



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“Dr. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

**CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE POZOS PARA
LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES EN EL CANTÓN
VÍNCES.**
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR
SAGÑAY SAGÑAY FELIPE SALOMÓN

TUTOR
ING. VÉLIZ PIGUAVE FREDDY FERNANDO M.SC.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“Dr. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA INGENIERA EN AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **VÉLIZ PIGUAVE FREDDY FERNANDO**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE POZOS PARA LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES EN EL CANTÓN VÍNCES.”**, realizado por el estudiante; **SAGÑAY SAGÑAY FELIPE SALOMÓN** con cédula de identidad **N° 0924211048** de la carrera INGENIERA EN AGRONOMÍA, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Freddy Véliz Piguave MSc.

Guayaquil, 14 de diciembre del 2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“Dr. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA INGENIERA EN AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE POZOS PARA LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES EN EL CANTÓN VÍNCES”**, realizado por el estudiante **SAGÑAY SAGÑAY FELIPE SALOMÓN**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. FANNY RODRÍGUEZ JARAMA, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. KLEBER CALLE ROMERO, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. WILMER BAQUE BUSTAMANTE, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. FREDDY VÉLIZ PIGUAVE, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 14 de diciembre del 2022

Dedicatoria

A Dios, por darme un día más de vida y misericordia.

A mis padres Sagñay Rose y Sagñay Rosa, quienes se esforzaron cada día para apoyarme en mis estudios y formar un gran profesional.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirme seguir con vida y salud, así mismo, por cuidar a las personas que me rodean y mantenerlas a salvo.

A mis padres, que estuvieron conmigo desde el primer día y me enseñaron el valor de la humildad.

A mis abuelos que me influenciaron a ser una persona amable y cortes.

A mis tíos, por aconsejarme sobre las responsabilidades de un adulto.

Agradezco a mi tutor Ing. Freddy Véliz que me ayudo en mi proceso de titulación.

A mis adorables mascotas que me dieron su amor incondicional y siempre estuvieron ahí conmigo para darme fuerzas y alegría.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **SAGÑAY SAGÑAY FELIPE SALOMÓN**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN DE POZOS PARA LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES EN EL CANTÓN VÍNCES”**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 14 de diciembre del 2022

SAGÑAY SAGÑAY FELIPE SALOMÓN

C.I. 0924211048

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	12
Índice de figuras.....	13
Resumen	15
Abstract.....	16
1. Introducción.....	17
1.1 Antecedentes del problema.....	17
1.2 Planteamiento y formulación del problema	18
1.2.1 Planteamiento del problema.	18
1.2.2 Formulación del problema	19
1.3 Justificación de la investigación.....	19
1.4 Delimitación de la investigación	20
1.5 Objetivo general	20
1.6 Objetivos específicos.....	20
2. Marco teórico.....	22
2.1 Estado del arte.....	22
2.2 Bases teorías	23
2.2.1 Cantón Vinces	23

2.2.2 El agua	23
2.2.2.1. <i>Ciclo del agua</i>	24
2.2.2.2. <i>Importancia del agua</i>	24
2.2.3 Importancia del agua para la agricultura	25
2.2.4 Fuentes de agua sobre la tierra	25
2.2.4.1. <i>Precipitaciones</i>	25
2.2.4.2. <i>Hielo</i>	25
2.2.4.3. <i>Aguas subterráneas</i>	26
2.2.4.4. <i>Geológicamente</i>	26
2.2.4.5. <i>Contaminación por nitratos en el agua subterráneas</i>	26
2.2.4.6. <i>Aguas superficiales</i>	26
2.2.5 Calidad del agua.....	27
2.2.5.1. <i>Agua subterránea para la irrigación agrícola</i>	28
2.2.6 Conductividad eléctrica.....	29
2.2.7 PH.....	30
2.2.7.1. <i>Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes</i>	30
2.2.8 Sólidos totales Suspendidos, disueltos y conductividad	31
2.2.9 Temperatura	31
2.2.10 Dureza del agua.....	33
2.2.11 Sonda TLC	34
2.2.11.1. <i>Conductividad, mediciones sencillas</i>	34
2.2.11.2. <i>Cinta plana robusta fabricada en PVDF</i>	34
2.2.11.3. <i>Mediciones de nivel y profundidad</i>	35
2.2.12 Muestreo para la calidad de agua.....	35
2.2.13 Muestreo de aguas subterráneas	35

2.2.14 Tipos de muestreo	36
2.2.14.1. <i>Muestreo simple</i>	36
2.2.14.2. <i>Muestra compuesta</i>	36
2.2.14.3. <i>Medición de caudal de descarga</i>	36
2.2.14.4. <i>Estructuras de control de flujos insertadas en un canal abierto</i>	36
2.2.14.5. <i>Aforador en canal abierto</i>	36
2.2.15 Cultivos asociados	37
2.2.15.1. <i>Asociación cacao-musáceas</i>	37
2.2.16 Nivel estático y dinámico de un acuífero	37
2.2.16.1. <i>Nivel estático</i>	37
2.2.16.2. <i>Nivel dinámico</i>	38
2.2.16.3. <i>Recuperación de un acuífero subterráneo</i>	38
2.3 Marcos legal.....	39
3. Materiales y métodos	41
3.1 Enfoque de la investigación	41
3.1.1 Tipos de la investigación	41
3.1.2 Diseño de investigación	41
3.2 Metodología	41
3.2.1 Variables	41
3.2.1.1. <i>Variables independientes</i>	41
3.2.1.2. <i>Variable dependiente</i>	42
3.2.2 Tratamiento.....	42
3.2.3 Diseño descriptivo	42
3.2.4 Recolección de datos	43
3.2.4.1. <i>Recursos</i>	43

3.2.4.2. <i>Métodos y técnicas</i>	43
3.2.5 <i>Análisis estadístico</i>	46
4. <i>Resultados</i>	47
4.1 <i>Características hidrológicas del recinto clarisa mediante una herramienta SIG para la producción de pequeños agricultores</i>	47
4.2 <i>Determinación de los niveles dinámicos y calidad de agua en los acuíferos de la zona de estudio</i>	50
4.2.1 <i>Calidad de agua</i>	50
4.2.1.1. <i>Temperatura</i>	50
4.2.1.2. <i>Potencial de hidrógeno</i>	51
4.2.1.3. <i>Conductividad eléctrica</i>	51
4.2.1.4. <i>Sólidos suspendidos</i>	52
4.2.1.5. <i>Dureza de agua</i>	53
4.2.2 <i>Niveles estáticos</i>	53
4.2.3 <i>Niveles dinámicos y recuperación</i>	54
4.2.3.1. <i>Nivel vs tiempo</i>	54
4.2.3.2. <i>Abatimiento vs tiempo</i>	55
4.2.3.3. <i>Recuperación vs tiempo</i>	56
4.2.3.4. <i>Abatimiento residual vs tiempo</i>	57
4.3 <i>Recomendación para el manejo de agua subterránea para los pequeños productores de cacao</i>	57
5. <i>Discusión</i>	57
6. <i>Conclusión</i>	65
7. <i>Recomendación</i>	66
8. <i>Bibliografía</i>	67

9. Anexos 75

Índice de tablas

Tabla 1. Criterios admisibles para calidad de aguas en el uso agrícola	27
Tabla 2. Valores considerados normales de un análisis de agua de riego.....	32
Tabla 3. Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego.....	33
Tabla 4. Prueba de bombeo y recuperación del pozo.	44
Tabla 5. Características de los productores pequeños.	47
Tabla 6. Concentración de dureza de agua en los cuatro pozos profundos.....	53
Tabla 7. Resultados obtenidos de las problemáticas de los pequeños productores Tdel recinto clariza del cantón vices.....	57
Tabla 8. Volumen de descarga en los pozos profundos.....	75
Tabla 9. Recopilaciones de datos temperatura	76
Tabla 10. Recopilaciones de datos ph	77
Tabla 11. Recopilaciones de datos conductividad eléctrica	78
Tabla 12. Recopilaciones de datos solidos suspendidos	79
Tabla 13. Muestras de nivel estático.	80
Tabla 14. Prueba de bombeo y recuperación.....	80

Índice de figuras

Figura 1. Mapeo geográfico de los cuatro pozos profundos.....	49
Figura 2. Temperaturas de los cuatro productores.....	50
Figura 3. Concentración de pH de cuatro pozos profundos	51
Figura 4. Conductividad eléctrica de los cuatro pozos profundos	52
Figura 5. Salidos suspendidos de los cuatro pozos profundos.....	52
Figura 6. Niveles estáticos de los pozos profundos	54
Figura 7. Nivel dinámico vs tiempo.....	54
Figura 8. Nivel dinámico vs tiempo.....	55
Figura 9. Abatimiento vs tiempo	56
Figura 10. Recuperación vs tiempo	56
Figura 11 Abatimiento residual vs tiempo.....	57
Figura 12. Localización geográfica en QGIS de los pozos	81
Figura 13. Solinst 107 sonda TLC.....	81
Figura 14 Cinta plana robusta fabricada en PVDF	82
Figura 15. Niveles estáticos y dinámicos de pozos de agua subterráneas	82
Figura 16. Pozo del productor Arturo Cabeza	83
Figura 17. Bomba del productor Arturo Cabeza	83
Figura 18. Pozo del productor Carlos Cernió	83
Figura 19. Pozo del productor Segundo Gómez	83
Figura 20. Pozo del productor Martita 1	83
Figura 21. Nivel estático del productor Segundo Gómez con la Solinst 107 sonda TLC.....	83
Figura 22. Recolección de las muestras de aguas subterráneas del productor Segundo Gómez	83

Figura 23. Análisis in situ con el Tester hanna (HI 98129) de pH/TDS/CE.....	83
Figura 24. Ríos intermitentes del recinto Clariza.....	83
Figura 25. Se realizó el aforo volumétrico dentro del productor Martita 1	83
Figura 26. Análisis hidroquímicos y dureza de agua del productor Martita 1	83
Figura 27. Análisis hidroquímicos y dureza de agua del productor Arturo Cabeza	83
Figura 28. Prueba de bombeo del productor Martita 1	83
Figura 29. Análisis hidroquímicos y dureza de agua del productor Segundo Gómez	83

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo las características hidrográficas e hidroquímicas y estimar la capacidad de recuperación de pozos para los pequeños agricultores en el cantón Vinces. Dicho estudio se desarrolló dentro de los pozos profundos de los pequeños productores del recinto Clariza que se encuentra ubicado en el cantón Vinces de la parroquia Sotomayor, donde se recolectaron muestras de agua en una botella de 500ml y se realizaron mediciones de alta presión como temperatura, pH, sólidos suspendidos y conductividad eléctrica (Hanna Tester) y de dureza de agua (Tirillas Aquadur). Donde se determinó una alta o baja concentración de los parámetros de la calidad de agua, también se realizó las mediciones de los niveles estáticos y dinámicos con una sonda de nivel (Sonda TLC) por siguiente se determinó que las cuatro fuentes de agua subterráneas para riego agrícola según las normas ambiental presentaron una buena calidad y son aptas para el riego agrícola, sin embargo, en los predios de segundo Gómez y martita 1 presentan altas concentraciones de dureza de agua esto no afecta en la producción, pero si al taponamiento en los sistemas de riego, para concluir, se realizó una prueba de bombeo al pozo M1 con un caudal constante de 0.15 l/seg, se determinó que en el minuto 240 llegó al punto de equilibrio, finalizado la prueba de bombeo el pozo tubo una recuperación progresiva y constante con una duración de 90 minutos, esto quiere decir que el acuífero en la época seca está recibiendo recarga y su potencial hidrogeológico es bueno.

Palabras claves: Agua subterránea, Calidad de agua, Prueba de bombeo, Recuperación.

Abstract

This research aims to characterize hydrographic and hydro-chemical and estimate the recovery capacity of wells for small farmers in the Vinces canton. It was developed within the deep wells of the small producers of the Clariza site that are located in the Vínces cantón of the Sotomayor parish, where water samples were collected in a 500ml bottle and high pressure measurements were made such as: temperature, pH, suspended solids and electrical conductivity (Hanna Tester), and water hardness (Aquadur strips). It was determined a high or low concentration of the parameters of the water quality, the measurements of the static and dynamic levels were also carried out with a level probe (TLC probe) by following it was determined that the four sources of groundwater for agricultural irrigation According to environmental standards, they presented a good quality and are suitable for agricultural irrigation, however, in the Segundo Gómez and Martita 1 properties they present high concentrations of water hardness, this does not affect production, but it does affect the clogging in the irrigation systems. irrigation, to conclude, a pumping test was performed to the well M1 with a constant flow rate of 0.15 l/sec, it was determined that at minute 240 it reached the equilibrium point, after the pumping test the well had a progressive and constant recovery with a duration of 90 minutes, this means that the aquifer is receiving recharge during the dry season and its hydrogeological potential is good.

Key words: Groundwater, Water quality, Pumping test, Recovery.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El planeta tierra está cubierto por el agua del océano, lagos, ríos y arroyos, además de corrientes de las aguas subterráneas. Una mínima parte del agua es consumida por el hombre (agua dulce), siendo este un recurso fundamental para la supervivencia, el Ecuador es uno de los países con mayor reserva de agua en América del Sur, al nivel mundial la agricultura es el mayor usuario de agua con un 70%, industrial 20% y doméstico con un 10%.

El agua es un factor muy importante en la actividad agrícola, la biomasa está ligada a la necesidad de aguas dulce para el desarrollo de los cultivos, Las aguas subterráneas son los recursos más importantes que las aguas superficiales, sin embargo, a su poco estudio se han degradado y no se ha podido aprovechar su mayor potencial sin tener que desperdiciar su recurso.

En el Ecuador existen zonas donde la única forma de recurrir al agua es por medio de los pozos o acuíferos para las comunidades y para la irrigación de cultivos: favoreciendo a la seguridad alimenticia, personal, funcionamiento del ecosistema y la economía. Uno de los principales problemas que hoy en día pasan los agricultores es la mala administración de las aguas subterráneas, siendo está contaminada por los desechos agrícolas (Burbano, Becerra, y Pasquel, 2015).

La calidad del agua para la irrigación de los cultivos tiene un efecto en el rendimiento, condiciones físicas tanto de los suelos y del cultivo, esto también se debe a que los distintos cultivos requieren calidades de aguas diferentes, por ello es necesario de análisis de agua en los pozos que son utilizados en la producción de cultivos.

La sobre explotación de acuíferos en muchas zonas, así como otras actividades antropogénicas, han originado la pérdida en la calidad del agua y en muchas otras graves mermas del nivel de los acuíferos; más la disminución de recargas naturales por el aumento de la producción agrícola. De este factor, se pueden controlar por medio de aplicaciones con dosis adecuadas para cada cultivo.

La reserva de agua subterránea del mundo, de la que depende unos 2000 millones de personas, está disminuyendo de manera muy rápida según un informe de las Naciones Unidas; el nivel freático baja aproximados de tres metros cada año en los países avanzados (Obando, 2005).

La sostenibilidad, protección y gestión del agua subterránea son indispensables en las principales ciudades del mundo, razón por el cual la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (International Association of Hydrogeologists, IAH) fundó el comité de Aguas Subterráneas en Áreas Urbanas, con el objetivo de investigar la conducta y la problemática de las aguas subterráneas en las ciudades (Dávila y León, 2011).

La agricultura al nivel mundial es el que más demanda del agua dulce, el principal factor del deterioro de los recursos hídricos subterráneos son consecuencias de erosión y la escorrentía, esto justifica la preocupación existente en la calidad y cantidad de agua a nivel local, regional y mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1992).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

La administración del agua es necesario para el progreso rural, las entidades autónomas territoriales y productores están comprometidos al desarrollo y enfrentar la crisis ambiental. El desconocimiento y pocas investigaciones en la disponibilidad

y calidad de agua de pozos profundos para la producción agrícola hace de esta una problemática común a lo largo de los años.

En el cantón Vinces los pequeños productores de cultivos de cacao obtienen el agua a través de los pozos subterráneos para la irrigación muy común del recinto Clarisa. Los pozos de estudio fueron realizados de forma artesanal y no están registrados por la entidad reguladora de SENAGUA. En la actualidad dentro del cantón Vinces, existen problemas en el uso irracional de las aguas subterráneas y en el manejo inadecuado de sistemas de riego no presurizados y presurizados además de la extracción indiscriminada del recurso mediante sistemas de bombeo, características de los pozos y los factores que intervienen haciendo de esta un problemas muy común en los agricultores pequeños, desconociendo los parámetros hidráulicos de pozos y calidad de agua con fines agrícolas asimismo del mal funcionamiento del sistema, cebado, contaminación llegando al punto de agotar el agua por completo afectando la producción y bienestar económico de los campesinos.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál será el comportamiento de las características hidráulicas de pozos profundos para la producción cacaotera en el cantón Vinces?

1.3 Justificación de la investigación

Se determinaron los niveles estáticos, dinámicos y parámetros de la calidad de agua, de cuatro pozos en los predios de los señores Martita, Ramón Litardo, Carlos Cerna, Arturo Cabezas en el recinto Clarisa del cantón Vinces en la producción de cacao, esto se realizó con la finalidad de analizar a las fuentes de aguas subterráneas para el riego agrícola, se analizó el acuífero en donde se evaluaron parámetros como: La conductividad eléctrica, pH y temperatura de agua a su vez

permite determinar la calidad para su irrigación, así como, la tolerancia de los cultivos ya establecidos.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la provincia de Los Ríos, Ecuador del cantón Vinces parroquia Antonio Sotomayor del recinto Clariza en 4 predios, las coordenadas de los pozos son: Martita 1 Latitud 1°43'8.33"S Longitud 79°45'14.31"O, Carlo Cerna Latitud 1°42'48.36"S Longitud 79°45'26.60"O, Arturo Cabezas Latitud 1°42'9.44"S Longitud 79°45'39.60"O, Ramon Litardo Latitud 1°42'51.48"S Longitud 79°45'28.25"O.
- **Tiempo:** La duración tanto del trabajo de campo y documental fueron de 3 meses desde el 15 de junio culminando el 30 de agosto del presente año.
- **Población:** La presente investigación es orientada a proporcionar información básica sobre la determinación de la calidad de agua, niveles estáticos y dinámicos, recarga y descarga de los pozos subterránea para la irrigación agrícola en la estación experimental de la zona Vinces.

1.5 Objetivo general

Estimar la capacidad de recuperación de pozos para pequeños productores en el cantón Vinces.

1.6 Objetivos específicos

- Detallar las características hidrológicas del recinto clariza mediante una herramienta SIG para la producción de pequeños agricultores.
- Determinar los niveles dinámicos y calidad de agua en los acuíferos de la zona de estudio.

- Establecer una recomendación para el manejo de agua subterránea para los pequeños productores de cacao.

1.7 Hipótesis

Al evaluar los niveles hidráulicos y la calidad de recursos subterráneos en el cantón Vinces se optimizará el uso de los recursos hídricos subterráneos en el recinto clarisa del cantón Vinces.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

El agua subterránea en La Pampa (Argentina) tiene importancia esencial debido a que toda la provincia se abastece para su consumo humano y productivo, Fundamental ya que en casi todo el ámbito de la provincia el agua para consumo es extraído del subsuelo. El avance del conocimiento hídrico subterráneo puso visible la relación que existente entre la calidad del agua subterránea para consumo humano y los ambientes arenosos que se extienden en el territorio (Palacio, 2012).

Los tipos de los elementos naturales (superficie, flora, geodesia, profundidad del nivel freático, presencia de manantiales y volumen de agua) resultado de varios procesos implicados en la gestión del agua subterránea en el entorno, por lo que se consideran hitos confiables de la concentración superficial de zonas de recargas (Peñuela y Carrillo, 2013).

En el cantón pasaje el agua subterránea es utilizada para el abastecimiento de los habitantes, tanto para el uso personal, aglomeraciones urbanas, en proyectos agropecuarios para la irrigación y animales; por igual, diversas industrias consumidoras de enormes volúmenes de agua hacen uso de este medio (Arbitto, 2015).

La reserva y restauración de acuíferos es una manera útil para el abastecimiento de agua por medio de embalses subterráneas. El aumento de aguas subterráneas durante la época de lluvia puede favorecer a mejorar la seguridad y la sostenibilidad del abastecimiento de agua, riego y proyectos de restauración de ecosistemas (Daus, 2019).

Es de necesidad humanan e importancia conocer la calidad de los recursos hídricos especialmente para el consumo humano y la producción agrícola

permitiendo la descripción y la clasificación de los elementos naturales del recurso como aniones (Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$) y cationes (Ca^{++} , Mg^{++} y Na^+); algunos menores (Mn^{++} , Fe^{++} , Br^-) y traza (Al^{+++} , Ti^{+4} , Co^{++} , Cu^{++} , Pb^{++} , Ni^{++}) que resultan de interés para definir la calidad del agua (Cerón, Sarria, Torres, y Paz, 2021).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Cantón Vinces

La provincia de Los Ríos, Ecuador está conformado por los cantones Ventanas, Montalvo, Babahoyo, Vinces, palenque, Baba, Mocache y Pueblo Viejo situados en altitudes entre 6 a 500 msnm, precipitaciones derivadas entre 1250 a 3000mm, temperaturas entre 16 a 25°C, humedad de 82% y heliofanía de 968 horas luz/año (Hasang, Gracia, Carrillo, Durango, y Cobos, 2021).

El cantón Vinces es el cantón más antiguo de la provincia de Los Ríos, ubicado al suroeste teniendo de frente la frontera de la provincia del Guayas, con la que ha tenido negocios importantes para el avance del cantón, tiene una superficie total del 73.862.77ha del cual, el 14.34% (10.594.87ha) correspondiendo a arias de protección y conservación, uso antrópico (zonas urbanas, centros poblados, complejos industriales), tierras improductivas (bancos de arena) y agua (lagos, laguna, ríos dobles) no utilizables, mientras que el 85.66 % (63.267.90ha) dedicadas a la actividad agropecuaria y forestal, que se identifican centralmente en un sistema productor (Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo de Ecuador [SENPLADES], 2012).

2.2.2 El agua

El agua abarca un 70 % de la superficie del planeta; se delimita en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es el inicio y el desarrollo de la vida, contribuye a estabilizar el clima del mundo y con su fuerza moldea la Tierra.

El 97% del agua proviene del océano, únicamente el 2.5% es de agua dulce, los glaciales y los cascos polares representan un 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua superficial el 1% esta es fácilmente accesible, se encuentran principalmente en los lagos (52%) y en la humedad (38%) (Fernández, 2012).

2.2.2.1. Ciclo del agua

El agua existe forma solidad (hielo), líquido y gaseosa (vapor de agua), su distribución es variada dependiendo del lugar, ya que en muchas regiones el agua es muy abundante mientras que en otras es escasa. El agua de la tierra contiene procesos de cambios, esta se encuentra en la atmosfera, en la superficie, en el suelo, en sus diferentes estados, la cantidad total del agua cambia, ya que la tierra es un sistema cerrado.

El agua contenida en el océano es evaporada por el sol hacia la atmosfera, el vapor se enfría y se condensan en grandes formas de nubes, a su vez la transpiración de plantas aumenta la humedad del aire, con la ayuda del viento son transportadas las nubes, hasta precipitarse estas acumulan las gotas que forman las nubes estas al ser pesadas caen en forma de lluvia, nieve o granizo. Estas al caer a la tierra son tomadas y circuladas por la tierra por medio de la filtración/ descarga y escurrimiento siendo conducidas a los ríos lagos y acuíferos (Simón, 2019).

2.2.2.2. Importancia del agua

El agua es una sustancia de fundamental importancia para la vida con excepcionales propiedades como resultado de su composición y estructura. Es una molécula sencilla formada por tres pequeños átomos, uno de oxígeno y dos de

hidrógeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes (Carbajal y González, 2012).

2.2.3 Importancia del agua para la agricultura

Existe una preocupación por el exceso uso del agua esta representa diferentes sectores económicos y sociales que la utilizan: 77% es usado en la agricultura; 14 % uso doméstico y 9% sobrante al uso industrial. Se despilfarra 50% del recurso que se consume en los tres partes.

Un estudio realizado en el consumo de agua para la agricultura, demuestra que al pasar del riego rodado al riego por compuertas se podría regar el doble de superficie; si se usará riego por aspersión la superficie regada sería de cuatro hectáreas y con sistemas por goteo la superficie regada sería de seis hectáreas (Castellón, Bernal, y Hernández, 2015).

2.2.4 Fuentes de agua sobre la tierra

El agua dulce emana de fuentes diferentes sobres tierra

2.2.4.1. Precipitaciones

A nivel mundial existe un frágil equilibrio entre los recursos del sistema hídrico, la demanda agrícola, actividad humana y de los ecosistemas. La escasez hídrica ha hecho reacción de manera alarmantes al hombre a introducir una gestión adecuada y sostenibles (Valdivielso, Vázquez, y Custodio, 2021).

Una fuente de agua dulce es la pluvial, es el producto de la evaporación del agua en la tierra convirtiéndose en lluvia, en este proceso es almacenada en diferentes partes del mundo.

2.2.4.2. Hielo

Un importante tema es el problema climático de la tierra el deterioro de los casquetes polares y las barreras de hielo en todos los Árticos, esta es la segunda

reserva de agua dulce más grande en la tierra (Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán [JAPAC], 2016).

2.2.4.3. Aguas subterráneas

El agua subterránea gracias sus características hidrogeológicas presenta poca posibilidad de que se contamine por el hombre y a las variaciones ambientales, sin embargo, problemáticas como la creciente demanda del recurso y el aumento en el grado de contaminación se han convertido en asuntos de interés mundial, en este caso si un acuífero se contamina, su descontaminación es muy lenta y los métodos de remediación tienden a tener costos muy elevados (Cerón et al., 2021).

2.2.4.4. Geológicamente

Las aguas subterráneas tienen muchas funciones, una de este es como agente erosivo de rocas solubles como las calizas, y uno de los más importantes es la función de compensador del flujo de escorrentías. Uno de las importantes cantidades de agua que se establecen en los ríos son provenientes de flujos de aguas que se desplazan bajo la tierra (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO], 2020).

2.2.4.5. Contaminación por nitratos en el agua subterráneas

La contaminación por nitrato en las aguas subterráneas es ocasionada por la agricultura intensiva, efectos por la excesiva e inapropiado uso de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola (MITECO, 2019).

2.2.4.6. Aguas superficiales

Los ríos, lagos, arroyos y manantiales naturales son considerados aguas superficiales y componen la última fracción del agua dulce en la tierra (0.0014 por ciento).

Las aguas superficiales son aquellas sin movimiento o corrientes en la superficie del suelo. Estas aguas discurren por el espacio superior de las tierras emergidas (plataforma continental) y generalmente proceden de las precipitaciones de las cuencas (MITECO, 2020).

2.2.4.6.1 Ríos intermitentes

Las características de los ríos intermitentes son de gran interés para los investigadores debido a que dentro existes ecosistemas bióticos que se adaptan a la humedad y en la seca del rio, el cambio de temperaturas, conectividad fluvial que afectan a la metacomunidades (López, 2018).

2.2.5 Calidad del agua

La calidad del agua y la disponibilidad son imprescindibles para lograr el bienestar humano y el desarrollo sostenible. La necesidad y enfermedad es una realidad recurrente y con un fuerte dominio adverso para la sociedad (Alarcón, Figueroa y Mendoza, 2018).

Tabla 1. Criterios admisibles para calidad de aguas en el uso agrícola

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	1.0
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro (total)	B	mg/l	1.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.0
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0.1
Cianuro (total)	CN-	mg/l	0.2
Cobalto	Co	mg/l	0.1
Cobre	Cu	mg/l	2.0
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0.1
Fluor	F	mg/l	1.0
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Litio	Li	mg/l	2.5

Materia flotante	visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.0
Níquel	Ni	mg/l	0.2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0.1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	mínimo 0.2
Plata	Ag	mg/l	0.1
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0.1
Selenio	Se	mg/l	0.0
Sólidos disueltos (totales)		mg/l	3000.0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi		mg/l	
Vanadio	V	mg/l	0.1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Coniformes totales	nmp/100 ml	mg/l	1000.0
Huevos de parásitos		mg/l	cero
Zinc	Zn	mg/l	2.0

May, 2016

2.2.5.1. Agua subterránea para la irrigación agrícola

El riego con agua subterránea es por lo general más productivo que el riego por canales ya que el agua subterránea es producida cerca del lugar de uso con poca o ninguna pérdida en su transporte. Por lo demás, es muy crucial que los agricultores puedan gestionar bien el tiempo y la porción de agua extraída (FAO, 2002).

Los acuíferos subterráneos constituyen una de las fuentes de agua dulce más importantes de suministro para el hombre, así mismo, su uso se ha incrementado significativamente como consecuencia del desarrollo y el crecimiento de la

población que demanda cada vez más alimentos. El sector agrícola consume cerca del 70% del agua dulce para el riego de los cultivos (Álvarez, 2021).

Los pozos los cuales dieron permiso de realizar el estudio, se las georreferencio por medio de Google Earth para dar una idea de donde se las realizara. Ver Figura 12.

2.2.6 Conductividad eléctrica

Una de las formas para conocer las sales en el agua es por medio de un conductivímetro.

La Conductividad Eléctrica (CE) se expresa en milimhos/cm (mmhos/cm), micromhos/cm (μ mmhos/cm) o decisiemens/m (dSm/m). La equivalencia entre ambas unidades es $1 \text{ mmhos/cm} = 1000 \mu\text{mmhos/cm}$ (Ávila, Cabello, Lirola, Martín, y Ortiz, 2013, p.2).

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica. En el Sistema Internacional de Unidades la CE se expresa como siemens por metro (S/m), pero por simplicidad se utiliza $\mu\text{S/cm}$ a una temperatura de 25°C . La conductividad del agua está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica. La solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, por lo que la conductividad varía en conformidad con la temperatura del agua (Solís, Zúñiga, y Mora, 2018, p.36).

La conductividad eléctrica tiene tipos de aguas sigue: agua destilada, $< 2\text{mmhos/cm}$; de lluvia, $< 50\text{mmhos/cm}$; aguas interiores en regiones húmedas, $< 500\text{mmhos/cm}$; aguas internas en regiones áridas, $500 \text{ a } > 5000\text{mmhos/cm}$; mar, $\gg 50000\text{mmhos/cm}$; estuarios, $1500 \text{ a } > 50000\text{mmhos/cm}$, Las aguas potables de $50\text{-}500\text{mmhos/cm}$, Las aguas de consumo no tiene valores de conductividad específicos por encima de los 1500mmhos/cm (Boyd, 2017).

La calidad del agua para riego es fundamental al desarrollar un sistema de riego, el uso continuo del agua de mala calidad ocasionan desgastes de los suelos, cuyo recuperación son técnicamente complicados y de altos costos, el uso de aguas de

riego contienen sales sódicas ocasionado alteración en los fertilizantes físicos y química en los suelo, los rangos permitidos en conductividad eléctrica para calidad de agua van de 1 a 2.5 Milimhos/cm (Giubergia, 2019), así mismo Almeida y Gisbert, (2006) señalan que el rango óptimo de solidos suspendidos para el riego agrícola van entre 1 Milimhos/cm hasta 5 Milimhos/cm.

2.2.7 PH

El potencial de hidrogeno o PH es una de las mediadas de acidez y alcalinidad de una sustancia. Un compuesto acido es aquella que contiene hidrógeno en una solución, muestran que la alcalina es cuando se remueve el hidrogeno. El rango es de 0 a14, siendo el punto 0 la más acida, 14 las más alcalina y también el punto medio que es de 7 siendo Neutro o equilibrado de la solución química (Díaz et al., 2019).

El pH es uno de los indicadores químicos que tiene efectos tanto en suelo, planta, calidad de agua, disponibilidad de nutrientes y los microorganismos. El rango optimo es de 6ph a 7.5PH para que el cultivo tenga un buen desarrollo, el pH además causa efecto en las actividades microbianas benéficas y la absorción de nutriente (Romero, Santamaría, y Zafra, 2009).

2.2.7.1. Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes

La mayoría de las tierras en el mundo el 40% son suelos ácidos con rangos inferiores de 5.5pH, estos suelos generalmente se las localiza en las regiones tropicales, El suelo se acidifica debido a los efectos del agua con Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} y NO_3 , que liberan H^+ a la solución, haciendo que existan altas proporción de sitios de intercambio estén saturados de Al^{3+} generando dificultades para la absorción de K^+ Ca^{2+} y Mg^{2+} (Patiño, Puentes, y Menjivar, 2017).

Almeda y Gisbert (2006) también mencionan que el rango óptimo para el riego agrícola es de 5.5pH a 6.5pH, superiores a los 6.5pH las plantas tienen problemas para la absorción de nutrientes haciendo que se obstruyéndose en los suelos, si son inferiores a los 5.5pH, ocasionan daños en las rices, a su vez los nutrientes se disuelven y se filtran por los suelos.

2.2.8 Sólidos totales Suspendidos, disueltos y conductividad

La medida de sólidos totales incluye sólidos disueltos y sólidos suspendidos. Los materiales disueltos e inorgánicos incluyen calcio, bicarbonato, nitrógeno, hierro, sulfato y otros. Un nivel constante de estos materiales es esencial para el mantenimiento adecuado de la vida acuática. Por otro lado, los sólidos suspendidos incluyen partículas de sedimento, barro de las corrientes de tierra, plancton, y desechos industriales y de drenaje (Jaya, 2017, p26.).

Los cultivos dependen del abastecimiento y calidad de agua, asegurando la alimentación de las personas así mismo la unos de los parámetros para que el agua este en óptimas condiciones para el riego son los sólidos suspendidos estos rangos son de 0.134 a 1774 mg/l (Sánchez y Irigoin, 2021).

Los sólidos suspendidos manifiestan la calidad química del agua, también se definan críticamente como residuos filtrables total en mg/l, el criterio para una buena calidad de agua para riego agrícola no deben superar los 3000mg/l (García, 2022).

2.2.9 Temperatura

La temperatura es un parámetro físico que afecta mediciones de otros como pH, alcalinidad o conductividad. Las temperaturas elevadas resultantes de descargas de agua caliente pueden tener un impacto ecológico significativo por lo que la medición de la temperatura del cuerpo receptor, resulta útil para evaluar los efectos sobre éste (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013, p.26).

Tabla 2. Valores considerados normales de un análisis de agua de riego.

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valores normales en aguas de riego
SALINIDAD			
Contenido en sales			
Conductividad eléctrica	CE _a	dS/m	0-3
Total, sólidos en solución	TSD	mg/l	0-2000
Cationes y aniones			
Calcio	Ca ²⁺	meq/l	0-20
Magnesio	Mg ²⁺	meq/l	0-5
Sodio	Na ⁺	meq/l	0-40
Carbonatos	CO ₃ ⁻	meq/l	0-1.0
Bicarbonatos	H CO ₃ ⁻	meq/l	0-10
Cloro	Cl ⁻	meq/l	0-30
Sulfatos	SO ₄ ⁻	meq/l	0-20
NUTRIENTES			
Nitrato-nitrógeno	NO ₃ – N	mg/l	0-10
Amonio- nitrógeno	NO ₄ – N	mg/l	0-5
Fosfato-fósforo	PO ₄ – P	mg/l	0-2
Potasio	K ⁺	mg/l	0-2
VARIOS			
Boro	B	mg/l	0-2
Acidez o basicidad	pH	1-14	6-8.5
Relación de absorción de sodio	RAS	meq/l	0-15

Redonde, 2017

Tabla 3. Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego

Problema potencial	Unidades	*Grado de restricción.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0.7	0.7	3.0	>3.0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
Infiltración (4):					
RAS = 0 – 3 y CE		0.7	0.7	0.2	<0.2
RAS = 3 – 6 y CE		1.2	1.2	0.3	<0.3
RAS = 6 – 12 y CE		1.9	1.9	0.5	<0.5
RAS = 12 – 20 y CE		2.9	2.9	1.3	<1.3
RAS = 20 – 40 y CE		5.0	5.0	2.9	<2.9
Toxicidad por ión específico (5):					
- Sodio:					
Irrigación superficial		3.0	3.0	9	> 9.0
RAS (6)					
Aspersión	meq/l	3.0	3.0		
- Cloruros					
Irrigación superficial	meq/l	4.0	4.0	10.0	>10.0
Aspersión	meq/l	3.0	3.0		
- Boro					
	mg/l	0.7	0.7	3.0	> 3.0
Efectos misceláneos (7):					
- Nitrógeno (N-NO ₃)	mg/l	5.0	5.0	30.0	>30.0
- Bicarbonato (HCO ₃)	meq/l	1.5	1.5	8.5	> 8.5
pH	Rango normal	6.5–8.4			

Presidencia de la republica, 2002

2.2.10 Dureza del agua

La dureza del agua está determinada por la cantidad de iones de calcio y magnesio que contiene el agua estas se expresan en términos de ppm (mg/l) de CaCO₃, estas se clasifican como aguas blandas a aguas duras (Novachem del Ecuador, 2022).

Datos técnicos:

- <50 ppm: agua muy blanda
- 50 – 120 ppm: agua blanda
- 120 – 240 ppm: agua media

- 240 – 360 ppm: agua dura
- > 360 ppm: agua muy dura

El agua cuando es considerada como dura es debido a la mayor concentración de sales en el agua, en el caso de aguas blandas en el riego es debido a la poca concentración de sales así mismo las aguas duras ocasionan posibles precipitaciones y taponamientos del sistema de riego por (Ruiz, 2017).

El calcio y magnesio son nutrientes fundamentales para el desarrollo de los cultivos con una apropiada concentración de ambos componentes son de beneficio, cuando la dureza de agua es alta ocasiona precipitaciones de calcio y de magnesio, así mismo si la dureza de agua es baja podrían ocasionar corrosión en los sistemas de riego (SAB, 2020).

2.2.11 Sonda TLC

Las sondas o medidores de nivel de agua son instrumentos de calidad y durabilidad. Son ideales para la medición de niveles freáticos subterráneos en pozos, piezómetros, tubos verticales y tanques. En algunas pueden contener medidores con cinta plana de PVDF y con cable coaxial. Estas gamas pueden incluir medidores de interfaz, medidores de nivel de agua, medidores de temperatura de nivel de agua, mini indicadores de nivel de agua (High Tech, n.d.).

2.2.11.1. Conductividad, mediciones sencillas

- Longitudes de cinta hasta 300m (1000 pies)
- Carrete robusto, cinta de PVDF con marcaciones exactas hechas con láser
- Diámetro de la sonda 19mm (3/4")
- Batería estándar de 9V para 90 horas de uso
- Auto apagado después de 8 minutos

2.2.11.2. Cinta plana robusta fabricada en PVDF

La cinta de alta calidad en PVDF se enrolla fácilmente, permanece flexible y se mantiene recta dentro del pozo, independientemente de la temperatura. La cinta plana está montada en un carrete robusto y bien balanceado marca Solinst. En el plato frontal se encuentra la gaveta para la batería alcalina de 9 voltios. Las

marcaciones permanentes hechas con láser en incrementos de 1 milímetro o de 1/100 de pie garantizan exactitud de las lecturas (Solinst, 2022, p.2).

2.2.11.3. Mediciones de nivel y profundidad

Cuando el punto cero de la sonda entra en contacto con el agua, el circuito eléctrico se completa, activando brevemente la señal auditiva. La pantalla del visualizador se torna negra por un segundo. En ese momento se toma la medición de nivel de agua con la cinta. Cuando la sonda se retira del agua, una corta señal auditiva anuncia al usuario que la sonda esta fuera del agua (Solinst, 2017, p.2). ver Figura 13 y 14.

2.2.12 Muestreo para la calidad de agua

La caracterización de la calidad del agua involucra un valor de grado, la intensidad de la contaminación que posee, siendo esta de origen físico, químico o biológico, la capacidad de reponer de manera natural las propiedades y condiciones que conservaba antes de ser afectado por el agente contaminante (Quiroz, Izquierdo, y Menéndez, 2017).

El agua subterránea y superficial experimenta un deterioro en su calidad debido principalmente a su aprovechamiento o derramamientos de desechos de los poblados, zonas industriales, actividades agropecuarias y escorrentías, es por ello que se realiza previamente un análisis de calidad con la finalidad de su uso.

El muestreo de las aguas subterráneas requiere de la recolección de muestras y análisis de estándares internacional utilizando una amplia gama de herramientas tecnológicas, medidores de interfaz, bombas de muestras y flujos hondos y superiores, flujos a través de cámaras e instrumentos de campo calibradas (Société Générale de Surveillance [SGS], 2021).

2.2.13 Muestreo de aguas subterráneas

Se realiza para determinar si el agua subterránea en sitio o en su alrededor puede estar contaminado, migración de contaminantes, determinar dirección y flujo de agua subterránea, proponer datos para emprender una evaluación de riegos,

advertencia temprana para evitar contaminaciones, demostrar conformidad de las condiciones de licencia ambiental (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2013).

2.2.14 Tipos de muestreo

Consiste en la toma de muestras de agua homogénea que representan el cuerpo de agua, las muestras se dividen:

2.2.14.1. Muestreo simple

Es aquella que se recolecta de un área determinada y una sola vez, son utilizadas para obtener parámetros de calidad de agua, como potabilidad, etc.

2.2.14.2. Muestra compuesta

Se realizan diversas muestras en distintos momentos y se colocan en el mismo recipiente o en recipientes separados, es posible medir el caudal instantáneo, en el laboratorio con la disposición de la muestra preparada en función de los caudales determinados.

2.2.14.3. Medición de caudal de descarga

El caudal es el volumen de agua que se encuentra en movimiento por unidades de tiempo a través de un trazado o transporte de agua.

2.2.14.4. Estructuras de control de flujos insertadas en un canal abierto

Esta tiene como relación geométrica entre la profundidad del flujo (altura) y el caudal, la profundidad se mide con una regla o una escala hidrométrica, el resultado se escribe de manera que narra la relación.

2.2.14.5. Aforador en canal abierto

Esta se utiliza cuando no se cuenta con ningún dispositivo de medición de caudal, el caudal es calculado según las instrucciones especificadas y estimadas

el área transversal del canal (Acreditación y Gestión Ambiental en América Central [AGACE], 2002).

2.2.15 Cultivos asociados

Es un sistema complejo en el cual dos o más especies vegetales se plantan a distancias considerables dando como resultados beneficios, competitividad de agua, luz, nutrientes, microorganismo etc., o perjuicios como acogida de plagas y enfermedades, la combinación de diversas plantas es una práctica antigua relacionada con la historia de la civilización humana. En América Latina esta práctica de siembra fue implementada desde la época prehispánica con el objetivo de disponer de alimentos equilibrados y minimizar el riesgo de una mala cosecha (Tamayo y Alegre, 2022).

2.2.15.1. Asociación cacao-musáceas

Sostiene que el establecimiento de nuevas plantaciones de cacao debe asociarse con musáceas como plátano y banano con el propósito de brindar protección al cultivo, sembrado con seis meses de anticipación para que cumpla su objetivo para posteriormente con la cosecha pagar parte de los gastos de establecimiento del cacao. Las musáceas deben sembrarse de forma intercalada con el cacao ya sea entre hileras o entre columnas con una misma densidad de plantas por hectárea (Bueno, 2016, p.14).

2.2.16 Nivel estático y dinámico de un acuífero

2.2.16.1. Nivel estático

El nivel estático de los pozos profundos es de importancia tanto en las actividades agrícolas, industriales, municipal entre otros, posteriormente se debe tener en cuenta el nivel del agua dentro del pozo para su explotación debido a que el pozo puede estar con un nivel bajo impidiendo la extracción del recurso, el nivel estático se conoce como la posición o capa freática del agua dentro de un acuífero cuando está en reposo sin la utilización de una bomba para su explotación (Rojas et al., 2015).

Para los niveles estáticos la facilidad de medición es realizarlas en pozos con viabilidad de acceso al lugar, las condiciones, explotación actual, teniendo presente que el pozo no tiene que estar en uso para obtener el nivel estático, los niveles freáticos de los acuíferos confinados en estudiados llegaron a tener niveles estáticos entre 8 a 15m de profundidad (Uribe, Flores, Venegas, Vásquez, y Theune, 2010).

2.2.16.2. Nivel dinámico

Se define como nivel dinámico a la caída del nivel del agua subterránea comúnmente en pozos profundos y acuíferos subterráneos, la extracción del agua es influenciada por medio de una moto bomba de caudal o presión (Camacho, 2008).

Para obtener el nivel dinámico es necesario tener accesibilidad al pozo, disponibilidad a un equipo de bombeo y presencia de agua para la explotación de acuífero, se realizó una investigación en el pozo Mompani II con una profundidad de 280m con un diámetro de 20", tras una prueba de bombeo durante 37 horas, se mostró un descenso progresivo y se registra un nivel dinámico de 45.5m (Ortiz, 2009).

2.2.16.3. Recuperación de un acuífero subterráneo

De acuerdo con Camacho (2008) la recarga de un acuífero son unas de las principales características hidrológicas que califican al pozo como óptimo para su explotación así mismo para determinar el origen a fin de identificar sectores hidráulicos que tiene mayor tasa de infiltración o permeabilidad por lo tanto tienen un mayor suministro de agua al acuífero recargándolo.

Ortiz (2009), aporta en su investigación sobre la recuperación del pozo Mompani II el cual, tras una prueba de bombeo de 37 horas continuas, la recuperación del

acuífero tiene una duración aproximada de 3 días hasta que recupere el nivel piezómetro.

2.3 Marcos legal

se caracteriza por ser una entidad del gobierno del Ecuador enfocada a la gestión de los recursos hídrico de nuestro país de una manera integral y sostenible, esta entidad indica:

Artículo 40.- Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje. El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental. Los objetivos son: a) Ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia de los sistemas de riego en función del cambio de la matriz productiva; b) Posibilitar el incremento de la productividad y la diversificación productiva; c) Fortalecer la gestión pública y comunitaria de riego; d) Impulsar la modernización y tecnificación del riego; e) Promover el manejo, conservación y recuperación de suelos; f) Favorecer la generación de empleo rural; y, g) Garantizar la calidad y cantidad de agua para riego (Asamblea Nacional, 2014, p.14).

Artículo 41.- Disposiciones para los sistemas públicos de riego y drenaje. La infraestructura de los sistemas públicos de riego y drenaje son parte del dominio hídrico público y su propiedad no puede ser transferida bajo ninguna circunstancia. La gestión de los sistemas públicos de riego y drenaje es de corresponsabilidad entre el Gobierno Central, los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de sus competencias y los usuarios. Tal corresponsabilidad implica la participación en la operación y mantenimiento de estos sistemas y en el manejo sustentable de las fuentes y zonas de recarga. En todo lo demás se estará a lo dispuesto en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización y a las decisiones del Consejo Nacional de Competencias (Asamblea Nacional, 2014, p.15).

Artículo 37.- Efectos de los Planes. - El Estado y los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán sujetarse a los planes regulados en este Título en lo que respecta al ejercicio de sus competencias. Igualmente, los Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos por cuenca con ámbito de Demarcación Hidrográfica vincularán a las entidades dedicadas a la prestación de servicios comunitarios relacionados con el agua en su ámbito territorial. Los usuarios deberán adecuar su actuación en lo que se relacione con la utilización y protección del agua a lo establecido en la planificación hídrica. Cuando las autorizaciones existentes de uso y aprovechamiento del agua no sean compatibles con lo establecido en la planificación hídrica, deberán revisarse conforme al procedimiento que para el otorgamiento de Autorizaciones de Usos y Aprovechamientos se regula en este Reglamento. Lo mismo sucederá en relación a las autorizaciones de vertido, debiendo revisarse las mismas por la Autoridad Ambiental Nacional, o los GAD u organismos seccionales acreditados que las haya otorgado (Asamblea Nacional, 2014, p.13).

Artículo 51.- Mejora del servicio. - La Agencia de Regulación y Control del Agua dictará regulaciones que contengan los criterios de calidad para la prestación del servicio por parte de las Juntas de Riego y comprobará la adecuación de los servicios a dichas regulaciones. En caso de incumplimiento de la normativa técnica, incluidas las regulaciones mencionadas, la Agencia notificará a la correspondiente Junta para que formule un plan de mejora en el plazo que fije la Agencia y lo someterá a aprobación de la Secretaría del Agua. La aprobación fijará también los plazos de implementación del plan de mejora. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales colaborarán técnica y económicamente en la implementación de los planes de mejora de las Juntas de Riego de su jurisdicción. La Agencia de Regulación y Control del Agua evaluará periódicamente la implementación del plan de mejora. En caso de incumplimiento, lo comunicará al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial para que éste intervenga la Junta de Riego hasta que se cumpla el plan de mejora. La intervención supondrá la sustitución temporal del presidente y del Directorio de la Junta, por las personas que designe el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial. Estas llevarán a cabo la supervisión sobre la actuación del personal vinculado a la prestación del servicio. Igualmente se podrá modificar el régimen tarifario y la administración de la recaudación de las tarifas, todo ello dentro del respeto a lo previsto en la Ley, en este Reglamento y las normativas de la ARCA. La intervención durará hasta que se cumplan los objetivos del plan de mejora. El interventor nombrado podrá en caso de que la prestación del servicio no se pueda desarrollar de manera eficiente, después de cumplido el plazo otorgado para la implementación del plan de mejoras, solicitar a la Secretaría del Agua la revocatoria de la autorización de uso y aprovechamiento de agua, sin que esto implique la suspensión de la prestación del servicio por lo que se debe prever que el titular de la competencia la asuma. Al perder la naturaleza de la existencia de la Junta Administradora de Agua, podrá el interventor pedir la extinción de la personería jurídica y su posterior liquidación (Asamblea Nacional, 2014, p.17).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipos de la investigación

El tipo de investigación es mediante un registro nivel estáticos y dinámicos de los diferentes pozos profundos y análisis in situ en la calidad de agua, por ello el nivel de conocimiento de la investigación es:

- **Investigación aplicada:** Permitted que el estudio experimental con los datos obtenidos de campo aporte información confiables para llegar a tomar una decisión y la conclusión de recomendar un buen uso de los recursos hídricos.
- **Investigación documentada:** Mediante los análisis estadísticos de agua, ayudo a interpretar la calidad inicial y final de agua en los pozos utilizados en la producción agrícola, fueron tanto descriptivo en base a normativa ambiental vigente para el uso de agua en la agricultura.
- **Investigación de campo:** Este estudio se analizó los datos de las variantes como nivel dinámico, conductividad eléctrica, pH, temperatura del agua para determinar si existen diferencias significativas en la calidad de agua en los pozos profundos.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de manera descriptiva acorde los argumentos de la investigación experimental.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

En el trabajo de investigación experimental se tomó las siguientes variables:

3.2.1.1. Variables independientes

- Niveles y calidad de agua de pozos profundos

3.2.1.2. Variable dependiente

- Nivel piezométrico
- Nivel dinámico
- Conductividad eléctrica
- Temperatura del agua
- Capacidad de recuperación y Volumen de descarga
- pH
- Sedimentos suspendidos
- Dureza de agua (calcio y magnesio)

3.2.2 Tratamiento

El tratamiento está representado por las fuentes de agua subterráneas en este caso de cuatro pozos de uso agrícola en la producción de cacao, para la calidad de agua para riego agrícola, se realizaron tres muestras de agua por cada pozo dentro de los meses de la investigación con el objetivo de obtener las características químicas como la temperatura C^o, pH, conductividad eléctrica milimhos/cm, sólidos suspendidos ppt y dureza del agua mg/l, las muestras se recolectaron con envases plásticos nuevos con capacidad de 500ml in situ.

Los niveles estáticos se midieron con la disposición de una sonda de nivel TLC, en el cual se ubicó en los pozos establecidos, el nivel dinámico se la realizan en un único pozo Martita 1 donde se analizó el comportamiento del manto del acuífero en relación con la extracción.

3.2.3 Diseño descriptivo

Para esta evaluación en base a los resultados y análisis de aguas subterráneas se realizó análisis descriptivos de las variables a evaluar mediante el uso de las medidas de tendencia central según la norma ambiental vigente.

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Materiales y herramientas: celular, libreta de campo, impresoras, hojas A4, bolígrafo, calculadora científica, conductivímetro, sonda de nivel de agua, envases de plástico de un litro, tiras de calidad de agua.

Material experimental: Para el experimento se usó una sonda eléctrica sonora para medir los niveles tácticos y dinámicos analizando las recuperaciones del acuífero.

Recursos humanos: Tesista, Tutor de tesis, Tutor de Titulación I y II.

Recursos económicos: Este trabajo de investigación fue financiado por el autor.

3.2.4.2. Métodos y técnicas

El método y las técnicas que se emplearon en la zona de estudio fue tecnificado en el cual todo requiere de análisis confirmando sus resultados.

Actividad 1. Se realizó una solicitud presencial antes del ingreso a los pozos, donde se llevó a cabo las siguientes actividades a continuación; para la georreferenciación geográfica de los pozos en estudio, se realizó mediante el uso de un GPS Garmin (ETREX 10), nombre de la finca, diámetro de pozo, profundidad de pozo, características de bomba, tipo de sistema de riego del productor, las características hidrológicas y edafoclimáticas por medio de una herramienta QGIS.

Actividad 2. Para la estimación de datos de nivel estático.- El pozo debe estar en reposo en el cual al posicionar la cinta PVDF de la sonda dentro del acuífero el punto cero de la sonda al estar en contacto con el agua se activara una breve señal auditiva en ese momento se tomaran las lecturas respectivas, al ser retirado la sonda del agua esta da una corta señal auditiva de que esta fuera del agua, para los niveles dinámicos de agua se procederá a iniciar el bombeo con la toma de

lectura con respecto al tiempo, caudal y niveles con respecto a la recuperación, se procede apagar la bomba y se toma las medidas y tiempo de los niveles de recuperación, la temperatura y conductividad también será a través de una sonda TLC que arroja los datos en una pantalla LCD. Según el formato establecido en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Prueba de bombeo y recuperación del pozo.

Bombeo			Recuperación						
Tiempo (Min)	Nivel Dinámico (M)	Abatimiento (M)	Tg (Min)	T` (Min)	T+T` (T+T`)/T	Nivel de agua	Abat. Residual	Recuperación (M)	

SYSCOL CONSULTORES S.A.S, 2017

Bombeo

Tiempo (min): Tiempo que transcurre al realizar la prueba de bombeo.

Nivel dinámico (m): Posición que ocupa el agua subterránea.

Abatimiento (m): Pérdida de fuerza.

Recuperación

Tg (min): Tiempo continuo que transcurre al terminar la prueba de bombeo.

T` (min): Tiempo que transcurre al finalizar la prueba de bombeo.

Nivel de agua: La altura a la que llega el líquido en ellos determina un plano de nivel.

Abatimiento Residual: Recuperación de fuerza.

Recuperación (m): Es el tiempo que transcurre a recuperar el pozo.

Los niveles estáticos se tomaron dentro de los tres meses a todos los pozos desde el mes junio hasta el mes de agosto y la prueba de bombeo una sola vez en el mes de agosto para la época seca, la prueba de bombeo se las realizó a un solo pozo.

El tiempo de duración de la prueba de bombeo finalizo cuando el cono de depresión o abatimiento del pozo sea constante, si el abatimiento no es constante en un cierto periodo de tiempo el pozo puede llegar a deteriorarse.

Monitoreo de los pozos subterráneo. - Se monitoreo el tiempo de recuperación de los pozos subterráneos después de la prueba de bombeo para el riego en los cultivos.

Para el análisis hidroquímicos se utilizó un Tester Hanna Combo pH y EC modelo HI 98130, Se extrajo tres rótulos de agua de cada pozo en un recipiente de medio litro introduciendo la parte inferior del Teste mostrando los datos en una pantalla LCD de fácil lectura. Además, se procedió a comparar los resultados obtenidos con parámetros de calidad para el uso agrícola en los cultivos.

Toma de datos de las variables de estudio. - Para la recolección de los datos se necesitará de materiales como libreta de campo, esferográfico, lápiz, borrador, calculadora, celular, herramientas como machete, botas, mascarilla, sonda de nivel TLC, GPS.

Para la dureza de agua se utilizaron tirillas radiactivas de alto nivel de efectividad lo cual al extraer el agua del pozo se colocará la tirilla, según los parámetros establecidos por la fabricación de las tirillas se analizaron los resultados.

Se realizo la medida de caudal de agua por medio del método volumétrico con la ayuda de un manómetro colocados en un aspersor inicial y al final del módulo y un depósito (cubeta de 20 litros), contando el tiempo que se demora en llenarse, a su vez se efectuó el volumen de descarga en m³ por Ha con la fórmula de intensidad pluviométrica (Plastigama, 2018).

$$\begin{aligned} \text{Intensidad Pluviométrica} &= \frac{3600 * Q \text{ (LPS)}}{E_{\text{Lat}} * E_{\text{Asp}}} = \text{mm / h} \\ &= \frac{227.12 * Q \text{ (GPM)}}{E_{\text{Lat}} * E_{\text{Asp}}} = \text{mm / h} \end{aligned}$$

3.2.5 Análisis estadístico

En este estudio se realizó un análisis estadístico descriptivo de variables hidrodinámicas e hidroquímicas de pozos profundos usando las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) Medidas de dispersión, Coeficiente de variancia para las variables evaluadas con fines de riego agrícola.

4. Resultados

4.1 Características hidrológicas del recinto clarisa mediante una herramienta SIG para la producción de pequeños agricultores.

En la Tabla 4, se detalla que los pequeños productores que realizan la explotación de aguas subterráneas tienen pozos profundos de construcción artesanal de uso agrícola con características de pozos abiertos y en casetas, por otro lado, tenemos la profundidad del pozo oscilan entre 30m a 55m con un diámetro de 3 a 4 pulgadas. Las características de la bomba son de origen chino y de presión de 7.5 HP hasta 13 HP de 2 pulgadas con 3600rpm con una capacidad de 30m³/h, el sistema de riego de los productores es por aspersión.

Tabla 5. Características de los productores pequeños.

Propietarios	Arturo Cabeza (AC)	Carlos Cerna (CC)	Martita 1 (M1)	Segundo Gómez (SG)
Tipo de pozo	Profundo	Profundo	Profundo/	Profundo
construcción	Artesanal	Artesanal	Artesanal	Artesanal
Tipo de uso	Agrícola	Agrícola	Agrícola	Agrícola
Coordenadas	x 637801	638110	638594	638594
UTM	y 9811746	9810587	9809579	9809579
Característica	pozo abierto	pozo abierto	en caseta	en caseta
Marca de bomba	SUPERELI 7.5HP	10hp	AID-COOLED 10hp	KOMMER 13hp
Característica bomba	2 pulgadas	2 pulgadas	2 pulgadas	2 pulgadas
RPM de motor	3600 RPM	3600 RPM	3600 RPM	3600 RPM
Tipo de riego	Aspersión	Aspersión	Aspersión	Aspersión
Capacidad bomba	30m ³ /h	30m ³ /h	30m ³ /h	30m ³ /h

Profundidad de pozo	30 m	30 m	35m	55m
Diámetro de pozo	3 pulgadas	4 pulgadas	4 pulgadas	4 pulgadas
Explotación	si	si	si	si
msnm	27M	22M	22M	27M
Cultivo	cacao	cacao	verde	soya
Áreas (has)	3has	3has	3has	3has

Sagñay, 2022

Además, por otro lado, también se detallan las coordenadas geográficas de los pequeños productores de cacao y banano, como características hidrológicas, se tiene que cuenta con una influencia de red hídrica de tipo intermitentes como se muestra en la Figura 1 y14.

Los pequeños productores del recinto Clariza poseen módulos de riego, con números de aspersores de 24 de modelo 7180 de origen chino (réplicas) que trabajan a presión de 16 a 19.5 psi, con caudales que oscilan entre 0.15 y 0.23 l/seg, e intensidades pluviométricas 6 hasta 9 mm/h los caudales aplicados oscilan de 142 hasta 174 m³/h por modulo y 697 m³/h a 2940 m³/h por día con un rango de 6 horas de trabajo diario. Ver tabla 8

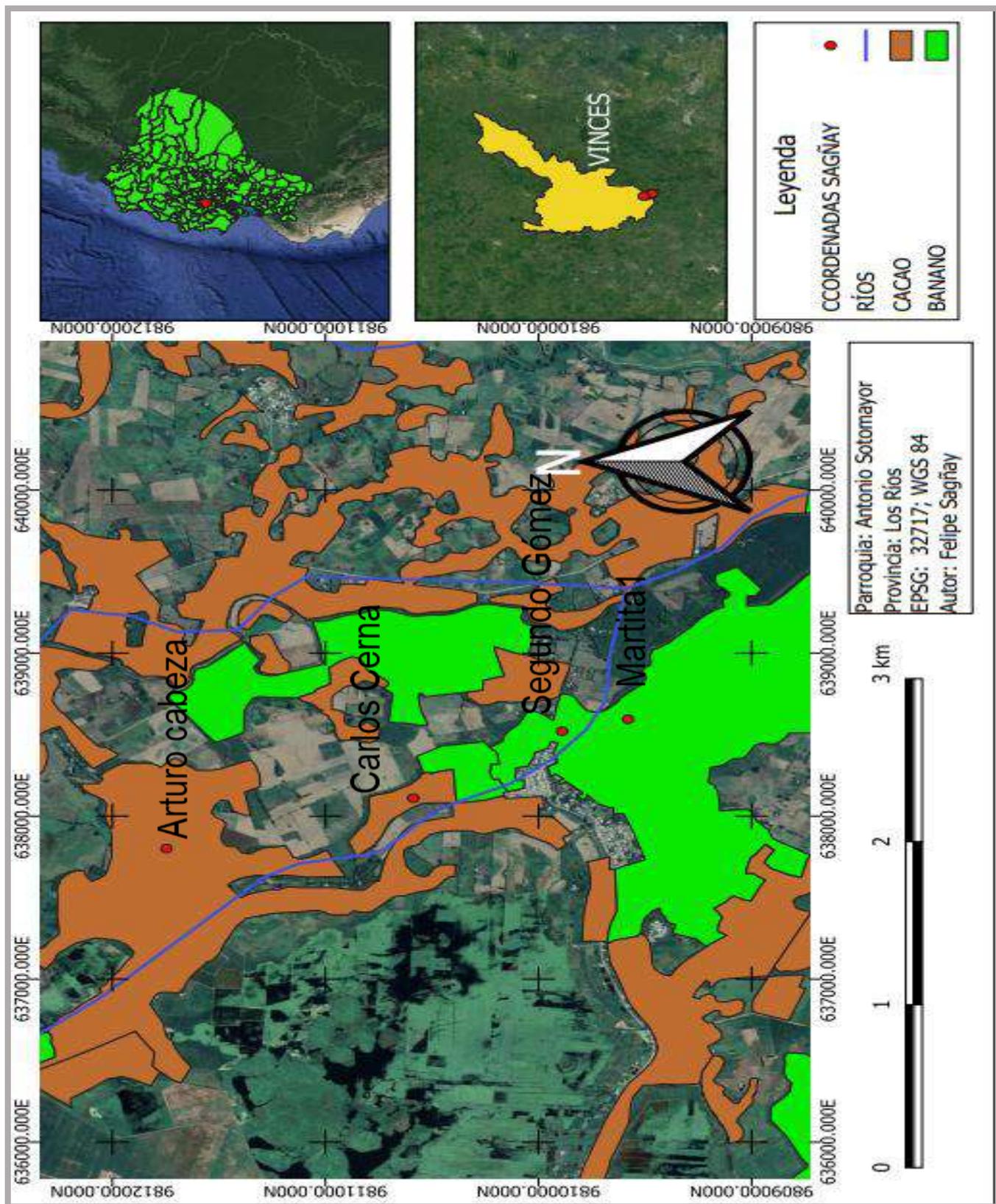


Figura 1. Mapeo geográfico de los cuatro pozos profundos. Sagñay, 2022

4.2 Determinación de los niveles dinámicos y calidad de agua en los acuíferos de la zona de estudio.

4.2.1 Calidad de agua

En la zona de estudio se determinó las variables hidroquímicos como lo son la temperatura (C°), pH, conductividad eléctrica (milimhos/cm), sólidos suspendidos (ppt) y dureza de agua (mg/l) que se evaluaron en los meses del inicio de la época seca.

4.2.1.1. Temperatura.

Según el análisis descriptivo, las temperaturas del agua en pozos profundos de los cuatro productores en la evaluación inicial la temperatura fue de 25.17°C a 26.60°C en aguas subterráneas, en la segunda evaluación fue 26.57 a 27.63 °C y en la tercera evaluación con una temperatura de 25.67 a 26.33 °C, Por otro lado, se obtuvo que el agua de los pozos de los productores Arturo, Carlos y Segundo, tuvieron un cambio de temperaturas de 2°C en comparación al productor Martita que tiene una temperatura similar en el periodo de evaluación como se presenta en el Figura 2 y Tabla 9.

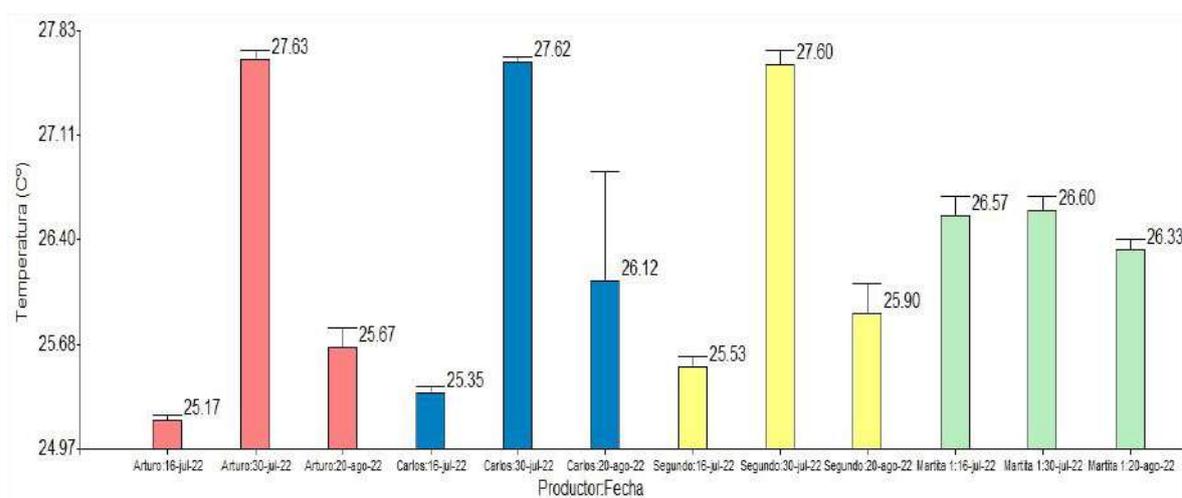


Figura 2. Temperaturas de los cuatro productores Sagñay, 2022

4.2.1.2. Potencial de hidrógeno

El análisis descriptivo determina que el pH en las aguas subterránea fue en la primera evaluación un rango de 6.71 a 7.16pH, como segunda evaluación de 6.70 a 7.01pH, y una tercera estimación de 6.74 a 7.15pH, siendo el productor Arturo y segundo con un leve aumento de 0.44pH, además Carlos y Martita se mantuvieron en valores similares. ver Figura 3 y tabla 10.

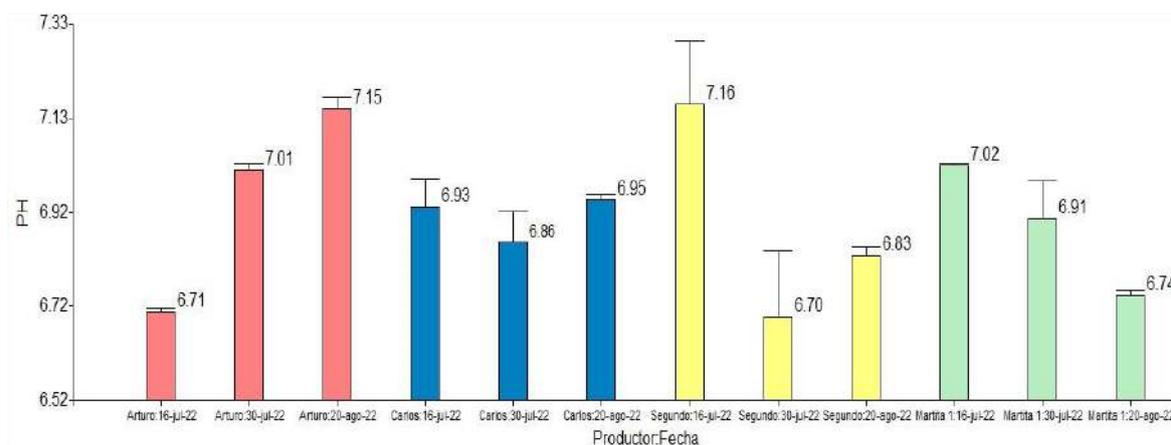


Figura 3. Concentración de pH de cuatro pozos profundos Sagñay, 2022

4.2.1.3. Conductividad eléctrica

Según el análisis descriptivo, se establece que los cuatro pozos en la primera, segunda y tercera evaluaciones no tuvo diferencias significativas, siendo semejantes en todos los pozos, sin embargo, se reitera que la cantidad de concentración eléctrica son diferentes en todos los pozos en un rango de 0.75 Milimhos/cm hasta 1.24 Milimhos/cm, se menciona que el productor Martita fue el que más concentración de conductividad eléctrica posee. Ver Figura 4 y tabla 11.

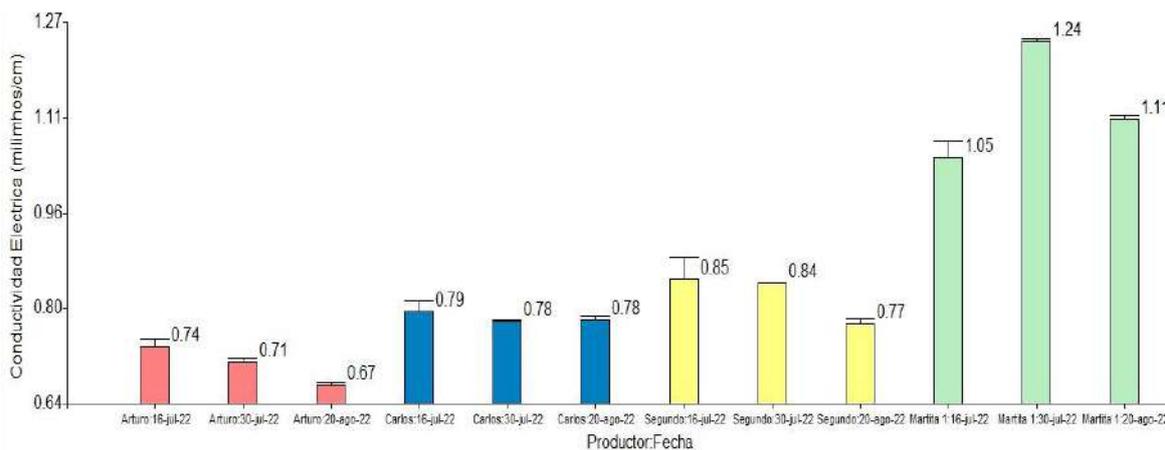


Figura 4. Conductividad eléctrica de los cuatro pozos profundos Sagñay, 2022

4.2.1.4. Sólidos suspendidos

Según el análisis descriptivo, tenemos que la cantidad de sólidos suspendidos de los pozos profundo como primer valor de 0.39ppt hasta 0.51ppt, segundo de 0.35ppt a 0.62ppt y una tercera evaluación de 0.34ppt a 0.56ppt, teniendo en cuenta que los productores Carlos y Martita tienen niveles similares, a diferencia de los productores Arturo Y Segundo que van reduciendo la concentración, estos valores expresado en mg/l son inferiores a $6.2e-10$ mg/l, de acuerdo a normativa ambiental no presenta ningún grado de restricción para el uso agrícola. ver Figura 5 y tabla 12.

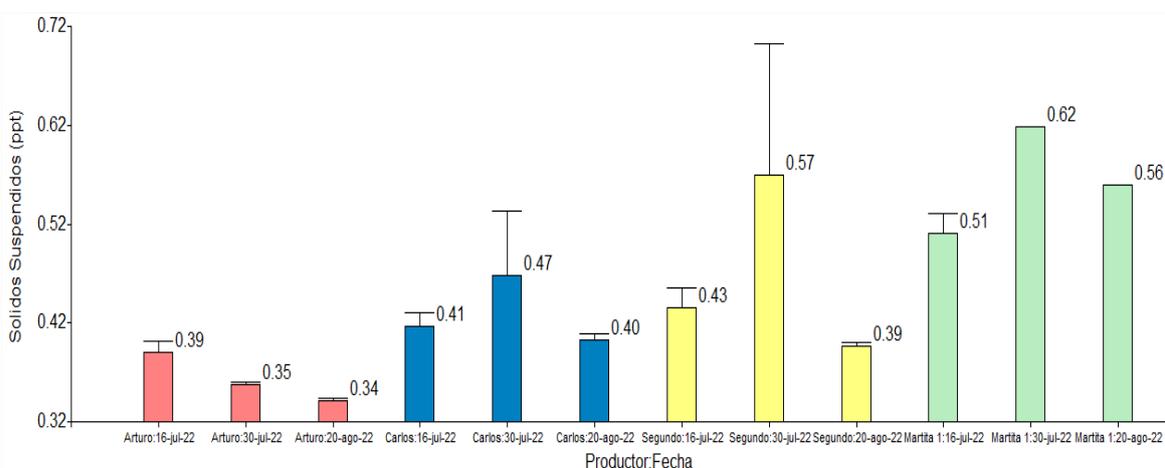


Figura 5. Salidos suspendidos de los cuatro pozos profundos Sagñay, 2022

4.2.1.5. Dureza de agua

Según la tabla 5 en las aguas subterráneas de los productores Segundo y martita presentaron una dureza de agua dura, además, el productor Arturo obtuvo una dureza de agua blanda, dando a conocer que no existen variaciones entre las muestras, estos resultados se obtuvieron dentro de los meses a evaluar los pozos profundos. Ver Figuras 16,17 y18.

Tabla 6. Concentración de dureza de Agua en los cuatro pozos profundos.

Productor	MI 30-7-22	MF 30-7-22	Tipo de agua mg/l
Arturo. C	Aguas blandas	Aguas blandas	> 180
Segundo. G	Aguas duras	Aguas duras	> 270
Martita 1	Aguas duras	Aguas duras	> 270

Sagñay, 2022

4.2.2 Niveles estáticos

Según el Figura 6, se determina que los pozos profundos de los pequeños productores del sector Clariza tienen un nivel estático inicial de 1.29m a 2.94m, seguido de la evaluación intermedia fue de 3.32m a 4.28m, y una evaluación final del nivel estatico de 2.48m a 3.69m, estos van desendiendo en función de la explotación del acuífero mediante la extracción por bombas de presión mediante riego continuo, requeimineto hidrico del los cultivo, descenso de humedad en la zona ver tabla 13.

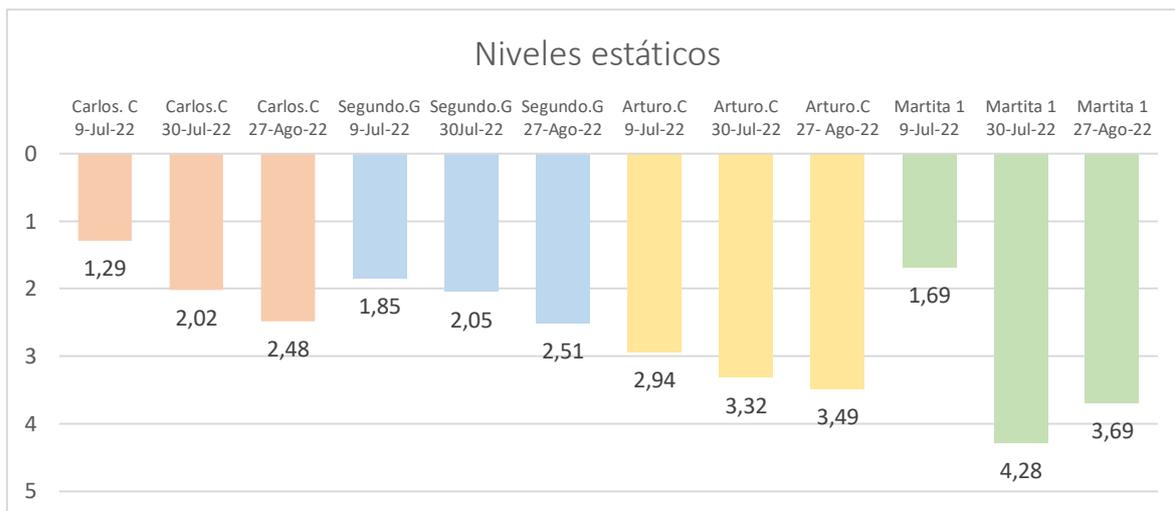


Figura 6. Niveles estáticos de los pozos profundos Sagñay, 2022

4.2.3 Niveles dinámicos y recuperación

4.2.3.1. Nivel dinámico vs tiempo

Según el Figura 7 se muestra el comportamiento general del acuífero en función al riego agrícola, el nivel estático al inicio de la prueba de bombeo fue de 3.69 m, seguido de un descenso del nivel de agua continuo durante los primeros 90 minutos, sin embargo, este tiempo comienza a estabilizarse la curva de descenso el pozo hasta alcanzar por completo un nivel constante en el minuto 150, de esta manera finaliza la prueba de bombeo según lo indica la norma técnica Colombiana NTC 5539 ya que se encontró una línea recta en el algoritmo tiempo ver tabla 14.

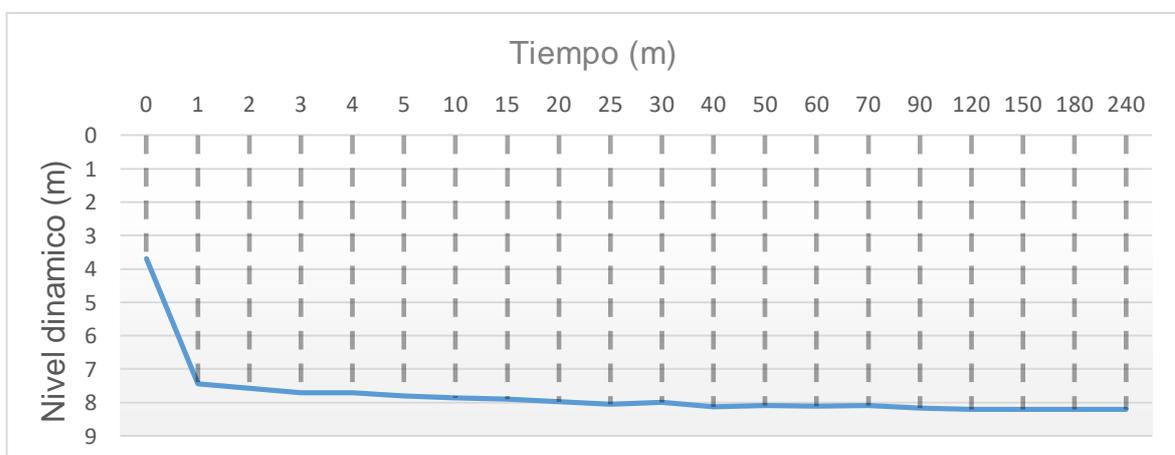


Figura 7. Nivel dinámico vs tiempo Sagñay, 2022

al igual que el gráfico anterior se observa el comportamiento de los niveles dinámicos vs el tiempo, se observa como el pozo se estabiliza por completo al llegar al minuto 150, finalizando esta manera la prueba de bombeo.

También se muestra en el Figura 8 el comportamiento del nivel dinámico vs tiempo se observa que llegar al minuto 240 el nivel dinámico se mantiene constante teniendo en cuenta que la altura inicial de la lámina del agua fue de 3.69 metros y la altura final de 8.2 metros, lo cual el nivel del agua se redujo durante la prueba de bombeo de 4.51 metros.

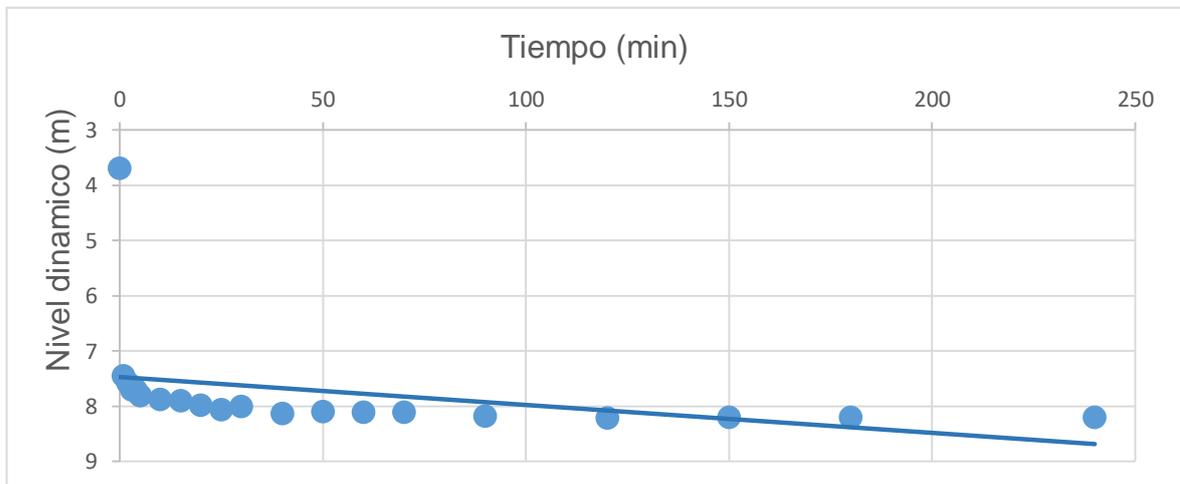


Figura 8. Nivel dinámico vs tiempo
Sagñay, 2022

4.2.3.2. Abatimiento vs tiempo

El Abatimiento (cono de depresión) vs tiempo hace referencia al descenso del nivel del agua esto en función a la explotación del acuífero por medio de una moto bomba, según el Figura 9 se observa que al llegar al minuto 120 el abatimiento se mantiene constante y el abatimiento residual llega a cero esto refleja el grado de estabilidad de la prueba así mismo teniendo en cuenta los datos de abatimiento y

el caudal de bombeo se determina la capacidad específica del pozo la cual es de 0.033L/s por metro de abatimiento.

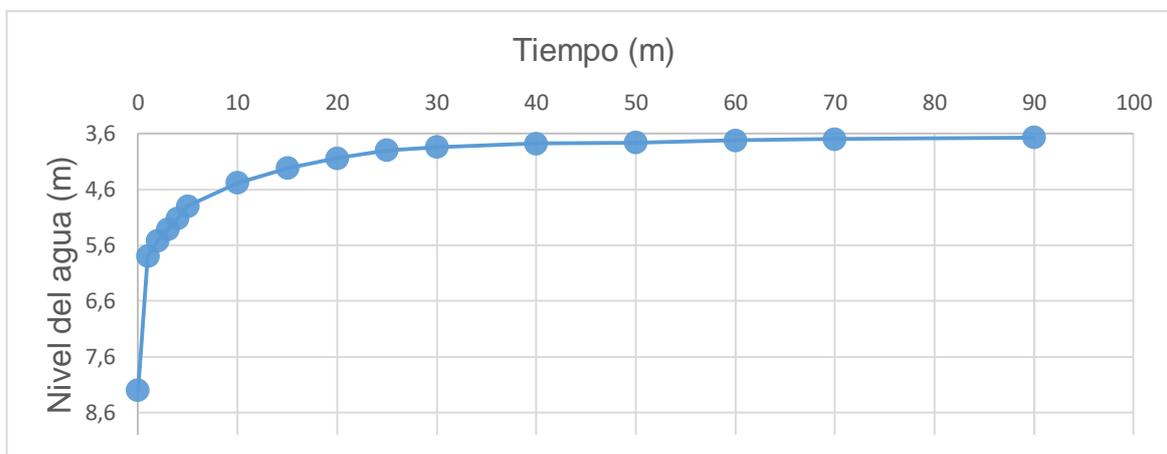


Figura 9. Abatimiento vs tiempo
Sagñay, 2022

4.2.3.3. Recuperación vs tiempo

La recuperación del pozo es una de las características hidráulica principales para identificar si recibe recarga el acuífero, Según el Figura 10 el pozo del predio de martita 1 presenta un periodo de recuperación progresiva y continua, lo cual no se asocia a las características del clima de la zona pues la prueba de bombeo se la realizo en la época seca lo cual no favorece el acuífero, sin embargo, el pozo recibe una buena captación de agua y su potencial hidrogeológico es bueno.

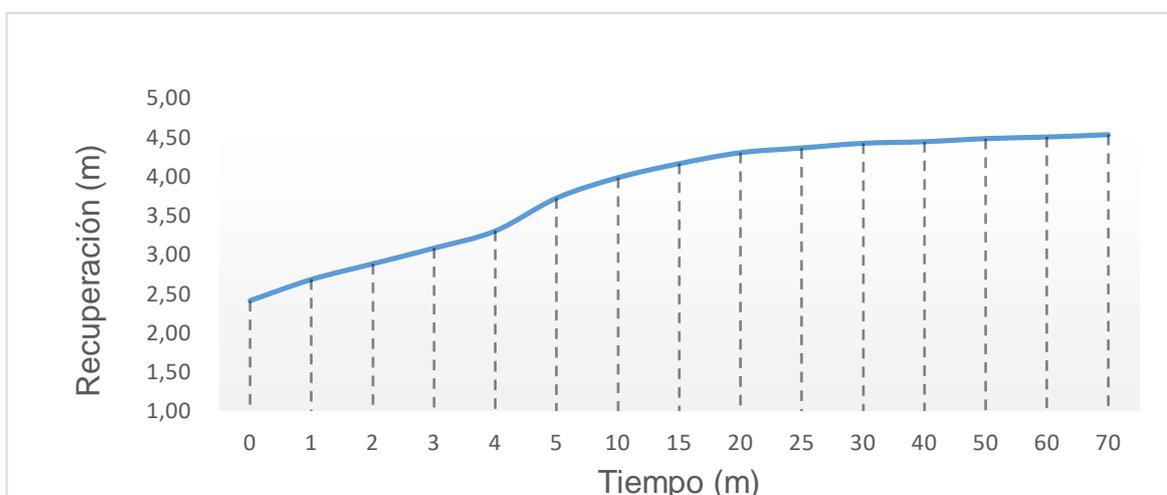


Figura 10. Recuperación vs tiempo
Sagñay, 2022

Así mismo se observa la recuperación del pozo en el Figura 10 de manera uniforme desde los 8.2m hasta la recuperación total en el minuto 70 así culminando la recuperación

4.2.3.4. Abatimiento residual vs tiempo

En el Figura 11 se presenta los valores de abatimiento residual vs tiempo durante el periodo de recuperación después de finalizar la prueba de bombeo

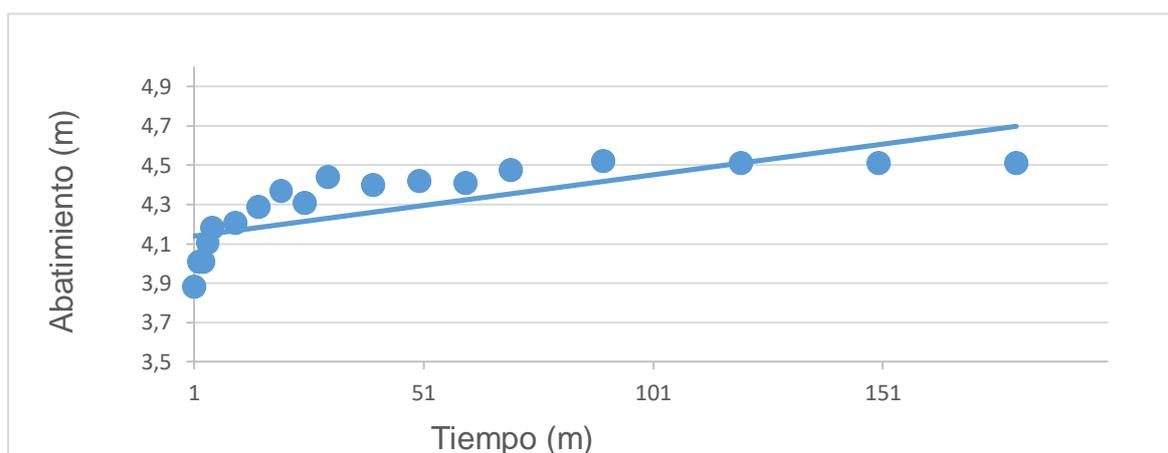


Figura 11 Abatimiento residual vs tiempo
Sagñay, 2022

4.3 Recomendación para el manejo de agua subterránea para los pequeños productores de cacao.

Los criterios a detallar para el manejo de agua subterránea están en base al tipo de cultivo, demanda hídrica del cultivo, tipo de pozo, descenso del agua, calidad de agua y tipo de sistema de riego por lo cual se presenta en la siguiente tabla las problemáticas.

Tabla 7. Resultados obtenidos de las problemáticas de los pequeños productores del recinto Clariza del cantón Vices.

Ítem	Resultados
Tipo de cultivo	Los pequeños productores del recinto Clariza se dedican a la producción de cacao, plátano y soja, presentando un regular manejo de las labores culturales, sin embargo, estas

Necesidad de agua	las llevan a cabo de manera empírica, impidiendo el máximo provecho del cultivo y una mayor producción, son pocos los agricultores que son asesorados por ingenieros agrónomos. Desconocen las necesidades hídricas de los cultivos, así mismo el riego lo hacen de manera empírica, Para las aplicaciones del agua a los cultivos de los productores pequeños del recinto clariza es recomendable responder estas preguntas, ¿cuándo regar? refiriéndose que tipo de cultivo, zona, época, factores del clima, estado fenológico del cultivo, ¿cuánto regar? se refiere a la aplicación del agua al suelo, la absorción de agua por la planta y la evapotranspiración, además ¿Cómo regar? Se recomienda tener el área limpia de maleza, una poda adecuada al cultivo.
Tipo de pozo	Los pequeños productores realizaban pozos de manera artesanal (broca) rudimentariamente sin un previo estudio de suelo, con altas probabilidades de su colapso e inutilización del pozo.
Niveles del agua	Los productores desconocen los niveles del agua siendo un problema al momento de regar debido al bajo nivel freático que posee el agua, esto en la época seca puede ocasionar deterioro del pozo así mismo descasté de la bomba, se sugiere que, si la lámina de agua es superior a los 6 metros de profundidad, el cambio de la moto bomba por una bomba sumergibles evitado el mal funcionamiento de la bomba y del sistema de riego.
Calidad de agua	En la calidad del agua los pequeños productos desconocen si el agua subterránea es apta para la agricultura haciendo que tengan problemas en la producción debido al aumento o disminución de pH/TDS/CE, ocasionado por la contaminación o diferentes factores. Como sugerencia, realizar un monitoreo continuo de los parámetros hidroquímicos al menos por un año, Además,

Tipo de sistema de riego

un monitoreo constante de pH en los suelos a causa de los bajos niveles de sólidos suspendidos, conductividades eléctricas presentes en las aguas subterráneas ya que esto indica una lixiviación de fertilizantes en los suelos.

Las aguas subterráneas son aptas para riego agrícola aun cuando los resultados de dureza de agua fueron elevados en dos pozos, esto debido a las formaciones geológicas que atraviesan el agua de manera previa a su captación, esto afecta de manera negativa a los sistemas de riego por goteo (taponamiento), los sistemas de riego en los productores del recinto clariza utilizan aspersores de origen chino generando la obstrucción y daño de los aspersores, es recomendable el cambio por aspersores homogéneos para una mejor distribución del agua en los cultivos.

5. Discusión

Posteriormente finalizado el análisis descriptivo se procede a realizar la discusión en base a los objetivos planteados en el cual la influencia hídrica, la calidad de agua y los niveles estáticos y dinámicos, realizadas a las aguas subterráneas para uso agrícola en el sector de la Clariza del cantón Vinces.

Mediante la georreferenciación de los pequeños productores cacaoteros y plataneras en el sector Clariza, los pozos están influenciadas por ríos de corrientes intermitentes, ríos que tiene agua en la época lluviosa y a medida que cambian las épocas seca estos van cesando su caudal, estos ríos se quedan secos en los meses de julio y agosto, esto se corrobora con lo expuesto por López, (2018) detallando que los ríos con carácter intermitentes solo tiene agua en la época de lluvias, sin embargo, en la época seca disminuye su caudal.

En este estudio se determinaron la concentración de pH, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos, temperatura y dureza de agua para medir los parámetros de calidad de agua para el riego agrícola de los pequeños productores del sector Clariza. Se determinó que el rango de pH en los cuatro pozos profundos para riego agrícola en el sector Clariza, tiene entre 6.71 pH a 7.02 pH entre los meses de estudio teniendo un rango óptimo para que la planta pueda asimilar los nutrientes presentes en el agua según la normativa ambiental no tiene ningún grado de restricción para el uso agrícola, este caso concuerda con Patiño et al.,(2017) mencionado que el pH debe estar en un rango de 4.36 pH a 6.0 pH para favorecer la absorción de nutrientes que se encuentran en el agua, esto también menciona Romero et al., (2009) quienes indican que el rango óptimo para la absorción de nutrientes para que se encuentren disponibles para los cultivos sean entre 6pH a 7.5pH, así mismo Almeida y Gisbert, (2006) exponen que si se presenta por encima

de lo recomendado los cultivos no puedan absorber los nutrientes de forma adecuada y son insolubles quedando obstruidos en la tierra y en los sistemas de riego, si están por debajo de los 5.5pH pueden ocasionar daños en la raíces, evitando la absorción los nutrientes al disolverse y filtrarse de manera rápida en el suelo.

La conductividad eléctrica (CE) en los cuatro pozos subterráneo para riego agrícola, se establece que existe una leve variación en los meses de estudio de 0.74 Milimhos/cm a 1.24 Milimhos/cm, se denominan ligeramente moderado en este caso presenta óptimas carga eléctrica y movilidad, estas son afectadas por la concentración de sales como fertilizantes en el agua, por lo tanto, a mayor conductividad mayor contenido de sales y fertilizantes así mismo menor conductividad menor contenido de sales y agroquímicos, por lo tanto según los resultados de la interpretación de análisis descriptivo de agua con fines de riego agrícola en base a la norma de calidad ambiental no presenta ningún grado de restricción, esto concuerda con los mencionado por Almeida y Gisbert, (2006) que los valores correspondientes para el agua de riego son de un rango de 1 Milimhos/cm a 5 Milimhos/cm respectivamente, esto también es corroborado por Giubergia, (2019) indicando que la valoración agronómica de la CE van de 0.4 Milimhos/cm siendo lo normal y no afecta la salinidad al cultivo y 3.2 Milimhos/cm siendo el rango más alto en el cual pocas especies de cultivos toleran la salinidad del agua.

La concentración de sólidos suspendidos (SDT) en los cuatro pozos profundo en el sector Clariza varían desde 0.39ppt, a 0.61ppt por lo tanto según los resultados obtenidos mediante el análisis descriptivo no presenta ninguna restricción para el uso de agua con fines de riego agrícola según la norma ambiental vigente, el exceso

de SDT en el riego agrícola ocasionan dificultad en la germinación, la fotosíntesis y también pueden ocasionar bloqueos en los sistemas de riego esto coincide con lo mencionado por Sánchez y Irigoien, (2021) que expone resultados concentrados de 236.4 – 664.4 mg/l, demostrando valores bajos, esta valor son inferiores a los 0.134mg/l a 1.774 mg/l permitidos por la FAO, manifestando que están dentro del rango permitido , esto también es citado por Garcia, (2022) agregando en su estudio que el criterio de calidad de agua para uso agrícola no deben superar los 3000mg/L para una buena producción.

El grado de temperatura de las aguas en los pozos profundos del sector Clariza se encuentren en un rango entre 25.17°C a 27.63 °C, siendo óptimas para el riego agrícolas de las plantas, el aumento de las temperaturas ocasiona que no puedan asimilar los nutrientes debido al poco oxígeno que contiene el agua y por debajo de los 25°C ocasiona cambios en el pH, conductividad eléctrica esto con cuerda con Solís, Zúñiga, y Mora, (2018) dando a conocer que la solubilidad de los sales disueltas en el agua depende de los niveles de temperatura siendo un rango óptimo de 25°C . así mismo Sánchez y Irigoien exponen que una temperatura entre 17.23 a 17.99°C no son aptas para el reigo agrícola, a su vez Severiche, Castillo y Acevedo, (2013) corroboran que una elevanda temperatura ocacionan cambios en la alcalinidad y CE, dando como resultados impactos ecológicos significativo.

Las cantidades de sales como lo son calcio y magnesio es representado por dureza de agua en mg/l de carbonato de calcio (CaCO_3), se determinó que la concentración de dureza de agua en los pozos profundos son entre >180mg/l a >270mg/l, las muestras no tuvieron diferenciación alguna entre la muestra inicial y final, estas llegaron a ser desde aguas blandas a aguas duras, se presentaron en los productores S.G y M1 altas concentraciones de CaCO_3 según los resultados

obtenidos no existe restringían alguna debido a que la dureza de agua no afecta a la producción de cultivos, Esto también mencionan Ruiz, (2017) quien indica que mientras más dureza de agua, mayor presentación de minerales se concentra, haciendo que tenga riesgos de taponamientos en los sistemas de riego, a su vez SAB, (2020) expone que una menor dureza de agua podría causar corrosión en el sistemas de riego.

Se registra como niveles estáticos de las aguas subterráneas de los pequeños productores del sector Clariza tienen un nivel estacional que rondan de 1.39m a 4.28m está siendo influenciadas por la explotación del pozo para riego agrícola, esto también lo menciona Rojas et al., (2015) manifestando que las caída de los niveles estáticos en el pozo subterráneo son debido al bombeo del agua superando la capacidad recarga natural del acuífero, también Uribe, Flores, Venegas, Vásquez, y Theune, (2010) quienes exponen que en diversos cuencas se muestran pozos con niveles estáticos de 15m de profundidad en base a la resultados, se conoce la cantidad de agua y la recarga de un acuífero.

Para la prueba de bombeo se realizó en el pozo de Martita 1 donde el nivel estático dio 3.69m, transcurrido un minuto desde que la bomba estaba en operación el nivel decreció hasta 8.20m (0.75 m de abatimiento), esto lo menciona Camacho, (2008) manifestando que el nivel dinámico es cuando el nivel de agua desciende a medida que pasa el tiempo en función a la extracción de agua por medio de una bomba a un pozos profundo, esto también lo afirma Ortiz, (2009) que el pozo Monpani al inicio de la prueba de bombeo tuvo una descenso de abatimiento de 50 m debido a la exportación del pozo.

Para la recuperación del pozo de martita 1 después de 240 minutos se culminó la prueba de bombeo y se realizó la recuperación en relación con el tiempo, el pozo

se recuperó completamente a los 90 minutos demostrando ser un acuífero de buenas características hídricas en la época seca. También lo indica Camacho, (2008) mencionando que la recarga depende de las características del acuífero esto convergen o divergen en el suministro del agua. Así mismo indica Ortiz, (2009) que la recuperación del pozo Mompani II tuvo un descenso de los niveles en un lapso de 7 días llegando a la tendencia inicial.

Finalmente, si acepta la hipótesis, debido que al evaluar los niveles hidráulicos y calidad de agua en los pozos de los pequeños productores del recinto clariza del cantón Vinces se optimizó el uso de los recursos hídricos subterráneos para el riego agrícola.

6. Conclusión

Como conclusión de los objetivos en este estudio permite conocer la georreferenciación de los pequeños productores del sector Clariza cantón Vinces con las características de pozos profundos, Tipos de bomba de presión para el riego agrícola y las caracterizas hídricas que influyen en los cuatro pozos en la época seca.

Los parámetros hidroquímicos evaluados como temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos y dureza del agua no limitan el uso de agua con fines de riego agrícolas, sin embargo, la dureza de agua en los pozos Segundo Y Martita presenta una concentración elevada de calcio y magnesio tanto en la muestra inicial como el final, teniendo una exposición al taponamiento en los sistemas de riego por goteo.

Los niveles estáticos de los cuatro pozos subterráneo de los pequeños productores del sector Clariza se encuentran influenciadas por la explotación de acuífero por medio de una bomba a presión, requisitos hídricos de los cultivos y la humedad de la zona, así mismo la recuperación del pozo Martita 1 después de cuatro horas de bombeo llegó a un nivel dinámico constante culminada la prueba de bombeo, se recuperó en solo 90 minutos demostró ser un acuífero con suministro de agua en la época seca.

7. Recomendación

Sobre los resultados de los objetivos se recomienda orientar a los pequeños productores a determinar:

Continuar con los Monitoreos de los niveles estático junto a los análisis hidroquímicos para establecer a más detalles sobre la influencia hídricas y calidad de agua para el riego agrícola en la zona del estudio.

Realizar un análisis de suelo y textura para evitar colapsos en pozos profundo. Se recomienda evaluar más parámetros como color verdadero, turbiedad, la temperatura de la zona, precipitaciones y la evaporación del lugar para evaluar el efecto en los pozos profundos de los pequeños productores del recinto clarisa.

Se sugiere realizar pruebas de bombeos y recargas periódicamente para establecer pronósticos tanto en la estación seco y lluviosa.

Es de suma importancia, si los niveles estáticos son superiores a los 6 metros de profundidad cambiar la bomba horizontal por una bomba sumergibles, así mismo la utilización de aspersores homogéneos para el reparto equilibrado y justificado de los recursos hídricos del acuífero.

8. Bibliografía

- AGACE. (2002). Muestreo de aguas. *Cegestio*, 27. Recuperado de http://www.cegesti.org/agace/presentaciones/08_manual_aguas_muestreo_de_aguas.pdf
- Alarcón, E., Figueroa, C., y Mendoza, A. (2018). Peruana de medicina experimental y salud pública. *Scielo*, 34(2), 299–310.
- Almeida, O., y Gisbert, J. (2006). Variación en la calidad del agua de riego en un huerto de cítricos. *Revista brasileira de engenharia agricola e ambiental*, 10(1), 64–69. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662006000100010>
- Álvarez, G. (2021). Water quality for agricultural irrigation in the Calera aquifer region in Zacatecas, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(2), 1–35. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2021-02-01>
- Angel, S. (2019). El ciclo del agua. *Revista de obras públicas*, 166(3606), 60–67. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.1993.2.66839>
- Arbito, J. (2015). *Caracterización del agua Subterránea para uso en actividades productivas y humanas, en El cantón Pasaje (Trabajo de titulación)*. Universidad técnica de Machala, Ecuador.
- Asamblea Nacional. (2014). Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua. *Registro oficial suplemento*, 43. Recuperado de <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12114/623>
- Ávila, R., Cabello, A., Lirola, J., Martín, J., y Ortiz, F. (2013). Salinidad del agua de riego. *Fertilab*, 3. Recuperado de <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/159-La-Salinidad-del-Agua.pdf>
- Boyd, C. (2017). Conductividad eléctrica del agua. *Global seafood alliance*, 1, 7. Recuperado de <https://www.globalseafood.org/advocate/conductividad->

electrica-del-agua-parte-1/

Bueno, L. (2016). *Rentabilidad en la asociación cacao, plátano y frutales de fincas tradicionales en el área de influencia del cantón Quevedo (Trabajo de titulación)*. Universidad técnica estatal de Quevedo, Ecuador.

Burbano, N., Becerra, S., y Pasquel, E. (2015). *Introducción a la hidrología del Ecuador (Segunda versión)* (Vol. 2). Quito. Recuperado de [https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/HIDROGEOLOGIA_2 EDICION_2014.pdf](https://www.inamhi.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/HIDROGEOLOGIA_2_EDICION_2014.pdf)

Camacho, R. (2008). Plan de manejo ambiental de agua subterránea en la sabana de Bogotá y Zona crítica. Colombia. Recuperado de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b451edfc78f9.pdf>

Carbajal, Á., y González, M. (2012). *Agua para la salud. pasado, presente y futuro*. 3(2), 33–45. Recuperado de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

Carrillo, P. y. (2013). Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: centro-sur de la mesa central, México. *Scielo*, 81(2448–7279), 1–10. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-investigaciones-geograficas-boletin-del-instituto-118-articulo-definicion-zonas-recarga-descarga-agua-S0188461113727663?referer=buscador>

Catellón, J., Bernal, R., y Hernández, M. de L. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería Revista académica*, 19(1), 39–50. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750924004>

CATSENSORS. (2021). Medición de nivel en pozos de agua. Recuperado de Catsensors website: <https://www.catsensors.com/es/soluciones->

keller/soluciones-keller-sector-agua/aguas-subterraneeas/medicion-de-nivel-en-pozos-de-agua

- Cerón, L., Sarria, J., Torres, J., y Paz, J. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Scielo*, 32(1), 47–56. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642021000100047>
- Daus, A. (2019). Almacenamiento y recuperación de acuíferos. En *mejoramiento de la seguridad en el abastecimiento de agua en el Caribe*. Recuperado de <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/%0Alegalcode>
- Dávila, R., y Gómez, H. (2011). Importancia de la hidrogeología urbana; ciencia clave para el desarrollo urbano sostenible. *Scielo*, 63(3), 463–477. <https://doi.org/10.18268/bsgm2011v63n3a8>
- Díaz, M., Cruz, I., Cruz, L., Sánchez, S., Márquez, Á., y Vega, J. (2019). *Vista de cinéticas del cambio de pH en un ambiente estomacal simulado, medido con cassy mobile 2*. Universidad autónoma del estado de Hidalgo, México.
- FAO. (2002). Capítulo 2 . Agua para la alimentos ; el alivio de la pobreza y el desarrollo rural. Recuperado de <https://www.fao.org/3/y4525s/y4525s05.htm>
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170. Recuperado de <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v11n3/fernandez.pdf>
- García, J. (2022). *Estimación de la calidad de agua del río quingeo, cuenca, azuay, mediante análisis de bioindicadores en el periodo 2021-2022 (Trabajo de titulación)*. Universidad técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Giubergia, J. (2019). *Calidad de agua para riego*. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manfredi_calidad_de_agua_para_riego.pdf
- Hasang, E., Gracia, S., Carrillo, M., Durango, W., y Cobos, F. (2021). Sustentabilidad

- del sistema de producción del maíz , en la provincia de Los Ríos, Ecuador, bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Scielo*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100026>
- High Tech. (s/f). Monitoreo y Medición Ambiental. Recuperado de <https://www.htsperu.com.pe/medidor-de-calidad-de-agua/instrumentos-para-monitoreo-de-agua/sondas-de-nivel-de-agua/sonda-de-nivel-de-agua-105>
- IDEAM. (2013). *Toma de muestras de aguas subterráneas* (Vol. 1). Bogotá. Recuperado de <http://www.nuevaleislacion.com/files/susc/cdj/conc/M2-SAPc-06.pdf>
- JAPAC. (2016). El agua dulce puede provenir de diferentes fuentes sobre la tierra. Recuperado de <https://japac.gob.mx/2016/04/01/cuales-son-las-cuatro-fuentes-de-agua-dulce/#:~:text=de agua dulce%3F-,El agua dulce puede provenir de diferentes fuentes sobre la,produce naturalmente el agua dulce.>
- Jaya, F. (2017). *Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del río tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca (Trabajo de titulación)*. Universidad de Cuenca, Ecuador.
- López, A. (2018). Ríos intermitentes: modelos ideales para estudiar metacomunidades y cambio climático. *RBT*, 10(2), 1. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/35752/36473>
- May, J. (2016). *Calidad del agua para riego agrícola del sistema hidrográfico Lerma-Ochapala-Santiago (Tesis de posgrado)*. Universidad autónoma de Nayarit, México.
- MITECO. (2019). *Informe sobre calidad de las aguas*. Madrid, España. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/informe-calidad-aguas-2010-2019_tcm30-531931.pdf

- MITECO. (2022a). Agua. Recuperado de estado y calidad de las aguas subterráneas website: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-subterraneas/default.aspx>
- MITECO. (2022b). *Estado y calidad de las aguas superficiales*. Madrid, España. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/>
- Novachem del Ecuador. (2022). Tiras de dureza en agua aquadur. Recuperado de <https://www.novachem.com.ec/producto/tiras-de-dureza-en-agua-aquadur/>
- Obando, F. (2005). *Situación del recurso hídrico subterráneo de la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua (magister)*. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, Costa Rica.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (1992). *Capítulo 1 - Contaminación Agrícola de los recursos hídricos: introducción*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/W2598S/w2598s03.htm#la> calidad del agua, un problema mundial
- Ortiz, I. (2009). *Monitoreo de la evolución piezométrica del sistema acuífero del valle de Querétaro (Tesis de grado)*. Universidad nacional autónoma de México, México.
- Palacio, L. (2012). *Actualización del Modelo Conceptual y Modelo Numérico de flujo de agua subterránea en el acuífero libre de General Pico Dorila, provincia de La Pampa, Argentina. (Tesis de maestría)*. Universidad nacional de la Pampa, Argentina.
- Patiño, G., Puentes, Y., y Menjivar, J. (2017). Manejo de sistemas productivos: relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *SciELO*, 18(3), 529–541.

https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:742

Plastigama. (2018). Línea aspersion. Recuperado de Intensidad pluviométrica website: <https://plastigama.com/wp-content/uploads/2018/09/Sistemas-de-riego-por-aspersion.pdf>

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. (2002). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua*. Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Quiroz, L., Izquierdo, E., y Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Scielo*, 38(3), 41-51 p. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382017000300004&script=sci_arttext&tIng=pt

Redondo, M. (2017). Interpretación de un análisis de agua para riego. En *Iagua*. España. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>

Rojas, S., Cano, C., Espriú, H., Wdowinski, S., DeMets, C., Tlaczani, S., ... Bohane, A. (2015). La relación de subsidencia del terreno InSAR-GPS y el abatimiento del nivel estático en pozos de la zona metropolitana. *Boletín sociedad geológica Mexicana*, 67(2), 273–283. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v67n2/v67n2a11.pdf>

Romero, M., Santamaría, D., y Zafra, C. (2009). bioingeniería y suelo: abundancia microbiológica, ph y conductividad eléctrica bajo tres estratos de erosión. *Umbral científico*, 1(15), 67–74. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/304/30415144008.pdf>

Ruiz, C. (2017). La dureza del agua y su importancia en el riego por goteo. *Intagri*, 1–5. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-dureza-del->

agua-y-su-importancia-en-el-riego-por-goteo?p=registro#

SAB. (2020). La calidad del agua para riego. *SAB spa*, 1–2. Recuperado de <https://www.sabspa.com/es/la-calidad-del-agua-para-riego/>

Sánchez, J., y Irigoien, N. (2021, abril). Contaminación agrícola por uso de aguas residuales. *Revista Alfa de investigación en ciencias agronómicas*, 5(13), 65–77. <https://doi.org/https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13.98>

SENPLADES. (2012). Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000. En *Memoria técnica*. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA5/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/LOS_RIOS/VINCES/II/MEMORIAS_TECNICAS/mt_vinces_sistemas_productivos.pdf

Severiche, C., Castillo, M., y Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas* (Fundación; Eumed, Ed.). Recuperado de <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>

Société Générale de Surveillance SGS. (2021). Muestreo y monitoreo de agua. Recuperado de SGS website: <https://www.sgs-latam.com/es-es/environment-health-and-safety/sampling-and-monitoring/water-sampling-and-monitoring>

Solinst. (2017). *Sonda TLC temperatura, nivel, conductividad modelo 107*. Recuperado de <https://www.solinst.com/espanol/productos/ds/107spanish.pdf>

Solinst. (2022). Aplicaciones sonda TLC. Recuperado de <https://www.solinst.com/espanol/productos/instrumentos-de-medicion-de-nivel/107-medidor-de-tlc/ficha-tecnica/>

Solís, Y., Zúñiga, L. A., y Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en*

marcha, 31(1), 35–46. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>

SYSCOL CONSULTORES S.A.S. (2017). *Hidraulica de pozos*. 1–73. Recuperado de https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/27703/Hidrahulica_Pozos.pdf?sequence=9&isAllowed=y

Tamayo, C., y Alegre, J. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Scielo*, 9(1), 1–24. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3287>

Uribe, H., Flores, F., Venegas, C., Vásquez, M., y Theune, A. (2010). *Análisis preliminar de niveles de aguas subterráneas*. Santiago, Chile. Recuperado de <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/5303>

Valdivielso, S., Vázquez, E., y Custodio, E. (2021). Isotopía ambiental de las precipitaciones y de las aguas superficiales y subterráneas en los Andes Centrales: revisión. *Boletín geológico y minero*, 132(1–2), 147–156. <https://doi.org/10.21701/bolgeomin.132.1-2.015>

9. Anexos

Tabla 8. Volumen de descarga en los pozos profundos

Productor	Arturo cabeza	Martita 1
Área de modulo (has)	0.3	0.3
#Aspersores*módulo	23	24
Turnos de riego (h)*módulos *día	1	1
Número de módulos en funcionamiento	4	4
Horas de trabajo	6	6
Número de módulo/día	24	24
Marca de aspersor	réplica	réplica
Presión (PSI) de trabajo	19.5	20
Caudal (l/seg)	0.23	0.15
Intensidad pluviométrica (mm/h)	9	6
Volumen*módulo (m ³ /h)	174	142
Volumen *Área regada (m ³ /h) en funcionamiento	697	1568
Volumen *Área regada (m ³ /h) *día	4182	3409

Sagñay, 2022

Tabla 9. Recopilaciones de datos temperatura

Productor	Fecha	C°
Arturo	16-jul-22	25.1
Arturo	16-jul-22	25.2
Arturo	16-jul-22	25.2
Arturo	30-jul-22	27.6
Arturo	30-jul-22	27.6
Arturo	30-jul-22	27.7
Arturo	20-ago-22	25.6
Arturo	20-ago-22	25.6
Arturo	20-ago-22	25.8
Carlos	16-jul-22	25.30
Carlos	16-jul-22	25.4
Carlos	16-jul-22	25.35
Carlos	30-jul-22	27.65
Carlos	30-jul-22	27.6
Carlos	30-jul-22	27.6
Carlos	20-ago-22	25.35
Carlos	20-ago-22	26.13
Carlos	20-ago-22	26.87
Segundo	16-jul-22	25.5
Segundo	16-jul-22	25.6
Segundo	16-jul-22	25.5
Segundo	30-jul-22	27.7
Segundo	30-jul-22	27.6
Segundo	30-jul-22	27.5
Segundo	20-ago-22	25.9
Segundo	20-ago-22	25.7
Segundo	20-ago-22	26.1
Martita 1	16-jul-22	26.6
Martita 1	16-jul-22	26.7
Martita 1	16-jul-22	26.4
Martita 1	30-jul-22	26.6
Martita 1	30-jul-22	26.7
Martita 1	30-jul-22	26.5
Martita 1	20-ago-22	26.2
Martita 1	20-ago-22	26.4
Martita 1	20-ago-22	26.4

Sagñay, 2022

Tabla 10. Recopilaciones de datos pH

Productor	Fecha	PH
Arturo	16-jul-22	6.72
Arturo	16-jul-22	6.71
Arturo	16-jul-22	6.69
Arturo	30-jul-22	6.98
Arturo	30-jul-22	7.03
Arturo	30-jul-22	7.03
Arturo	20-ago-22	7.1
Arturo	20-ago-22	7.18
Arturo	20-ago-22	7.16
Carlos	16-jul-22	6.87
Carlos	16-jul-22	6.87
Carlos	16-jul-22	7.06
Carlos	30-jul-22	6.92
Carlos	30-jul-22	6.93
Carlos	30-jul-22	6.72
Carlos	20-ago-22	6.93
Carlos	20-ago-22	6.95
Carlos	20-ago-22	6.97
Segundo	16-jul-22	7.01
Segundo	16-jul-22	7.03
Segundo	16-jul-22	7.43
Segundo	30-jul-22	6.86
Segundo	30-jul-22	6.82
Segundo	30-jul-22	6.41
Segundo	20-ago-22	6.8
Segundo	20-ago-22	6.83
Segundo	20-ago-22	6.86
Martita 1	16-jul-22	7.01
Martita 1	16-jul-22	7.03
Martita 1	16-jul-22	7.03
Martita 1	30-jul-22	7.07
Martita 1	30-jul-22	6.86
Martita 1	30-jul-22	6.8
Martita 1	20-ago-22	6.74
Martita 1	20-ago-22	6.73
Martita 1	20-ago-22	6.76

Sagñay, 2022

Tabla 11. Recopilaciones de datos conductividad eléctrica

Productor	Fecha	Milimhos/cm
Arturo	16-jul-22	0.72
Arturo	16-jul-22	0.76
Arturo	16-jul-22	0.73
Arturo	30-jul-22	0.7
Arturo	30-jul-22	0.72
Arturo	30-jul-22	0.71
Arturo	20-ago-22	0.68
Arturo	20-ago-22	0.67
Arturo	20-ago-22	0.67
Carlos	16-jul-22	0.82
Carlos	16-jul-22	0.8
Carlos	16-jul-22	0.76
Carlos	30-jul-22	0.77
Carlos	30-jul-22	0.78
Carlos	30-jul-22	0.78
Carlos	20-ago-22	0.79
Carlos	20-ago-22	0.78
Carlos	20-ago-22	0.77
Segundo	16-jul-22	0.91
Segundo	16-jul-22	0.84
Segundo	16-jul-22	0.79
Segundo	30-jul-22	0.84
Segundo	30-jul-22	0.84
Segundo	30-jul-22	0.84
Segundo	20-ago-22	0.79
Segundo	20-ago-22	0.77
Segundo	20-ago-22	0.76
Martita 1	16-jul-22	1.1
Martita 1	16-jul-22	1.01
Martita 1	16-jul-22	1.03
Martita 1	30-jul-22	1.23
Martita 1	30-jul-22	1.24
Martita 1	30-jul-22	1.24
Martita 1	20-ago-22	1.11
Martita 1	20-ago-22	1.12
Martita 1	20-ago-22	1.1

Sagñay, 2022

Tabla 12. Recopilaciones de datos solidos suspendidos

Productor	Fecha	ppt
Arturo	16-jul-22	0.41
Arturo	16-jul-22	0.38
Arturo	16-jul-22	0.37
Arturo	30-jul-22	0.35
Arturo	30-jul-22	0.36
Arturo	30-jul-22	0.35
Arturo	20-ago-22	0.34
Arturo	20-ago-22	0.34
Arturo	20-ago-22	0.33
Carlos	16-jul-22	0.44
Carlos	16-jul-22	0.41
Carlos	16-jul-22	0.39
Carlos	30-jul-22	0.41
Carlos	30-jul-22	0.39
Carlos	30-jul-22	0.60
Carlos	20-ago-22	0.41
Carlos	20-ago-22	0.40
Carlos	20-ago-22	0.39
Segundo	16-jul-22	0.47
Segundo	16-jul-22	0.43
Segundo	16-jul-22	0.4
Segundo	30-jul-22	0.46
Segundo	30-jul-22	0.41
Segundo	30-jul-22	0.84
Segundo	20-ago-22	0.39
Segundo	20-ago-22	0.4
Segundo	20-ago-22	0.39
Martita 1	16-jul-22	0.55
Martita 1	16-jul-22	0.48
Martita 1	16-jul-22	0.5
Martita 1	30-jul-22	0.62
Martita 1	30-jul-22	0.62
Martita 1	30-jul-22	0.62
Martita 1	20-ago-22	0.56
Martita 1	20-ago-22	0.56
Martita 1	20-ago-22	0.56

Sagñay, 2022

Tabla 13. Muestras de nivel estático

Productor	Fecha	Nivel estático (m)
Carlos. C	9-jul-22	1.29
Carlos.C	30-jul-22	2.02
Carlos.C	27-ago-22	2.48
Segundo.G	9-jul-22	1.85
Segundo.G	30Jul-22	2.05
Segundo.G	27-ago-22	2.51
Arturo.C	9-jul-22	2.94
Arturo.C	30-Jul-22	3.32
Arturo.C	27- Ago-22	3.49
Martita 1	9-Jul-22	1.69
Martita 1	30-Jul-22	4.28
Martita 1	27-Ago-22	3.69

Sagñay, 2022

Tabla 14. Prueba de bombeo y recuperación

Bombeo				Recuperación					
Tiempo (Min)	Nivel Dinámico (M)	Abatimiento (M)	Tg (Min)	T' (Min)	T+T'	$\frac{(T+T')}{T}$	Nivel de agua	Abat. Residual	Recuperación (M)
0	3.69		240	0	240	-	8.2	4.51	
1	7.45	3.76	241	1	241	241	5.79	2.10	2.41
2	7.57	3.88	242	2	242	121	5.52	1.83	2.68
3	7.7	4.01	243	3	243	81	5.32	1.63	2.88
4	7.7	4.01	244	4	244	61	5.12	1.43	3.08
5	7.8	4.11	245	5	245	49	4.9	1.21	3.30
10	7.87	4.18	250	10	250	25	4.48	0.79	3.72
15	7.9	4.21	255	15	255	17	4.22	0.53	3.98
20	7.98	4.29	260	20	260	13	4.04	0.35	4.16
25	8.06	4.37	265	25	265	11	3.9	0.21	4.30
30	8	4.31	270	30	270	9	3.84	0.15	4.36
40	8.13	4.44	280	40	280	7	3.78	0.09	4.42
50	8.09	4.4	290	50	290	6	3.76	0.07	4.44
60	8.11	4.42	300	60	300	5	3.72	0.03	4.48
70	8.1	4.41	310	70	310	4	3.7	-	4.50
90	8.17	4.48	330	90	330	4	3.67	-	4.53
120	8.21	4.52	360	120	360	3			
150	8.2	4.51	390	150	390	3			
180	8.2	4.51	420	180	420	2			
240	8.2	4.51	480	240	480	2			

Sagñay,2022



Figura 12. Localización geográfica en QGIS de los pozos

- 1 pozo de 3 hectáreas 30 metros
 - 2 pozo de 3 hectáreas 30 metros
 - 3 pozo de 3 hectáreas 55 metros
 - 4 pozo de 3 hectáreas 35 metros
- Bing Satélite, 2022

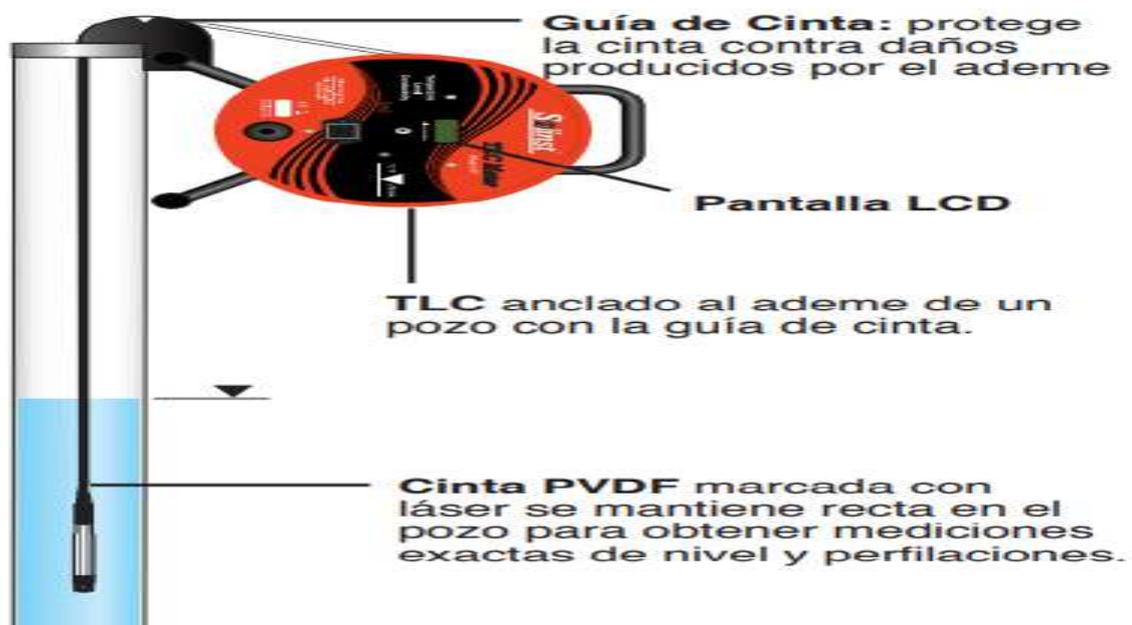


Figura 13. Solinst 107 sonda TLC.
Solinst, 2017

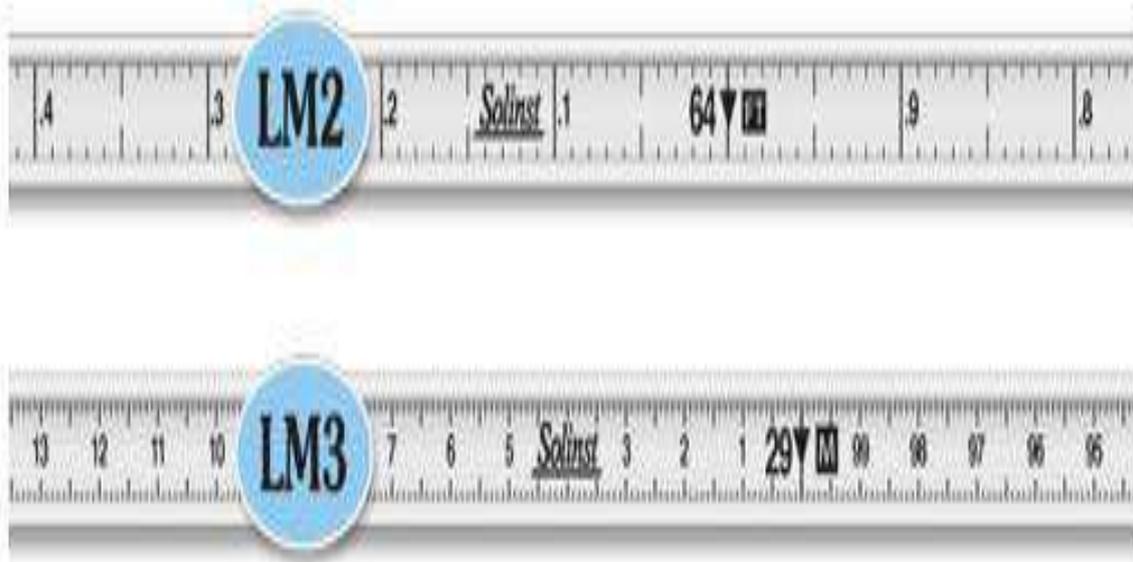


Figura 14 Cinta plana robusta fabricada en PVDF

Es de acero inoxidable cubierta con cobre evitando la corrosión. El diseño de la cinta reduce la adherencia a superficies húmedas.

LM3: Cada mm, cm y m

LM2: Cada 1/100 de pie, 1/10 de pie y pies

Longitudes: 30m, 60m, 100m, 150m, 250m, 300m (100', 200', 300', 500', 750', 1000').

Solinst, 2022

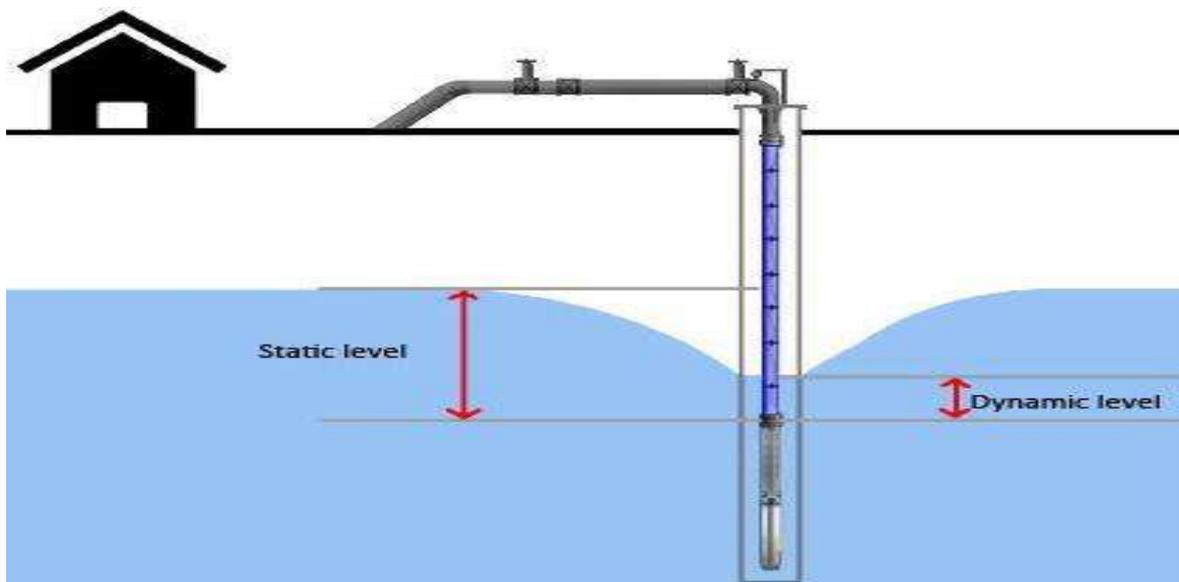


Figura 15. Niveles estáticos y dinámicos de pozos de agua subterráneas

CATSENSORS, 2021



Figura 16. Pozo del productor Arturo Cabeza Sagñay, 2022



Figura 17. Bomba del productor Arturo Cabeza Sagñay, 2022



Figura 18. Pozo del productor Carlos Cerniό
Sagñay, 2022



Figura 19. Pozo del productor Segundo Gόmez
Sagñay, 2022



Figura 20. Pozo del productor Martita 1
Sagñay, 2022



Figura 21. Nivel estático del productor Segundo Gómez con la Solinst 107 sonda
TLC
Sagñay, 2022



Figura 22. Recolección de las muestras de aguas subterráneas del productor Segundo Gómez Sagñay, 2022



Figura 23. Análisis in situ con el Tester hanna (HI 98129) de pH/TDS/CE Sagñay, 2022



Figura 24. Ríos intermitentes del recinto Clariza
Sagñay, 2022



Figura 25. Se realizó el aforo volumétrico dentro del productor Martita 1
Sagñay, 2022



Figura 26. Análisis hidroquímicos y dureza de agua del productor Martita 1 Sagñay, 2022



Figura 27. Análisis hidroquímicos y dureza de agua del productor Arturo Cabeza Sagñay, 2022



Figura 29. Análisis hidroquímicos y dureza de agua del productor Segundo Gómez Sagñay, 2022



Figura 28. Prueba de bombeo del productor Martita 1 Sagñay, 2022