



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CALIDAD DE AGUA DE POZOS EN LA COMUNA DOS
MANGAS DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PARA EL
RIEGO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Marcos Julián Láinez Cochea.

LA LIBERTAD, 2022



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CALIDAD DE AGUA DE POZOS EN LA COMUNA DOS
MANGAS DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PARA EL
RIEGO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Marcos Julián Láinez Cochea.

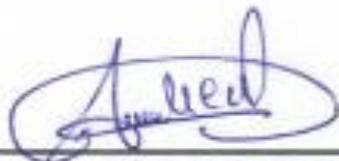
Tutor: Ing. Carlos Eloy Balmaseda PhD.

LA LIBERTAD, 2022

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **MARCOS JULIAN LAINEZ COCHEA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 07/09/2022



Ing. Verónica Andrade Yucailla, PhD
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Daniel Ponce De León
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Carlos Balmaceda Espinosa, PhD
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD
**PROFESORA GUIA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Leda Arta Villalta Gómez, MSc
**ASISTENTE ADMINISTRATIVA
SECRETARIA**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por prestarme vida, salud, fortaleza, disciplina e inteligencia para cumplir una de muchas metas por realizar.

A mis padres ya que me dieron la oportunidad de estudiar para poder superarme, abuelos que me brindaron el apoyo suficiente para no darme por vencido, primos, tíos y hermanos y me la familia en general les agradezco mucho por su apoyo moral.

A una persona muy importante y querida en mi vida como es mi tía Lilian Cochea quien es mi segunda mamá la que me ayudó sin importar las circunstancias que nos pone la vida, y seguiré firme en este corto camino como es la vida para seguir su ejemplo de compartir y hacer el bien.

A mi compañera de vida Diana Barzola quien estuvo apoyándome para no rendirme en esta última etapa, por ayudarme cuando lo necesite y por estar a mi lado en las buenas y en las malas, por otra parte, también agradecerle a la familia de Diana por estar con nosotros para cumplir esta meta.

A mi tutor el Ing. Carlos Balmaseda ya que es uno de los mejores docentes dentro de la facultad de ciencias agrarias, le agradezco demasiado por compartir su conocimiento, experiencia y consejos de vida hacia mí, sin su ayuda no hubiera terminado el trabajo de titulación, también agradecer a cada docente de la facultad quien deposita su semilla de conocimiento en los estudiantes.

A mis compañeros quienes fueron parte de este transcurso en la universidad por apoyarnos mutuamente, por los momentos donde disfrutamos, reímos y contamos nuestras experiencias agradecerles por su apoyo, pero en especial a Kerly Solís la persona que sin importar las circunstancias siempre me seguía la corriente.

DEDICATORIA

Dedicó este trabajo en primer lugar a Dios por brindarme la sabiduría necesaria, a mis padres para que se sientan satisfechos del esfuerzo que hacen día a día por mí y mis hermanos, a mis hermanos para que no se den por vencidos y logren superarse en un futuro no muy lejano. A mi tía Lilian por haberme apoyado y para hacer que se sienta feliz de este logro alcanzado, a mi hijo Ethan para que cuando crezca tenga ganas de superar a sus padres y no quedarse solo con los estudios básicos, a mis familiares por parte de mamá y papá para que con ello se mentalicen y se enfoquen el estudio y tengan el mismo como prioridad para desempeñar una buena labor como profesionales cuando culminen la carrea a su elección.

RESUMEN

La provincia de Santa Elena posee varias comunidades que utiliza el agua de acuíferos subterráneos para su uso diario, este a su vez es utilizado sin saber su calidad por lo que el siguiente trabajo se realizó con la finalidad de saber de qué calidad es el agua de los pozos que usan en el riego, para ello se estudió el pH y la CE que se midió con un medidor de conductividad eléctrica y un medidor de pH, también se estableció el punto de muestreo de cada pozo en el programa Quantum GIS, las muestras de los quince pozos se tomaron a lo largo de 10 meses, al finalizar la toma de los datos se realizó una corrección la cual establece la conductividad eléctrica de los pozos, posteriormente se comparan las muestras con el umbral de tolerancia de los cultivos que hay dentro de la comuna, estableciendo así, si la calidad de agua es apta para el riego, teniendo los resultados de la comparación se realizó una tabla de los cultivos que no tienen pérdida de rendimiento al utilizar el agua de pozo.

Palabras claves: calidad de agua, umbral de tolerancia, pozos, acuíferos subterráneos, conductividad eléctrica

ABSTRACT

The province of Santa Elena has several communities that use water from underground aquifers for their daily use, this in turn is used without knowing its quality, so the following work was carried out in order to know what quality is the water of the wells used in irrigation, for this the pH and the EC were studied, which were measured with an electrical conductivity meter and a pH meter, the sampling point of each well was also established in the Quantum GIS program, the samples of the fifteen wells were taken over 10 months, at the end of the data collection a correction was made which establishes the electrical conductivity of the wells, later the samples are compared with the tolerance threshold of the crops that are inside of the commune, thus establishing, if the water quality is suitable for irrigation, having the results of the comparison, a table of the crops that do not have loss of yield when using well water was made.

Keywords: water quality, tolerance threshold, wells, underground aquifers, electrical conductivity

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**CALIDAD DE AGUA DE POZOS EN LA COMUNA DOS MANGAS DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PARA EL RIEGO DE CULTIVOS AGRICOLAS**” y elaborado por **Marcos Julián Láinez Cochea**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"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".



Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico:	2
Objetivos:	2
Objetivo General:.....	2
Objetivos Específicos:.....	2
Hipótesis:	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Agua	3
1.2 Pozos de agua	3
1.2.1 Tipos de pozos.....	3
1.3 Acuífero	4
1.3.1 El Acuífero Costero de la parroquia Manglaralto	4
1.3.2 Contaminación del acuífero	5
1.4 Riego	5
1.5 Salinidad	5
1.5.1 Salinización de los suelos	5
1.5.2 Salinidad del agua.....	6
1.6 Características físicas y químicas del agua de pozo	6
1.6.1 Características físicas	6
1.6.2 Características químicas	8
1.6.3 Medición del pH.....	9
1.6.4 pH en el agua.....	9
1.7 Calidad del agua de pozo	10
1.7.1 Definición de un índice de calidad del agua	10
1.7.2 Calidad del agua destinada al riego agrícola.....	10
1.7.3 Indicadores de calidad del agua destinada al riego	11
1.7.3.1 Salinidad efectiva	11
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1 Caracterización del área	13
2.1.1 Características químicas del agua de riego del centro de apoyo Manglaralto.	13
2.2 Parámetros evaluados	14
2.2.1 pH.....	14
2.2.2 Conductividad eléctrica	14
2.3 Materiales, equipos e insumos	15
2.4 Conducción o manejo de la investigación	15
2.4.1 Creación de base de datos digitales	15
2.4.2 Levantamiento de información.....	15
2.4.3 Muestreo de campo.....	16
2.4.4 Armonización entre calidad de agua- tolerancia de cultivo.....	16
2.4.5 Propuesta de medidas para el manejo del agua de riego	16
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
3.1 Base de datos	17
3.1.1 Estructura de base de datos	17
3.2 Profundidad de agua de pozo en sequía e invierno	21
3.3 Mantenimiento de pozos	22
3.4 Tiempo de uso de pozos	22
3.5 Estimación de calidad de agua	22
3.5.1 Análisis de la conductividad eléctrica (CE) de pozos	23
3.5.2 Análisis de pH en los pozos	24

3.6 Comparación de la conductividad eléctrica y tolerancia de los cultivos	25
3.6.1 Tolerancia a la salinidad de cultivos en el estudio	25
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
Conclusiones	30
Recomendaciones	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medidas de conductividad para distintas fuentes de agua.	7
Tabla 2. Factor de corrección de CE a 25°C.	7
Tabla 3. Parámetros para evaluar calidad del agua para riego.	10
Tabla 4. Clasificación para SE del agua para uso agrícola.	12
Tabla 5. Clasificación para SP del agua para uso agrícola.	12
Tabla 6. Análisis químico del agua de riego del centro de apoyo Manglaralto realizado en 2019. .	14
Tabla 7. Criterios para el uso del agua de riego basado en la conductividad.	14
Tabla 8. Capas utilizadas en la estructura de base de datos.	17
Tabla 9. Atributos de la capa de pozos.	17
Tabla 10. Tabla descripción de pozos de la comuna Dos Mangas.	19
Tabla 11. Profundidad de agua de pozo en sequia e invierno.	21
Tabla 12. Interpretación de la calidad de agua con CE.	23
Tabla 13. Interpretación de calidad de agua mediante el pH.	24
Tabla 14. Tolerancia de salinidad de cultivos establecidos en la comuna Dos Mangas.	26
Tabla 15. Cultivos que presentan pérdidas de rendimiento por la CE de pozo a 25 °C.	26
Tabla 16. Umbral de tolerancia de los cultivos de los cultivos regados con agua de los pozos.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Construcción de Pozos (Excavación, propulsión, perforación).	3
Figura 2. Escala de pH del agua.	9
Figura 3. Ubicación de la comuna Dos Mangas de la parroquia Manglaralto, lugar de investigación.	13
Figura 4. Distribución espacial de los pozos de la comuna Dos Mangas.	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Ubicación de las coordenadas de los pozos con la ayuda de propietarios.

Figura 2A. Apertura de los pozos modificado por propietarios.

Figura 3A Recolección de la muestra de agua de pozo No 1.

Figura 4A. Colocación de pehachimetro y medidor de CE en el vaso plástico.

Figura 5A. Registro de los valores de variables.

Figura 6A. Resultados de las muestras de CE y pH.

Figura 7A. Estructuras para proteger el agua de pozo.

Figura 8A Cultivo de piña existente en la zona que riegan de pozo.

Figura 9A Extracción de agua de pozo por medio de bombas para el riego.

Figura 10 A Tabla de atributos del programa Quantum GIS.

Figura 11A. Datos de pozos de la comuna Dos Mangas.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso necesario en las acciones de los seres vivos, se utiliza desde el hogar hasta la implementación de su uso en las industrias de un país y de todo el mundo, lo que genera esta disponibilidad natural un motor de evolución financiero y social. La equidad de la repartición de agua en el planeta no es equilibrada, por lo tanto, es indispensable una gestión de líquido vital comprometida y razonable a un largo tiempo; siendo la falta de agua la primordial preocupación ambiental del mundo (Hoekstra, 2016).

Hoy en día, existen 2.500 millones de personas que requieren exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas en el mundo, la disponibilidad de recursos de agua dulce es un reto para comunidades, generando un bien limitado para el desarrollo general y monetario (Setegn et al., 2014).

En las regiones del Ecuador existen un sinnúmero de puntos ubicados en las zonas rurales de las distintas provincias donde los acuíferos subterráneos son la base del abastecimiento de agua para satisfacer las necesidades hídricas de las comunidades.

La mayor parte de asentamientos rurales como la Comuna Dos Mangas poseen fuentes de ingreso que provienen de la actividad agrícola la cual es desempeñada por los comuneros, quienes establecen una diversidad de cultivos para la subsistencia de las familias por lo que producir es su principal fin, para lograr la producción adecuada ellos toman el agua de pozos propios y comunales para su uso en el riego de las parcelas, sin tomar en cuenta que la calidad de la misma puede no ser apta para los requerimientos específicos de los cultivos.

Un elemento primordial para el aumento de la producción es la implementación de la agricultura la cual utiliza el riego continuo de cultivos, la extracción de agua para la agricultura 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. 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).

El control de la calidad de las aguas incluye plantear problemáticas las cuales nos introduce a indagar en una factible investigación en la comuna Dos Mangas para mejorar el manejo del recurso hídrico en el riego de manera que permitan tomar decisiones respecto a su posible afectación o no a los cultivos de la zona, hacia ello tomaremos variables como son: la conductividad eléctrica y el pH.

Problema Científico:

¿Será apta para el riego de cultivos agrícolas la calidad del agua de pozos de la comuna Dos Mangas, parroquia Manglaralto?

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Evaluar la calidad del agua de pozos de la comuna Dos Mangas de la parroquia Manglaralto para el riego de cultivos agrícolas.

Objetivos Específicos:

1. Desarrollar una base de datos digital de pozos empleados para el riego de cultivos agrícolas en la comuna Dos Mangas de la parroquia Manglaralto.
2. Determinar la calidad de agua de cada pozo mediante conductividad eléctrica y pH.
3. Proponer medidas para el manejo de agua de riego según su calidad y tipo de cultivo.

Hipótesis:

La calidad de agua de pozos de la comuna Dos Mangas de la parroquia Manglaralto es apta para el riego de cultivos agrícolas.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Agua

Según Fontalvo y Tamariz (2018), el agua es patrimonio y derecho de los seres humanos, es un componente de la naturaleza y utilizado como recurso imprescindible para las ocupaciones económicas y productivas.

El agua es conocida en la naturaleza como una sustancia química cuya molécula se encuentra compuesta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, de ahí que su símbolo químico sea H₂O; se puede presentar en cualquiera de los tres estados más conocidos los cuales son sólido (hielo), líquido y gaseoso (vapor), además, de presentarse en la naturaleza siguiendo el ciclo hidrológico requerimiento indispensable para la vida (Sierra, 2011).

1.2 Pozos de agua

Los pozos desde tiempos pasados son utilizados para obtener el agua subterránea, estas aguas son halladas a través de los poros de tierra que se encuentran almacenadas y en circulación por debajo del nivel de suelo; el trabajo que se haga para su obtención va a depender del estrato geológico por el cual circula y la profundidad (López, 2019).

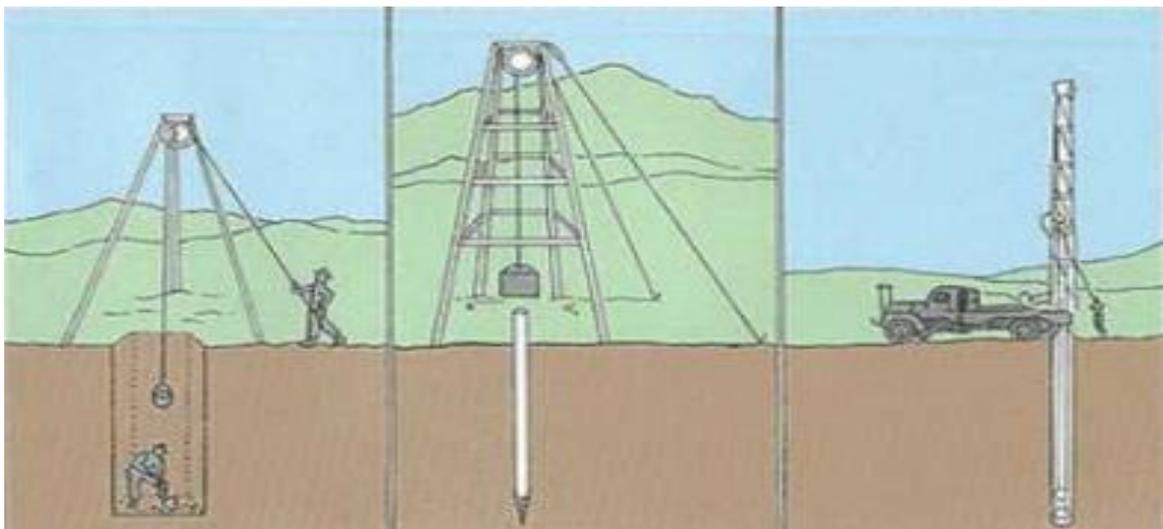


Figura 1. Construcción de Pozos (Excavación, propulsión, perforación).

1.2.1 Tipos de pozos

Según López (2021), los pozos poseen ventajas en cada tipo las cuales son:

- Fácil construcción
- Tipo de equipo requerido

- Capacidad de almacenamiento de agua
- Penetración fácil en las formaciones
- Prevención de la contaminación

Según Gualdrón (2016) su clasificación es la siguiente:

- **Pozo barrenado:** Posee una profundidad de más de 300 m y su construcción se realiza manualmente o pueden ser inducidos por una fuerza motriz, para la excavación se lleva a cabo un proceso por barras sucesivas con anexos en la parte inferior y a su vez un recipiente con cuchillas en su cabeza la cual se irá enterrando en el subsuelo, terminado este proceso es llevado a la superficie para retirar el material restante del tornillo, posteriormente se instala en el fondo una bomba que facilitará la vía del agua hacia la superficie.
- **Pozo a chorro:** La excavación se hace mediante un surtido de agua a alta presión y velocidad, logrando que el material se afloje y el agua escale así mismo transportará los sedimentos hacia fuera del pozo, es un proceso que requiere de maquinarias específicas que faciliten a grandes presiones y velocidades el flujo de agua.
- **Pozo clavado:** Tiene un promedio de 9 a 15 m es decir de poca profundidad, son de pequeño diámetro y se construye incrustando una rejilla con punta, al cual se van agregando tubos enroscados, el material de arcilla y las arenas finas saturadas muestran resistencia por lo cual este método no es recomendable.
- **Pozo perforado:** Su longitud es de 30 a 120 m, la excavación se lleva a cabo por procedimientos percutores o rotatorios dejando el material libre hueco para la extracción por presión hidráulica con un achicador.

1.3 Acuífero

Según Brito (2021), es fundamental entender el significado de este criterio para poder dominar el manejo de las aguas subterráneas, este término tiene una relación con una composición geológica suficiente permeable para generar y transportar agua a través de sus poros o grietas para su aprovechamiento.

1.3.1 *El Acuífero Costero de la parroquia Manglaralto*

Este acuífero se encuentra en peligro de agotamiento debido a las diferentes prácticas realizadas por el ser humano, durante este período del 2005 a 2015 la demanda de agua creció para construcciones de áreas para viviendas y turismo, durante el 2006 a 2013

incrementó en un 80%, mientras que en el período 2006 a 2014 debido al aumento de alojamientos, servicios de turismo y el avance de la agricultura creció en 1 775%, por ello se determinó de forma colectiva como solución la nominación del acuífero costero Manglaralto denominándose patrimonio del Ecuador (Herrera *et al.*, 2017).

1.3.2 Contaminación del acuífero

Según López (2019), las aguas subterráneas se deterioran alterando su calidad dado por diversas causas como los bombeos o por las actividades humanas, agrícolas, pecuarias, cuando se habla de contaminación se refiere a vertidos industriales mal desechados.

1.4 Riego

Guamán (2021) determina que el riego es una actividad que radica en suministrar agua a los cultivos de manera que no afecten la fertilidad del suelo, cuando el agua solicitada no puede ser satisfecha de manera natural o por las precipitaciones no garantizarán el incremento óptimo de las plantas y no cubrirán las necesidades de lavado de sales para evitar su acumulación que podría causar pérdidas.

El agua subterránea es utilizada para el riego, pero existe problemática debido a la sobreexplotación de los acuíferos.

El riego se practica en todas partes del mundo sin embargo se destaca más en aquellas zonas donde las precipitaciones no son lo suficientes para cubrir las necesidades de las plantas, es decir, que no se podría implantar cultivos debido a la falta de humedad del suelo (Guamán, 2021).

1.5 Salinidad

Según Méndez et al. (2020) la salinidad químicamente contiene la mayor cantidad de sales solubles, se considera las que son necesarias para el alimento de las plantas, pero a su vez estas en gran cantidad son desfavorables.

Ramírez y Hernández (2016) argumentan que la concentración elevada de sales que afectan a las plantas es dada por la misma, causando un efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico dentro del suelo.

1.5.1 Salinización de los suelos

A nivel mundial aproximadamente el 20% del área cultivada y tierras irrigadas son el 50% y consta entre 1 a 1.5 millones de ha por año que son afectadas por la salinidad en los suelos

que proviene desde el origen de la civilización hasta la actualidad siendo uno de los principales problemas que genera pérdidas en las cosechas (Ramírez y Hernández, 2016). La salinización se da principalmente por aportes de sales al suelo en las aguas de riego, los fertilizantes, así como al ascenso de sales por elevación de los niveles freáticos esto lleva consigo la pérdida de productividad, también se presentan el suelo donde existen fuertes precipitaciones, además de la acumulación de sales, descomposición de rocas y actividad volcánica (Ramírez y Hernández, 2016).

1.5.2 Salinidad del agua

Según Melgarejo (2018), el agua posee sales disueltas las cuales son añadidas a la misma desde el suelo provocando un incremento de salinidad lo que provocaría dificultad de absorción de agua para las plantas, por ello es necesario conocer la cantidad de sales que contiene el agua mediante un análisis de laboratorio o midiendo la conductividad eléctrica.

Melgarejo (2018) indica que las características que determinan la calidad son:

- Concentración TSS (Total Sales Solubles)
- Concentración de sólidos en suspensión
- Concentración de boro
- Dureza del agua
- Presencia de semillas de maleza

1.6 Características físicas y químicas del agua de pozo

Arbito (2015) argumenta que las propiedades físicas y químicas del agua subterránea obtenida mediante pozos superficiales y hondos, es una variable muy importante para conocer el tipo de uso se le puede brindar tanto para riego como para consumo humano, su apariencia depende de la manera en que los elementos presentes funcionan en disolución o en suspensión, lo que permite obtener y determinar la calidad.

1.6.1 Características físicas

Temperatura: Es un indicador de la calidad del agua, que repercute en la actividad biológica, las características bioquímicas y químicas del agua, así como en la absorción de oxígeno y va incrementando conforme progresa en profundidad del acuífero (Díaz y Sarmiento, 2018).

Conductividad eléctrica: La conductividad del agua de pozo varía entre 6 y 10 mhos/cm, cuando se encuentra a 25°C, sin embargo no es algo que se defina ya que se incrementa a medida que cambie la temperatura, las soluciones que presentarán una mejor conductividad serán los compuestos inorgánicos, y las que poseen mayor cantidad de agua muestran propiedades de conducir electricidad de la misma dependerán las concentraciones de iones, número de valencia y movilidad en el agua, así como la temperatura (Oscoco, 2019).

Tabla 1. Medidas de conductividad para distintas fuentes de agua.

Calidad del agua	Rango (meq/L)
Potable	1.055
De montaña	1.0
Ultrapura	0.055
De mar	56
Salobre	100
Doméstica	500-800
Destilada	0.5

Fuente: Citado por Oscoco (2019)

Factor de corrección de la conductividad eléctrica: la totalidad de sales ionizadas y disueltas que contiene una disolución es conforme al valor de la conductividad eléctrica que se alcance de la misma disolución. Por lo que se obtiene indirectamente la suma de sales que contiene una muestra de agua midiendo su conductividad eléctrica. No obstante, la conductividad varía dependiendo del lugar y de la temperatura, entonces, para conseguir un valor más definido, se debe multiplicar la conductividad eléctrica tomada, por un factor de corrección que se muestra en la siguiente tabla (Fuentes y García.,1999).

Tabla 2. Factor de corrección de CE a 25°C.

°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

Sólidos totales disueltos: Los rígidos son los resultados de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton, sin embargo, la materia suspendida se fundamenta en partículas pequeñas, que no tienen la posibilidad de eliminarse mediante la deposición y son identificadas por medio las propiedades visibles del agua tales como la turbidez, claridad, gusto, color y olor, además de influir negativamente en la calidad y el abastecimiento del agua en el consumidor (Tacuri, 2019).

Olor y sabor: El olor se debe por lo general a la presencia de la disolución de sustancias orgánicas e inorgánicas, el agua séptica presenta un olor característico esto se debe a la reducción de sulfatos y sulfitos por acción de microorganismos anaeróbicos debido al desprendimiento del H₂S (Molina. 2018).

Molina (2018) señala que la calidad de la fuente de agua natural o deficiencias del tratamiento es un indicio para provocar alteraciones de sabor del agua en los sistemas de abastecimientos, estos olores pueden ser eliminados con procesos como la aireación, adición de carbón activado, entre otros.

Turbidez: Refleja la existencia de sólidos derivados de la erosión del suelo, así también de la materia en suspensión, tales como residuos de animales y plantas en proceso de descomposición, estas partículas pueden contener microorganismos provocando su proliferación y causando dicha condición (Díaz y Sarmiento, 2018).

1.6.2 Características químicas

Según Gualdrón (2016), el pH es un indicativo del nivel de acidez, basicidad y alcalinidad del agua. Además, este parámetro ocasiona modificación en la estructura de la flora y fauna

de los cuerpos de agua e interfiere en ciertos compuestos en el nivel de toxicidad, como el amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, entre otros.

El pH para el consumo y uso humano se puede determinar cómo aceptable en un rango de 6.5 a 8.5, mientras que el agua para la agricultura va de un rango de 6.0 a 9.0 (Valles et al., 2017).

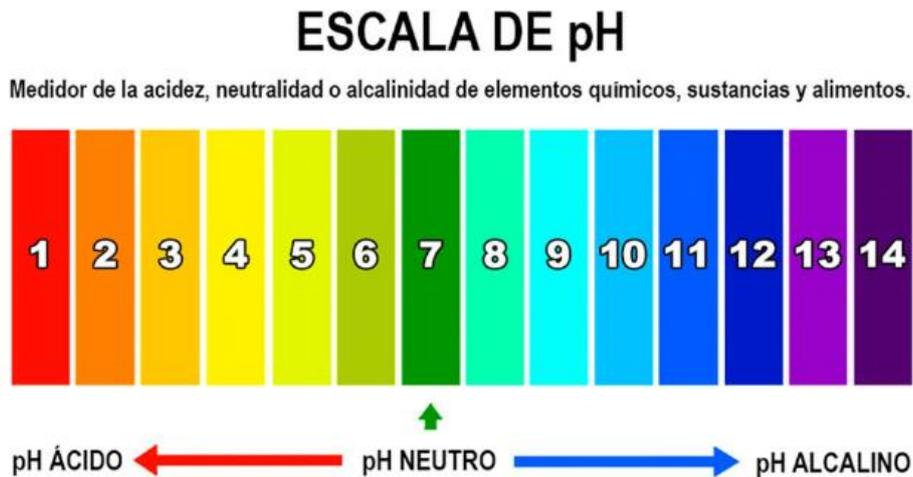


Figura 2. Escala de pH del agua.

1.6.3 Medición del pH

Para determinar si una sustancia es ácida, neutra o básica se realiza mediante la medición de los valores del pH, si se muestra que el valor va por debajo de 7 u pH quiere decir que la sustancia es ácida, los valores por encima de 7 u pH son alcalina o básica; y si el número de hidrógenos y de oxhidrilos son iguales quiere decir que el pH es neutro (Calsín, 2016).

1.6.4 pH en el agua

Debido a la relación existente entre el suelo y agua el valor de pH que conserve el agua para riego repercutirá en el pH del suelo, El pH de este suele estar entre los valores 4 y 9, sin embargo, entre 6 y 7.5 se puede determinar que los cultivos presentan menores problemas ya que las plantas en este rango aprovechan y absorben la mayor cantidad de nutrientes (Tigrero, 2021).

1.7 Calidad del agua de pozo

López (2019) indica que la calidad del agua es un atributo socialmente definido de la función que se le piense brindar al líquido, se estima que el agua es de buena calidad cuando es apta para el consumo humano. El impacto en la calidad se determina por varios factores como el uso de la tierra, producción agrícola e industrial.

La estructura natural del agua de pozo es bastante compleja ya que depende de las circunstancias en la que se encuentra la cuenca ya sean hidrológicas e hidrogeológicas (Gutiérrez et al., 2017).

1.7.1 Definición de un índice de calidad del agua

Este índice radica habitualmente en una expresión matemática que agrupa diversas variables, permitiendo tener una mejor interpretación de los resultados, podría ser representado numéricamente, una especificación, un signo, un rango o inclusive un color, siendo una herramienta demostrativa capaz de transmitir información (Gualdrón, 2016).

1.7.2 Calidad del agua destinada al riego agrícola

El agua como tal en conjunto con los suelos son elementos estratégicos que favorecen a los recursos ecosistémicos, rendimiento, calidad de los cultivos y la seguridad alimentaria de la población mundial permitiendo obtener varias cosechas dependiendo del cultivo al año en el mismo terreno (Medina et al., 2016).

Existen condiciones que determinan la calidad del agua y suelo las cuáles principalmente son salinidad y sodicidad cuando estos se encuentran presentes se aumenta la presión osmótica del agua lo que impide el beneficio para raíces y provocando un desbalance de nutrientes, toxicidad y deficiencias, también se presentan oligoelementos y los iones tóxicos en cantidades inmoderadas como el boro lo que podría afectar la fertilidad del suelo (Medina et al., 2016).

Tabla 3. Parámetros para evaluar calidad del agua para riego.

Parámetros del agua	Símbolo	Unidades	Rango en agua de riego
Salinidad			
Contenido de sales			

Conductividad Eléctrica	CE _w	dS m ⁻¹	0-3	dS m ⁻¹
Sólidos disueltos	SDT	mg L ⁻¹	0-2000	mg L ⁻¹
Cationes y Aniones				
Calcio	Ca ⁺⁺	meq L ⁻¹	0-12	meq L ⁻¹
Magnesio	Mg ⁺⁺	meq L ⁻¹	0-5	meq L ⁻¹
Sodio	Na ⁺	meq L ⁻¹	0-40	meq L ⁻¹
Carbonatos	CO ⁻³	meq L ⁻¹	0-1	meq L ⁻¹
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	meq L ⁻¹	0-10	meq L ⁻¹
Cloruros	Cl ⁻	meq L ⁻¹	0-30	meq L ⁻¹
Sulfatos	SO ₄ ⁻	meq L ⁻¹	0-20	meq L ⁻¹
MISCELÁNEOS				
Boro	B	mg L ⁻¹	0-2	mg L ⁻¹
Acidez/Basicidad	pH	1-14	6.0-8.5	
Relación de adsorción de sodio	SAR		0-15	

Fuente: Cortés (2008)

1.7.3 Indicadores de calidad del agua destinada al riego

1.7.3.1 Salinidad efectiva

Almanza (2015) argumenta que la salinidad efectiva es el indicador que representa de forma más real el peligro de salinización cuando estima las sales solubles del agua de riego que pasan a conformar parte del agua del suelo, tiene presente las sales menos solubles precipitadas como los carbonatos de calcio, magnesio y sulfatos de calcio.

El índice de salinidad efectiva se determina con la ecuación:

Si $Ca^{2+} > (CO_3^{2-} + HCO_3^{1-} + SO_4^{2-})$, entonces

$$SE = \sum cationes * (CO_3^{2-} + HCO_3^{1-})$$

Si $Ca^{2+} > (CO_3^{2-} + HCO_3^{1-} + SO_4^{2-})$; pero

$Ca^{2+} > (CO_3^{2-} + HCO_3^{1-})$ entonces

$$SE = \sum cationes * - Ca^{2+}$$

Si $Ca^{2+} > (CO_3^{2-} + HCO_3^{1-})$, pero
 $(Ca^{2+} + Mg^{2+}) > (CO_3^{2-} + HCO_3^{1-})$, entonces

$$SE = \sum \text{cationes} * (CO_3^{2-} + HCO_3^{1-})$$

Si $Ca^{2+} + Mg^{2+} < (CO_3^{2-} + HCO_3^{1-})$, entonces

$$SE = \sum \text{cationes} * - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

* Se toma el de mayor concentración, sea cationes o aniones (meq/L)

Tabla 4. Clasificación para SE del agua para uso agrícola.

Calidad del agua	Rango (meq/L)
Buena	< 3
Condicionada	3 a 15
No recomendable	> 15

Fuente: Almanza (2015)

1.7.3.2 Salinidad potencial

Según Barrios (2014), la salinidad potencial es considerado uno de los mejores indicadores que estima el resultado de sales en las plantas debido a que evalúa el peligro que pueden llegar a formar las sales cuando su contenido de humedad del suelo es inferior, tiene presente que las sales menos solubles como cloruros y sulfatos son las que reducen la producción agrícola.

El índice de salinidad potencial se determina con la ecuación:

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

Tabla 5. Clasificación para SP del agua para uso agrícola.

Calidad del agua	Rango (meq/L)
Buena	< 3
Condicionada	3 a 15
No recomendable	> 15

Fuente: Almanza (2015)

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

La comuna Dos Mangas está ubicada al noroeste a unos siete kilómetros del poblado de Manglaralto en la provincia de Santa Elena (Figura 3).

Sus límites son:

Norte: Olón y San Vicente.

Sur: Cadeate, Sitio Nuevo, Sinchal - Barcelona y Loma Alta.

Este: Las Delicias y la provincia de Manabí.

Oeste: Pajiza y Manglaralto.

Sus coordenadas geográficas son: $-80^{\circ} 35'$ de longitud oeste, $-1^{\circ}40'$ de latitud sur, $-80^{\circ} 45'$ de longitud oeste y $-1^{\circ}57'$ de latitud sur. La superficie total de la comunidad es 4960,67 hectáreas. El uso del suelo: cultivos agrícolas 1344,2 de área, Chaparro matorral 565,9, bosques para manejo: 188,005 (Sánchez, 2020).

La comuna Dos Mangas posee un clima tropical húmedo, con una precipitación de 600 a 800 mm, relieve de 5 msnm, está ubicado en la zona central de la Cordillera Chongón Colonche. El sector se caracteriza por la abundancia de árboles maderables y frutales.

El periodo de la elaboración de la investigación fue desde septiembre 2021 hasta junio 2022.

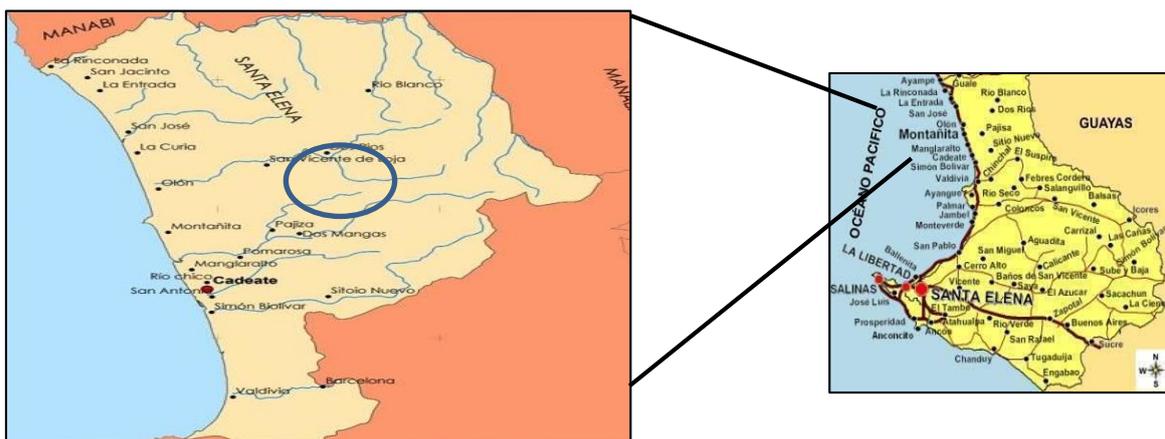


Figura 3. Ubicación de la comuna Dos Mangas de la parroquia Manglaralto, lugar de investigación.

2.1.1 Características químicas del agua de riego del centro de apoyo Manglaralto.

Denotamos el análisis químico del agua de riego del Centro de Apoyo Manglaralto en la Tabla 6, que se realizó en el laboratorio de INIAP en el año 2019.

Tabla 6. Análisis químico del agua de riego del centro de apoyo Manglaralto realizado en 2019.

Elemento	Cantidad	Unidades
CE	1690.0	uS/cm
Calcio	172.7	mg/L
Sodio	141.1	mg/L
RAS	3	
pH	7.9	

Fuente: (Sánchez, 2020).

2.2 Parámetros evaluados

2.2.1 pH

La medición se realizó con un medidor de pH, colocando agua del pozo en un vaso plástico y luego se introdujo el medidor por 1 minuto hasta obtener el resultado de la muestra.

2.2.2 Conductividad eléctrica

Con un medidor de conductividad eléctrica se obtuvo la muestra mediante la utilización del vaso plástico con agua del pozo y su clasificación se hizo a partir de los criterios que aparecen en la Tabla 7.

Tabla 7. Criterios para el uso del agua de riego basado en la conductividad.

Clases de agua	Conductividad Eléctrica (dS/m a 25 ° C = mmhos/cm)
Clase 1, Excelente	$\leq 0,25$
Clase 2, Buena	0.25 a 0.75
Clase 3, Admisible	0.76 a 2.00 (1)
Clase 4, Dudosa	2.01 a 3.00 (2)
Clase 5, Inadecuada	≥ 3.00

(1) Es necesaria una lixiviación (2) Un buen drenaje es necesario para lavar las sales.

Debido a que la conductividad eléctrica se midió a la temperatura ambiental de los días en que se realizaron los diversos muestreos y con el propósito de estandarizarlas para su comparación no fue necesario el ajuste de estas a 25°C dado que los equipos utilizados poseen compensación automática, así que no monopolizamos el criterio de Fuentes y García (1999, p.71) que plantean que la conductividad eléctrica a 25°C se obtiene al multiplicar la CE a la temperatura dada (CEt) por el factor de corrección correspondiente (ft).

2.3 Materiales, equipos e insumos

Medidor de pH de marca ketotek, tiene la resolución de 0.01PH, puede probar el valor de pH para cualquier líquido de 0-16PH que quieras probar, como agua potable, piscinas, acuarios, hidroponía. Compensación automática de temperatura (ATC) obtiene el resultado preciso de la prueba de pH del agua sin tener cuidado de la influencia de la temperatura del agua.

Medidor de conductividad eléctrica de marca ketotek, Medición precisa y rápida mediante un probador de agua TDS confiable, está equipado con sonda de aleación de titanio de alta calidad para una prueba rápida y cómoda de sólidos disueltos (tds). El amplio rango de prueba TDS (0-9990 ppm) hace que se ajuste a múltiples usos, como, agua de pozo, agua del grifo, sistema de suavizador de agua (RO)/DI, laboratorio, hidroponía, acuarios, piscina, etc.

Vasos transparentes

2.4 Conducción o manejo de la investigación

La toma de muestras de agua de los quince pozos de la comuna Dos Mangas se realizó durante 10 meses.

El agua se extraía del pozo y luego se depositaba en un vaso plástico para medir el pH y la conductividad eléctrica.

2.4.1 Creación de base de datos digitales

Al iniciar la creación de la base de datos primero se realizó una indagación a cada uno de los propietarios de pozos, luego mediante de Google Maps se obtuvo las coordenadas UTMX Y UTM Y de cada uno de los pozos para así ordenar los datos recolectados en una hoja de Excel para después ubicarlos dentro de las diferentes capas en el programa Quantum GIS y generar las tablas de atributos como se muestra en la (figura 10 A).

2.4.2 Levantamiento de información

El levantamiento de información se realizó con visitas a los diferentes productores y comuneros que tienen pozos en sus propiedades, se les formularon preguntas como: la profundidad de aguas, tiempo de uso de los pozos así también como su mantenimiento, cultivos con los que se riega con agua de pozo, rendimiento del cultivo, usos del agua de pozo.

2.4.3 Muestreo de campo

Mediante la extracción del agua de los pozos de la comuna Dos Mangas de la parroquia Manglaralto, en el muestreo de campo se manejó con un medidor de pH y un conductímetro para determinar la calidad de agua de pozos, además de ello como referencia tomamos la Tabla 7, en la que se indica los criterios de evaluación para el uso del agua de riego en base a la conductividad eléctrica (CE).

2.4.4 Armonización entre calidad de agua- tolerancia de cultivo

Conociendo los tipos de usos de tierra en la comuna Dos Mangas usamos el mismo para la comparación de calidad de agua de pozos junto a la sensibilidad o tolerancia de los cultivos establecidos en la zona.

Se instauró un cuadro comparativo entre los requerimientos de los cultivos existentes en la zona y los parámetros analizados en la calidad de agua de los pozos.

2.4.5 Propuesta de medidas para el manejo del agua de riego

Las propuestas de medidas para el manejo del agua de riego se generaron a partir de los resultados del análisis de la calidad de agua definiendo si es necesario o no aplicar una sobredosis o la recomendación del uso del agua no es la indicada para el riego de los cultivos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Base de datos

3.1.1 Estructura de base de datos

La creación del sistema de información geográfica para los pozos de la comuna Dos Mangas se estableció por medio de una capa de puntos (Tabla 8) que representan los pozos en el programa de manejo de información geográfica Quantum GIS para mejorar la visualidad y representación de la información objeto de estudio se utilizaron capas ráster como el mapa satelital y el Open Street Map que se pueden asociar con este programa.

Tabla 8. Capas utilizadas en la estructura de base de datos.

Capa	Tipo	Representación	Tipo
Muestras de pozos		Vectorial	Punto
Open Street Map		Ráster	Píxel
Mapa satelital		Ráster	Píxel

En la Tabla 9, se presentan los atributos que caracterizan a los pozos estudiados, en ella se destaca el nombre de cada variable, el tipo de dato, su descripción y dominio.

Tabla 9. Atributos de la capa de pozos.

Nombre	Tipo	Subtipo	Descripción	Dominio
Identificador de los pozos	Texto	Caracteres	Orden de muestreo	Cualquier
Coordenadas	Numérico	Entero	Coordenadas	Cualquier
Propietario	Texto	Caracteres	Nombres	Cualquier
Temperatura	Numérico	Reales con dos decimales	Valor de temperatura (C°)	Cualquier
CE	Numérico	Reales con dos decimales	Valor de CE (dS/m)	Cualquier
pH	Numérico	Reales con dos decimales	pH	De 0 a 14
Cultivos regados	Texto	Caracteres	Cultivos que se riegan con agua de pozo	Cualquier
Uso de agua	Texto	Caracteres	Empleo de agua de pozo	Agrícola Pecuaria Domestico
Tiempo de uso	Numérico	Entero	Años de uso	Cualquier
Mantenimiento	texto	Caracteres	Tipo de mantenimiento	Cualquier

3.1.2. Base de datos digitalizada

En la Tabla 10, se pueden apreciar las características de cada uno de los 15 pozos estudiados en la comuna Dos Mangas. En ella puede observar que la temperatura del agua al momento

de realizar los muestreos osciló entre 24 y 26°C, valores muy cercanos al sugerido de 25°C para las determinaciones de la conductividad eléctrica (Fuentes y García, 1999). De cualquier manera, más adelante se explican las correcciones realizadas.

Los valores de conductividad eléctrica y pH que aparecen en la Tabla 9 son los promedios de las 10 mediciones realizadas. Los cultivos que son regados por las aguas de los pozos de la comuna Dos Mangas son muy diversos, abarcando tanto cultivos perennes como los denominados de ciclo corto.

Además del uso para el riego de cultivos agrícolas, las aguas estudiadas se emplean para el consumo humano y en la satisfacción de las necesidades hídricas de los sistemas de producción pecuaria.

El mantenimiento de los pozos por lo general es realizado por sus propietarios, aunque en ocasiones esta actividad se ejecuta por los miembros de la comuna.

Es digno destacar que algunos de los pozos estudiados se están explotando desde hace más de 30 años, aunque la mayoría tiene aproximadamente 10 de años de uso.

Tabla 10. Tabla descripción de pozos de la comuna Dos Mangas.

N° Pozo	Propietario	UTMX	UTMY	T°C pro	CE pro	pH pro	Cultivos regados	Usos del agua	Manteni miento	Tiempo de uso (años)
PCDM_001	Alejandro De La Cruz	533489.200	9797748.800	25.05	0.28	7.53	Maíz, plátano, cítricos	agrícola, domestico	Propio	6
PCDM_002	Severino Gavino	533623.800	9797723.300	24.17	0.32	6.60	Plátano, frutales sandia	agrícola	Propio	30
PCDM_003	Gilbert Asencio	533788.400	9797722.900	24.90	0.30	6.85	Piña, frutales, tomate, maíz.	agrícola	Ninguno	10
PCDM_004	Gilbert Asencio	533778.400	9797687.700	26.00	0.69	7.03	Piña, frutales, maíz	agrícola	Ninguno	10
PCDM_005	Rubén Quiroz	534407.900	9798230.800	26.00	0.94	6.39	Maíz, pitahaya sandia.	Pecuaria agrícola domestico	Propio	15
PCDM_006	Vicente Laínez	535351.100	9798398.700	25.90	0.66	6.50	Plátano, limón maíz, pimiento, naranja	Comunitario Agrícola	Comunal	40
PCDM_007	Vicente Laínez	534221.100	9798018.000	26.40	0.53	6.44	pitahaya, tomate guanábana, limón	Comunitario Agrícola	Comunal	40

N° Pozo	Propietario	UTMX	UTMY	T°C pro	CE pro	pH pro	Cultivos regados	Usos del agua	Manteni miento	Tiempo de uso (años)
PCDM_008	Marcos Salinas	534152.100	9797917.000	25.10	0.69	7.10	Pastizales melón	Agrícola pecuario	Propio	10
PCDM_009	Perfecta Tigrero	534188.800	9797909.300	25.10	0.58	6.70	Tomate, cilantro piña, maíz, café	Agrícola domestico	Propio	10
PCDM_010	Crescencio Balón	534248.900	9797993.400	25.00	0.67	6.83	Cacao, caña de azúcar, caña guadua	Agrícola	Ninguno	8
PCDM_011	Marcos Salinas	534152.100	9797831.100	24.55	0.49	7.35	Pastizales melón	Agrícola pecuario	Ninguno	10
PCDM_012	Rafael Tigrero	534320.000	9798005.800	25.80	0.64	6.94	Maíz, tomate	Agrícola	Ninguno	10
PCDM_013	Pedro Rivera	534356.800	9798083.600	24.60	0.55	7.02	Naranja, yuca	Pecuario Agrícola domestico	Propio	13
PCDM_014	Cristóbal Domínguez	534427.900	9798050.400	25.50	0.54	7.00	Banano, plátano, maíz	Pecuario	Propio	15
PCDM_015	Bambú	534268.900	9797942.900	25.06	0.63	6.99	Caña guadua	Comunitario Agrícola	Comunal	4

En la Figura 4, se muestra la distribución espacial de los pozos estudiados en la comuna Dos Mangas, mediante una capa vectorial que en representación son los puntos amarillos, para ello se utilizó el programa Quantum GIS, como fondo se empleó un mapa satelital.

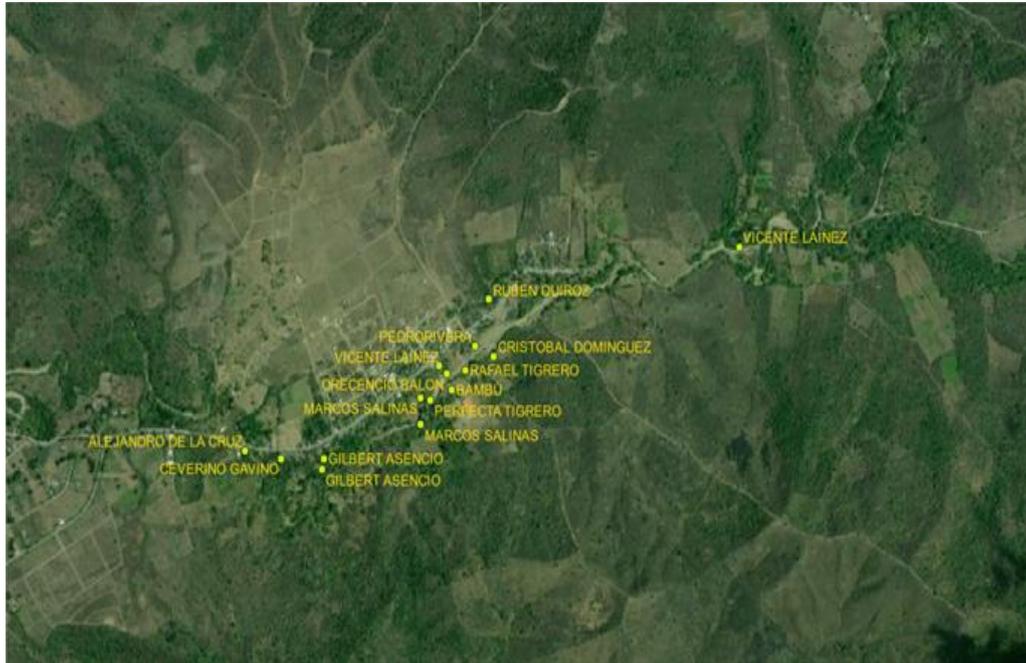


Figura 4. Distribución espacial de los pozos de la comuna Dos Mangas.

Rodríguez *et al.* (2011) aportan que el SIG es una base de datos con información geográfica que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. Noé *et al.* (2014) muestra que el uso de sistemas de información geográfica, el programa Quantum GIS, favorece a ejecutar un excelente análisis, desde el punto de perspectiva espacial, con el fin de tramsutar valores en datos geográficos y convirtiendo esos datos en información.

3.2 Profundidad de agua de pozo en sequía e invierno

En la tabla 11, La profundidad de agua en época de sequía se encuentra en el pozo uno a 6.4 m, denotando el de mayor profundidad de agua, mientras que en invierno se rebosa por la acumulación de aguas lluvias y la creciente del rio, por lo consiguiente el de menor cantidad de agua la observamos en el pozo siete con 1.5 m, de profundidad de agua y por lo tanto en invierno llega al tope el agua por contener menos cantidad de agua.

Tabla 11. Profundidad de agua de pozo en sequia e invierno.

Pozo	Prof. agua sequia	Prof. agua invierno
PCDM_001	6.4 m	Rebosa

Pozo	Prof. agua sequia	Prof. agua invierno
PCDM_002	3-4 m	Rebosa
PCDM_003	2.50 m	Se Pierde
PCDM_004	2 m	Al Tope
PCDM_005	4 m	Al Tope
PCDM_006	4 m	Rebosa
PCDM_007	1.50 m	Al Tope
PCDM_008	2 m	Se Pierde
PCDM_009	3 m	Rebosa
PCDM_010	3 m	Se Pierde
PCDM_011	2 m	Se Pierde
PCDM_012	2 m	Se Pierde
PCDM_013	2 m	Rebosa
PCDM_014	2 m	Al Tope
PCDM_015	2 m	Al Tope

3.3 Mantenimiento de pozos

Analizando la tabla 10 se observa que el mantenimiento que realiza la comuna es a los pozos PCDM_006, PCDM_007, y PCDM_015, por ser de uso comunitario, es decir, para satisfacer las necesidades de los habitantes, mientras en PCDM_001, PCDM_002, PCDM_005, PCDM_013 y PCDM_014, se genera el mantenimiento por cada propietario, además en los pozos restantes los comuneros dejan que en la época de invierno se limpien por la crecida del río.

3.4 Tiempo de uso de pozos

En la tabla 10, Nos muestra los años de uso de los pozos tomando que el de mayor tiempo es el PCDM_002 con 30 años de utilidad mientras que el de menor uso es el PCDM_015 con solo seis años. Algunos de ellos han cambiado la finalidad de utilización del agua por ejemplo para el uso doméstico, agrícola o pecuario.

3.5 Estimación de calidad de agua

La estimación de la calidad del agua de los quince pozos se obtuvo mediante el uso de variables como el pH, conductividad eléctrica y temperatura en el momento del muestreo,

revelando sus pertinentes valores de acuerdo con el orden de los pozos de la comuna Dos Mangas.

3.5.1 *Análisis de la conductividad eléctrica (CE) de pozos*

Previo al análisis de la conductividad eléctrica, no se efectuó el reajuste de la CE con respecto a la temperatura como indican Fuentes y García (1999) debido a que el medidor de CE nos presenta una lectura corregida.

Establecido el promedio de las 10 muestras tomadas se procede a la interpretación de los valores de conductividad eléctrica, como se muestra en la Tabla 12, la cual determina si la muestra de agua es de buena calidad, admisible o dudosa es porque necesita un tipo de manejo o es inadecuada para la agricultura.

Tabla 12. Interpretación de la calidad de agua con CE.

N° Pozos	T °C Promedio	CE promedio	Interpretación de calidad
PCDM_001	25.05	0.28	BUENA
PCDM_002	24.17	0.32	BUENA
PCDM_003	24.90	0.30	BUENA
PCDM_004	26.00	0.69	BUENA
PCDM_005	26.00	0.94	ADMISIBLE
PCDM_006	25.90	0.66	BUENA
PCDM_007	26.40	0.53	BUENA
PCDM_008	25.10	0.69	BUENA
PCDM_009	25.10	0.58	BUENA
PCDM_010	25.00	0.67	BUENA
PCDM_011	24,55	0.49	BUENA
PCDM_012	25.80	0.64	BUENA
PCDM_013	24.60	0.55	BUENA
PCDM_014	25.50	0.54	BUENA
PCDM_015	25.06	0.63	BUENA

En la Tabla 12 se puede apreciar que 14 de los 15 pozos estudiados tienen aguas cuya calidad es clasificada como Buena para el riego de cultivos agrícolas, debido a que la conductividad de estos es inferior a 0.75 dS/m a 25°C. Esto se respalda con la Tabla 7, sobre los criterios

para el uso del agua de riego basado en la conductividad y los resultados de Tigrero (2021), que coinciden con lo expuesto.

En el PCDM_005 el agua es clasificada como Admisible para uso de la agricultura, por lo cual no existirían problemas al utilizarlas, sin embargo, se recomienda una lixiviación ya que el agua contiene sales además de tomar en cuenta una evaluación de sodio. Esta afirmación es sustentada con la tabla 7, además en los resultados obtenidos por Borbor (2021) menciona que en las variaciones atmosféricas que posee el año la variabilidad de conductividad eléctrica es más notoria, dando como resultado que en épocas secas es donde el valor puede incrementarse considerablemente hasta llegar a ser perjudiciales para cultivos sensibles a la salinidad. Esta situación no fue observada en el estudio realizado, los valores de conductividad eléctrica tanto en período seco como en período húmedo se mantuvieron sin oscilaciones significativas, como puede observarse en los valores de las mediciones tomadas que se muestran en el Anexo Figura A6.

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

3.5.2 *Análisis de pH en los pozos*

Para el análisis del potencial de hidrógeno presentado en la Tabla 13, se formuló un promedio de cada punto de monitoreo por 10 meses, además de eso, mediante la siguiente categoría propuesta por Redondo (2017), si el valor del potencial de hidrógeno está entre 6.5 a 8.5 se considera que la calidad del agua de la muestra es aceptable, fuera de ese rango se estipula que es inapropiada.

Tabla 13. Interpretación de calidad de agua mediante el pH.

N° Pozos	pH promedio	Interpretación de calidad
PCDM_001	7.53	ACEPTABLE
PCDM_002	6.60	ACEPTABLE
PCDM_003	6.85	ACEPTABLE
PCDM_004	7.03	ACEPTABLE
PCDM_005	6.39	INAPROPIADA

N° Pozos	pH promedio	Interpretación de calidad
PCDM_006	6.50	ACEPTABLE
PCDM_007	6.44	INAPROPIADA
PCDM_008	7.10	ACEPTABLE
PCDM_009	6.70	ACEPTABLE
PCDM_010	6.83	ACEPTABLE
PCDM_011	7.35	ACEPTABLE
PCDM_012	6.94	ACEPTABLE
PCDM_013	7.02	ACEPTABLE
PCDM_014	7.00	ACEPTABLE
PCDM_015	6.99	ACEPTABLE

Los valores de pH de las muestras de agua en trece pozos poseen un rango de 6,50 a 7,53 lo que indica que se encuentran dentro de un rango aceptable, sin embargo, se presentaron dos muestras con rango inferior a 6.50 y por lo tanto su uso inapropiado.

En el estudio realizado en el cantón Pasaje en el 2014 por Arbito (2015) se encontró que el máximo valor de pH en aguas subterráneas fue de 8.27 para dos pozos de estudio por lo que difiere con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Medina *et al.* (2016) manifiestan que, el pH no es el primordial elemento para establecer la calidad del agua, si se pretende que los cultivos aprovechen en estado óptimo los nutrientes, su rango debe estar entre 6.5 y 7.5 esto concuerda con los resultados logrados.

3.6 Comparación de la conductividad eléctrica y tolerancia de los cultivos

3.6.1 Tolerancia a la salinidad de cultivos en el estudio

En la Tabla 14, se presenta el listado de cultivos que son regados con los pozos estudiados, así como el valor de conductividad eléctrica que representa su umbral de tolerancia a las sales. La mayoría de las especies encontradas son clasificadas como sensibles o moderadamente sensibles a la salinidad.

Tabla 14. Tolerancia de salinidad de cultivos establecidos en la comuna Dos Mangas.

Cultivos	CE (dS/m) para el Umbral de Tolerancia	Clase
Plátano	-	Moderadamente Sensible
Maíz	1.7	Moderadamente Sensible
Piña	-	Moderadamente Tolerante
Pasto	2.7	Moderadamente Tolerante
Limón	-	Sensible
Naranja	1.7	Sensible
Aguacate	-	Sensible
Tomate	0.9 -2.5	Moderadamente Sensible
Sandía	0.9	Moderadamente Sensible
Pimiento	1.5 -1.7	Moderadamente Sensible
Mandarina	-	Sensible
Frejol	1	Sensible
Maracuyá	1	Sensible
Caña de azúcar	1.7	Moderadamente Sensible
Ciruela	1.5	Sensible

Según FAO (2006), manifiesta que los valores de sensibilidad o tolerancia a la salinidad de los cultivos son solo para situar en un valor aproximado, ya que el valor real de la tolerancia está dado por diversos componentes como: el clima, condiciones de suelo y prácticas culturales.

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

En la Tabla 15, se muestra un análisis en el que se relaciona la conductividad eléctrica de las aguas de los pozos con las posibles pérdidas que podrían ocasionar a los cultivos en dependencia de su sensibilidad o tolerancia a la salinidad de las aguas.

La última columna de la Tabla 15, se han colocado aquellos cultivos de los que no se conoce su umbral de tolerancia o sensibilidad a la salinidad.

Tabla 15. Cultivos que presentan pérdidas de rendimiento por la CE de pozo a 25 °C.

POZO	CE pozo a 25°C	Cultivos que no presentan pérdidas en rendimiento	Cultivos que presentan pérdidas ≤ 10% de rendimiento	Cultivos que presentan pérdidas > 10% de rendimiento	Cultivos que presentan un % de pérdidas desconocido
------	-------------------------	--	--	---	--

PCDM_001	0.28	Maíz, plátano, limón, naranja	Ninguno	Ninguno	Ninguno
PCDM_002	0.33	Plátano	Ninguno	Ninguno	Ninguno
PCDM_003	0.30	Maíz, tomate	Ninguno	Ninguno	Piña
PCDM_004	0.68	Maíz	Ninguno	Ninguno	Piña
PCDM_005	0.92	Maíz	Sandia	Ninguno	Pitahaya
		Plátano limón			
PCDM_006	0.65	maíz pimiento naranja	Ninguno	Ninguno	Ninguno
PCDM_007	0.53	Limón tomate	Ninguno	Ninguno	Pitahaya guanábana
PCDM_008	0.69	Pasto melón	Ninguno	Ninguno	Ninguno
PCDM_009	0.58	Tomate maíz	Ninguno	Ninguno	Cilantro
					Cacao caña de
PCDM_010	0.67	Ninguno	Ninguno	Ninguno	azúcar caña guadua
PCDM_011	0.49	Pasto melón	Ninguno	Ninguno	Ninguno
PCDM_012	0.63	Maíz tomate	Ninguno	Ninguno	Ninguno
PCDM_013	0.56	Naranja	Ninguno	Ninguno	Yuca
PCDM_014	0.53	Banano plátano maíz	Ninguno	Ninguno	Ninguno
PCDM_015	0.63	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Caña guadua

En la Tabla 15, permiten asegurar que en 14 de 15 pozos no hay problemas de acuerdo con la salinidad debido a que el valor de la CE no supera el umbral de tolerancia, en cambio el PCDM_005 con la CE de nos revela que el cultivo de sandia tiene una pérdida de rendimiento $\leq 10\%$ cabe recalcar que el umbral de tolerancia va desde 0.9 a 2.5 es decir que no se va a tener pérdidas mayores al 10 % debido a que no supera el 2.5 de la CE.

3.3.3 Propuestas para el buen uso de aguas de pozo

3.3.3.1 Propuesta de cultivos para el riego con agua de pozos

En la Tabla 16, de presenta una armonización de todos los cultivos encontrados en el área de estudio con los pozos de la comuna Dos Mangas, se relaciona la conductividad eléctrica de cada pozo con los valores umbrales de todas las especies declaradas por los comuneros. El umbral de tolerancia de los diferentes cultivos debe estar por encima de los valores de la conductividad eléctrica de cada pozo, es por ello por lo que las limitaciones solo podrían

presentarse en el pozo cinco en el que se siembra sandía cuyo umbral de tolerancia es de 0.9 dS/m a 25 °C.

Tabla 16. Umbral de tolerancia de los cultivos de los cultivos regados con agua de los pozos.

Cultivos adecuados para regar de acuerdos a la CE (dS/m)	Umbral de tolerancia (dS/m) de los cultivos	Pozos de la comuna Dos Mangas														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Maíz	1.70	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Plátano	1.0	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Banano	1.0	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Pasto	2.7	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Melón	1.7	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Limón	1.21	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Pimiento	1.50	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Naranja	1.70	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Sandía	0.9	X	X	x	x			x	x	x	X	x	x	x	x	x
Tomate	0.9 – 2.5	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Café	1.1	X	X	x	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x

Los efectos de las sales solubles afectan el crecimiento en las plantas debido a los iones perjudiciales para la especie, producidos por el aumento de la presión osmótica de la solución que rodea a las raíces y estos generan pérdidas en el rendimiento de los cultivos si no se mantiene el umbral de tolerancia de salinidad de los cultivos por debajo de los de agua (Singer y Munns, 1999).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La creación de la base de datos refleja una organización de varios datos de los pozos estudiados teniendo en cuenta la conducta de la calidad de los pozos manipulados en la comuna Dos Mangas a partir de las coordenadas establecidas.
- El análisis del potencial de hidrógeno y la conductividad eléctrica de los pozos de la comuna Dos Mangas nos indica que 14 de las 15 muestras haciendo referencia a la conductividad eléctrica son buenas para la actividad agrícola y la restante se la considera admisible por lo que se recomienda un lavado de sales y a su vez un análisis de sodio. Dado el resultado de la medición del potencial de hidrogeno el mismo nos manifiesta que la calidad de agua es inadecuada para dos de los quince pozos mientras que las condiciones de los faltantes son aceptables para el uso agrícola.
- La propuesta de medidas para el manejo de agua de riego según su calidad y tipo de cultivo se dio mediante la armonización de todos los cultivos encontrados en el área de estudio con los pozos de la comuna Dos Mangas, se relacionó la conductividad eléctrica de cada pozo con los valores umbrales de todas las especies declaradas por los comuneros. El umbral de tolerancia solo podría presentarse limitaciones en el pozo cinco en el que se siembra sandía cuyo umbral de tolerancia es de 0.9 dS/m a 25 °C.

Recomendaciones

- Antes de proponer medidas para el uso del agua correspondiente a cada pozo realizar un estudio en los diversos cultivos para saber si son tolerantes a la conductividad eléctrica que posee el agua.
- Se recomienda realizar más análisis en lo que corresponde a calidad de agua ya que solo con la conductividad eléctrica y el pH no se logra determinar a fondo el estudio de la misma, además se recomienda estandarizar el agua a los requerimientos de cada cultivo, y una extracción de sales encontradas en el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almanza Óscar, G. T. (2015) *Índices de calidad del agua y vulnerabilidad acuífera de un sistema hidrogeológico: caso valle de San Luis Potosí*. Maestría. Geociencias aplicadas, Instituto potosino de investigación científica y tecnológica.

Arbito J, A. Q. (2015) *Caracterización del agua subterránea para uso en actividades productivas y humanas en el cantón Pasaje*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala.

Barrios, I. (2014) *Calidad de aguas naturales y residuales en el sistema hidrográfico Valle del Mezquital*. Hidalgo – México.

Brito, Jossie. A. D. (2021) *Estudio de la variación temporal de la concentración de nitratos en el agua subterránea del sector llío y San Pablo*. Pregrado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Chimborazo.

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.

Calsín, Katherine. V. R. (2016) *Calidad física, química y bacteriológicas de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de taparachi III de la ciudad de Juliaca – Puno*. Pregrado. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altipano.

Cortés, Juan. M. J (2008) *Parámetros de calidad del agua procedente del acuífero del valle de yalqui e índices de riesgo asociados a su uso agrícola en suelos arcillosos*. Postgrado. Centro de investigaciones biológicas del Noreste.

Díaz, G and Sarmiento G. (2018) *Evaluación de la calidad de agua en pozos del municipio de Amapala, Valle, Honduras*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Agrícola Panamericana – Zamorano.

FAO (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>

Fontalvo, J and Tamaris, C. (2018) ‘Calidad del agua de la parte baja del río de Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF’, Revista de Universidad de Magdalena, 13(2), pp. 101-111.

- Fuentes Yagüe y García Legaspi (1999) *Técnicas de Riego*. Primera Edición. México.
- Gualdrón Luis, E. D. (2016) *Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicos, químicos y biológicos*. Pregrado. Facultad de Gestión Ambiental, Universidad Libre de Colombia.
- Guamán, Maribel. A. Z. (2021) *Diseño de un sistema de riego por aspersión en el cultivo de maíz (Zea mays) en el período agrícola “El Almendro” del barrio la Vega, parroquia y cantón Catamayo, provincia de Loja*. Facultad agropecuaria y recursos naturales renovables, Universidad Nacional de Loja.
- Gutiérrez, N., Herrera, V., Córdova, S., Marín, J., Idelfonso, M., Flores, A and Romero, L. (2017) ‘Calidad del agua subterránea para el riego en el Oasis de Pica, Norte de Chile’. *Revista Scielo*, 36(2), pp 181-191.
- Hoekstra, A. (2016) *A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA, Ecological Indicators*, 66, pp. 564- 573.
- López Medardo, R. R. (2019) *Caracterización de la calidad del agua para consumo humano en sectores rurales del cantón Quevedo*. Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Melgarejo, Carolay. A. C. (2018) *Efecto del nivel de salinidad del agua de riego en el crecimiento del cultivo de espinaca*. Pregrado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Medina, E., Mancilla, O., Larrios, M., Guevara, R., Olguín, J. and Barreto, O. (2016) ‘Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco’. *Revista Scielo*, 34(6), pp 51-59.
- Méndez, E., Huaranga, F., Quilcat, V., Bernui, F and Huaranga R. (2020) ‘Tolerancia a la salinidad durante el crecimiento quelite *Amaranthus hybridus* en condiciones experimentales de laboratorio’. *Revista de Arneloa*, 27(2), pp 595-610.
- Medellín – Colombia’. *Revista de Pastos y Forrajes*, 39(4), pp 235-245.
- Molina, Lorena. G. Y. (2018) *Propuesta del uso del agua subterránea del distrito de uracacorire para el consumo humano mediante la identificación de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos*. Pregrado. Facultad de Ciencias Naturales y Formales, Universidad Nacional de San Agustín.

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

Oscoco, Grecia. T. M. (2019) *Determinación de la calidad de agua subterránea para consumo humano*. Pregrado. Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur.

Ramírez, W and Hernández, L. (2016) ‘Tolerancia a la salinidad en especies cespitosas, Setegn, S., Melesse, A., Haiduk, A., Webber, D., Wang, X., & McClain, M. (2014) *Modelización de la variabilidad hidrológica de los recursos de agua dulce en la cuenca del río Cobre, Jamaica, Catena*, 120, pp. 81-90.

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

Rodríguez, J., Asmal, M. and Ramírez, V. (2011) *Análisis, diseño e implementación de un sistema de información geográfico para seguimiento de egresados de la universidad politécnica salesiana*. Pregrado. Facultad de ingeniería. Universidad Politécnica Salesiana.

Sánchez Saavedra, R.J. (2020) *Reacción de 44 líneas f5 de arroz (Oryza sp), a la calidad de agua de riego en la zona de Manglaralto*. Tesis de pregrado. Facultad de ciencias Agrarias, Universidad estatal península de Santa Elena. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5399>

Singer M. y Munns D. (1999) *Suelos: Una introducción*. 4ª ed. Prentice Hall, Nueva Jersey, EE.UU.

Tacuri, Roxana. R. (2019) *Determinación de la calidad del agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados Jualiaca, puno, 2018*. Maestría. Facultad de Ciencias Naturales y Formales, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Tigrero, Ronnie. N. T. (2021) *Calidad de agua de pozos en la parroquia Colonche*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6516/1/UPSE-TIA-2021-0133.pdf>

Valles, M., Ojeda, D., Guerrero, J., Prieto, M. and Sánchez, E. (2017) ‘Calidad del agua para riego en una zona Nogalera del estado de Chihuahua’. *Revista Int de Contaminación Ambiental*, 33(1), pp 85-97.

Anexos



Figura 1A. Ubicación de las coordenadas de los pozos con la ayuda de propietarios.



Figura 2A. Apertura de los pozos modificado por propietarios.



Figura 3A Recolección de la muestra de agua de pozo No 1.



Figura 4A. Colocación de pehachimetro y medidor de CE en el vaso plástico.



Figura 5A. Registro de los valores de variables.



Figura 6A. Resultados de las muestras de CE y pH.



Figura 7A. Estructuras para proteger el agua de pozo.



Figura 8A Cultivo de piña existente en la zona que riegan de pozo.



Figura 9A Extracción de agua de pozo por medio de bombas para el riego.

ARCHIVO POZOS GPKG TESIS 2— Objetos Totales: 15, Filtrados: 15, Selección:

ID	Propietari	UTMX	UTMY
1	ALEJANDRO DE...	533489,200	9797748,800
2	CEVERINO GAVI...	533623,800	9797723,300
3	GILBERT ASENC...	533788,400	9797722,900
4	GILBERT ASENC...	533778,400	9797687,700
5	RUBEN QUIROZ	534407,900	9798230,800
6	VICENTE LAINEZ	535351,100	9798398,700
7	VICENTE LAINEZ	534221,100	9798018,000
8	MARCOS SALI...	534152,100	9797917,000
9	PERFECTA TIGR...	534188,800	9797909,300
10	CRECENCIO BA...	534248,900	9797993,400
11	MARCOS SALI...	534152,100	9797831,100
12	RAFAEL TIGRERO	534320,000	9798005,800
13	PEDRO RIVERA	534356,800	9798083,600
14	CRISTOBAL DO...	534427,900	9798050,400
15	BAMBÙ	534268,900	9797942,900

Figura 10 A Tabla de atributos del programa Quantum GIS.

