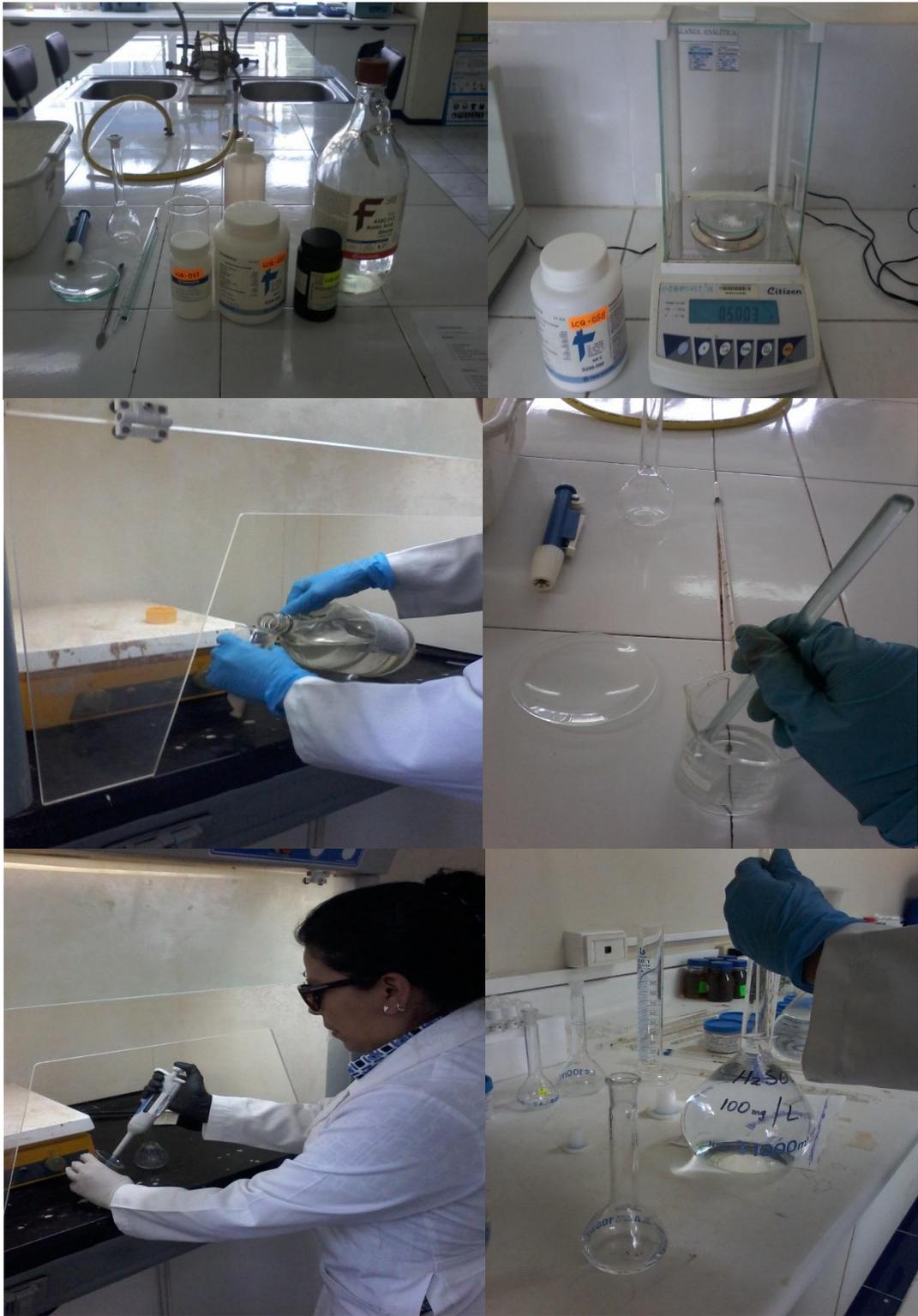
- a. Analisis de las muestras in situ de Temperatura, OD, CE.

Fuente: Autor



b. Toma de datos de TDS, pH.

Fuente: Autor



c. Preparacion de los reactivos Buffer A y una solucion de sulfato para sulfatos

Fuente: Autor



d. Medición de las muestras para la determinación de sulfatos

Fuente: Autor



e. Medición de las muestras para la determinación de cloruros por titulación

Fuente: Autor



f. Medición de las muestras para la determinación de bicarbonatos y carbonatos por titulación

Fuente: Autor



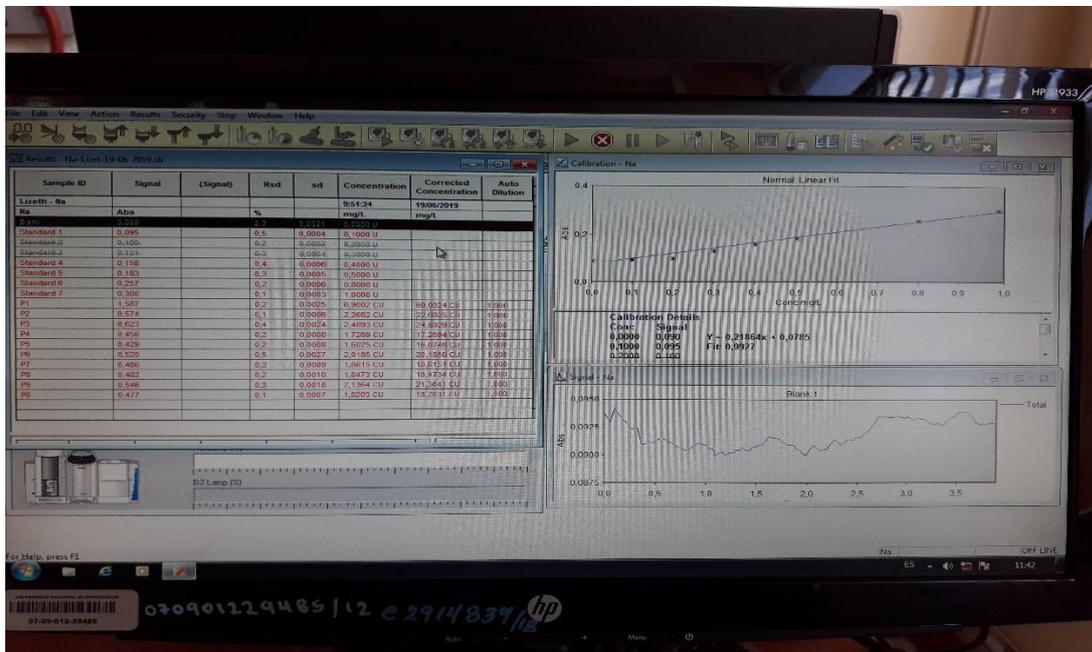
g. Medición de las muestras para la determinación de nitratos por absorbancia

Fuente: Autor



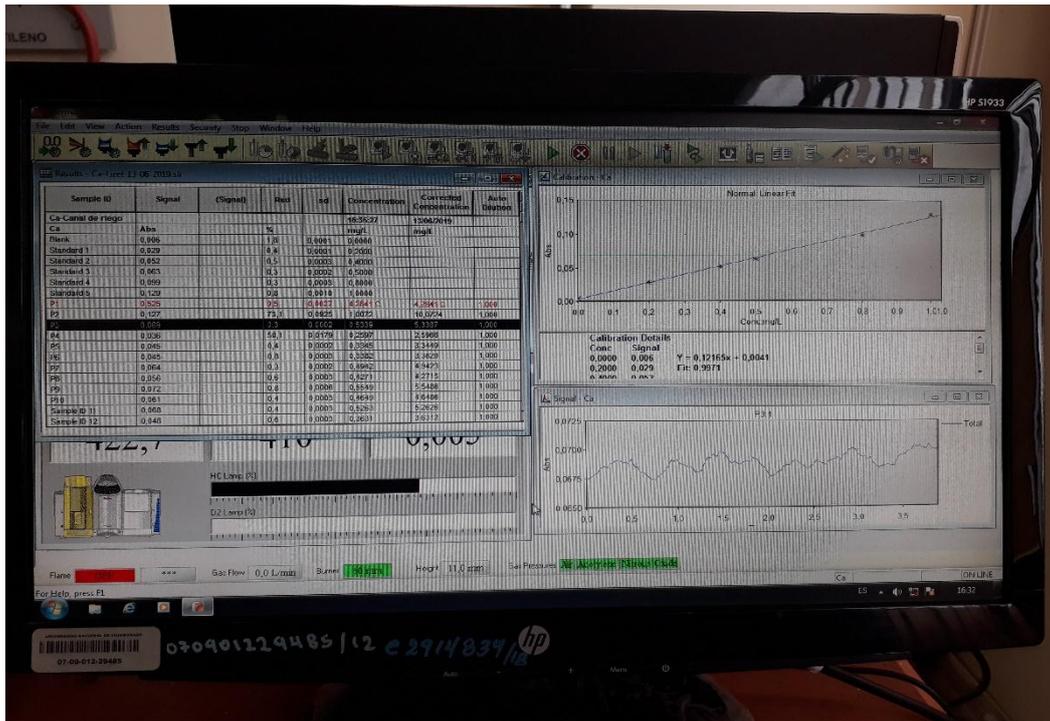
h. Equipo espectrofotómetro de adsorción, Thermo ICE 3000 de medición para las muestras de Ca, Na, K y Mg.

Fuente: Autor



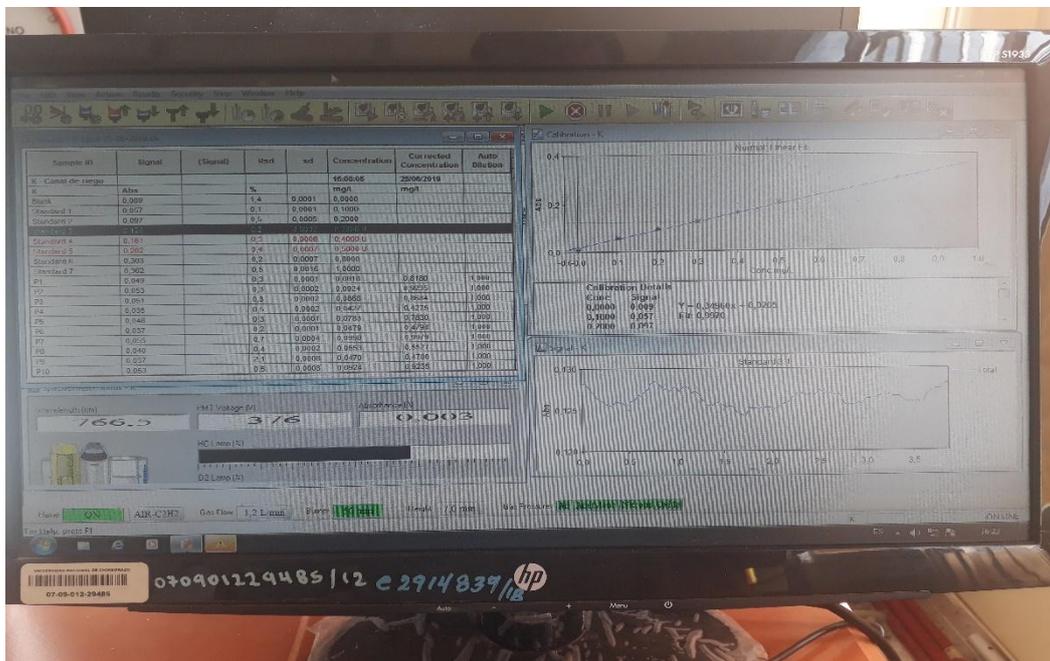
i. Datos de Ca, arrojados por el espectrofotómetro de adsorción de las muestras respectivas.

Fuente: Autor



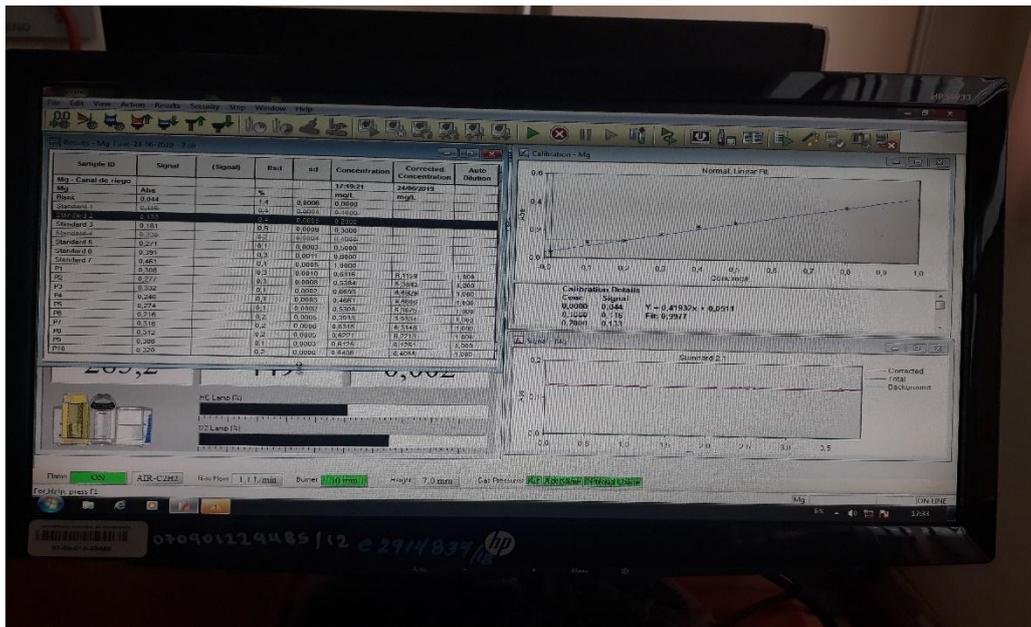
j. Datos de Na, arrojados por el espectrofotómetro de adsorción de las muestras respectivas.

Fuente: Autor



k. Datos de K, arrojados por el espectrofotómetro de adsorción de las muestras respectivas.

Fuente: Autor



1. Datos de Mg, arrojados por el espectrofotómetro de adsorción de las muestras respectivas.

Fuente: Autor



- m. Resultados de Coliformes Totales de la muestra de agua de la Bocatoa Zona 0 – Sector Ceceles

Fuente: Autor



n. Resultados de Coliformes Totales de la muestra de agua de la Zona 4 -
Yaruquies

Fuente: Autor



o. Resultados de Coliformes Totales de la muestra de agua de la Entrada sifón
Guano

Fuente: Autor