



**Universidad Estatal Península de Santa
Elena**

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



CALIDAD DE AGUA DE POZOS EN LA PARROQUIA COLONCHE

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Ronnie Nikolai Tigrero Tomalá.

La Libertad, 2021



**Universidad Estatal Península de Santa
Elena**

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria



**CALIDAD DE AGUA DE POZOS EN LA PARROQUIA
COLONCHE**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Ronnie Nikolai Tigrero Tomalá

Tutor: Ing. Carlos Eloy Balmaseda Espinosa, PhD.

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
DIRECTORA DE CARRERA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

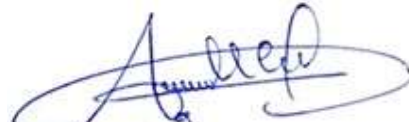


Ing. Ángel León Mejía, MSc.
PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Carlos Eloy Balmaseda Espinosa,
Ph. D

PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Verónica Cristina Andrade
Yucailla, Ph. D

PROFESOR GUÍA DE LA UIC
SECRETARIO/A

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme, brindarme salud, dándome la convicción y fortaleza necesaria de culminar mis estudios universitarios.

A mi familia, especialmente a mi hermana Karina Tigrero y su esposo Francisco González, quienes estuvieron apoyándome y brindándome buenos consejos en todo el transcurso de mi carrera. De igual manera a mis demás hermanos quienes son pilares fundamentales, gracias por sus palabras de aliento, que me motivan a seguir firme en mis objetivos.

A mi novia, Ruth Mero, quien me ha apoyado incondicionalmente, me ha acompañado y ayudado en todos mis proyectos, me ha motivado y animado a continuar adelante para alcanzar mis metas. También le doy gracias a la familia de ella, quienes son grandiosas personas y han aportado de la mejor manera en mi vida.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, facultad de Ciencias Agrarias, carrera de Agropecuaria, que cuenta con docentes son de calidad y han impartir sus conocimientos, guiándonos, para convertirnos en profesionales para la sociedad.

A mi tutor, el ingeniero Carlos Balmaseda Espinoza, quien considero uno de los mejores miembros que tiene la institución, una gran persona, en todo sentido de la palabra, le agradezco su amabilidad, respeto y confianza, por ser mi tutor y brindarme su apoyo durante el desarrollo de este proyecto. De igual manera, a docentes que estimo mucho y fueron piezas claves, para el desarrollo de conocimientos, al ing. Antonio Mora y Miguel Lema.

A mis compañeros de la universidad y demás personas que he conocido durante el transcurso de mis estudios.

Gracias a todos los que formaron parte del trayecto para mi formación académica.

Ronnie Tigrero Tomalá

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por haberme brindado salud e inteligencia necesaria para culminar mis estudios universitarios. A mi madre, que descanse en paz, por haberme dado la vida, todos mi logros y metas, son a su nombre. A mi hermana y su esposo, quienes me han apoyado y motivado a seguir con mis estudios en todo momento. A mi Tía y demás hermanos quien me han cuidado, guiado, llenado de consejos y de buenos valores, desde que era un niño. A mi novia y su familia, por su generosidad y extenderme su mano cuando lo he necesitado. A mi tutor del proyecto de integración curricular, por ser un gran profesional y excelente persona. A mis compañeros de la universidad y personas que han aportado su granito de arena en mi etapa de estudiante de la UPSE.

Dedico este trabajo a todos los que forman parte de mi vida y me han brindado su apoyo para obtener mi título universitario.

Ronnie tigrero Tomalá

RESUMEN

En algunas comunidades de la provincia de Santa Elena, la principal fuente de trabajo, es la producción agropecuaria, para lo cual, el agua es fundamental para el desarrollo y productividad de sus cultivos, dicho recurso, en varias zonas rurales, se obtiene por medio de aguas subterráneas. Sin embargo, las características que poseen éstas, en ocasiones, no son las más aptas para suplir las necesidades que requiere una especie vegetal. El siguiente estudio se centró en varias comunidades de la parroquia Colonche, perteneciente de cantón Santa Elena, con el objetivo de evaluar la calidad de agua que tienen diferentes pozos, a través de la medición de parámetros como: la conductividad eléctrica y el pH, el valor de la conductividad eléctrica, se midió por medio por un conductímetro portátil y el valor del pH, se midió utilizando un peachímetro digital de mano, el primer paso del estudio consistió en determinar los puntos de muestreo para luego elaborar una base de datos en el software Qgis, posteriormente se realizó una evaluación de calidad de las aguas con respecto a los valores que indican los parámetros tomados, seguidamente se procedió con la comparación de los valores de la conductividad eléctrica de la muestra de pozo, junto con el umbral de tolerancia que poseen los cultivos de la zona, determinando así, si este es adecuado para el riego de los sembríos, a base de aquello, se llevó a cabo la elaboración de una tabla de cultivos recomendados para el uso de esas aguas, según su calidad.

Palabras claves: Aguas subterráneas, conductividad eléctrica, pH, umbral de tolerancia.

ABSTRACT

In some communities of the province of Santa Elena, the main source of work is agricultural production, for which, water is essential for the development and productivity of their crops, this resource, in several rural areas, is obtained through of groundwater. However, the characteristics that these possess, sometimes, are not the most suitable to meet the needs that a plant species requires. The following study focused on several communities of the Colonche parish, belonging to the Santa Elena canton, with the objective of evaluating the quality of water that different wells have, through the measurement of parameters such as: electrical conductivity and pH, the The electrical conductivity value was measured by means of a portable conductivity meter and the pH value was measured using a handheld digital meter. Qgis software, later an evaluation of the water quality was carried out with respect to the values indicated by the parameters taken, then proceeded with the comparison of the values of the electrical conductivity of the well sample, together with the tolerance threshold that have the crops in the area, thus determining, if it is adequate for the irrigation of crops, based on that, the elaboration of a table of crops recommended for the use of these waters, according to their quality.

Keywords: Groundwater, electrical conductivity, pH, tolerance threshold.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and strokes, positioned above a horizontal line.

Firma digital del estudiante

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
	CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1	Agua subterránea destinada al riego.....	4
1.2	Calidad de agua de riego	4
1.3	Protección de aguas subterráneas	4
1.4	Salinidad	5
1.4.1	Salinidad en el agua.....	5
1.4.2	Salinidad en el suelo.....	6
1.4.3	Conductividad eléctrica.....	7
1.4.4	Medición de conductividad eléctrica.....	8
1.4.5	Tolerancia de cultivos a la salinidad	8
1.4.6	Factores que condicionan los efectos de la salinidad	10
1.4.7	Tratamientos a problemas de salinidad.	10
1.5	Relación de adsorción de sodio	13
1.5.1	Diagrama de Wilcox.....	13
1.5.2	Clasificación de aguas por salinidad y por RAS	14
1.6	pH.....	15
1.6.1	pH en el agua.....	16
1.6.2	Causas de variación del pH en el agua	16
1.7	Indicadores de calidad de agua de riego	16
1.7.1	Salinidad efectiva	16
1.7.2	Salinidad potencial	17
1.7.3	Índice de saturación de Langelier.....	17
2	CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1	Ubicación y descripción del lugar.....	19
2.2	Materiales.....	19
2.2.1	Base de datos	19

2.2.2	Medición de parámetros	19
2.2.3	Comparación de los cultivos con la conductividad eléctrica	20
2.2.4	Medidas para el uso del agua destinada a riego según su calidad	20
2.3	Metodología	20
2.3.1	Determinación de los puntos de muestreo	20
2.3.2	Identificación del punto de muestreo	20
2.3.3	Parámetros del muestreo	21
2.3.4	Muestreo.....	21
2.3.5	Base de datos	21
2.3.6	Análisis del agua	21
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1	Base de datos	22
3.1.1	Estructura de la base de datos.....	22
3.1.2	Base de datos digitalizada	23
3.2	Estimación de calidad de agua.....	28
3.2.1	Análisis de la conductividad eléctrica de pozos	28
3.2.2	Análisis de la conductividad eléctrica de muestras de río	29
3.2.3	Análisis del pH en los pozos	30
3.2.4	Análisis del pH en las muestras de río.....	31
3.3	Comparación de la conductividad eléctrica y tolerancia de los cultivos	31
3.3.1	Tolerancia a la salinidad de cultivos en el estudio	31
3.3.2	Análisis de la comparación conductividad eléctrica del pozo y tolerancia los cultivos en estudio 32	
3.4	Propuestas de para el buen uso de aguas de pozo	35
3.4.1	Propuesta de cultivos para el riego con agua de pozos.....	35
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
	Conclusiones	38
	Recomendaciones	38
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
	ANEXOS	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales iones contenidos en el agua de riego	6
Tabla 2. Clasificación de las aguas para riego según su conductividad eléctrica.....	7
Tabla 3. Factor de corrección de la conductividad eléctrica con la temperatura	8
Tabla 4. Tolerancia de cultivos a la salinidad.....	9
Tabla 5. Umbral de tolerancia a la salinidad.....	10
Tabla 6. Clasificación del ISL según su valor	18
Tabla 7. Capas utilizadas para la base de datos	22
Tabla 8. Clasificación de la tabla de atributos de las capas muestras de pozos y muestras de río.....	22
Tabla 9. Datos obtenidos en el muestreo	24
Tabla 10. Datos obtenido en el muestreo del Río Piedras.....	27
Tabla 11. Evaluación la calidad del agua de los pozos estudiados, según su conductividad eléctrica (dS/m a 25° C).....	28
Tabla 12. Evaluación de la calidad de agua de las muestras de río, según su conductividad eléctrica (dS/m a 25° C).....	29
Tabla 13. Clasificación de las aguas de pozo de acuerdo a su pH.....	30
Tabla 14.. clasificación de las muestras de río de acuerdo a su pH.....	31
Tabla 15. Tolerancia a la salinidad de cultivos que existen en los lugares de muestreo	32
Tabla 16. Comparación de conductividad eléctrica y tolerancia a la salinidad de los cultivos.....	33
Tabla 17. Cultivos que son adecuados para el riego según la conductividad eléctrica de cada pozo.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración de sales en el suelo.....	7
Figura 2. Curva de necesidades de lavado.....	11
Figura 3. Diagrama de Wilcox.....	14
Figura 4. Mapa de Santa Elena.....	19

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Muestreo en el Rio Piedras	42
Figura 2A. Medición de parámetros en el Rio Piedras	42
Figura 3A. Recolección de datos en muestro	42
Figura 4A. Medición de parámetros de CE y pH en pozos	43
Figura 5A. Pozo N°2 muestreado.....	43
Figura 6A. Pozo N° 8 junto a su propietario	43
Figura 7A. Medición de parámetros CE y Ph en el pozo N° 10	44
Figura 8A. Pozo N° 15 muestreado.....	44
Figura 9A. Pozo N° 16 muestreado.....	44

INTRODUCCIÓN

Estudio de la FAO (2011) comunica que la agricultura ocupa 11 % de tierras a nivel mundial, para la cual utiliza alrededor del 70 % del agua que se obtiene a través ríos, aguas subterráneas y lagos en el mundo, aunque este porcentaje represente su uso, no precisamente indica su eficiencia. La sobreexplotación de este recurso es una de las razones por la que cada vez existe mayor escasez de agua, junto con eso, el incremento de la población, la urbanización, la implantación de industrias y el cambio climático, provocan conflictos por el aumento de la demanda del recurso hídrico.

En Ecuador, el agua generalmente se emplea para consumo humano, riego y actividades productivas, sin embargo, en las zonas rurales, el agua es mayormente utilizada para el riego de cultivos, ya que es un recurso imprescindible para el desarrollo de la vida y garantizar la disponibilidad de agua es un objetivo fundamental para dichos sectores.

Un factor clave para el crecimiento de la productividad es la implementación de la agricultura por regadío, la cual tiene un impacto sumamente positivo, pero a pesar de ello, la extracción de agua para la agricultura por medio de ríos y lagos, lleva consigo la aplicación de productos químicos, causando contaminación a la escorrentía superficial y a las aguas subterráneas. Normalmente los fertilizantes contienen elementos como el potasio y el nitrógeno, dichos elementos pueden ser lixiviados llegando a aguas subterráneas, produciendo concentraciones de algas y provocando eutrofización. También el riego en zonas áridas puede lixiviar elementos como el selenio, que por lo general se encuentra de forma natural en el suelo. A consecuencia de esto la calidad de las aguas superficiales se está deteriorando, así mismo, las aguas subterráneas están siendo contaminadas desde la superficie, alterando su composición por la presencia de sales (FAO, 2002).

A través del tiempo las aguas superficiales y subterráneas han mantenido una gran compatibilidad con la vida vegetal, pero consecuentemente la progresiva contaminación ha ido cambiando su composición, esto hace que exista un mayor nivel de exigencia a los sistemas de control que normalmente se llevaban en la agricultura.

Por lo tanto, dependiendo del uso que se le dé a este recurso es de suma importancia analizar la calidad del agua, debido a que la presencia de sustancias puede producir cambios en sus propiedades, haciéndolas no aptas para su uso, muchas veces inservible y causando riesgos para la salud (FAO, 1997).

En la parroquia Colonche del Cantón Santa Elena una parte de la población obtiene agua por medio de técnicas ancestrales, como, por ejemplo; depositando agua en albarradas o diques en los ríos durante la época de lluvia, lo que les permite almacenar agua subterránea y extraerla a través de pozos que son distribuidos a diferentes comunidades. En el año 2015, gran parte de la parroquia sufrió grandes desafíos por escasez de agua, parte de los problemas eran causados por la reducción de lluvias anuales, a consecuencia del cambio climático, también por la creciente población y el incremento turístico. Por lo mismo, se llevaron a cabo investigaciones por grupos de alumnos y maestros especializados, para la identificación de lugares favorables para la construcción de pozos. No obstante, existe la necesidad de estudios que ofrezcan su durabilidad, considerando diferentes aspectos como; características del suelo, características de los acuíferos, su capacidad, la calidad del agua, entre otros.

El control de la calidad de las aguas incluye plantear problemáticas, las que nos introduce a indagar en una factible investigación en la parroquia Colonche que ayude a mejorar el manejo del recurso hídrico en el riego de cultivos conociendo sus propiedades, para ello se realizará una zonificación, donde por medio de parámetros de control como lo son; la conductividad eléctrica y el pH, se elegirá métodos analíticos y se tomará decisiones sobre el control de calidad con respecto a los análisis.

Problema Científico:

¿Serán aptas para el uso agrícola las aguas de los pozos de la parroquia Colonche?

Objetivo General:

Determinar la aptitud para el riego de las aguas de pozos que abastecen cultivos agrícolas de la parroquia Colonche, a partir de su conductividad eléctrica

Objetivos Específicos:

1. Desarrollar una base de datos digital de los pozos utilizados para el riego de cultivos agrícolas de la parroquia Colonche.
2. Estimar, mediante la conductividad eléctrica y el pH, la calidad de las aguas de los pozos utilizados como fuente de abasto del riego en la parroquia Colonche.
3. Comparar la conductividad eléctrica de los pozos estudiados con la tolerancia a la salinidad que tienen los cultivos del respectivo lugar.
4. Proponer medidas que contribuyan al empleo de las aguas de los pozos de acuerdo con su aptitud para usos agrícolas, relacionando la calidad del agua con la sensibilidad del cultivo.

Hipótesis:

El conocimiento de la aptitud de las aguas de los pozos permitirá emplearlas en correspondencia con la sensibilidad de los cultivos agrícolas a la salinidad.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Agua subterránea destinada al riego

En general el agua de pozo o subterránea contiene presencia de cloruros, sulfatos y nitratos, sin embargo, el contenido de estos elementos no debe superar el límite de potabilidad suponiendo que será utilizada en la agricultura, allí su aptitud variará dependiendo del tipo cultivo. También se debe tomar en cuenta otros factores que intervienen la aptitud del agua para riego, tales como; permeabilidad, calidad del suelo y el sistema de riego (Caraballo y Xavier, 2012).

1.2 Calidad de agua de riego

Una planta principalmente necesita agua y nutrientes, para que una planta pueda absorber estos nutrientes generalmente tienen que estar disueltos en agua.

Conociendo algunos factores del agua, como lo son; sus propiedades físicas, químicas y biológicas, podemos saber si este recurso es apto para el riego de cultivos.

Con una buena calidad del agua que utilizada para riego se logra obtener mejores resultados en las plantaciones obteniendo cantidad y calidad en la producción, sin embargo, si observamos que en las plantaciones presentan daños como, quemaduras en la parte de los tejidos o acumulación de sales en el suelo, probablemente estamos aplicando agua de mala calidad. La mayoría de las veces el productor no se percata que el agua que utiliza en sus sistemas de riego tiene propiedades que pueden afectar sus cultivos, por lo que predomina su economía antes que invertir en tratamientos para así garantizar mejor y mayor rendimiento en sus cosechas (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017).

1.3 Protección de aguas subterráneas

La contaminación que existe en el agua subterránea es mucho más lenta comparada con la dinámica que ejerce el agua superficial, por lo tanto, su contaminación demorará más en producirse y manifestarse. No obstante, es necesario tomar medidas preventivas para que esto ocurra. (Caraballo and Xavier, 2012)

Para ello algunas medidas que se pueden tomar son:

- Cementación en los pozos. - Se debe realizar durante la construcción del pozo, evitando la contaminación por aguas superficiales.

- Tratamientos de efluentes. – Es indispensable para evitar la contaminación con nitratos y coliformes fecales.
- Uso responsable de agroquímicos y actividad agropecuaria.
- No usar pozos brocales.

1.4 Salinidad

Según el (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017), el contenido de sales en el agua para riego afecta la calidad del suelo, esto hace que se produzca una mayor tensión osmótica en la planta por lo que dificulta el proceso de absorción de nutrientes por medio del agua hacia las raíces. La presencia de sales en el agua y suelos ocurre de forma natural, pero la concentración no siempre es la misma, esto dependerá de la cantidad de agua que existe para disolver las sales. Por lo que se puede deducir que en épocas de lluvia la calidad del agua será mejor que en épocas de sequías.

(Redondo, 2017) indica que la presencia de sales en el agua o el suelo, puede provocar marchitez en la planta y de la misma manera causar una considerable disminución en el rendimiento del cultivo. Además, explica que a mayor de 7 dS/m de conductividad eléctrica los cultivos presentan mayor sensibilidad a las sales. Sin embargo, cuando no se dispone de un conductímetro se utiliza el parámetro del total de sales disueltas (TSD).

La mayoría de aguas empleadas para riego contiene 200 mg/L de sales, pero en aguas subterráneas aquel valor puede aumentar.

1.4.1 Salinidad en el agua

La cantidad de sales en el agua limitará la absorción de agua y nutrientes en la planta, mientras exista mayor cantidad de sales en el agua, será más difícil la extracción de agua en las plantas prorrogando e incluso deteniendo el crecimiento en los cultivos. Consecuentemente de existir una mayor concentración de sales solubles en el riego, aumentara la presión osmótica en la solución del suelo (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017).

Las sales que tienen mayor relevancia en el agua empleada para riego son aquellas que aparte de ser solubles, se descomponen en iones. debido a que la concentración de estos iones determinara la calidad de agua de riego Tabla 1.

Tabla 1. Principales iones contenidos en el agua de riego

CATIONES (+)	ANIONES (-)
Calcio (Ca ++)	Cloruro (Cl -)
Magnesio (Mg ++)	Sulfato (SO ₄ ²⁻)
Sodio (Na+)	Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)
Potasio (K+)	Carbonatos (CO ₃ ²⁻)

La salinidad del agua puede representarse de la siguiente manera:

- En g/L o ml/L que es igual a ppm.
- La suma de mEq/L de sus componentes.
- En mmhos/cm que es la representación de la conductividad eléctrica.

1.4.2 Salinidad en el suelo

(Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017) señala que principalmente en zonas en las que no llueve frecuentemente, se encuentran suelos salinos. Las sales que están en el medio se originan a través de la composición de la roca madre, puesto que esta haya sido expuesta a agua de mar, también puede introducirse por medio agua de riego o del subsuelo que haya estado en contacto con dicho suelo o por la acción de niveles freáticos altos. Las sales se acumulan por efecto de la evaporación del agua o cuando ocurre el proceso de evapotranspiración, quedándose situadas en la superficie o a nivel de la raíz. Cuando un suelo es salino se puede diferenciar a simple vista porque va a existir una capa blanca sobre la superficie Figura 1.

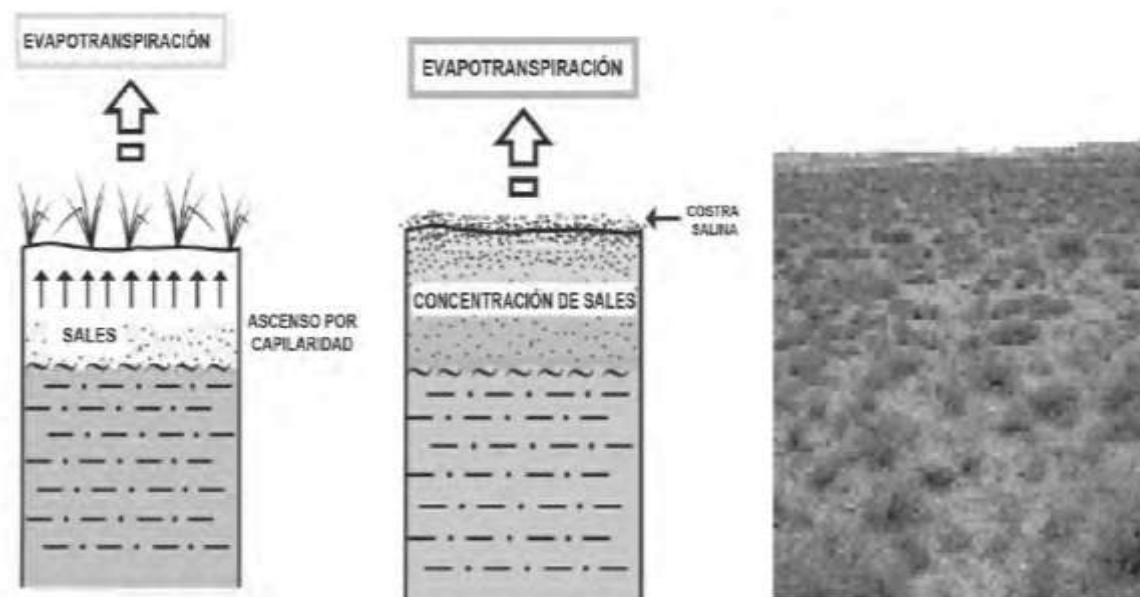


Figura 1. Concentración de sales en el suelo

1.4.3 Conductividad eléctrica

Es posible determinar el contenido de sales conociendo su conductividad eléctrica, debido a que el agua con altas concentraciones de sal conduce la electricidad de mejor manera que el agua con un bajo contenido de sales Tabla 2.

La conductividad eléctrica se puede expresar en mmhos/cm o deciSiemens/m, el contenido de sales y la CE se relacionan mediante la siguiente formula: $CS = 0,64 CE$; lo que quiere decir que, si existe 1 gramo de sal por litro, correspondería a 1.5 mmhos/cm. [1 dS/m = 1 mS/cm = 1 mmhos/cm]

Un factor que influye en la magnitud de CE es la temperatura, por ello para regularizar su medida se expresa en 25°C.

Tabla 2. Clasificación de las aguas para riego según su conductividad eléctrica

CLASIFICACIÓN	CE 25°C (umhos/cm)
C-1. BAJA SALINIDAD	0 – 250
C-2. SALINIDAD MEDIA	250 – 750
C-3. ALTAMENTE SALINA	750 – 2250
C-4. MUY ALTAMENTE SALINA	2250 – 5000

1.4.4 Medición de conductividad eléctrica

Fuentes y García (1999) indican que la cantidad de sales ionizadas y disueltas que posee una disolución es proporcional al valor de la conductividad eléctrica que se obtenga de la disolución misma. Por lo que se puede obtener indirectamente la cantidad de sales que contiene una muestra de agua midiendo su conductividad eléctrica. Sin embargo, el valor de la conductividad eléctrica puede presentar una variación dependiendo de la temperatura, por lo que, para obtener un valor más específico, se debe considerar multiplicar la conductividad eléctrica de la muestra tomada, por un factor de corrección que se muestra en la Tabla 3, la cual varía según la temperatura. Así, habiendo realizado la respectiva corrección, se puede expresar el valor de la conductividad eléctrica con una temperatura de 25 °C, la cual sería el valor de la conductividad eléctrica, si la muestra es tomada a una temperatura del ambiente.

Tabla 3. Factor de corrección de la conductividad eléctrica con la temperatura

°C	ft	°C	ft	°C	ft	°C	ft	°C	ft
20,0	1,112	22,0	1,064	24,0	1,020	26,0	0,979	28,0	0,943
20,2	1,107	22,2	1,060	24,2	1,016	26,2	0,975	28,2	0,940
20,4	1,102	22,4	1,055	24,4	1,012	26,4	0,971	28,4	0,936
20,6	1,097	22,6	1,051	24,6	1,008	26,6	0,967	28,6	0,932
20,8	1,092	22,8	1,047	24,8	1,004	26,8	0,964	28,8	0,929
21,0	1,087	23,0	1,043	25,0	1,000	27,0	0,960	29,0	0,925
21,2	1,082	23,2	1,038	25,2	0,996	27,2	0,956	29,2	0,921
21,4	1,078	23,4	1,034	25,4	0,992	27,4	0,953	29,4	0,918
21,6	1,073	23,6	1,029	25,6	0,988	27,6	0,950	29,6	0,914
21,8	1,068	23,8	1,025	25,8	0,983	27,8	0,947	29,8	0,911

1.4.5 Tolerancia de cultivos a la salinidad

Existen varios cultivos que se pueden clasificar en base a su grado de tolerancia a la salinidad
Tabla 4.

Tabla 4. Tolerancia de cultivos a la salinidad

ALTA TOLERANCIA	MODERADA TOLERANCIA	SENSIBLES
Palma	Trigo	Trébol rojo
Cebada	Tomate	Arveja
Remolacha	Avena	Fréjol
Algodón	Alfalfa	Pera
Espárragos	Arroz	Manzana
Espinaca	Maíz	Naranja
Nabo	Lino	Ciruela
Melón	Papa	Almendra
Tomate de árbol	Granadilla	Durazno
Higuerilla	Higo	Cítricos
	Uvas	Fresa
	Lechuga	Haba
	Pimiento	Zanahoria
	Alcachofa	Frutilla
	Sorgo	Cebolla
	Girasol	Aguacate
	Caña de azúcar	
	Maní	
	Rabano	
	Apio	
	Pepino	
	Col	
	Brócoli	
	Pastos	
	Zapallo	

Uno de los efectos que produce la salinidad es la absorción de nutrientes, por lo mismo, es necesario conocer si nos encontramos en presencia de un medio salino, pues de ser así optaríamos por el empleo de cultivos tolerantes a ese entorno. Para realizar mejor esta práctica es imprescindible conocer el umbral de tolerancia de cada cultivo Tabla 5. Por ejemplo: si queremos un trabajar con un cultivo frutícola debemos saber que su tolerancia a las sales es muy baja, por lo tanto, el medio donde se cultivará no debe presentar problemas de salinidad, de la misma manera, existen cultivos muy resistentes a la salinidad, tal es el caso de la remolacha y el algodón, por lo que pueden ser cultivados casi en cualquier medio (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017).

Tabla 5. Umbral de tolerancia a la salinidad

Cultivos extensivos	Salinidad dS/m	Cultivos hortícolas	Salinidad dS/m	Cultivos frutícolas	Salinidad dS/m
Algodón	7,7	Melón	2,2	Pera	1,7
Trigo	6,0	Tomate	2,5	Manzana	1,7
Habas	1,6	Espinaca	2,0	Naranja	1,7
Maíz	1,7	Pepino	2,5	Limón	1,7
		Patata	1,7	Durazno	1,7
		Pimiento	1,5	Ciruela	1,5
		Lechuga	1,3	Almendro	1,5
		Cebolla	1,2	albaricoque	1,6
		Rábano	1,2		
		Zanahoria	1,0		
		Fréjol	1,0		
		Remolacha	7,0		

1.4.6 Factores que condicionan los efectos de la salinidad

Según Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (2017), los efectos de la salinidad en los cultivos varían según los siguientes factores:

- El estado vegetativo. – Durante la etapa de germinación la tolerancia es relativa según el tipo de cultivo y puede aumentar su sensibilidad en las primeras etapas de crecimiento.
- El clima. – Cuando el clima es más húmedo y frío su tolerancia aumenta.
- La variedad del cultivo. – Hay especies que son más tolerantes y resistentes a la salinidad que otras.
- El riego. – Cuando se aplica un riego espaciado existe el riesgo de concentración de sales, por lo tanto, si se conoce que en el agua hay concentración de sales se recomienda aplicar riegos frecuentes.

1.4.7 Tratamientos a problemas de salinidad.

Según el Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador (2017), el contenido de sales en aguas de riego ocurre como un fenómeno natural, por lo que para contrarrestar el efecto de la salinidad se han desarrollado técnicas de desalinización de aguas, sin embargo, la aplicación de estas técnicas en la agricultura implica un alto costo, debido a que se trabaja

con altos volúmenes de agua. Los efectos del agua salina son claramente notables, ya sea en el suelo, como en el cultivo, por lo que se debe realizar alguna de las siguientes labores:

1.4.7.1 Lavado o lixiviación de sales

Este método se basa utilizar un riego frecuentemente mayor de lo normal, esta técnica consiste es el desplazamiento de sales acumuladas en el suelo con la finalidad de transportar esas sales a una distancia que este fuera de la zona radicular para que no afecte la disponibilidad de agua de la planta y la absorción de nutrientes consecuentemente, la aplicación de agua adicional de riego se denomina lixiviación. La efectividad del arrastre de sales dependerá también del tipo de suelo, por ejemplo; en un suelo arenoso habrá menos retención de sales con el lavado que en un suelo arcilloso, debido a esto el suelo arcilloso necesitará un volumen más alto de agua por un tiempo más largo para disolver las sales y llevarlas a capas más profundas, el volumen a aplicar se considera como requerimiento de lavado o fracción de lixiviación.

Una forma sencilla para calcular las necesidades de lavado de suelo, es conociendo el factor de concentración permisible, el cual se determina de la siguiente fórmula:

$$\text{Factor} = \text{Umbral de tolerancia del cultivo} / \text{Salinidad del agua de riego}$$

Obteniendo el factor de concentración permisible nos dirigimos a la “curva de necesidades de lavado” Figura 2, luego ubicándonos en el eje de las “x” indicaremos el factor de concentración permisible y en eje de las “y” el porcentaje de necesidades de lavado teniendo como resultado el porcentaje de agua adicional que debemos de añadir para realizar el riego de lavado de sales (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017).

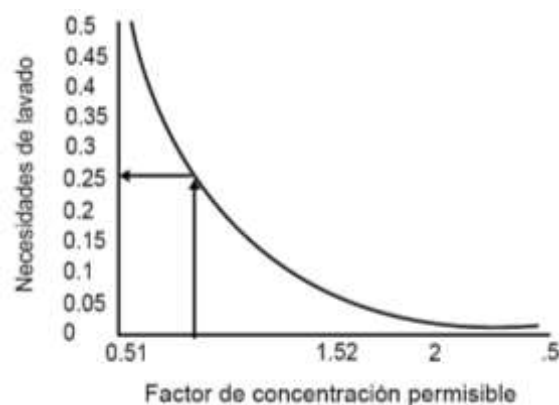


Figura 2. Curva de necesidades de lavado

Fuentes y García (1999) señalan que la necesidad de lavado está dada por la conductividad eléctrica del agua de riego y la tolerancia a la salinidad del cultivo. Esta expresión se muestra de la siguiente manera:

- En riegos que se realizan con baja frecuencia como pueden ser; riego por gravedad o aspersión. La fórmula será la siguiente:

$$RL = \frac{CEa}{5CEe - CEa}$$

- En riegos que se realizan con alta frecuencia como pueden ser; riego por goteo o aspersión. Se determinará del siguiente modo:

$$RL = \frac{CEa}{2 \text{ máx } CEe}$$

Donde:

RL= Requerimiento de lixiviación, expresado en tanto por uno

CEa = Conductividad eléctrica del agua de riego, expresada en dS/m.

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, donde el valor será dependiendo del porcentaje de descenso de producción a obtener, expresada en dS/m.

Máx CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, donde el valor será de acuerdo al 100 % de descenso de producción, expresada en dS/m.

También en el cálculo de la necesidad de lavado hay que tener en cuenta la eficiencia que está dada por la textura de suelo, los valores oscilan entre 100 % cuando son suelos arenosos y 30 % cuando son suelos arcillosos.

$$RL \text{ real} = \frac{Rl \text{ neto}}{\text{Eficiencia de lavado}}$$

1.4.7.2 Siembra de cultivos más tolerantes

Las plantas están clasificadas según su tolerancia a la salinidad, esto se debe a mecanismos propios de la planta, cuando no se cuenta con los recursos para lavados de sales frecuentes o construcción de drenes, es necesario seleccionar cultivos según su grado de tolerancia dependiendo al nivel de salinidad que exista en el suelo o agua. Una clara demostración es

el algodón y la cebolla son cultivos que se adaptan mejor a ciertos niveles de salinidad en lo que cultivos como el maíz o la patata probablemente no pueden subsistir, una práctica que se puede agregar junto con esta es, el recubrimiento del suelo con residuos vegetales, pajas u hojas, para reducir el efecto de la capilaridad que provoca el ascenso de sales a la superficie (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017).

1.4.7.3 Aplicación de métodos de riego adecuado

Según Céspedes R. (1996), Para el lavado de sales es poco recomendable utilizar sistema de riego superficiales o gravitacionales, debido a que se utilizan altas cantidades de agua, en temporadas lluviosa los volúmenes son excesivos y no proveen la eficiencia adecuada de suministro de agua en los cultivos. Sin embargo, los sistemas de riego localizado, como goteo, aspersión o microaspersión, proporcionan una mayor eficiencia, dando así mejores resultados, debido a que la aplicación de agua se usa mejor en volúmenes adecuados, pero igualmente se debe realizar un lavado cada 3 o 4 temporadas. No obstante, los sistemas que no son bien manejados causan salinización e inundación del terreno, lo que representa una baja productividad. Cabe recalcar también si se utiliza el sistema de riego por goteo, los acoples a utilizar deben de tener acoples rápidos que garanticen presión extra para el lavado de sales.

1.5 Relación de adsorción de sodio

El RAS es el parámetro que se utiliza normalmente para determinar el riesgo que representa el agua con respecto al contenido de sodio. Esta medida muestra la cantidad existente de sodio con relación a cationes de Ca^{2+} y Mg^{2+} , debido a que estos dos últimos elementos contrarrestan los efectos negativos del sodio (Redondo, 2017).

1.5.1 Diagrama de Wilcox

Existe un diagrama establecido por Riverside que plantea varias normas para clasificar el agua de riego Figura 3. En ella existen rangos de concentraciones que nos ayuda a determinar la calidad del agua, por ejemplo: si la CE se encuentra en un rango de 100 a 250 micromhos/cm; aquella cifra corresponde a la clase C1, en donde el riesgo de salinización es bajo, hasta llegar a la cantidad de 4000 micromhos/cm que corresponde a la clase C6 que representa un excesivo contenido de sales la cual no se recomienda para el riego de cultivos.

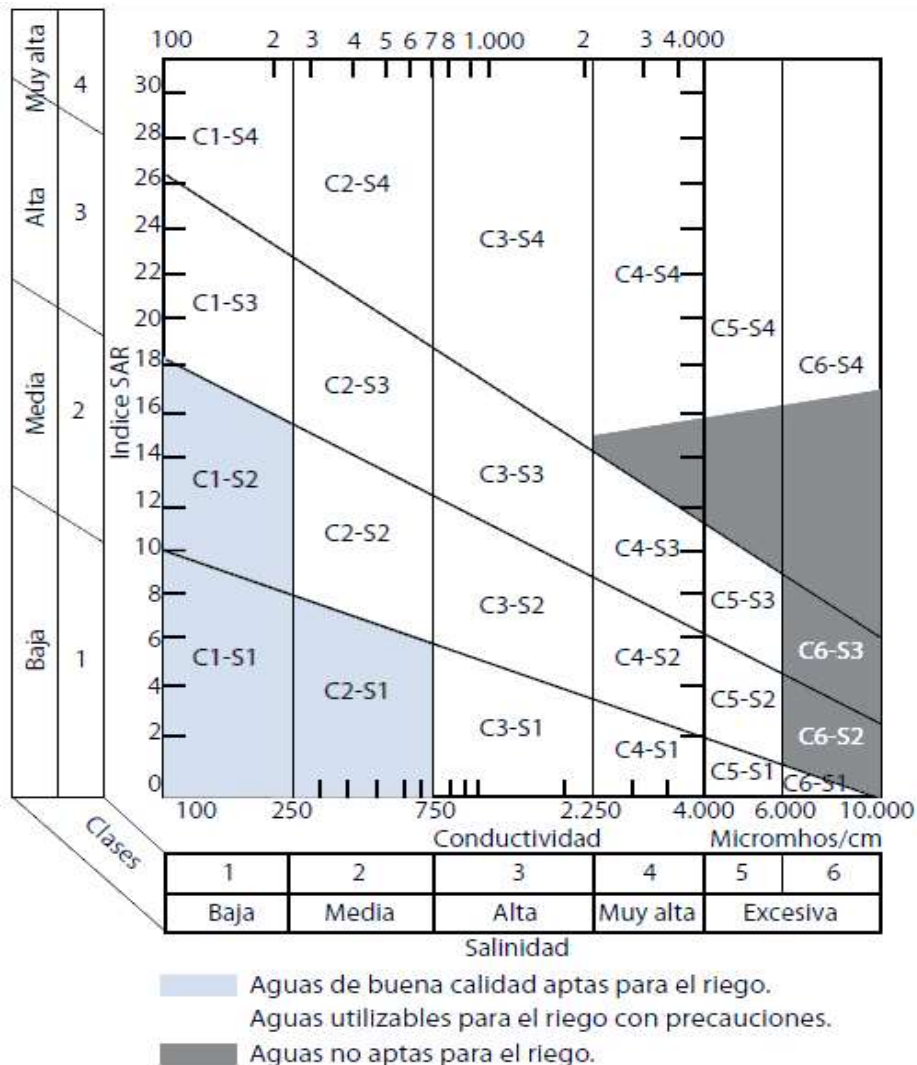


Figura 3. Diagrama de Wilcox

Entre los niveles de sal en el agua de riego, si existe de 0 a 4 mmhos/cm, se puede aplicar en cultivos ligeramente susceptibles a la sal, mientras que entre 8 a 16 mmhos/cm solo se debe administrar a cultivos muy tolerantes a la sal (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017).

1.5.2 Clasificación de aguas por salinidad y por RAS

Agua de baja salinidad (C1): puede utilizarse para la mayoría de cultivos, en casi todo tipo de suelos, tiene pocas probabilidades de que desarrolle salinidad, aunque necesita cada cierta temporada un lavado, siempre y cuando el suelo tenga condiciones de drenaje.

Agua de salinidad media (C2): solo se debe usar haciendo lavado de sales frecuentemente, no se deben aplicar prácticas adicionales de desalinización, debido a que puede producir plantas tolerantes a las sales.

Agua altamente salina (C3): no se debe usar en suelos con mal drenaje y aun con buen drenaje se necesitaría prácticas especiales de desalinización. También solo se deben usar cultivos muy tolerantes a la salinidad.

Agua muy altamente salina (C4): no se debe utilizar para riego bajo condiciones normales, deben existir condiciones especiales. Se necesita lavado constante y un suelo con buen drenaje, y seleccionando únicamente cultivos muy tolerantes a la salinidad.

Agua baja en Sodio (S1): puede utilizarse en casi todos los suelos, con baja probabilidades de tener niveles de sodio intercambiable. Sin embargo, cultivos con baja sensibilidad corren el riesgo de acumular niveles perjudiciales de sodio.

Agua media en sodio (S2): no apto para suelos muy arcillosos y con poca frecuencia de lavados, puede representar un alto peligro por su alta C.I.C. al menos que haya presencia de yeso en el suelo. Estas aguas solo se deben utilizar en suelos con textura gruesa con buen drenaje.

Agua alta en Sodio (S3): produce altos niveles de sodio intercambiable en casi todo tipo de suelo, se necesitan practicas especiales para su uso, como buen drenaje, lavado constante y adiciones de materia orgánica. Solo en suelo con alto contenido de yeso pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable con estas aguas. Los tratamientos no son nada económicos como en el caso de mejoradores químicos.

Agua muy alta en Sodio (S4): no es apta para el riego a excepción de que el contenido de sales sea medio o baja, aunque no es muy factible, debido a que la aplicación de yeso y otros mejoradores que se deben aplicar no son económicos (Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador, 2017).

1.6 pH

El agua puede actuar de forma ácida o básica, dependiendo de su concentración de iones de hidrogeno $[H^+]$, esto quiere decir que, si el valor del pH es por debajo de 7, el agua será acida, por lo tanto, su concentración de $[H^+]$ es menor, en cambio si el valor del pH es de 7,

se considera neutra, mientras que, si el valor del pH es mayor a 7, se considera que el agua es alcalina o básica (Redondo, 2017).

1.6.1 pH en el agua

El valor de pH que posea el agua de riego influirá en el pH del suelo debido a su constante relación suelo-agua. En el suelo el pH suele fluctuar entre 4 y 9, sin embargo, dentro de 6,0 y 7,5 de pH los cultivos presentan menores problemas, debido a que dentro de ese rango los nutrientes son mayormente absorbidos en las plantas, fuera de ese rango los cultivos presentan problemas en asimilarlos (Redondo, 2017).

1.6.2 Causas de variación del pH en el agua

El uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados puede dejar cantidades de amonio en el suelo que por medio de la escorrentía viaja hasta las aguas subterráneas, lo que causa que el pH del medio disminuya. Esto se debe a que las bacterias del suelo cumplen con un proceso denominado nitrificación provocando la acidificación del medio (Barbaro *et al.*, 2008).

También, el mismo autor indica que la presencia de iones básicos como; carbonatos y bicarbonatos, influyen en el agua haciendo que su nivel de pH se eleve, provocando así un medio alcalino. El riego constante con agua de un alto grado de alcalinidad puede causar que el pH del suelo se eleve con el transcurso del tiempo. Sin embargo, la alcalinidad del agua puede ser reducida añadiendo ácido o combinando con otras fuentes de agua

1.7 Indicadores de calidad de agua de riego

Según Rodríguez (2008), existen algunos criterios para evaluar la aptitud del agua para riego en la agricultura, en los cuales se considera el contenido de ciertos nutrientes en el agua que se va aplicar, lo que causaría la restricción de fertilizantes o excesos desfavorables en los cultivos. Entre los criterios para evaluar según el contenido de sales y el pH están los siguientes:

1.7.1 Salinidad efectiva

Evalúa el contenido más real de sales en el agua de riego, ya que toma en cuenta la precipitación ulterior de sales poco solubles que no participan en el proceso de la presión osmótica de la solución del suelo (Rodríguez, 2008).

$$SE = \text{Suma de cationes} - Ca^{2+};$$

$$\text{Si: } Ca^{2+} < [CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}]$$

$$\text{y } Ca^{2+} > [CO_3^{2-} + HCO_3^-]$$

$$SE = \text{Suma de cationes} - [Ca^{2+} + Mg^{2+}];$$

$$\text{Si: } Ca^{2+} < [CO_3^{2-} + HCO_3^-]$$

$$\text{y } Ca^{2+} + Mg^{2+} < [CO_3^{2-} + HCO_3^-]$$

1.7.2 Salinidad potencial

Es la continuación de la salinidad efectiva, pues mide las sales menos solubles que fueron precipitadas en la solución del suelo como cloruros y sulfatos, aquellas que, si participan en la presión osmótica, la cual mide el riego del contenido de estas sales en la solución (Rodríguez, 2008).

$$SP = [Cl^-] + \frac{1}{2} [SO_4^{2-}]$$

1.7.3 Índice de saturación de Langelier

Permite conocer la calidad del agua sabiendo el contenido de elementos como anhídrido carbónico, bicarbonatos, carbonatos, el pH, la temperatura y la salinidad del agua.

Su fórmula es la siguiente:

$$ISL = pH - pH_s$$

Donde:

ISL = Índice de saturación de Langelier

pH = pH medido en el análisis

pH_s = pH de saturación de Langelier

En donde si $pH > pH_s$, el agua es incrustante, lo que quiere decir que esta sobresaturada de carbonato cálcico y se debe reducir el nivel de pH, pero si $pH < pH_s$ el agua es corrosiva, lo

que quiere decir es que el agua esta no saturada de carbonatos y se debe aumentar el nivel de pH, y si el valor de los dos pH son iguales, existe un equilibrio (Boluda, 2013).

Pauta (2017) indica que dicha ecuación expresa la relación que existe en parámetros como; la temperatura, pH, contenido de calcio, alcalinidad total y sólidos disueltos, los cuales están enlazados con la solubilidad de calcio en el agua, el cual varía entre 6,5 a 9,5. Aquello se lo conoce como pH_s y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{pH}_s = 9.3 + A + B - C - D$$

Donde:

$$A = \frac{\log_{10} \text{SDT} - 1}{10}$$

$$B = [-13.12 * \log_{10} (T^{\circ}\text{C} + 273)] + 34.55$$

$$C = \log_{10} * [\text{Ca}^{2+} \text{ mg/L como CaCO}_3]$$

$$D = \log_{10} * [\text{Alcalinidad mg/L como CaCO}_3]$$

SDT = Sólidos disueltos totales en mg/L

El resultado que se obtiene del cálculo de la ecuación, se interpreta la ayuda de la Tabla 5.

Tabla 6. Clasificación del ISL según su valor

Valor del ISL	Interpretación
< -5	Corrosión severa
-4 a -5	Corrosión fuerte
-1 a -3	Corrosión significativa
-0.5	Baja corrosión
0	Equilibrado
0.5	Bajo nivel de formación
1	Moderado formación de escamas
2	Moderado formación de escamas
3	Formación media de escamas
4	Formación de escamas severa

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

1.8 Ubicación y descripción del lugar

El proyecto se realizó en la parroquia Colonche, localizada al norte y centro del cantón Santa Elena (Figura 5). Dicha parroquia cuenta con una extensión de 1137,2 Km², donde las temperaturas promedio entre el mes de mayo a diciembre oscilan alrededor de 24 °C y entre los meses de enero a abril 27°C, su humedad relativa alcanza valores entre 74 y 82 % y en su época lluviosa existen precipitaciones 100 a 250 mm.



Figura 4. Mapa de Santa Elena

Fuente: (Proyecto de Evaluación de Vulnerabilidad y Reducción de Riesgo de Desastres a Nivel Municipal en el Ecuador ECHO/DIP/BUD/2011/91002, s. f.)

1.9 Materiales

1.9.1 Base de datos

Luego del levantamiento de las zonas de muestreo se creó un registro de lugares en los que existen pozos de agua, para aquello se recurrió a la ayuda de un GPS para la obtención de coordenadas, y se creó una base de datos con el apoyo del software QGIS versión 3.16.1.

1.9.2 Medición de parámetros

Para medir el parámetro de la salinidad se utilizó un conductímetro con el cual se obtuvo valores de conductividad eléctrica en (dS/m), posteriormente habiendo

obtenido los resultados de conductividad se registró y se comparó con la Tabla 2 para determinar a qué clasificación pertenece.

Por otro lado, con un peachímetro, se midió el nivel pH, para determinar si la muestra del agua de pozo está en un rango ácido o alcalino. El pH óptimo para el agua de riego no debe estar por debajo de 6.5 ni por encima de 8.5; ya que fuera de ese rango se considera no recomendable para el uso agrícola.

1.9.3 Comparación de los cultivos con la conductividad eléctrica

Se hizo una lista de los cultivos para los cuales se aplica riego con agua de pozos y se tomó como material de apoyo la Tabla 4 la cual indica el umbral de tolerancia de los cultivos y la Tabla 2 que indica el contenido de sales en las aguas por medio de la conductividad eléctrica, para luego así, relacionar y determinar si las aguas subterráneas del respectivo lugar son aptas para el riego de esos cultivos.

1.9.4 Medidas para el uso del agua destinada a riego según su calidad

Dado que los tratamientos para aguas con elevados volúmenes, como es el caso de las aguas subterráneas en el sentido económico, son muy costosos, la medida más factible que se tomó para el correcto uso de las aguas de pozos es la siguiente:

- Recomendación de cultivos que tengan un umbral de tolerancia por encima de la conductividad eléctrica marcada.

1.10 Metodología

1.10.1 Determinación de los puntos de muestreo

La ubicación de los puntos se realizó en diferentes localidades la parroquia, en donde existan fuentes de abasto de aguas subterráneas o pozos, allí respectivamente se hizo la recolección de las muestras, con la condición de que el agua del lugar sea para el uso agrícola, las mismas llevó un registro en una libreta de campo.

1.10.2 Identificación del punto de muestreo

Con la ayuda de un GPS, se anotaron las coordenadas del lugar en la libreta de campo, el cual se ingresó a la base de datos en la plataforma QGIS, luego de cada muestreo.

1.10.3 Parámetros del muestreo

Se evaluaron parámetros físico-químicos como lo son: la conductividad eléctrica y el pH; ambos con instrumentos de bolsillo, para determinar así la aptitud del agua de riego.

1.10.4 Muestreo

La recolección de las muestras se hizo en envases de vidrio o polietileno previamente lavados con agua destilada, en donde el volumen a recoger es solo lo necesario como para colocar los instrumentos y medir los parámetros.

1.10.5 Base de datos

Habiendo concluido la toma de parámetros en cada muestreo, se añadieron los datos adquiridos a la plataforma QGIS, posteriormente se hizo una interpretación por medio de un mapa del sector con los respectivos puntos de muestras tomadas.

1.10.6 Análisis del agua

El análisis se realizó tomando como base los valores de conductividad eléctrica y pH obtenidos en el muestro, para evaluar la calidad del agua en función al riesgo de salinización, se compararon los valores de conductividad eléctrica con la tolerancia permisible a la salinidad de los cultivos y se determinó si la calidad de agua es admisible para la agricultura, observando si la muestra se encuentra dentro del nivel de pH aceptable. Luego de los análisis se proponen las medidas necesarias para dar soluciones a los agricultores considerando la calidad del agua que tienen sus pozos.





RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.11 Base de datos

1.11.1 Estructura de la base de datos

En la creación del sistema de información geográfica para las muestras de pozos de la parroquia Colonche se establecieron capas para las muestras tomadas y se agregó mapas obtenidos del software QGIS, en Tabla 7 se muestran las características de las capas agregadas en el software indicando sus propiedades.

Tabla 7. Capas utilizadas para la base de datos

Capa	Símbolo	Representación	Tipo
Muestras de pozos		Vectorial	Punto
Muestras de río		Vectorial	Punto
OpenStreetMap		Raster	Pixel
Bing Satellite		Raster	Pixel

De igual manera, desde el punto de vista conceptual en la Tabla 8 se presentan las características de la estructura de la tabla de atributos que tienen las capas muestras de pozos y muestras de río, indicando su clasificación.

Tabla 8. Clasificación de la tabla de atributos de las capas muestras de pozos y muestras de río.

Nombre	Tipo	Subtipo	Variables	Dominio
Muestras de pozo	Numérico	Entero	Orden de muestreo	22 muestras
Muestras de río	Numérico	Entero	Orden de muestreo	3 muestras
UTM	Numérico	Entero	Coordenadas	Cualquier
Propietario	Texto	Caracteres	Nombres	Cualquier
Temperatura	Numérico	Reales con un decimal	Valor de temperatura (°C)	Cualquier

Tabla 8. “Continuación”

Nombre	Tipo	Subtipo	Variables	Dominio
CE	Numérico	Reales con dos decimales	Valor de CE (dS/m)	Cualquier
pH	Numérico	Reales con dos decimales	Valor de pH	de 0 a 14
Cultivos que se riegan con el agua de pozo	Texto	Caracteres	Tipos de cultivo	Cualquier
Uso del agua	Texto	Caracteres	Empleo del agua de pozo	Agrícola, pecuario o doméstico
Tiempo de uso	Numérico	Entero	Años de uso	Cualquier
Mantenimiento	Texto	Caracteres	Tipo de mantenimiento	Cualquier

1.11.2 Base de datos digitalizada

Realizado el muestreo se recolectaron los siguientes datos mostrados en la Tabla 9, con la finalidad de presentar una investigación más detallada y real con respecto a los usos de dichos pozos, presentando características que se recibió por parte de los propietarios y sus habitantes aledaños que utilizan la misma fuente de agua.

Tabla 9. Datos obtenidos en el muestreo

N° POZO	Propietario	UTMX	UTMY	T °C promedio	CE (dS/m) promedio	pH promedio	Cultivos se riegan con esa agua	Usos del agua	Mantenimiento	Tiempo de uso (años)
1	Olga Latorres 1	565178	9774092	25,0	0,85	7,19	Limón, mango, naranja, maracuyá, fréjol, plátano, banano, maíz, pimienta, sandía, melón.	Agrícola y pecuario	Prefectura	6
2	Olga Latorres 2	565137	9774016	26,0	0,70	7,00	Limón, mango, naranja, maracuyá, plátano, banano, maíz, pimienta, sandía, melón.	Uso doméstico, agrícola y pecuario	Prefectura	50
3	Rafael González	565543	9774062	26,4	0,95	7,60	Limón, mandarina, naranja, mango, maracuyá, café, plátano, banano, maíz, sandía, melón.	Agrícola y pecuario	Prefectura	20
4	Daniel Villao, Vajuña Isaquia	565294	9774211	27,0	0,86	6,98	Pimienta, maíz, cacao, café, sandía	Agrícola	Prefectura	4
5	Vidal Guale 1	564866	9773823	26,2	1,02	7,35	Cacao, plátano, maíz, maracuyá	Agrícola	Prefectura	4
6	Wilson Malavé	563990	9773776	27,3	1,13	7,25	Maíz, maracuyá, limón, plátano.	Agrícola	Prefectura	7
7	Segundo y Patricio Reyes	562515	9774157	26,7	2,13	6,93	Limón, maíz, papaya, maracuyá	Agrícola	Prefectura	6
8	Sergio Reyes	561343	9774867	26,8	2,38	6,89	Limón, maíz, papaya	Agrícola	Prefectura	25
9	Fernando Malavé	561483	9774852	26,8	2,23	7,01	Limón, maíz, papaya, maracuyá	Agrícola	Prefectura	10
10	Juan Vigilio Villao Pozo	565466	9774407	25,0	2,25	7,99	Plátano, limón, maracuyá	Agrícola	Propio	8

Tabla 9. “Continuación”

N° POZO	Propietario	UTMX	UTMY	T °C promedio	CE (dS/m) promedio	pH promedio	Cultivos se riegan con esa agua	Usos del agua	Mantenimiento	Tiempo de uso (años)
11	Juan Torre 1	564807	9772353	25,4	2,56	8,28	Maíz	Agrícola	Prefectura	5
12	Juan Torre 2	564765	9772336	25,4	1,92	7,98	Maíz	Agrícola	Prefectura	5
13	Juan Torre 3	564671	9772325	25,3	3,18	7,96	Maíz	Agrícola	Prefectura	5
14	Vidal Guale 2	564819	9773851	26,0	0,78	7,22	Cacao, café, plátano	Agrícola	Prefectura	2
15	Jorge Latorre	564118	9773637	25,7	1,90	7,07	Plátano, limón, maracuyá, maíz, papaya, pepino, pimiento, café	Agrícola, pecuario y doméstico	Propio	10
16	Ismael González	563571	9774101	25,5	1,02	7,87	Cacao, maíz, plátano	Agrícola	Prefectura	5
17	Alfredo Reyes	560813	9767491	26,0	3,44	7,63	Maíz, limón, naranja, mandarina	Agrícola	Prefectura	5
18	Juancho Reyes	560772	9775581	25,8	2,05	6,74	Limón, maíz	Agrícola	Prefectura	5
19	Finca Panchita	560825	9775660	25,5	1,21	7,17	Coco, plátano	Agrícola	Prefectura	5
20	Pozo de red principal de abastecimiento en Las Balsas	560794	9775701	25,6	1,44	7,07	Limón, naranja	Agrícola y doméstico	Habitantes aledaños	30
21	Finca en las Balsas	560959	9775255	26,0	2,79	6,59	Limón	Agrícola	Prefectura	5
22	Pozo de red principal de abastecimiento en El Coroso	558179	9775964	25,8	2,08	7,20	Limón, maracuyá	Agrícola y doméstico	Habitantes aledaños	5

En la Figura 5 se puede apreciar la distribución espacial de los pozos estudiados utilizando el software Qgis.

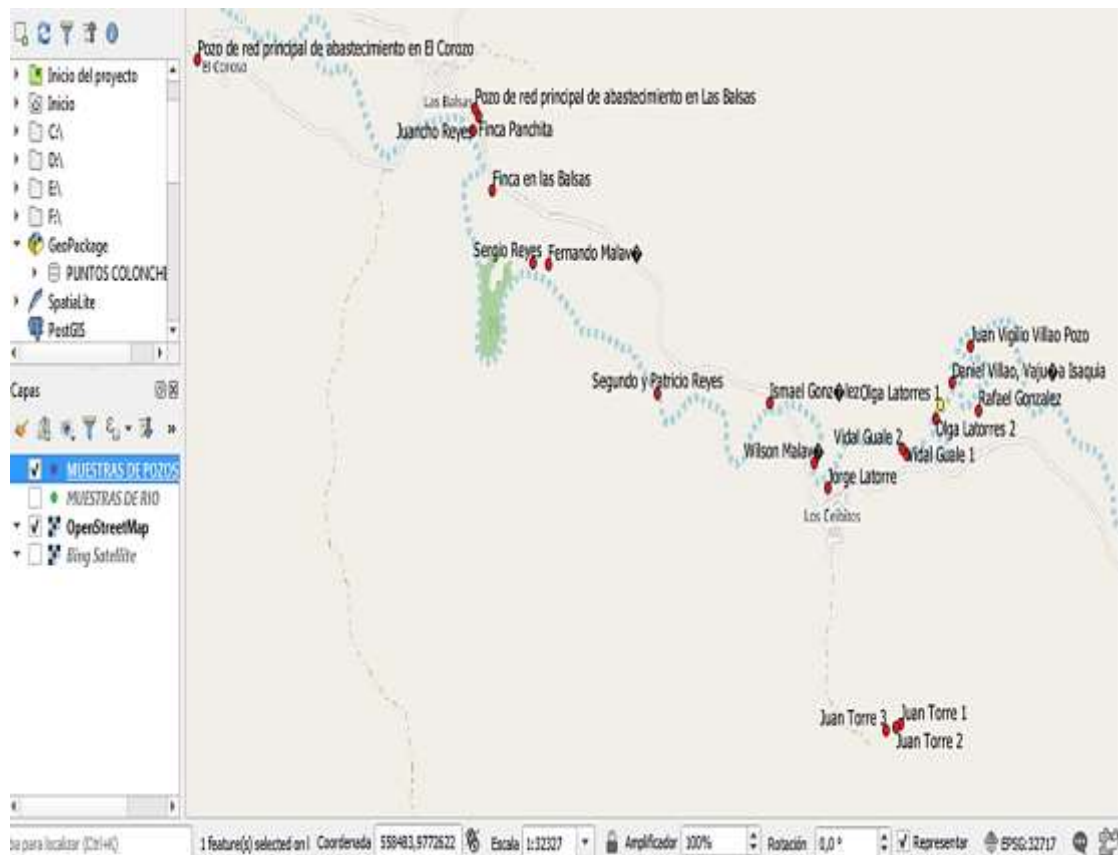


Figura 5. Posicionamiento geográfico de los puntos de muestreo de pozos

Tigrero (2015) anuncia que los habitantes de la comuna Las Balsas se dedican a actividades agropecuarias en su mayoría, en aquella localidad existe un incremento en producciones agrícolas, donde se ha implementado modelos de desarrollo mejorando métodos de manejo agrícola favoreciendo su ecosistema, además cuenta con una gran superficie de bosques protegidos.

Por otra parte, también se presenta en la Tabla 10 datos obtenidos en los muestreos directamente recolectados del Río Piedras. Habitantes cercanos indican que el agua es de buena calidad según su punto de vista, también revelan que el agua que extraen de allí es utilizada con diversos propósitos, como lo son: uso agrícola, producciones pecuarias, uso doméstico, entre otros.

Tabla 10. Datos obtenidos en el muestreo del Río Piedras

MUESTRA DE RIO	UTMX	UTMY	T °C promedio	CE promedio	pH promedio
1	565077	9773846	26,7	1,30	7,35
2	564819	9773839	26,0	0,09	7,85
3	564091	9773692	25,1	0,11	7,88

Seguidamente, luego de ingresar los puntos de muestreo que se realizó en el río, se logra distinguir en la Figura 6 su respectiva distribución geográfica en el software QGIS.

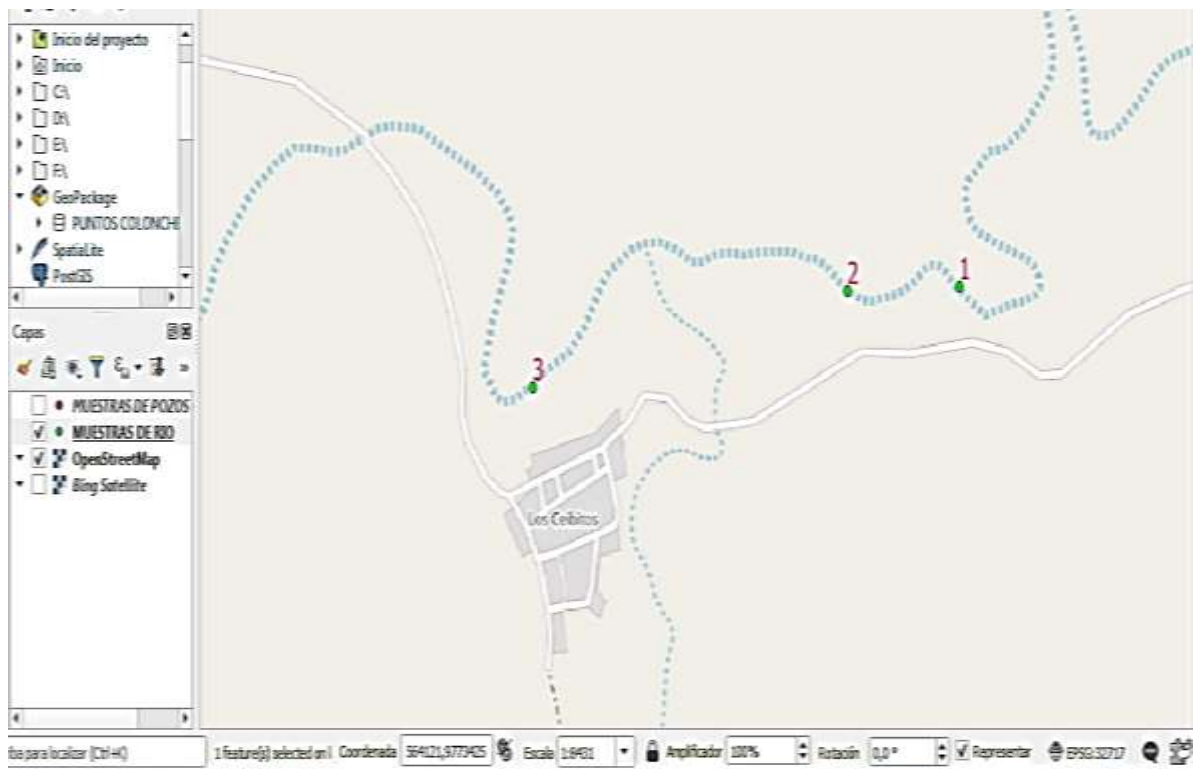


Figura 5. Posicionamiento geográfico de los puntos de muestreo en el Río Piedras

Noé *et al.* (2014) indica que el uso de sistemas de información geográfica, en este caso, el software como Qgis, contribuye a realizar un mejor análisis, desde el punto de vista espacial o geográfico a sitios específicos en un mapa, con la finalidad de transformar valores en datos geográficos y convirtiendo esos datos en información.

1.12 Estimación de calidad de agua

Para estimar la calidad del agua se utilizaron los parámetros de conductividad eléctrica y pH obtenidos en el muestreo, indicando sus respectivos valores de acuerdo el orden de pozos.

1.12.1 Análisis de la conductividad eléctrica de pozos

Previo al análisis de la conductividad, se realizó el reajuste de la CE con respecto a la temperatura utilizando los factores de corrección expuestos en la Tabla 3 como indican Fuentes y García (1999).

Hecha la corrección se procede a su interpretación como se muestra en la Tabla 11, la cual determina si la muestra de agua es de buena calidad, admisible, dudosa porque necesita un tipo de manejo o es inadecuada para la agricultura.

Tabla 11. Evaluación la calidad del agua de los pozos estudiados, según su conductividad eléctrica (dS/m a 25° C).

POZO	T °C promedio	CE promedio	CE corregida	Interpretación de calidad
1	25,0	0,85	0,85	Admisible
2	26,0	0,70	0,69	Buena
3	26,4	0,95	0,92	Admisible
4	27,0	0,86	0,83	Admisible
5	26,2	1,02	0,99	Admisible
6	27,3	1,13	1,08	Admisible
7	26,7	2,13	2,02	Dudosa
8	26,8	2,38	2,29	Dudosa
9	26,8	2,23	2,15	Dudosa
10	25,0	2,25	2,25	Dudosa
11	25,4	2,56	2,54	Dudosa
12	25,4	1,92	1,90	Admisible
13	25,3	3,18	3,16	Inadecuada
14	26,0	0,78	0,76	Admisible
15	25,7	1,90	1,87	Admisible
16	25,5	1,02	1,01	Admisible
17	26,0	3,44	3,37	Inadecuada
18	25,8	2,05	2,02	Dudosa
19	25,5	1,21	1,20	Admisible
20	25,6	1,44	1,42	Admisible
21	26,0	2,79	2,73	Dudosa
22	25,8	2,08	2,04	Dudosa

En el análisis de la conductividad eléctrica de pozos de la Tabla 11, se muestra que, solo uno de los 22 pozos estudiados tiene una buena calidad con respecto a su conductividad eléctrica, lo que quiere decir que, no va a presentar inconvenientes en su uso para el riego agrícola, también los análisis revelan que el 50 % de los pozos en estudio son considerados con agua admisible para la agricultura, siempre y cuando se mantenga un lavado de sales ocasionalmente, del mismo modo los estudios expresan que 8 de 22 pozos mantienen una calidad de agua dudosa, por lo que, además de realizar lixiviaciones frecuentes, el terreno debe mantener un buen drenaje, y finalmente se pudo determinar que en dos de los 22 de los pozos evaluados las aguas son inadecuadas para su uso en el riego de cultivos agrícolas.

Borbor (2021) menciona que los valores de conductividad eléctrica en agua de pozos suelen variar dependiendo de la época del año, siendo en épocas secas donde su valor puede aumentar considerablemente llegando a ser desfavorables para cultivos sensibles a la salinidad.

Por otra parte, Torres y Acevedo (2008) demuestran que en la actualidad la alta salinidad que existe en el agua y suelo, condicionan el desarrollo de cultivos, incluso en ocasiones llegando a niveles de toxicidad, por lo que es necesario llevar a cabo un lavado de sales, para que no se reduzca el intercambio de nutrientes y la capacidad osmótica por parte de los cultivos.

1.12.2 Análisis de la conductividad eléctrica de muestras de río

Siguiendo la metodología anterior, se puede observar en la Tabla 13, los valores conductividad eléctrica corregida de las muestras de río, obteniendo el resultado de la conductividad eléctrica a una temperatura de 25 °C, para luego realizar su respectivo análisis.

Tabla 12. Evaluación de la calidad de agua de las muestras de río, según su conductividad eléctrica (dS/m a 25° C).

MUESTRA DE RIO	T °C promedio	CE promedio	CE corregida	Interpretación de calidad
1	26,7	1,30	1,26	Admisible
2	26,0	0,09	0,07	Excelente
3	25,1	0,11	0,11	Excelente

Conforme los resultados, la interpretación de la calidad de agua de río, según los valores de conductividad eléctrica, se puede deducir que en promedio su calidad de agua es buena, sin embargo, su conductividad puede variar dependiendo de las actividades que se realicen cerca de estas aguas.

Mullor (2017) demuestra que las causas principales de la salinidad que existe en aguas superficiales, pueden ser; las condiciones geológicas y la contaminación antropogénica, siendo esta última la que más cambios produce, ya sea por vertientes de residuos industriales o el mal empleo de agroquímicos en la agricultura, en muchos casos convirtiendo este recurso no apto para el uso doméstico, sin embargo, se podría emplear en la agricultura acoplándose a los estándares de calidad.

1.12.3 Análisis del pH en los pozos

Para el análisis de pH se preparó la Tabla 12, para lo cual se estableció el siguiente rango; si valor del potencial de hidrógeno está entre 6,5 a 8,5 se considera que la calidad de agua de la muestra es aceptable, fuera de ese rango se estipula que es inadecuada, así como lo establece (Redondo, 2017).

Tabla 13. Clasificación de las aguas de pozo de acuerdo a su pH.

N° Pozo	pH promedio	Interpretación de calidad
1	7,19	Aceptable
2	7,00	Aceptable
3	7,60	Aceptable
4	6,98	Aceptable
5	7,35	Aceptable
6	7,25	Aceptable
7	6,93	Aceptable
8	6,89	Aceptable
9	7,01	Aceptable
10	7,99	Aceptable
11	8,28	Aceptable
12	7,98	Aceptable
13	7,96	Aceptable
14	7,22	Aceptable
15	7,07	Aceptable
16	7,87	Aceptable
17	7,63	Aceptable
18	6,74	Aceptable
19	7,17	Aceptable

Tabla 13. “Continuación”

Nº Pozo	pH promedio	Interpretación de calidad
20	7,07	Aceptable
21	6,59	Aceptable
22	7,20	Aceptable

Los valores de pH de las muestras de agua en los pozos, poseen un rango de 6,50 a 8,28 lo cual indica que se encuentran dentro de un rango aceptable.

Medina *et al* (2016) considera que, aunque el pH no es el principal factor para determinar la calidad del agua, si se requiere que los cultivos aprovechen en estado óptimo los nutrientes, su rango debe estar entre 6,5 y 7,5.

1.12.4 Análisis del pH en las muestras de río

Del mismo modo, en la Tabla 14, se consideró el rango en el pH de 6,5 a 8,5 para considerar si la calidad del agua aceptable o no para la agricultura.

Tabla 14.. clasificación de las muestras de río de acuerdo a su pH

MUESTRA DE RIO	pH promedio	Interpretación de calidad
1	7,35	Aceptable
2	7,85	Aceptable
3	7,88	Aceptable

Castellón *et al.* (2015) comparten que los valores de pH están condicionados por la presencia de carbonatos y bicarbonatos, pero para que favorezca la absorción de nutrientes su rango debe estar entre 5,5 a 7.

Herrera *et al.* (2018) señala que las aguas naturales mantienen un rango de pH entre 6,5 y 8,5 en su mayoría, sin embargo, en aguas subterráneas su variabilidad es más extensa, presentando un llegando alcanzar valores de pH entre 5,5 y 9,0.

1.13 Comparación de la conductividad eléctrica y tolerancia de los cultivos

1.13.1 Tolerancia a la salinidad de cultivos en el estudio

En primer lugar, se planteó en la Tabla 15 la lista de cultivos que existen en los lugares de muestreo, junto a ello se agregó el umbral de tolerancia y los porcentajes de disminución en base a la conductividad eléctrica, como comparte Fuentes y García (1999).

Tabla 15. Tolerancia a la salinidad de cultivos que existen en los lugares de muestreo

Cultivo	CE (dS/m) para el Umbral de Tolerancia	Conductividad eléctrica (dS/m) para pérdidas en rendimiento				Clase
		10 %	25 %	50 %	100 %	
Banano	1,0	-	-	-	-	Sensible
Cacao	-	-	-	-	-	-
Coco	4,0	6,8	11,0	18,0	32,0	Moderablemente tolerante
Café	-	-	-	-	-	-
Fréjol	1,0	1,5	2,3	3,6	6,3	Sensible
Limón	1,7	2,3	3,3	4,8	8,0	Moderablemente sensible
Maíz	1,7	2,5	3,8	5,9	10,0	Moderablemente sensible
Mandarina	1,7	-	-	-	-	Moderablemente sensible
Mango	1,0	-	-	-	-	Sensible
Maracuyá	1,0	-	-	-	-	Sensible
Melón	2,2	3,6	5,7	9,1	16,0	Moderablemente sensible
Naranja	1,7	2,4	3,3	4,8	8,0	Moderablemente sensible
Papaya	1,7	-	-	-	-	Moderablemente sensible
Pepino	2,5	3,3	4,4	6,3	10,0	Moderablemente sensible
Pimiento	1,5	2,2	3,3	5,1	8,6	Moderablemente sensible
Plátano	1,0	-	-	-	-	Sensible
Sandía	0,9	-	-	-	-	Moderablemente sensible

En el estudio de FAO 56 se explica que los valores de tolerancia a la salinidad de los cultivos son solo para orientar en un valor aproximado, debido a que el valor real de tolerancia está dado por otros factores como lo son: el clima, condiciones de suelo y prácticas culturales.

1.13.2 Análisis de la comparación conductividad eléctrica del pozo y tolerancia los cultivos en estudio

Utilizando los valores de la conductividad eléctrica a 25 °C de la Tabla 11 y el grado de tolerancia que tienen los cultivos en estudio para cada pozo como se muestra en la Tabla 13, se identifican, en la Tabla 16, los cultivos que no tienen afectaciones producto del agua de riego, y también se presentan los cultivos que podrían tener pérdidas en su rendimiento.

Tabla 16. Comparación de conductividad eléctrica y tolerancia a la salinidad de los cultivos

Pozo	CE del pozo a 25 °C	Cultivos que no presentan pérdidas en rendimiento	Cultivos que presentan pérdidas ≤ 10 % en rendimiento	Cultivos que presentan pérdidas > 10 % en rendimiento	Cultivos que presentan un % de pérdidas desconocido
1	0,85	Limón, mango, naranja, maracuyá, fréjol, plátano, banano, maíz, pimienta, sandía, melón.	Ninguno	Ninguno	Ninguno
2	0,69	Limón, mango, naranja, maracuyá, plátano, banano, maíz, pimienta, sandía, melón.	Ninguno	Ninguno	Ninguno
3	0,92	Limón, mandarina, naranja, mango, maracuyá, plátano, banano, maíz, sandía, melón.	Ninguno	Ninguno	Ninguno
4	0,83	Pimienta, maíz, sandía	Ninguno	Ninguno	Ninguno
5	0,99	Plátano, maíz, maracuyá	Ninguno	Ninguno	Ninguno
6	1,08	Maíz, limón	Ninguno	Ninguno	Maracuyá, plátano
7	2,02	Ninguno	Limón, maíz	Ninguno	Maracuyá, papaya
8	2,29	Ninguno	Limón, maíz	Ninguno	Papaya
9	2,15	Ninguno	Limón, maíz	Ninguno	Maracuyá, papaya
10	2,25	Ninguno	Limón	Ninguno	Maracuyá, plátano
11	2,54	Ninguno	Ninguno	Maíz	Ninguno
12	1,90	Ninguno	Maíz	Ninguno	Ninguno
13	3,16	Ninguno	Ninguno	Maíz	Ninguno
14	0,76	Plátano	Ninguno	Ninguno	Ninguno
15	1,87	Pepino	Limón, maíz, pimienta	Ninguno	Maracuyá, papaya, plátano
16	1,01	Maíz	Ninguno	Ninguno	Plátano
17	3,37	Ninguno	Ninguno	Maíz, limón, naranja	Mandarina
18	2,02	Ninguno	Limón, maíz	Ninguno	Ninguno
19	1,20	Coco	Ninguno	Ninguno	Plátano
20	1,42	Limón, naranja	Ninguno	Ninguno	Ninguno
21	2,73	Ninguno	Ninguno	Limón	Ninguno
22	2,04	Ninguno	Limón	Ninguno	Maracuyá

En la comparación que se realizó en relación a la conductividad eléctrica y la tolerancia a la salinidad de los cultivos que riegan en cada pozo, se obtuvo que, en los pozos 1, 2, 3, 4, 5 y 14 no hubo problemas con respecto a la salinidad, debido a que la CE del pozo no supera el valor de tolerancia de los cultivos, en cambio, pozos que su valor de CE excede 1 dS/m empiezan a mostrar pérdidas en rendimientos productivo en cultivos de maracuyá y plátano, debido a que son sensibles a la salinidad, de igual manera, para pozos que fluctúan en un valor de 1,51 – 2,50 dS/m, representan problemas para cultivos que son moderadamente sensibles a la salinidad como lo son: frutales (cítricos y papaya), y hortícolas (maíz, melón y pimiento), ocasionando pérdidas menores o igual al 10 % de su producción, finalmente en pozos que su CE sobrepasa el valor de 2,51 dS/m, producen perdidas mayores del 10 % en su producción para el caso de cítricos y maíz en sus respectivos pozos.

Según González *et al.* (2002), el uso inadecuado del recurso hídrico produce reducciones en rendimiento, por no considerar la salinidad, por lo mismo, existen cultivos agrícolas que se adaptan mejor a condiciones de estrés hídrico que otros, no obstante, también el nivel de tolerancia a la salinidad puede variar por varios factores como: estado fisiológico del cultivo, requerimientos de la planta y condiciones climáticas, lo que dificulta muchas veces la toma de decisiones e influye en la selección de cultivo u otro.

González (2021) manifiesta que la salinidad es el factor abiótico más complejo, en concentraciones excesivas produce estrés hídrico, reduciendo la capacidad osmótica, perjudicando el sistema radicular, y causando daños irreversibles en partes específicas de la planta que entren en contacto con aguas salinas.

Los resultados obtenidos son corroborados por Fuentes y García (1999) quienes plantean que algunos cultivos son más tolerantes a la salinidad, debido a que su poder de captación de agua en condiciones de salinidad es mayor por su capacidad de adaptación osmótica.

1.14 Propuestas de para el buen uso de aguas de pozo

1.14.1 Propuesta de cultivos para el riego con agua de pozos

Para la sugerencia de cultivos que se muestra en la Tabla 17 se tomaron en cuenta pozos que, de acuerdo a su conductividad eléctrica, poseen buena calidad, es decir, cuya CE oscile entre 0,25 a 0,75 dS/m, pozos que son admisibles de modo que tienen valores de 0,76 a 2,00 dS/m, y pozos de dudosa calidad dado que sus valores son de 2,01 a 3,00 dS/m, cabe recalcar que, por encima de estos valores su uso para riego es inadecuado en la agricultura.

También se consideró que el umbral de tolerancia de cultivos recomendado esté por encima del valor de la conductividad eléctrica del pozo.

Los cultivos que se exponen en la Tabla 17 fueron recopilados gracias a la ayuda del Ministerio de Agricultura de Santa Elena, siendo cultivos que tienen mayor superficie ocupada en la parroquia Colonche.

Tabla 17. Cultivos que son adecuados para el riego según la conductividad eléctrica de cada pozo

Cultivos	Umbral de tolerancia (dS/m) de los cultivos recomendados	Pozos adecuados para riego de acuerdo a su CE (dS/m)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	21	22
Aguacate	1,3	X	X	X	X	X	X							X		X		X			
Banano	1,0	X	X	X	X	X								X							
Cebolla	1,2	X	X	X	X	X	X							X		X		X			
Coco	4,0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fréjol	1,0	X	X	X	X	X								X							
Limón	1,7	X	X	X	X	X	X							X		X		X	X		
Maíz	1,7	X	X	X	X	X	X							X		X		X	X		
Mandarina	1,7	X	X	X	X	X	X							X		X		X	X		
Mango	1,0	X	X	X	X	X								X							
Maracuyá	1,0	X	X	X	X	X								X							
Melón	2,2	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X		
Naranja	1,7	X	X	X	X	X	X							X		X		X	X		
Papaya	1,7	X	X	X	X	X	X							X		X		X	X		
Pepino	2,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X
Pimiento	1,5	X	X	X	X	X	X							X		X		X	X		
Plátano	1,0	X	X	X	X	X								X							
Sandía	1,0	X	X	X	X	X								X							
Tomate	0,9	X	X		X									X							
Toronja	1,8	X	X	X	X	X	X							X		X		X	X		

Lamz y González (2013) plantean que las condiciones de salinidad perjudican los rendimientos de cultivos, presentando grandes pérdidas de zonas donde la agricultura es el principal sustento, pero sus producciones son condicionadas por la salinidad, para lo cual hallar cultivos tolerantes a la salinidad es una clave para evitar entornos de estrés hídrico en las plantas.

Césped (1995) comparte que la tolerancia está influenciada por la etapa de la planta, la mayor parte de cultivos tiende a ser más tolerante en la germinación, pero en la etapa de plántula presentan mayor sensibilidad, por lo que sugiere mantener bajos niveles de salinidad luego de la germinación, por otra parte, la salinidad puede influir de manera positiva en etapas finales de la producción en algunos cultivos, por ejemplo; en el tomate y el melón, la salinidad favorece la maduración, interviniendo en la concentración de sólidos en el fruto beneficiando la calidad del producto. En especies frutales su tolerancia es muy variable, sin embargo, se puede modificar su tolerancia realizando injertos con especies que poseen más resistencia a condiciones salinas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se desarrolló una base de datos digital que permite realizar un análisis espacial del comportamiento de la calidad de las aguas de pozos cercanos al río Piedras y puntos que siguen un trayecto por las comunidades: El Coroso, Las Balsas y Los Cebitos.
- El análisis de la conductividad eléctrica permitió deducir que el 50 % de los pozos estudiados tienen aguas de calidad admisible para el uso agrícola, mientras que el 37 % tiene agua de calidad dudosa, es decir, que se pueden utilizar aplicando un lavado de sales casualmente y manteniendo un drenaje adecuado. Mientras que, según su pH, se estima que todas estas aguas son aceptables para el uso agrícola.
- En la comparación de conductividad eléctrica y tolerancia a la salinidad de los cultivos existe variabilidad de pérdidas con respecto a su rendimiento productivo, esto se debe a que la relación entre su tolerancia a la salinidad y valor de conductividad eléctrica no es favorable, puesto que el nivel de sensibilidad que tiene el cultivo es menor a la CE de la muestra de agua de pozo, por lo tanto, va a tener pérdidas en su rendimiento.
- En cada pozo estudiado se propuso cultivos cuyo umbral de tolerancia a las sales está por debajo de la CE de sus aguas, por lo mismo, serían los recomendados para que no sean afectados en sus rendimientos agrícolas.

Recomendaciones

- Antes de fijar cultivos en un sitio, realizar un análisis previo de las aguas y estableciendo cultivos que se adapten según su calidad.
Para prevenir la acumulación de sales en la superficie del suelo y la zona radicular de los cultivos, se propone programar lixiviaciones, preferiblemente fuera de la temporada del cultivo elevando su eficacia.
Se recomienda que se realicen otras investigaciones relacionadas con la sensibilidad a las sales de cultivos agrícolas considerando épocas del año y otros factores como son las condiciones de edafoclimáticas del sitio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexis Lamz Piedra y María C. González Cepero (2013). *La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata*. cultrop vol.34 no.4 La Habana, Cuba. ISBN: 0258-5936

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. (2006). *Evapotranspiración del cultivo – Guía para determinación de requerimientos de agua de los cultivos – FAO riego y drenaje 56*. ISBN 92-5-304219-2.

Amador Torres H y Edmundo Acevedo H., (2008) *El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de lluta y azapa en el norte de Chile*. Volumen 26, Nº 3, Páginas 31-44

Barbaro Lorena, K. M. (2012). *Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustrato para plantas*. Argentina: Ministerio de agricultura, ganadería y pesca.

Boluda, N. (2013). *Determinación de parámetros en aguas implicadas en procesos de desalación*. España: Universidad de Alicante.

Borbor Tigrero, Joel Luciano (2021). *Comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos y aguas del centro de apoyo Manglaralto UPSE*. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 48p.

Caraballo, M. P. C., & Xavier, J. M. (2012). *Manual de Agua Subterránea*. 121.

Castellón Gómez, Juan José; Bernal Muñoz, Roberto; Hernández Rodríguez, María de Lourdes (2015) *Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala* Ingeniería, vol. 19, núm. 1, pp. 39-50 Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México.

Consortio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador. (2017). *Hablemos de riego*.

Cristina Mullor Real (2017). *Estudio de la salinidad de las aguas de escorrentía en el entorno agrícola de los ríos Segura-Vinalopó*. Universidad Miguel Hernández. España

Edna Karen Medina Valdovinos¹, Oscar Raúl Mancilla Villa², Mayra Michel Larios¹, Rubén Darío Guevara Gutiérrez¹, José Luis Olguín López y Oscar Arturo Barreto García (2016) *Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco*. Chile. Volumen 34, N° 6. Páginas 51-59.

FAO (1997). *Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos*. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55). Roma, Italia. ISBN 92-5-303875-6

FAO (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*.

González, L. M.; González, María C.; Ramírez, R. (2002). *Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas cultivadas*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. Vol. 23, núm. 2, 2002, pp. 27-37. ISBN: 0258-5936

González Montenegro, Christian Edward (2021). *Efecto de diferentes concentraciones de agua de mar en el crecimiento y germinación de semillas híbridas de melón Cucumis melo L.* La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 43p.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid. ISBN FAO: 978-92-5-306614-8

Fuentes Yagüe y García Legaspi (1999) *Técnicas de Riego*. Primera Edición. México. ISBN: 968-7462-17-5

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, FAO (2002). *Agua y cultivos. logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. Roma, Italia

Mario Liotta (2015) *Drenaje de suelos para uso agrícola*. Primera edición. Argentina-San Juan.

Monica Rogriguez, C. D. (2008). *Evaluación de la Calidad de Aguas para Riego de la Cuenca del Rio Calera*. Argentina-Tucuman: Vol 3.

Noé Y., Elena H., Ledesma F., Morales Poclava C. (2014). *Laboratorio de Teledetección y SIG* – EEA Salta.

Pauta Alex, Q. D. (2017). *Determinación de la tendencia corrosiva e incrustante del agua potable distribuida en la ciudad de Azogues*. Cuenca - Ecuador: UNIVERSIDAD Proyecto de Evaluación de Vulnerabilidad y Reducción de Riesgo de Desastres a Nivel Municipal en el Ecuador ECHO/DIP/BUD/2011/91002. (s. f.). 62.E CUENCA facultad de Ciencias Químicas.

Redondo, M. A. M. (2017). *Interpretación de un análisis de agua para riego* [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>

Rivera, E., Sánchez, M., & Domínguez, H. (2018). *pH como factor de crecimiento en plantas* *pH as a growth factor in plants*. 4, 5.

Soriano Soto y María Desamparados (2008) *pH del suelo*., Universidad Técnica de Valencia. España

Ricardo Céspedes (1996) *La salinidad de suelo y agua de riego y su relación con los cultivos*. Instituto de investigaciones agropecuarias. Chile.

Tigero Beltrán, Jacinto Alonso. (2015). *Caracterización de sistemas de producción agropecuaria en comunas de la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena*. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias del Agrarias. 102p.

ANEXOS



Figura 1A. Muestreo en el Rio Piedras



Figura 2A. Medición de parámetros en el Rio Piedras



Figura 3A. Recolección de datos en muestro en pozos



Figura 4A. Medición de parámetros de CE y pH en pozos



Figura 5A. Pozo N°2 muestreado



Figura 6A. Pozo N° 8 junto a su propietario



Figura 7A. Medición de parámetros CE y pH en el pozo N° 10



Figura 8A. Pozo N° 15 muestreado



Figura 9A. Pozo N° 16 muestreado